

ISBN



PROSIDING SEMINAR NASIONAL KELAUTAN DAN PERIKANAN IV

**“Pembangunan Kelautan dan Perikanan
yang Berkelanjutan dan Berkeadilan Sosial dalam
Menyongsong Poros Maritim Dunia”**



**SWISS-BELINN, TUNJUNGAN-SURABAYA
05 SEPTEMBER 2018**

**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS TRUNOJOYO MADURA
2019**

*Prosiding Seminar Nasional Kelautan dan Perikanan IV 2018
Swiss-Belinn, Tunjungan-Surabaya 05 September 2018*

**PROSIDING
SEMINAR NASIONAL KELAUTAN DAN PERIKANAN IV**

“Pembangunan Kelautan dan Perikanan yang Berkelanjutan dan Berkeadilan Sosial
dalam Menyongsong Poros Maritim Dunia”

5 September 2018

Hotel Swiss-Belinn
Tunjungan-Surabaya

**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS TRUNOJOYO MADURA**

PROSIDING SEMINAR NASIONAL KELAUTAN DAN PERIKANAN IV

Ketua : Achmad Fachruddin Syah, S.Pi., M.Si., Ph. D
Sekretaris : Novi Indriyawati, S.Kel., M.Si., M.Sc
Anggota : Dyah Ayu Sulistyio Rini, S.Kel., M.T
Onie Wiwid Jayanthi, S.Kel., M.Si
Nike IKa Nuzula, S.Si., M.T
Wiwit Sri Pratiwi, S.Si., M.Si., M.Sc

Reviewer : Insafitri, ST., M.Sc., Ph.D
Wahyu Andy Nugraha, ST., M.Sc., Ph.D
Dr. H. Makhfud Efendy, S.Pi., M. Si
Dr. Zainul Hidayah, S.Pi., M. App. Sc
Dr. H. Agus Romadhon, SP., M.Si
Achmad Fachruddin Syah, S.Pi., M. Si., Ph. D
Ary Giri Dwi Kartika, S. Kel., M. Si
Maulinna Kusumo Wardhani, S. Kel., M. Si

Editor : Wahyu Andy Nugraha, Ph.D
Dr. Agus Romadhon
Insafitri, Ph.D

Layouter : Wahyu Andy Nugraha, Ph.D
Cover Design : Ahmad Handoko
Penerbit : Fakultas Pertanian

ISBN :
Cetakan : Pertama, Januari 2019

Fakultas Pertanian Universitas Trunojoyo Madura
Jl. Raya Telang PO Box. 2 Kamal Bangkalan
Telp: 031-3013234
Fax: 031-3011506

KATA PENGANTAR

Assalamualaikum Wr. Wb

Pertama-tama marilah kita panjatkan puji syukur kehadirat Allah SWT, karena berkat rahmat dan hidayah-Nya kita semua masih diberikan kesehatan, sehingga dapat hadir dalam rangka untuk mengikuti Seminar Nasional Prodi Ilmu Kelautan UTM Rabu, 5 September 2018.

Dalam rangka melanjutkan tradisi intelektual, program studi Ilmu Kelautan Universitas Trunojoyo Madura pada tahun 2018 ini menyelenggarakan Seminar Nasional Kelautan dan Perikanan IV. Seminar ini dimaksudkan sebagai ajang untuk diseminasi dan publikasi hasil-hasil penelitian dari para peneliti dan akademisi bidang kelautan dan perikanan dari seluruh Indonesia.

Prosiding seminar nasional ini dimaksudkan untuk menyampaikan gagasan yang sudah diseminarkan agar dapat digunakan oleh semua kalangan dalam pengembangan ilmu kelautan dan perikanan di Indonesia.

Akhirnya saya mengucapkan terima kasih kepada panitia yang terdiri dari rekan-rekan dosen, PLP dan mahasiswa Prodi Ilmu Kelautan UTM yang telah bekerja sama untuk mensukseskan acara ini. Saya mewakili seluruh panitia menyampaikan permohonan maaf apabila ada kekurangan dalam penyelenggaraan seminar ini.

Wassalamualaikum Wr Wb.

Bangkalan, 1 Januari 2019

Ketua Pelaksana

Achmad Fachruddin Syah, S.Pi., M.Si., Ph. D

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	iv
PERKIRAAN BATIMETRI PERAIRAN DANGKAL MENGGUNAKAN CITRA LANDSAT 8 Dhani Irwanto	1-12
KERENTANAN PESISIR KOTA PARIAMAN, SUMATERA BARAT MENGGUNAKAN PEMODELAN NUMERIK HIDRO-OSEANOGRAFI Koko Ondara, Guntur Adhi Rahmawan, Yulia Armi Pitri	13-24
PENGEMBANGAN STRATEGI KEAMANAN MARITIM DALAM MENGHADAPI ANCAMAN WILAYAH LAUT SEBAGAI DAMPAK PERKEMBANGAN KAWASAN K. Susilo, Udi Subakti CM , I Nengah Putra A , Ahmadi , Okol Sri Suharyo	25-37
EVALUASI PERUBAHAN PENGGUNAAN LAHAN PESISIR DI KOTA PASURUAN Kr Bina Rescue Aulya Hidayah, Rizqi Abdi Perdanawati, Rahmad Junaidi	38-53
IDENTIFIKASI PENGARUH KERAPATAN MANGROVE TERHADAP DINAMIKA PASANG SURUT DI SEGARA ANAKAN, CILACAP, JAWA TENGAH Ayi Tarya, Larasati C. Sunaringati and Nining Sari Ningsih	54-64
STUDI HUBUNGAN STRUKTUR KOMUNITAS MAKROBENTHOS DENGAN KUALITAS PERAIRAN DI RUMAH MANGROVE WONOREJO, SURABAYA Aulia Gusti Kinasih, Rizqi Abdi Perdanawati, Misbakhul Munir	65-77
PENGARUH KONFIGURASI TERUMBU BUATAN BENTUK HEKSAGONAL PADA KEMAMPUAN PEREDAMAN GELOMBANG Harish Wirayuhanto, Haryo D Armono	78-86
ANALISIS LAJU PERTUMBUHAN KARANG PORITES SP DI PERAIRAN SUMATERA BARAT DENGAN CORAL X-RADIOGRAPH DENSITOMETRY SYSTEM Winda Lestari Adiningsih, Bambang Semedi, Corry Corvianawatie, Sri Yudawati Cahyarini	87-102
MONITORING CORALS AND FISH ABUNDANCE IN SIMEULUE ISLAND, ACEH PROVINCE BEFORE MASS BLEACHING PHENOMENON CAUSED BY ENSO IN 2016 Ulung J. Wisna, Koko Ondara, Wisnu A. Gemilang, Guntur A. Rahmawan, and Ruzana Dhiauddin	103-114

MODEL SINERGITAS KEAMANAN LAUT OLEH PANGKALAN ANGKATAN LAUT DI CHOKEPOINT SELAT LOMBOK Putu Yogi Arsana, Budi Santoso, Made Jiwa Astika, Ahmadi, Okol Sri Suharyo	115-125
STUDI PROFIL VERTIKAL KECEPATAN ARUS DI PERAIRAN SEKITAR KEPULAUAN DERAWAN, KALIMANTAN TIMUR, INDONESIA Faisal Hisyam Muhammad, Ayi Tarya, Nining Sari Ningsih	126-133
STRATEGI PENGEMBANGAN SISTEM PENDIDIKAN DAN LATIHAN TNI AL DALAM MENDUKUNG PENGUASAAN TEKNOLOGI KEANGKATANLAUTAN 2030 Ahmadi, I Nengah Putra A, Okol Sri Suharyo, Harun B. Ariyoko, A. K. Susilo	134-143
ANALISIS KANDUNGAN LOGAM BERAT Cu, Pb, Hg DAN Sn TERLARUT DI PESISIR KABUPATEN BANYUWANGI Ervina Wahyu Setyaningrum, Agustina Tri Kusuma Dewi, Mega Yuniartik, Endang Dewi Masithah	144-153
INOVASI BUMDES DALAM PENGELOLAAN POTENSI KEWIRAUSAHAAN MASYARAKAT PESISIR Abul Haris Suryo Negoro	154-162
METODE SEDERHANA UNTUK PENANAMAN BAMBU LAUT DI DARAT Ari Kuncoro, Nanda Radhitia P., Susilo Wisnugroho	163-175
PERAN DAN PARTISIPASI STAKEHOLDER DALAM PENGEMBANGAN KONSERVASI MANGROVE MENJADI ECO-WISATA Didik Trisbiantoro, A. Kusyairi	176-185
STRATEGI PENGEMBANGAN PULAU-PULAU KECIL SEBAGAI DESTINASI WISATA BERKELANJUTAN Djoko Poernomo, Maulana Surya Kusuma, Hari Karyadi, Suhartono	186-191
PASANG SURUT KESEJAHTERAAN NELAYAN TRADISIONAL DI PESISIR SELAT MADURA: PERSPEKTIF ANTROHISTORI Kusnadi	192-198
KUASA NELAYAN ATAS LAUT: TANTANGAN PENGELOLAAN LAUT BERKELANJUTAN Maulana S. Kusumah, Djoko Poernomo, Hari Karyadi, Suhartono	199-206
KAYUHANYUTAN DI PANTAI GORONTALO, KELURAHAN LABUHANBAJO, KECAMATAN KOMODO, KABUPATEN MANGGARAI BARAT, NUSA TENGGARA TIMUR Wahyu Budi Setyawan	207-217

MENGELOLA KAWASAN MANGROVE SECARA TERPADU: Pelajaran dari Kawasan Wisata Karangsong, Indramayu Wahyu Budi Setyawan	218-223
SISTEM PENUNJANG KEPUTUSAN PEMILIHAN LAHAN YANG SESUAI UNTUK TANAMAN MANGROVE MENGGUNAKAN METODE SIMPLE ADDITIVE WEIGHTING (SAW) Yanuar Nurdiansyah, Antonius Cahya Prihandoko, Mochamad Roby Nurdiannata	224-232
PENGEMBANGAN TEKNOLOGI INDUSTRI BUDIDAYA PERIKANAN DENGAN MODEL SIMBUSAMAN AGROMINA POLITAN DALAM UPAYA PENINGKATAN PRODUK UNGGULAN KOTA PEKALONGAN Istiyanto Samidjan, Diana Rachmawati, Agus Indarjo, Hadi Pranggono	233-241
REKAYASA TEKNOLOGI BUDIDAYA POLIKULTUR IKAN BANDENG PADA PADAT TEBAR BERBEDA DAN RUMPUT LAUT GRACILLARIA SP TERHADAP PERTUMBUHAN DAN KELULUSHIDUPAN Istiyanto Samidjan	242-248
REKAYASA TEKNOLOGI POLIKULTUR UDANG VANAMEI DAN RUMPUT LAUT PADA JARAK TANAM BERBEDA TERHADAP PERCEPATAN PERTUMBUHAN DAN KELULUSHIDUPAN Istiyanto Samidjan, Diana Rachmawati, Agus Indarjo, Hadi Pranggono	249-256
IDENTIFIKASI PENGARUH KERAPATAN MANGROVE TERHADAP DINAMIKA PASANG SURUT DI SEGARA ANAKAN, CILACAP, JAWA TENGAH Ayi Tarya, Larasati C. Sunaringati, Nining Sari Ningsih	257-267
ANALISIS KERUGIAN EKONOMI AKIBAT ILLEGAL FISHING DI ZONA EKONOMI EKSKLUSIF PERAIRAN NATUNA Dendy Mahabrur, Jejen Jenhar Hidayat	268-275
PERFORMAN PERTUMBUHAN DAN KELULUSHIDUPAN LELE SANGKURIANG YANG DIBUDIDAYA DI DESA TAMBAKSARI, KECAMATAN ROWOSARI, KABUPATEN KENDAL MELALUI SUPLEMENTASI ENZIM PAPAIN DALAM PAKAN BUATAN Diana Rachmawati, Istiyanto Samidjan, Johannes Hutabarat	276-282
SUPLEMENTASI EKSTRAK NANAS PADA PAKAN TERHADAP PEMANFAATAN PAKAN DAN PERTUMBUHAN UDANG VANAME (<i>Litopenaeus vannamei</i>) UPAYA UNTUK MENINGKATKAN PRODUKSI Diana Rachmawati, Istiyanto Samidjan	283-289
PERBANDINGAN KARAKTERISTIK SIFAT FISIKOKIMIA GELATIN TULANG IKAN BANDENG DAN GELATIN SAPI KOMERSIAL Masirah	290-297
KINERJA PERTUMBUHAN IKAN BAUNG (<i>MYSTUS NEMURUS</i>) YANG DIBERI PREBIOTIK MANNANOLIGOSAKARIDA (MOS) DI KOLAM TANAH, TANGKILING, PALANGKA RAYA Ricky Djauhari, Murrod Candra Wirabakti, Shinta Sylvia Monalisa, Rusliana	298-304

PENGARUH PENGOPERASIAN LAMPU CELUP BAWAH AIR BERBASIS ATFIRE (AUTOMATIC FISH ATTRACTOR) V.1 TERHADAP HASIL TANGKAPAN DI PRIGI, TRENGGALEK Riska Fatmawati, Sukandar	305-315
RESPON STRESSOR KEPADATAN IKAN MAS (<i>Cyprinus carpio</i> L) SETELAH DIINFEKSI BAKTERI <i>Edwardsiella tarda</i> SECARA BUATAN TERHADAP NILAI HEMATOKRIT Sri Oetami Madyowati, Muhajir	316-324
OPTIMASI PROSES PRETREATMENT PADA SISIK IKAN BANDENG (<i>Chanos Chanos, Forskal</i>) DENGAN RESPONSE SURFACE METHODOLOGY Yus Isnainita Wahyu	325-331

PERKIRAAN BATIMETRI PERAIRAN DANGKAL MENGGUNAKAN CITRA LANDSAT 8

Dhani Irwanto

PT Indonesia Hydro Consult
Bukit Golf Riverside 2 Blok B01 No 46, Gunungputri, Bogor 16963

*Corresponding author e-mail: 1; 081282777962

ABSTRAK

Batimetri adalah ilmu untuk menentukan topografi dasar perairan yang menghasilkan peta batimetri. Peta batimetri banyak digunakan untuk keperluan manajemen lingkungan, sumber daya alam, teknik dan navigasi. Metode pembuatan peta batimetri tradisional yang antara lain meliputi echo sounding dan pemetaan menggunakan instrumen multi-beam sonar atau LIDAR udara memerlukan biaya survai yang tinggi. Untuk keperluan-keperluan praktis dan studi-studi yang tidak memerlukan ketelitian tinggi, batimetri yang diturunkan dari satelit kini semakin banyak digunakan. Dibandingkan dengan metode tradisional, biayanya jauh lebih efektif, tidak mengganggu lingkungan, cepat, dan dapat diterapkan untuk area yang tidak dapat diakses.

Kata Kunci: *Batimetri, citra satelit, penginderaan jauh, perairan dangkal.*

PENDAHULUAN

Batimetri adalah ilmu untuk menentukan topografi dasar perairan yang menghasilkan peta batimetri. Memantau dan mengukur batimetri ini sangat penting untuk keperluan manajemen lingkungan, sumber daya alam, teknik dan navigasi, seperti untuk pekerjaan konstruksi, manajemen pelabuhan, peletakan pipa, perikanan dan pengerukan.

Metode pembuatan peta batimetri pada prinsipnya adalah dengan mengukur kedalaman dasar perairan pada setiap titik. Saat ini telah tersedia peta-peta batimetri yang diterbitkan oleh lembaga yang berwenang, tetapi peta yang ada tersebut tidak cukup akurat. Metode pembuatan peta batimetri tradisional yang antara lain meliputi *echo sounding* dan pemetaan menggunakan instrumen *multi-beam sonar* atau LIDAR udara memerlukan biaya survai yang tinggi. Selain itu, untuk mendapatkan izin yang diperlukan bisa sangat memakan waktu dan survai lapangannya dapat berisiko bagi kesehatan dan keselamatan personil yang terlibat.

Peta batimetri juga dapat dihasilkan dari citra satelit multi-spektral, yang dikenal dengan *satellite-derived bathymetry* (SDB), yang telah dikembangkan sejak akhir 1970-an. Kemajuan terbaru dalam teknologi satelit, seperti peningkatan resolusi dan pita multi-spektralnya, telah meningkatkan potensinya sebagai sumber data hidrografi. Pendekatan ini memanfaatkan fakta bahwa panjang gelombang cahaya yang berbeda dilemahkan oleh air pada tingkat yang berbeda sehingga perairan yang lebih dalam tampak lebih gelap daripada perairan dangkal. Dengan generasi satelit saat ini, teknologi ini dapat digunakan untuk memetakan batimetri di kedalaman perairan hingga 25 meter dalam kondisi yang optimal.

Untuk keperluan-keperluan praktis dan studi-studi yang tidak memerlukan ketelitian tinggi, batimetri yang diturunkan dari satelit kini semakin banyak digunakan. Dibandingkan dengan metode tradisional, biayanya jauh lebih efektif, tidak mengganggu lingkungan, cepat, dan dapat diterapkan untuk area yang tidak dapat diakses.

Dalam beberapa tahun terakhir, peluncuran satelit penginderaan jauh seperti Ikonos, QuickBird, dan Worldview-2 telah menawarkan citra dengan resolusi spasial dan spektral yang tinggi, tetapi semua citranya harus diperoleh secara komersial. Karena pengadaan citra tersebut terbukti mahal untuk sebagian besar negara berkembang, penggunaan data citra Landsat 8 yang tersedia secara bebas dapat dilakukan untuk memetakan batimetri perairan dangkal dengan hasil yang relatif dapat diterima.

MATERI DAN METODE

Sejumlah algoritma empiris telah tersedia dalam literatur seperti Su *et al.*, (2008); Stumpf *et al.*, (2003) dan algoritma analitis seperti Lyzenga (1978, 1981); Lyzenga *et al.*, (2006); Philpot (1989). Untuk menggunakan metode analitik, sejumlah parameter input seperti kedalaman air, sifat atmosfer dan material dasar perairan diperlukan sehingga menjadi sangat rumit dan sulit. Metode empiris hanya membutuhkan beberapa parameter yang sederhana dan mudah.

Dari beberapa model algoritma yang dikembangkan untuk menurunkan data batimetri dari citra satelit tersebut, secara umum terdapat dua model algoritma derivasi yang paling dikenal, yaitu Stumpf dan Lyzenga. Tidak ada algoritma baru yang dikembangkan selain kedua algoritma tersebut selain perbaikan kalibrasinya. Perbaikan ini meliputi perhitungan kuadrat terkecil untuk membentuk model turunan linier yang terbaik.

Model Stumpf (Transformasi Rasio)

Model ini dikembangkan oleh Stumpf (2003) dengan menerapkan prinsip dasar bahwa setiap pita memiliki tingkat penyerapan badan air yang berbeda. Tingkat penyerapan yang berbeda ini secara konseptual akan menghasilkan rasio antar pita dan rasio ini akan secara konsisten berubah secara bersamaan ketika kedalaman berubah.

Secara teoritis, jika rasio meningkat maka kedalaman akan meningkat juga. Pita dengan tingkat penyerapan yang lebih tinggi akan terus berkurang apabila kedalamannya bertambah. Menurut Stumpf dkk (2003), model rasio-log ini lebih nyata dan telah menunjukkan perkiraan kedalaman yang lebih akurat terutama untuk perairan dangkal dengan reflektansi rendah dan di daerah perairan yang lebih dalam dibandingkan dengan model turunan lainnya. Persamaan (1) di bawah ini memperlihatkan algoritma model log-ratio Stumpf tersebut.

$$Z = m_1 \times \frac{\ln(R(\lambda_2))}{\ln(R(\lambda_1))} - m_0 \quad (1)$$

dengan;

m_1, m_0 koefisien konstanta model;
 $R(\lambda_1), R(\lambda_2)$ radian untuk spektrum λ_1 dan λ_2 .

Model Lyzenga (Log Linier)

Model ini diperkenalkan oleh Lyzenga (1978) dan dikembangkan melalui serangkaian temuan Lyzenga (1981, 1985 dan 2006). Secara umum, model log-linear ini mengimplementasikan algoritma baik satu maupun sepasang pita panjang gelombang. Algoritma model inversi log-linear ini seperti ditunjukkan dalam Persamaan (2) sebagai berikut.

$$Z = a_0 + \sum_{i=1}^N a_i \ln(R(\lambda_i) - R_{\infty}(\lambda_i)) \quad (2)$$

dengan;

$a_i (i = 0, 1, \dots, N)$ koefisien konstanta, N adalah jumlah pita spektrum;
 $R(\lambda_i)$ radian setelah koreksi atmosferis dan kilauan matahari untuk pita spektrum λ_i ;

Dalam makalah ini diberikan contoh daerah studi di Kepulauan Karimunjawa, Kabupaten Jepara, Provinsi Jawa Tengah yaitu di sekitar Pulau Parang dan Pulau Kumbang seperti terlihat pada Gambar 1. Data batimetri yang digunakan untuk melakukan kalibrasi adalah data sekunder hasil survai lapangan menggunakan *single-beam echosounder* yang telah dilakukan pada tahun 2013. Citra Landsat 8 yang digunakan adalah citra yang terambil pada 9 Agustus 2018.



Gambar 1. Daerah studi

Metode yang digunakan dalam makalah ini adalah dengan algoritma transformasi rasio (Model Stumpf) yang termodifikasi, yang dapat mencapai kedalaman sampai dengan 25 meter dalam air jernih. Algoritma ini juga dapat memprediksi kedalaman sampai batas tertentu dalam lingkungan air keruh yang tergantung pada kandungan sedimennya, bervariasi dari lokasi ke lokasi.

Perangkat lunak yang digunakan untuk menampilkan peta-peta hasil hitungan algoritma adalah GlobalMapper yang dikeluarkan oleh Blue Marble Geographics.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Citra Landsat 8

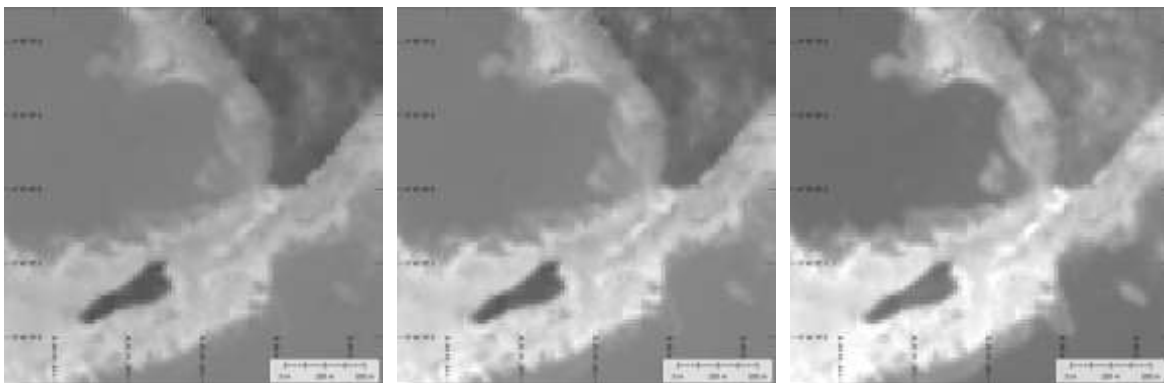
Landsat 8 adalah satelit observasi Bumi yang diluncurkan pada 11 Februari 2013. Satelit ini adalah satelit kedelapan dalam program Landsat; ketujuh yang mencapai orbit dengan sukses. Awalnya disebut Landsat Data Continuity Mission (LDCM), sebuah kolaborasi antara NASA dan United States Geological Survey (USGS). Satelit Landsat 8 memotret seluruh Bumi setiap 16 hari. Data yang dikumpulkan oleh instrumen pada satelit tersedia untuk diunduh secara bebas dari EarthExplorer, GloVis, atau LandsatLook Viewer dalam 24 jam setelah akuisisi.

Citra Operational Land Imager (OLI) dan Thermal Infrared Sensor (TIRS) Landsat 8 terdiri dari sembilan pita spektrum dengan resolusi spasial 30 meter untuk Pita 1 hingga 7 dan 9. Pita 1 (Ultra Biru) bermanfaat untuk studi pesisir dan aerosol. Pita 9 bermanfaat untuk pendeteksian awan tipis (*cirrus*). Resolusi untuk Pita 8 (Pankromatis) adalah 15 meter. Pita Termal 10 dan 11 bermanfaat untuk mengukur suhu permukaan yang lebih akurat dalam setiap 100 meter.

Tabel 1. Pita-pita pada Operational Land Imager (OLI) dan Thermal Infrared Sensor (TIRS) Landsat 8

Pita	Panjang gelombang (mikrometer)	Resolusi (meter)
Pita 1 – Ultra Biru	0,435 – 0,451	30
Pita 2 – Biru	0,452 – 0,512	30
Pita 3 – Hijau	0,533 – 0,590	30
Pita 4 – Merah	0,636 – 0,673	30
Pita 5 – Dekat Infra Merah	0,851 – 0,879	30
Pita 6 – Infra Merah Gelombang Pendek 1	1,566 – 1,651	30
Pita 7 – Infra Merah Gelombang Pendek 2	2,107 – 2,294	30
Pita 8 – Pankromatis	0,503 – 0,676	15
Pita 9 – Awan Tipis	1,363 – 1,384	30
Pita 10 – Infra Merah Termal 1	10,60 – 11,19	100
Pita 11 – Infra Merah Termal 2	11,50 – 12,51	100

Studi perkiraan batimetri perairan dangkal ini menggunakan citra Pita 1 (Ultra Biru), Pita 2 (Biru) dan Pita 3 (Hijau), seperti terlihat pada Gambar 2 dibawah ini. Sedangkan Pita 5 (Dekat Infra Merah) digunakan untuk menguji pengaruh kilauan matahari. Semua citra yang digunakan adalah citra Tingkat-2 dimana telah dikoreksi terhadap hamburan dan penyerapan atmosfer.

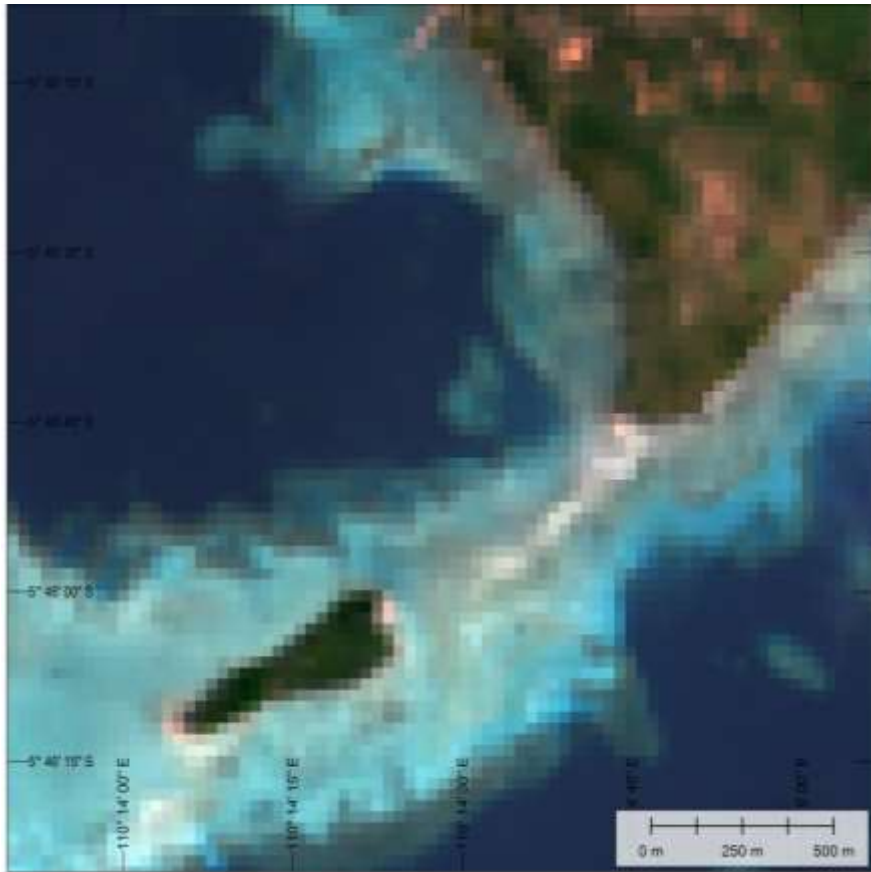


Gambar 2. Citra Landsat 8 Pita 1, 2 dan 3 (dari kiri ke kanan) daerah studi 9 Agustus 2018

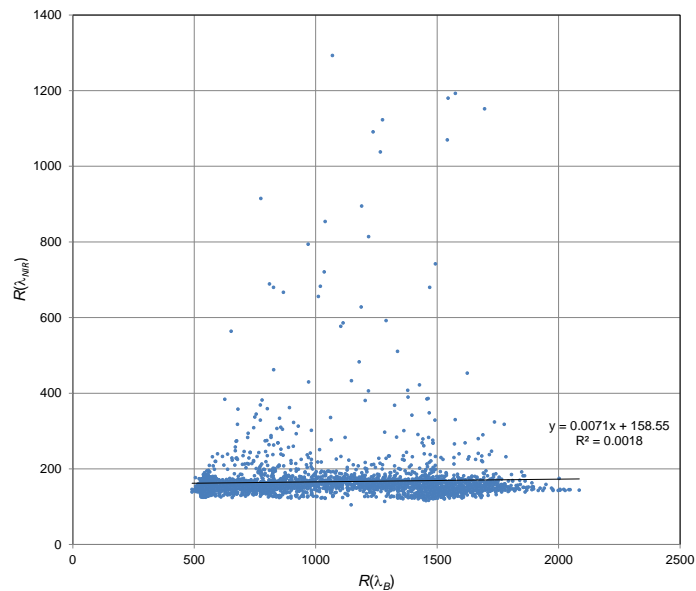
Gambar 3 menunjukkan citra Landsat 8 Pita 2 (Biru), Pita 3 (Hijau) dan Pita 4 (Merah) yang ditampilkan sesuai dengan warnanya.

Semua citra perlu dilakukan koreksi sebelum digunakan, antara lain koreksi atmosferis dan radiometris. Koreksi atmosferis dilakukan karena sinar matahari melewati atmosfer dua kali, yaitu saat sampai ke Bumi dan dipantulkan lagi untuk diterima oleh sensor satelit, sehingga telah mengalami dua kali hamburan dan penyerapan oleh atmosfer. Karena citra Landsat 8 Tingkat-2 telah dilakukan koreksi atmosferis, maka dalam hal ini tidak perlu dilakukan koreksi lagi.

Koreksi radiometris dilakukan karena permukaan air tidak rata dan radiasi matahari pada lereng ombak langsung dipantulkan ke sensor yang mempengaruhi nilai kecerahan piksel. Demikian pula, pantulan awan juga dapat mempengaruhi nilai kecerahan piksel. Koreksi kilauan air dan pantulan awan ini dapat dilakukan dengan metode yang dibuat oleh Hedley dkk (2005), yaitu dengan membuat regresi linier terhadap nilai radian Pita Biru (B) dan Pita Dekat Infra Merah (NIR). Penerapan metode ini terhadap citra Landsat 8 di daerah studi menunjukkan nilai R^2 yang sangat rendah, yaitu 0,0018 (Gambar 4) sehingga kilauan matahari hampir tidak terlihat karena nilai radian NIR tidak bertambah dengan meningkatnya nilai radian B. Dengan demikian, koreksi radiometris tidak perlu dilakukan.



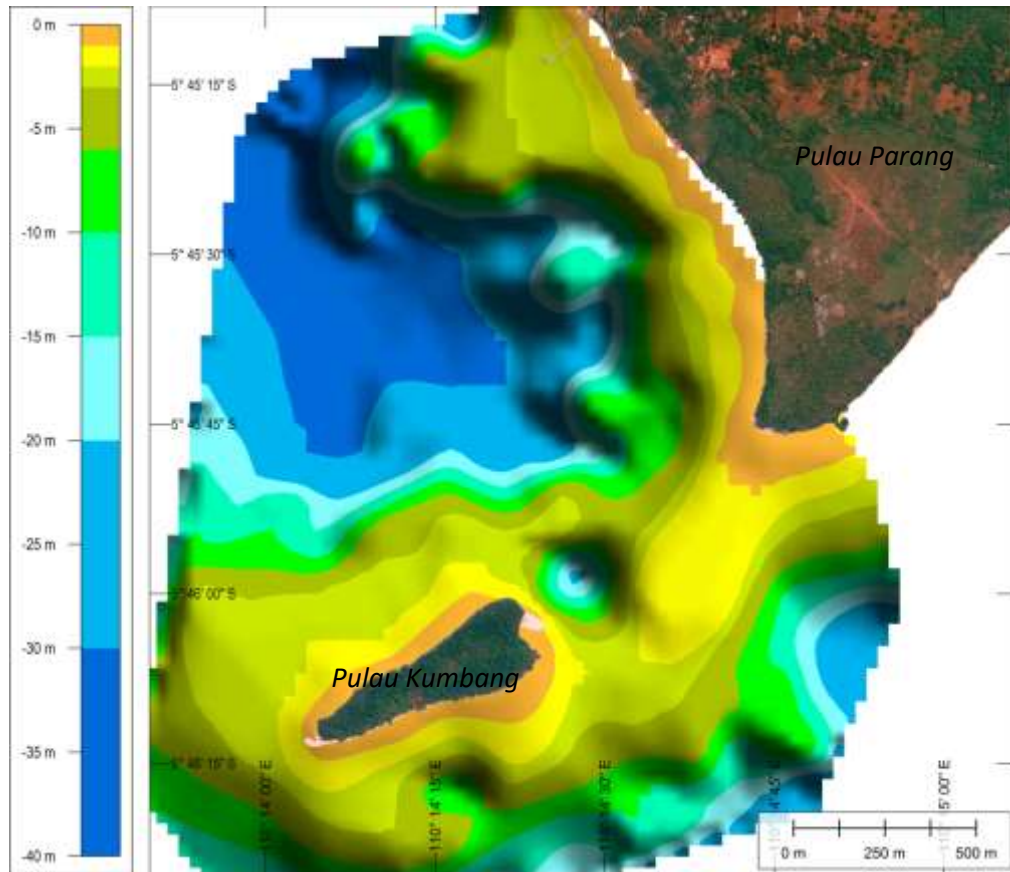
Gambar 3. Citra Landsat 8 Pita 2 (Biru), 3 (Hijau) dan 4 (Merah) di daerah studi



Gambar 4. Korelasi nilai radian Pita Biru (B) dan Pita Dekat Infra Merah (NIR) daerah studi

Data Survei Daerah Studi

Data batimetri yang digunakan sebagai contoh untuk melakukan kalibrasi dalam makalah ini adalah data sekunder hasil survei lapangan menggunakan *single-beam echosounder* di perairan antara Pulau Parang dan Pulau Kumbang, Kepulauan Karimunjawa yang telah dilakukan pada tahun 2013. Data tersebut berupa kedalaman dasar perairan yang diukur dari muka laut rata-rata, yang ditampilkan dalam sebuah model elevasi digital (MED), seperti terlihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Peta batimetri daerah studi hasil survai lapangan

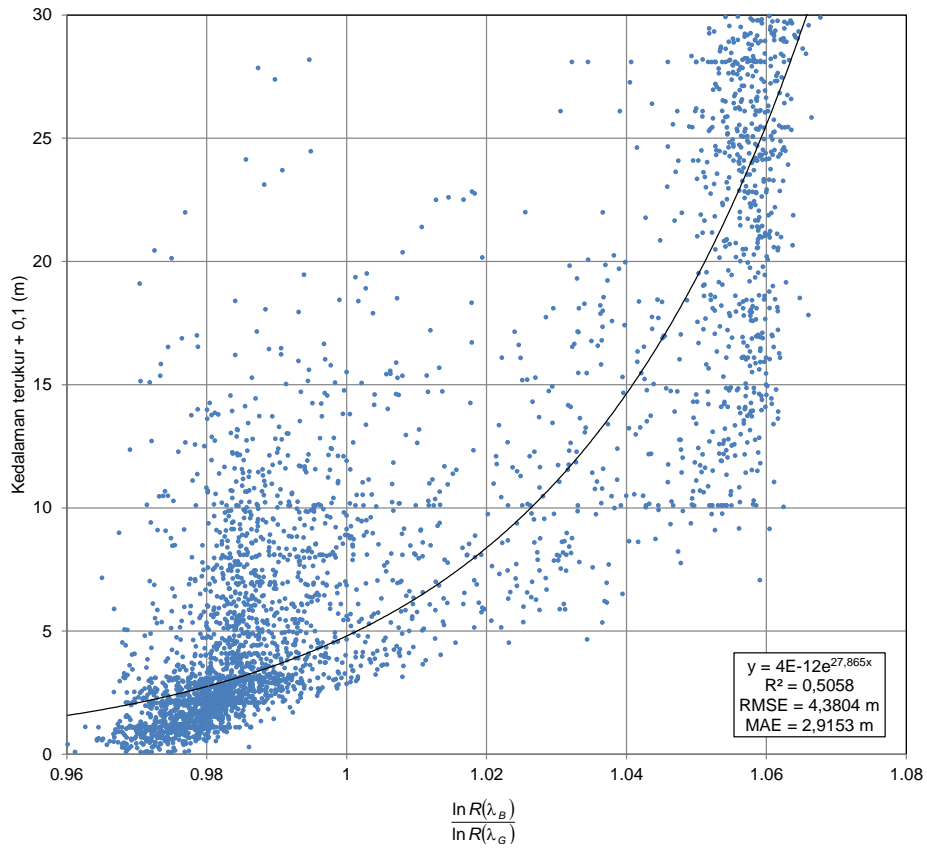
Pengolahan Data Digital

Data kedalaman perairan hasil survai lapangan yang sudah didigitasi ulang kemudian dibagi menjadi piksel-piksel dalam format TIF dengan kerapatan 30 m permukaan Bumi. Dalam format TIF tersebut, setiap piksel memiliki nilai kedalaman pada pusat piksel tersebut, yang dapat dirubah menjadi data tabular yang terdiri dari nilai bujur, lintang dan kedalaman.

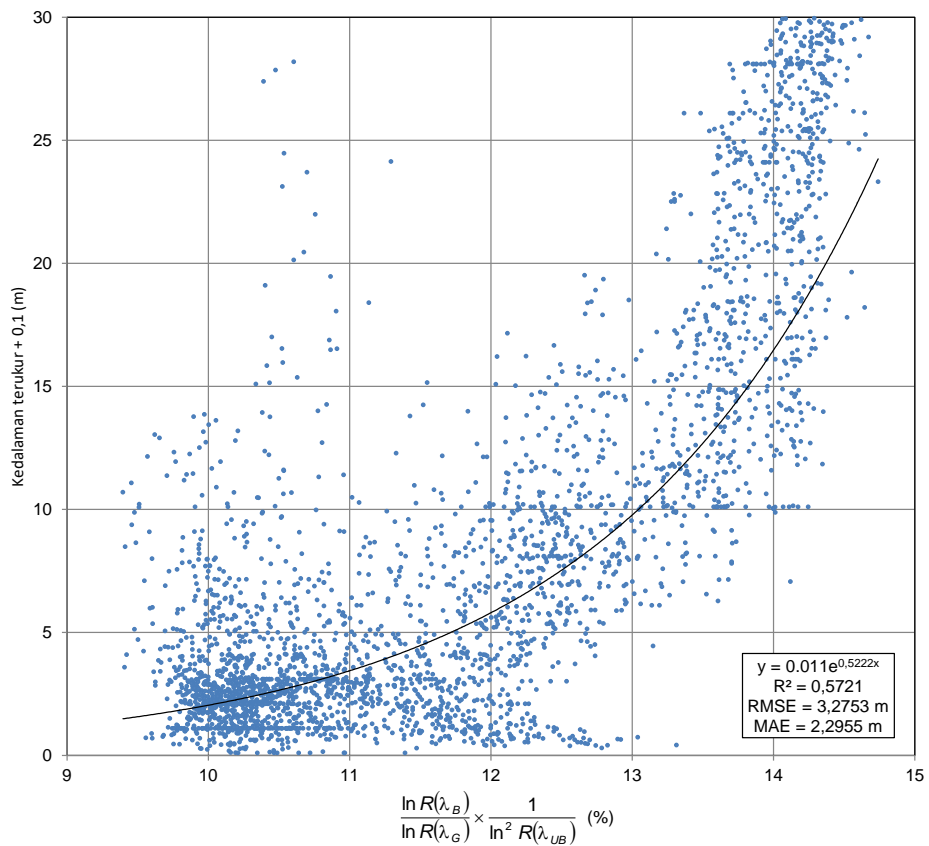
Demikian pula halnya untuk citra Landsat 8 yang digunakan, yaitu Pita 1 (Ultra Biru), Pita 2 (Biru) dan Pita 3 (Hijau). Data asli yang diunduh dari peladen USGS telah memiliki format TIF. Data dalam pita-pita tersebut kemudian dipotong agar sesuai dengan wilayah data kedalaman perairan hasil survai lapangan, dan dirubah menjadi data tabular seperti diatas.

Pengolahan data dilakukan menggunakan data tabular yang telah dibuat tersebut. Persamaan awal yang digunakan adalah persamaan Model Transformasi Rasio (Stumpf 2003) seperti tersebut diatas. Pengamatan hasil regresi menggunakan persamaan ini menunjukkan pola korelasi yang tidak linier – persamaan Stumpf diturunkan untuk air jernih – dan titik-titiknya agak tersebar (Gambar 5). Regresi menggunakan korelasi eksponensial menunjukkan nilai $R^2 = 0,5058$, RMSE = 4,3804 meter dan MAE = 2,9153 meter untuk data sampai kedalaman 20 meter.

Pemakalah kemudian memasukkan nilai radian Pita 1 (Ultra Biru), yaitu dengan membagi nilai rasio logaritmanya dengan nilai kuadrat logaritma radian Pita 1. Hasilnya menunjukkan korelasi yang lebih baik, walaupun tetap tidak linier juga, seperti ditunjukkan pada Gambar 6. Regresi menggunakan korelasi eksponensial menunjukkan nilai $R^2 = 0,5721$, RMSE = 3,2753 meter dan MAE = 2,2955 meter untuk data sampai kedalaman 20 meter sehingga memberikan perbaikan terhadap persamaan awalnya.



Gambar 5. Regresi eksponensial antara kedalaman terhadap nilai rasio logaritma model Stumpf



Gambar 6. Regresi eksponensial antara kedalaman terhadap nilai logaritma radian pita-pita yang dibuat oleh pemakalah

Persamaan yang tidak linear tersebut menunjukkan adanya pengaruh kekeruhan air didalam perairan tersebut. Terlihat dari sebaran titik-titik pada kedua kurva diatas bahwa untuk kedalaman lebih dari sekitar 20 meter dasar perairan hampir tidak dapat terlihat oleh sensor satelit. Terlihat juga dari sebaran titik pada Gambar 6 tentang adanya kesalahan yang diakibatkan oleh ombak pecah (tersebar pada bagian bawah) dan tutupan awan tipis (tersebar pada bagian kiri). Untuk analisis yang lebih teliti, pengaruh-pengaruh tersebut perlu dihilangkan dengan cara memotong wilayahnya.

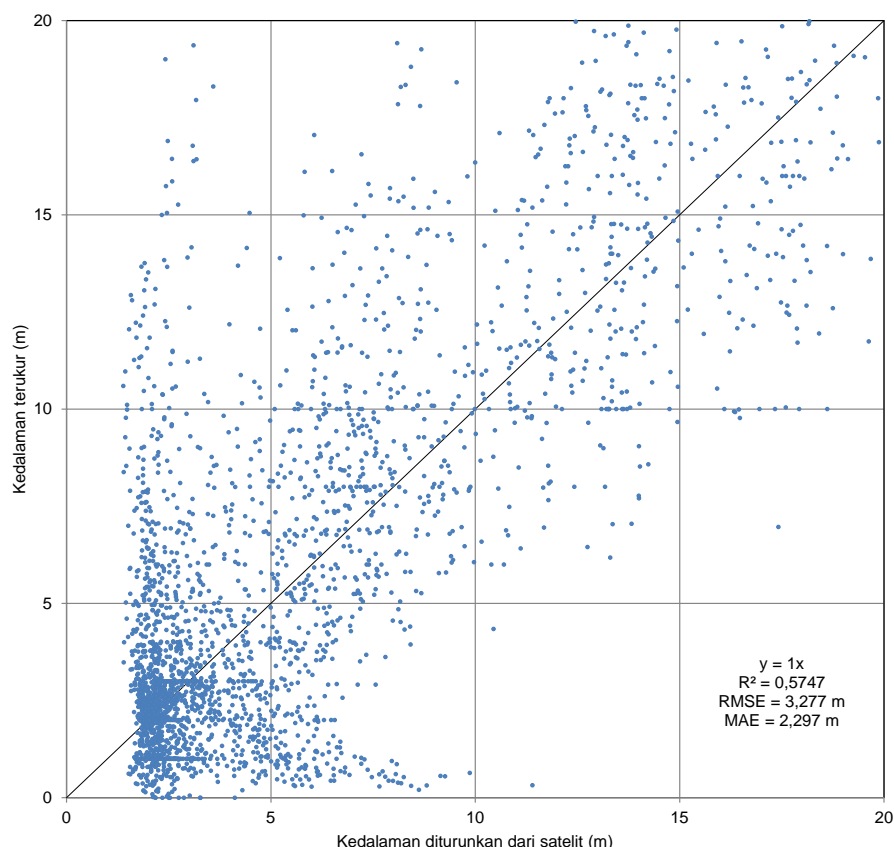
Untuk memperkirakan batimetri perairan dangkal di sekitar Kepulauan Karimunjawa, pemakalah kemudian menggunakan persamaan terakhir sebagai berikut.

$$Z = 0,011 e^{0,5222 \left(\frac{\ln R(\lambda_B)}{\ln R(\lambda_G)} \times \frac{1}{\ln R(\lambda_{UB})} \right)} - 0,1 \quad (3)$$

dengan;

Z perkiraan kedalaman perairan (sampai dengan 20 meter);
 $R(\lambda_{UB}), R(\lambda_B), R(\lambda_G)$ radian Pita 1 (Ultra Biru), Pita 2 (Biru) dan Pita 3 (Hijau).

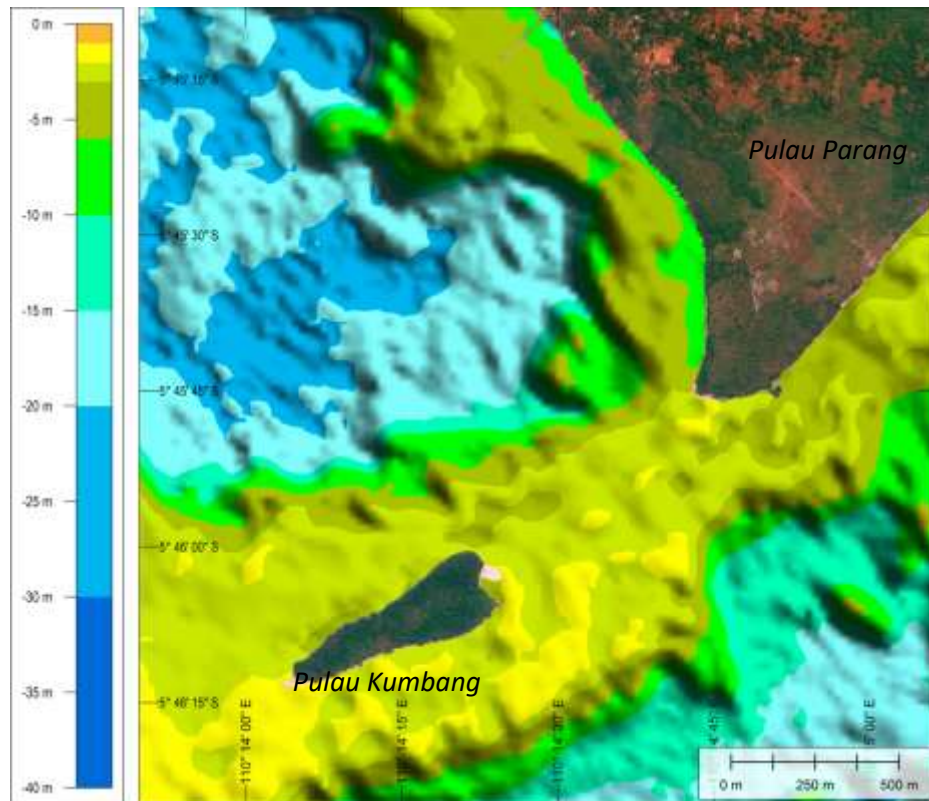
Penerapan persamaan diatas terhadap seluruh piksel di wilayah terukur menunjukkan nilai-nilai statistik kedalaman perairan $R^2 = 0,5747$, $RMSE = 3,277$ meter dan $MAE = 2,297$ meter untuk data sampai kedalaman 20 meter, seperti terlihat pada Gambar 7. Terlihat dari sebaran titik-titik pada gambar tersebut bahwa terdapat kesalahan yang diakibatkan oleh ombak pecah dan tutupan awan tipis. Senjang di bagian kiri adalah koreksi pasang surut, dimana perairannya pada saat dilakukan pengambilan citra oleh satelit sedang mengalami surut sekitar 1,6 meter.



Gambar 7. Perbandingan kedalaman perairan terukur dengan turunan citra satelit Landsat 8

Gambar 8 menunjukkan peta batimetri hasil perkiraan menggunakan citra Landsat 8 di daerah studi yang ditampilkan dalam bentuk MED. Dengan persamaan yang sama, maka dapat diperkirakan batimetri perairan yang lebih luas di sekitar Pulau Parang dan Pulau Kumbang (Gambar 10). Sebagai

perbandingan, pada Gambar 11 ditunjukkan peta batimetri BATNAS yang dikeluarkan oleh Badan Informasi Geospasial.



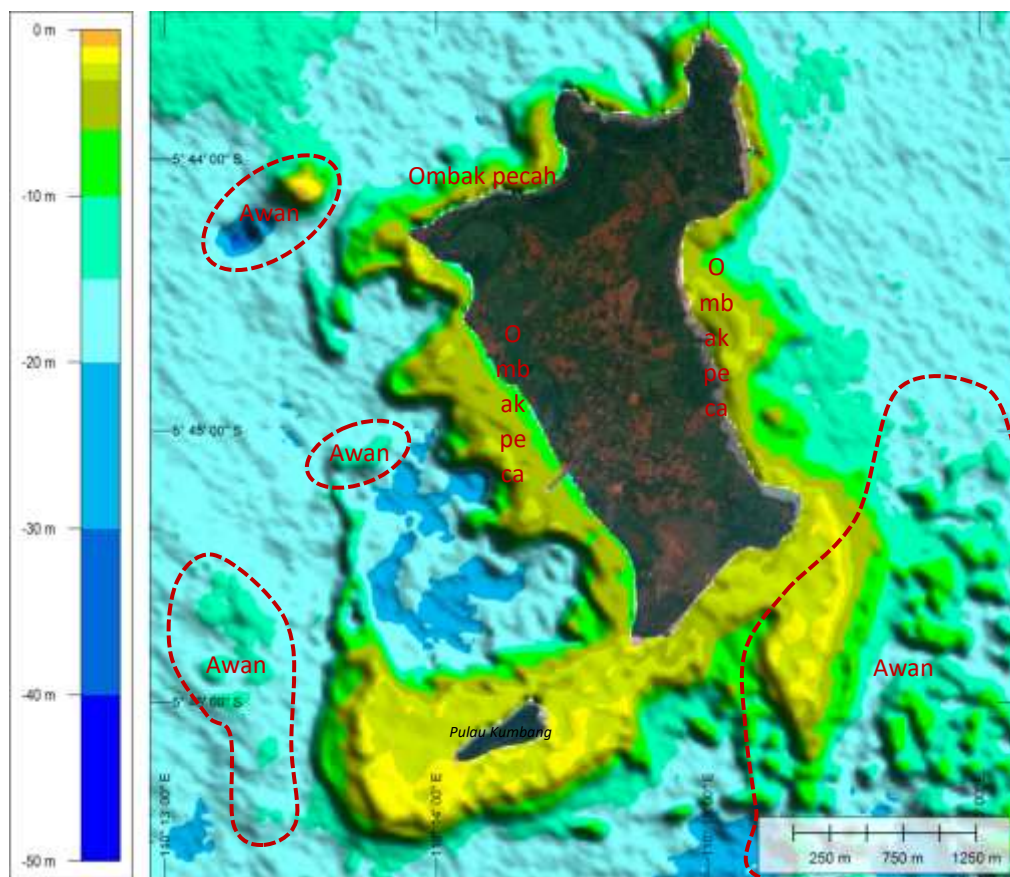
Gambar 8. Peta batimetri daerah studi yang diturunkan dari citra Landsat 8



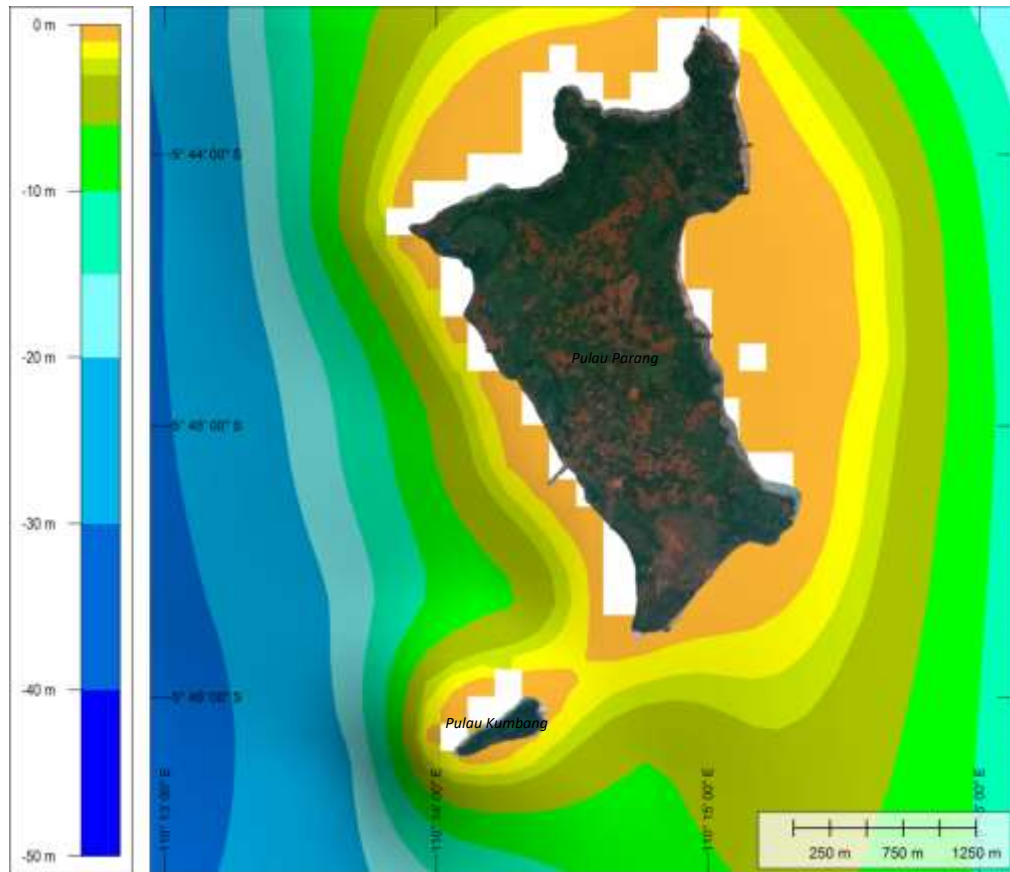
Gambar 9. Citra global di sekitar Pulau Parang dan Pulau Kumbang



Gambar 10. Citra Landsat 8 Pita Biru, Hijau dan Merah di sekitar Pulau Parang dan Pulau Kumbang



Gambar 11. Peta batimetri perairan di sekitar Pulau Parang dan Pulau Kumbang



Gambar 12. Peta batimetri BATNAS di sekitar Pulau Parang dan Pulau Kumbang

KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan analisis yang disajikan dalam paparan ini, terdapat korelasi yang cukup antara kedalaman dasar perairan sampai dengan 20 meter dengan logaritma radian Pita-pita Ultra Biru, Biru dan Hijau citra Landsat 8. Setiap set citra yang diambil pada suatu waktu tertentu perlu dilakukan analisis untuk mendapatkan persamaan dengan kesalahan yang terkecil, dengan melakukan koreksi-koreksi yang diperlukan. Demikian pula, apabila habitat dasar perairan dan kekeruhan air pada suatu lokasi berbeda dengan lokasi yang lain, maka perlu dilakukan analisis tersendiri untuk lokasi tersebut.

Analisis ini memerlukan biaya yang jauh lebih murah dibandingkan dengan metode tradisional seperti *echo sounding* dan pemetaan menggunakan instrumen *multi-beam sonar* atau LIDAR udara. Algoritma yang dilakukan dapat digunakan untuk keperluan-keperluan praktis dan studi-studi yang tidak memerlukan ketelitian tinggi, maupun untuk perencanaan awal sebelum dilakukan survei lapangan yang lebih rinci.

DAFTAR PUSTAKA

- Hedley, J.D., Harborne, a. R., Mumby, P.J. (2005). Technical note: Simple and robust removal of sun glint for mapping shallow water benthos.
- Lyzenga, D.R., Malinas, N.P., Tanis, F.J. (2006). Multispectral bathymetry using a simple physically based algorithm. *IEEE Trans. Geosci.*
- M. Fachrurrozi, Sugeng Widada, Muhammad Helmi (2013). Studi pemetaan batimetri untuk keselamatan pelayaran di Pulau Parang, Kepulauan Karimunjawa, Kabupaten Jepara, Provinsi Jawa Tengah. *Jurnal Oseanografi*, Volume 2, Nomor 3, Tahun 2013, Halaman 310-317.
- Minghelli-Roman, A., Goreac, A., Mathieu, S., Spigai, M. and Gouton. P. (2009). Comparison of Bathymetric Estimation Using Different Satellite Images in Coastal Sea Waters. *International Journal of Remote Sensing*, 30, Halaman 5737–50.
- Philpot, W.D. (1989). Bathymetric mapping with passive multispectral imagery. *Appl. Opt.* 28, Halaman 1569–1578. doi:10.1364/AO.28.001569.

- R. Lyzenga, D. (1981). Remote sensing of bottom reflectance and water attenuation parameters in shallow water using aircraft and Landsat data.
- R. Lyzenga, D. (1978). Passive remote sensing technique for mapping water depth. *Appl. Opt.* 17, Halaman 379–383.
- Stumpf, R.P., Holderied, K., Sinclair, M. (2003). Determination of water depth with high-resolution satellite imagery over variable bottom types.
- Su, H., Liu, H., Heyman, W.D. (2008). Automated Derivation of Bathymetric Information from Multi-Spectral Satellite Imagery Using a Non-Linear Inversion Model. *Mar. Geod.* 31, Halaman 281–298. doi:10.1080/01490410802466652.

KERENTANAN PESISIR KOTA PARIAMAN, SUMATERA BARAT MENGGUNAKAN PEMODELAN NUMERIK HIDRO-OSEANOGRAFI

Koko Ondara*, Guntur Adhi Rahmawan, Yulia Armi Pitri

Loka Riset Sumber Daya dan Kerentanan Pesisir, Pusat Riset Kelautan,
Kementerian Kelautan dan Perikanan
Jl. Raya Padang-Painan km.16, Bungus, Kota Padang, Sumatera Barat 25227

*Corresponding author e-mail: koko_ondara@alumni.itb.ac.id; 08976929648

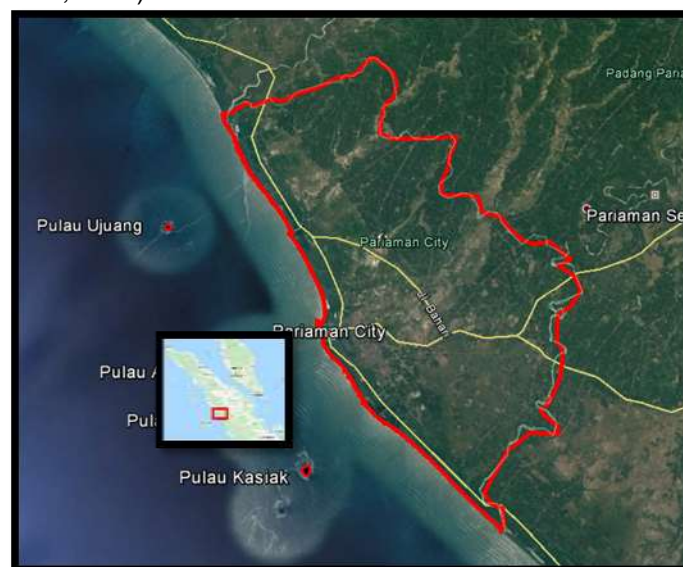
ABSTRAK

Dilihat dari karakteristik pantai dan sebaran penduduknya, Kota Pariaman memiliki wilayah pesisir dengan tingkat kerentanan yang tinggi. Abrasi di beberapa pulau kecil akan mengancam keutuhan pulau kecil dan daerah peneluran penyu akan hilang. Hasil kajian menunjukkan bahwa di Kota Pariaman bagian tengah di daerah muara sungai berpotensi terjadi penumpukan partikel dan sedimen yang berasal dari darat dan laut. Kejadian abrasi terjadi daerah pesisir dalam kurun waktu 8 tahun dengan abrasi terparah mencapai 75 meter dan daerah rawan akresi semakin bertambah dalam kurun waktu tersebut. Groyin yang dibangun pada daerah pesisir yang telah merubah karakteristik pola hidrodinamika perairan, terlihat tidak efektif dalam mengurangi laju abrasi, bahkan beberapa groyin terlihat sudah tidak berada lagi pada posisinya. Hasil analisa banjir rob dengan skenario kenaikan muka air laut sebesar 1 m, 2 m dan 3 m menunjukkan bahwa kawasan yang paling banyak terendam adalah kawasan pemukiman. Abrasi dan banjir rob harus segera diatasi dengan merehabilitasi terumbu karang yang ada dan menanam pohon-pohon tipe pesisir seperti waru laut, ketapang, cemara laut, kelapa dan jika dimungkin menanam mangrove, melakukan pengendalian pembangunan rumah/gedung baru di areal pesisir dan membuat infrastruktur pencegah abrasi dengan kajian dan analisis yang baik.

Kata kunci: Kemunduran garis pantai, abrasi, pemodelan struktur pelindung, pariaman, groyin

PENDAHULUAN

Kota Pariaman merupakan wilayah pemekaran dari Kabupaten Padang Pariaman tertuang dalam Undang-Undang no. 12 tahun 2012. Secara koordinat $00^{\circ} 33' 00'' - 00^{\circ} 40' 43''$ LS – $100^{\circ} 04' 46'' - 100^{\circ} 10' 55''$ BT. Kota Pariaman memiliki 4 Kecamatan yaitu Pariaman Selatan, Pariaman Tengah, Pariaman Timur dan Pariaman Utara. Wilayah ini berhadapan langsung dengan Samudera dan memiliki potensi alam yang cukup bervariasi di daerah pesisir antara lain pariwisata, perikanan dan kehutanan (Mazidah *et al.*, 2016).



Gambar 1. Peta lokasi Kota Pariaman, Sumatera Barat

Kota Pariaman berada di kawasan pesisir/pantai barat Pulau Sumatera yang memiliki ombak relatif besar (Samulano *et al*, 2011). Dinamika pantai Kota Pariaman sangat dipengaruhi oleh gelombang Samudera Hindia yang kuat mencapai pantai dan proses abrasi dan erosi pantai dominan terjadi di sepanjang pantai (Rafdi, 2016). Proses erosi lahan juga terus terjadi di daerah hulu ditandai dengan tingginya suplai sedimen yang dibawa oleh aliran sungai menuju laut (Akbar, 2014). Selain proses abrasi, Kota Pariaman juga rawan terhadap bencana banjir rob dan Tsunami (Sukri, 2015).

Rob adalah kejadian atau fenomena alam dimana air laut masuk ke wilayah daratan, pada waktu permukaan air laut mengalami pasang (Marfai, 2013). Intrusi air laut tersebut dapat melalui sungai, saluran drainase atau aliran bawah tanah (Noson, 2000). Beberapa penyebab dari banjir rob di pesisir pada umumnya terjadi karena beberapa faktor yaitu pasang surut (Ondara *et al.*, 2016), *land subsidence* dan perubahan tata guna lahan daerah pesisir. Perluasan daerah genangan rob berbanding lurus terhadap semakin naiknya tiga faktor tersebut (Kodoatie dan Sugiyanto, 2002).

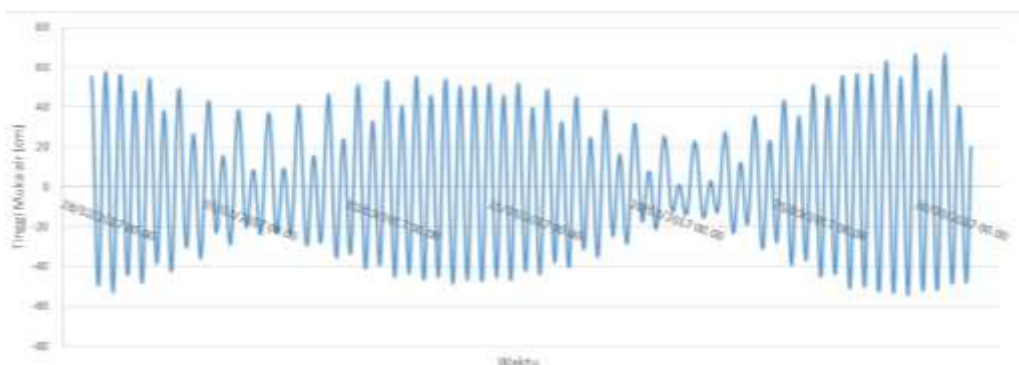
MATERI DAN METODE

Data oseanografi yang digunakan yaitu data pasang surut selama 30 hari yang diperoleh melalui NAOTide dan data batimetri perairan diperoleh melalui pengukuran langsung yang dilaksanakan pada bulan Agustus tahun 2015. Karakteristik arus berupa arah dan kecepatan arus diperoleh melalui pemodelan dengan metode *flexible mesh* (Ondara *et al.*, 2017). Berdasarkan data-data oseanografi yang telah diperoleh maka dimodelkan penyebaran sedimen dan partikel yang sumbernya berasal dari kawasan pesisir untuk melihat pola penyebaran partikel atau sedimen di sekitar kawasan pesisir Kota Pariaman. Pemodelan tersebut juga akan digunakan untuk menganalisa fungsi struktur groin yang telah dibangun dalam melindungi kawasan pesisir. Hasil analisa perubahan garis pantai dan pola sebaran sedimen akan dianalisa untuk menentukan kawasan rawan abrasi dan akresi selama 10 tahun terakhir dari tahun 2005 hingga tahun 2015.

HASIL DAN PEMBAHASAN

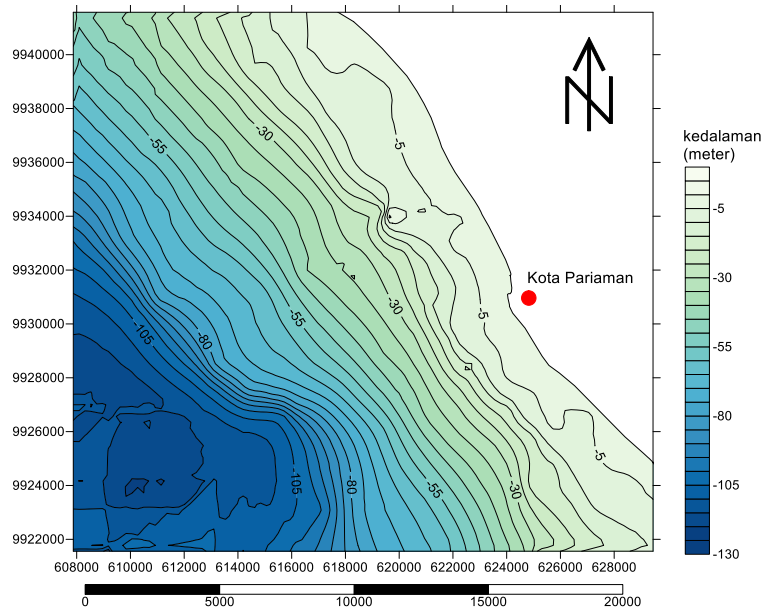
Pasang Surut

Data pasang surut selama 30 hari di kota pariaman di koordinat 100.093977°; -0.648769° dibuat dalam bentuk grafik untuk memudahkan pembacaan. Berdasarkan perhitungan bilangan Formzhal diperoleh nilai F sebesar 0,37. Sesuai dengan kriteria *Courtier* pasang surut di perairan ini adalah tipe campuran harian ganda (*mixed semiurdunal tides*), dimana dalam satu hari terjadi dua kali pasang dan dua kali air surut condong ganda dengan tinggi yang hamper sama dan pasang surut terjadi secara berurutan secara teratur. Tipe pasang surut ini sesuai dengan yang dilakukan oleh Solihuddin (2006) dan Abdilah *et al.*, (2012).



Gambar 2. Nilai elevasi muka air Kota Pariaman Periode pasang surut rata-rata adalah 12 jam 24

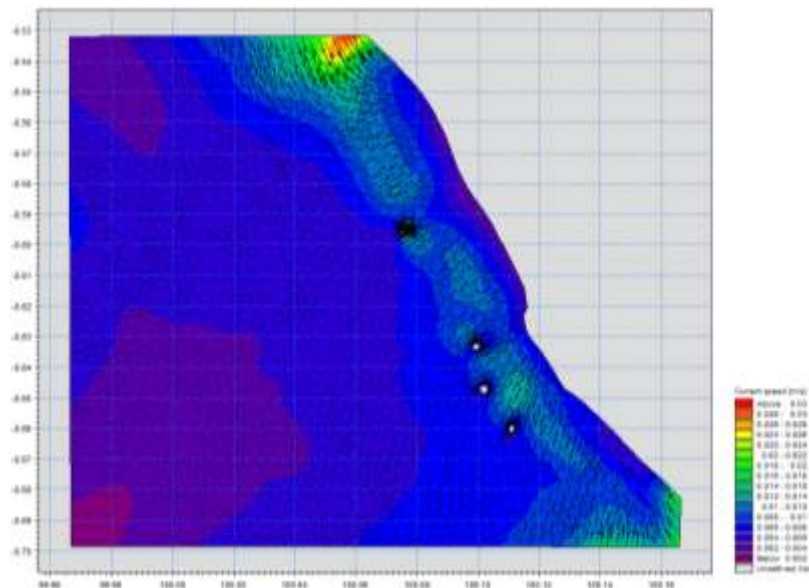
menit. Dengan metode admiralty diperoleh nilai Tinggi muka air rata-rata sebesar 224,81cm, Tinggi muka air titik tertinggi sebesar 57,6 cm dan Titik muka air rendah terendah sebesar 52,8 cm dengan kisaran tinggi pasang dan surut yang terjadi di Teluk kendari sebesar 1,1 meter.



Gambar 3. Peta batimetri Kota Pariaman

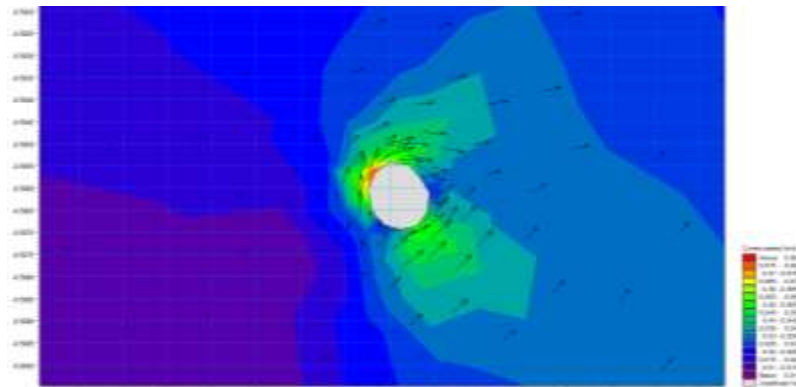
Peta kontur memperlihatkan hasil kemiringan untuk daerah pesisir kota Pariaman relatif datar dengan derajat kemiringan kurang dari 2° dengan variasi kedalaman mulai dari 0 meter hingga 125 meter hingga jarak 20 km ke arah laut. Pada jarak 0 meter (pantai) hingga 5000 meter ke arah laut, kedalaman perairan maksimal sebesar 20 meter.

Kecepatan arus di perairan Kota Pariaman berkisar antara 0 m/s hingga 0,03 m/s dengan dominan arahnya tegak lurus pantai. Pada bagian utara perairan terlihat arus lebih dominan datang dari arah utara dan mengakibatkan wilayah tersebut rentan akan terjadi abrasi dan akresi, begitu juga pada wilayah bagian selatan.



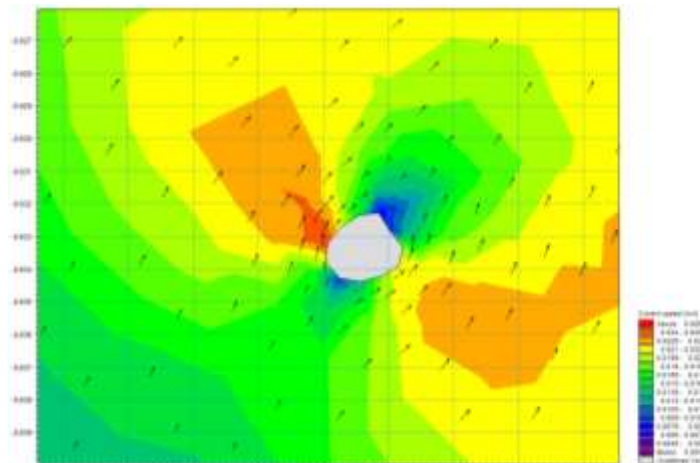
Gambar 4. Arah dan kecepatan arus di perairan Kota Pariaman

Kecepatan arus di Pulau Kasiak relatif tenang dengan kecepatan 0 m/s hingga 0,08 m/s dengan dominan menuju ke arah daratan Kota Pariaman. Terlihat bahwa arus membentuk pola *singularly* dengan kecepatan lebih besar dan dominan di bagian utara pulau



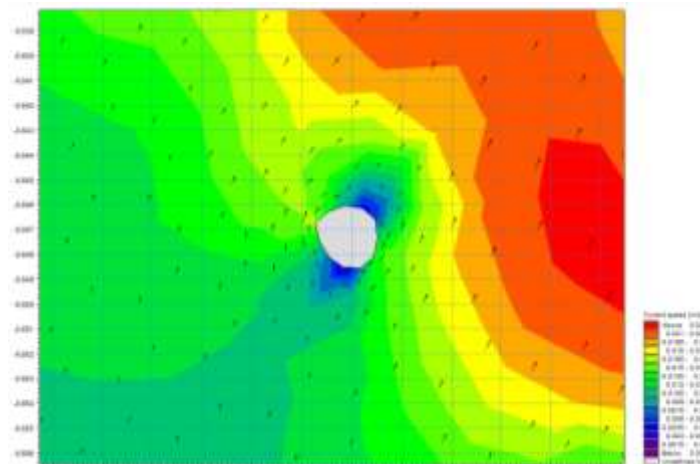
Gambar 5. Arah dan kecepatan arus di Pulau Kasiak

Kecepatan arus di pulau Angso relatif tenang dengan kecepatan 0 m/s hingga 0,025 m/s dengan arah kecepatan dominan menuju arah Timur Laut. Wilayah pada bagian Barat Daya pulau terlihat rentan terhadap sedimen transpor sehingga kemungkinan terjadinya abrasi lebih besar dibandingkan pada bagian pulau lainnya. Kecepatan arus pada arah barat Laut pulau lebih besar dan dominan dibandingkan pada bagian pulau lainnya.



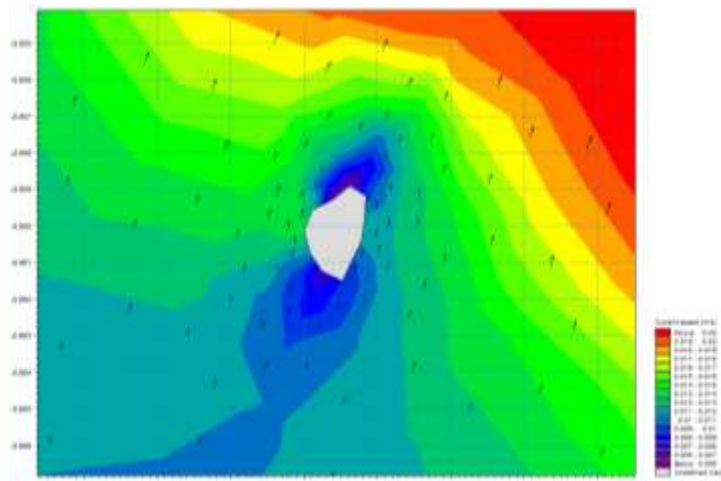
Gambar 6. Arah dan kecepatan arus di Pulau Angso

Kecepatan arus pada Pulau Tengah mulai dari 0 m/s hingga 0,02 m/s dengan arah arus lebih dominan ke Timur Laut. Karakteristik arus pada Pulau Tengah hampir sama dengan karakteristik arus pada Pulau Angso. Pada Pulau Tengah, bagian Barat Laut dan Tenggara terlihat arus lebih besar dan kemungkinan terjadinya sedimen transport lebih sering sehingga wilayah ini rentan terhadap bahaya abrasi.



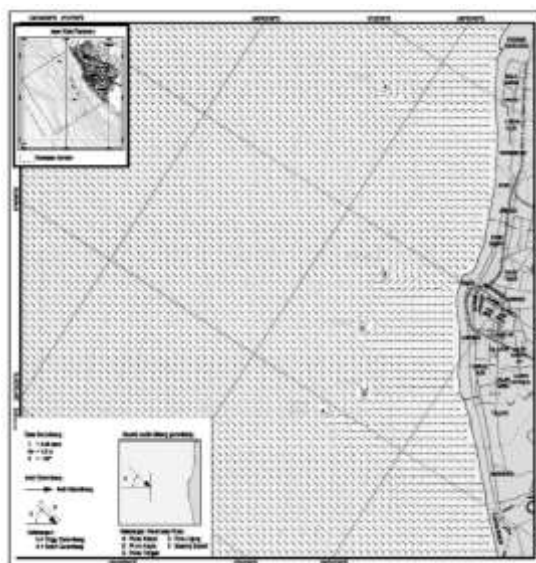
Gambar 7. Arah dan Kecepatan arus di Pulau Tengah

Kecepatan arus pada Pulau Tengah mulai dari 0 m/s hingga 0,02 m/s dengan arah arus lebih dominan ke Timur. Karakteristik arus pada Pulau Tengah hampir sama dengan karakteristik arus pada Pulau Angso. Pada Pulau Tengah, bagian Barat Laut dan Tenggara terlihat arus lebih besar dan kemungkinan terjadinya sedimen transport lebih sering sehingga wilayah ini rentan terhadap bahaya abrasi.



Gambar 8. Arah dan kecepatan arus di Pulau Ujung

Hasil simulasi gelombang dengan sudut datang -45° terhadap garis tegak lurus pantai menunjukkan pada Pulau Kasiak, gelombang yang melewati samping kanannya mengalami pembelokkan sebesar 138° ke arah pantai, 128° ke arah sejajar belakangnya, dan gelombang yang melewati samping kiri pulau ini mengalami pembelokkan sebesar 154° ke arah sejajar belakangnya. Di Pulau Angso, gelombang yang melewati samping kanan pulau membelok sebesar 160° ke arah pantai, 143° ke arah sejajar belakang pulau dan gelombang yang melewati samping kirinya mengalami pembelokkan sebesar 154° ke arah sejajar belakang pulau ini. Di sekitar Pulau Tengah, gelombang yang melewati samping kanan pulau ini mengalami pembelokkan sebesar 151° ke arah pantai, 109° ke arah sejajar belakangnya dan gelombang yang melewati samping kirinya membelok sebesar 162° ke arah sejajar belakangnya. Pada Pulau Ujung, gelombang yang melewati samping kanan pulau ini mengalami pembelokkan sebesar 154° ke arah pantai, 125° ke arah sejajar belakang pulau ini. Gelombang yang melewati samping kiri pulau ini mengalami pembelokkan sebesar 149° ke arah sejajar belakangnya. Pada Pulau Gosong Sibarat, gelombang yang melewati samping kanan gosong mengalami pembelokkan sebesar 155° ke arah pantai, 135° ke arah sejajar belakang gosong.



Gambar 9. Pola arah trasformasi gelombang di Perairan Kota Pariaman.
Sumber (Samulano et al., 2011)

Gelombang yang melewati samping kiri gosong mengalami pembelokkan sebesar 173° ke arah sejajar belakang gosong berusaha sejajar dengan garis pantai di belakangnya, sebagian ada yang berusaha tegak lurus terhadap arah pantai dan sebagian lagi ada yang cenderung ke arah selatan. Sedangkan pada saat melewati samping kiri pulau-pulau, sebagian gelombang ada yang berbelok dan berusaha sejajar dengan garis pantai di belakangnya, dan sebagian lagi terus merambat ke arah selatan yang akhirnya bertemu kembali dengan gelombang dari arah samping kanannya, tepatnya disebelah kanan pada belakang pulau-pulau tersebut. Perambatan gelombang ini terus melaju mendekati pantai dan cenderung untuk tegak lurus terhadap garis kontur dasar laut sampai mendekati pantai, karena adanya pendangkalan pada dasar laut dekat pantai.

Berikut ini analisis mengenai perubahan garis pantai yang terdapat di Kota Pariaman. Analisis ini berdasarkan faktor-faktor yang sangat mempengaruhi perubahan tersebut seperti sungai dan bangunan pelindung pantai.



Gambar 10. Muara S.Pariaman 1 Tahun 2005-2013

Posisi muara yang terletak di kordinat 621540.00, 9938046.00 (Gambar 10) dalam kurun waktu 8 tahun (2005-2013) terlihat telah terjadi akresi maksimal ke arah laut sejauh 75 m ke arah laut. Perubahan bentuk dari muara sungai tersebut disebabkan oleh oleh perpindahan sedimen dari muara maupun dari arah laut. Mulut muara terlihat lebih lebar dari sebelumnya dengan adanya bangunan permanen pada salah satu sisi muara.



Gambar 11. Perubahan bentuk muara S.Pariaman 2 Tahun 2005-2013

Pada muara sungai di kordinat 623349.0, 9934011 dalam kurun waktu 8 tahun (2005-2013) telah terjadi erosi maksimal sejauh 75 m pada sisi sebelah utara sungai serta terjadi perubahan bentuk dari muara sungai dengan adanya bangunan permanen pada daerah tersebut. Perubahan bentuk mulut muara berakibat adanya akresi dan abrasi kawasan pesisir karena perubahan pergerakan arus laut ke arah pesisir.



Gambar 12. Perubahan struktur bangunan growin Tahun 2005-2013

Berdasarkan pengamatan terlihat bahwa bagian selatan sungai mengalami abrasi. Terlihat dari perubahan garis pantai yang lebih menjorok ke arah darat serta perubahan dari panjang growin yang mulai berubah dari kondisi semula dengan panjang berkurang 20 m pada area pada sekitar koordinat 624210, 9931609. Perubahan growin tersebut dikarenakan beberapa faktor seperti sedimentasi, kenaikan muka air laut, kualitas groin yang kurang baik, sedimentasi dan adanya *land subsidence*. Perubahan dari bentuk muara karena adanya reklamasi penimbunan untuk tujuan tertentu yang dilakukan turut memberikan pengaruh terhadap abrasi pantai tersebut.



Gambar 13. Morfologi Muara S.Pariaman Tahun 2005-2013

Pada sisi sebelah selatan sungai (Gambar 14) terlihat mengalami erosi dan kemungkinan disebabkan oleh perpindahan dari sediment ke arah utara.

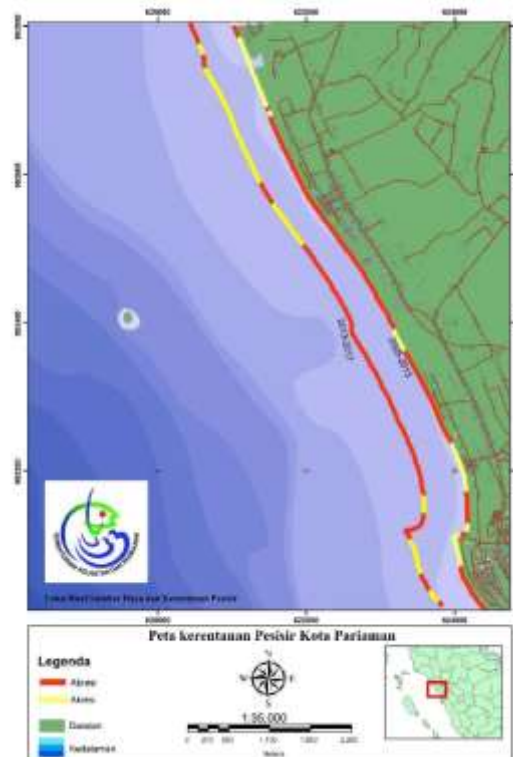


Gambar 14. Perubahan garis pantai Tahun 2013-2017

Sungai yang berada pada kordinat 624118, 9931094 terlihat pada perubahan bentuk morfologi berupa penambahan area darat dan berpengaruh terhadap terganggunya keseimbangan lingkungan di sekitar wilayah pantai. Sisi sebelah selatan S.Pariaman banyak mengalami erosi sebesar 5-30 m ke arah darat. Berdasarkan data citra satelit tahun 2013-2017 terdapat bangunan berupa breakwater yang dibangun ada pada mulut sungai sebelah utara. Bangunan ini menyebabkan adanya perubahan

arus air laut sehingga yang berakibat bertambahnya wilayah (akresi) pada bagian utara sungai tersebut.

Berikut ini peta kerentanan abrasi dan akresi yang terjadi di Kota Pariaman tahun 2005 dan 2015.

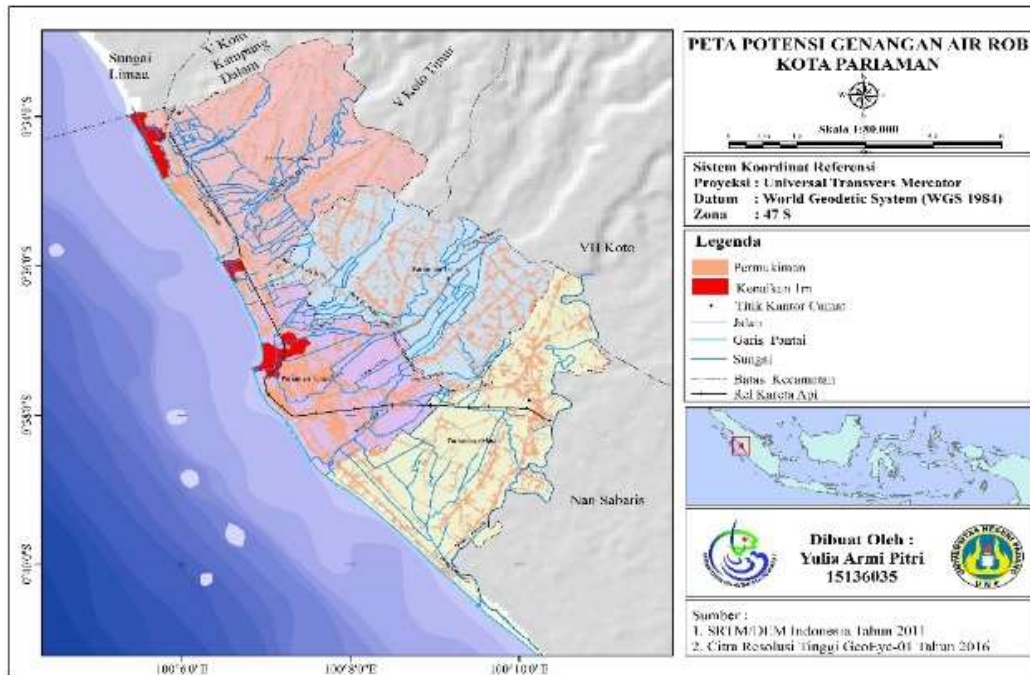


Gambar 15. Peta abrasi dan akresi di Kota Pariaman tahun 2005 dan 2015

Peta kerentanan abrasi dan akresi kawasan pesisir pada tahun 2005 hingga tahun 2017 terlihat adanya penurunan kualitas pesisir Kota Pariaman dengan terlihat semakin bertambahnya jumlah yang terabrasi dibandingkan dengan garis pantai yang mengalami akresi. Kecamatan Pariaman Utara menjadi daerah yang menunjukkan adanya potensi akresi selama 12 tahun terakhir.

Banjir rob merupakan bencana yang muncul berkaitan dengan siklus gerak bulan. Dengan demikian banjir ini dapat berulang bulanan. Daerah yang terkena bencana ini adalah dataran pantai di daerah pesisir yang rendah atau daerah rawa-rawa pantai. Genangan banjir ini dapat diperkuat dengan banjir karena curah hujan. Jadi, banjir ini dapat terjadi lebih hebat di saat musim hujan (Kodoatie dan Sugiyanto, 2002). Rob dapat muncul karena adanya dinamika alam atau karena kegiatan manusia. Dinamika alam yang dapat menyebabkan rob adalah adanya perubahan elevasi pasang surut air laut. Sedangkan yang diakibatkan oleh kegiatan manusia misalnya karena pemompaan air tanah yang berlebihan, pengerukan alur pelayaran, reklamasi pantai, dan lain-lain.

Berikut ini adalah peta genangan air rob dari kenaikan 1 m sampai dengan kenaikan 6 m di Kota Pariaman:

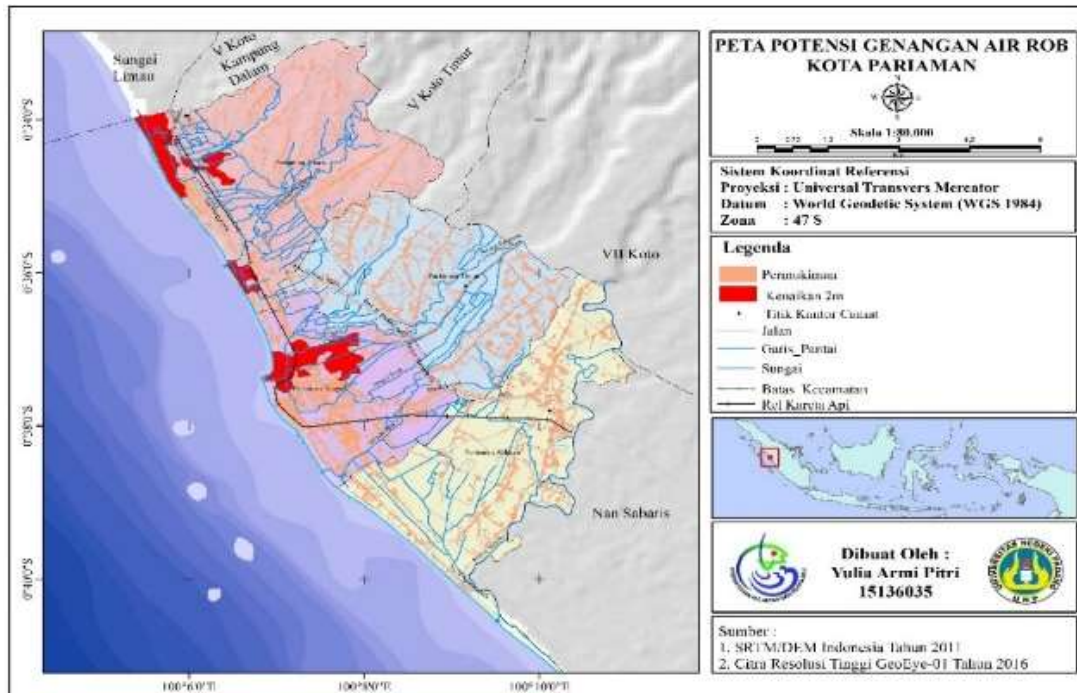


Gambar 16. Peta Genangan Air Rob dengan Kenaikan 1 m

Tabel 1. Luasan Genangan Rob Kota Pariaman dengan Kenaikan muka air laut 1 m.

Guna Lahan	Luasan (Ha)
Cemara Pantai	1.84
Kebun Campuran	19.99
Kesehatan	0.07
Kolam Ikan Air Tawar	3.25
Ladang/Tegalan	0.17
Laguna	2.83
Lahan Terbuka	8.41
Mangrove	10.81
Pariwisata	1.48
Pasir Pantai	13.42
Pendidikan	1.68
Perdagangan dan Jasa	0.67
Perhotelan	0.21
Peribadatan	0.18
Perkantoran	2.5
Pemukiman	26.6
Sawah	13.67
Semak Belukar	7
Sungai	10.45
Taman	0.13

Dari tabel 1 diatas dapat terlihat bahwa tata guna lahan yang paling banyak tergenang adalah pemukiman yaitu 23,30%. Wilayah yang tergenang hanya di Kecamatan Pariaman Utara dan Kecamatan Pariaman Tengah. Sedangkan jarak terjauh yang terkena genangan air rob adalah 1.366,63 m yaitu berada di Kecamatan Pariaman Tengah.

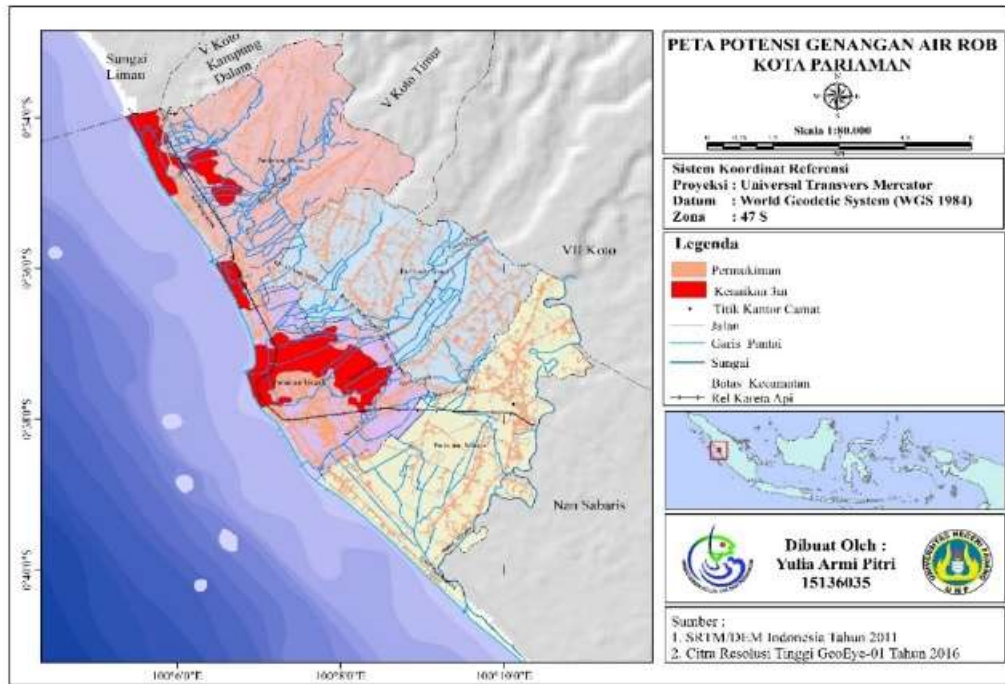


Gambar 17. Peta Genangan Air Rob dengan Kenaikan 2 m

Tabel 2. Luasan Genangan Rob Kota Pariman dengan Kenaikan muka air laut 2 m.

Guna Lahan	Luasan (Ha)
Cemara Pantai	2.41
Kebun Campuran	32.54
Kesehatan	0.18
Kolam Ikan Air Tawar	5.67
Ladang/Tegalan	0.7
Laguna	2.9
Lahan Terbuka	12.2
Mangrove	26.04
Pariwisata	1.29
Pasir Pantai	16.21
Pendidikan	2.69
Perdagangan dan Jasa	2.45
Perhotelan	0.53
Peribadatan	0.51
Perkantoran	3.36
Pemukiman	61.32
Sawah	22.65
Sawah Irigasi	44.47
Semak Belukar	32.05
Sungai	12.13
Taman	0.84

Berdasarkan tabel 2 diatas dapat terlihat bahwa tata guna lahan yang terkena genangan paling banyak adalah pemukiman dengan persentase 21,65%. Kecamatan yang tergenang sama dengan kenaikan 2 m, yaitu Kecamatan Pariaman Utara dan Pariaman Tengah. Sedangkan jarak terjauh yang terkena genangan air rob adalah 2.282,76 m yaitu di Kecamatan Pariaman Tengah.



Gambar 18. Peta Genangan Air Rob dengan Kenaikan 3 m

Tabel 3. Luasan Genangan Rob Kota Paripaman dengan Kenaikan muka air laut 3 m.

Guna Lahan	Luasan (Ha)
Cemara Pantai	3
Kebun Campuran	47.45
Kesehatan	0.45
Kolam Ikan Air Tawar	6.09
Ladang/Tegalan	1.37
Laguna	3.02
Lahan Terbuka	15.61
Mangrove	32.04
Olahraga	1.27
Pariwisata	5.07
Pasir Pantai	21.28
Pendidikan	6.08
Perdagangan dan Jasa	7.52
Perhotelan	3.46
Peribadatan	1.22
Perkantoran	8.45
Pemukiman	112.88
Peternakan	0.07
Sawah	28.55
Sawah Irigasi	191.9
Semak Belukar	55.5
Stasiun	0.14
Sungai	12.03
Taman	2.16

Terlihat dari tabel 3 bahwa tata guna lahan yang paling banyak terkena genangan rob adalah sawah irigasi yaitu 33,89%. Dimana daerah yang paling banyak terkena adalah Kecamatan Pariaman Tengah. Selain Kecamatan Pariaman Tengah, daerah yang terkena genangan rob lainnya adalah Kecamatan Pariaman Utara. Sedangkan jarak terjauh yang terkena genangan air rob adalah 2.968,11 m yaitu di Kecamatan Pariaman Tengah.

KESIMPULAN DAN SARAN

Dampak langsung kenaikan muka air laut bila terjadi rob adalah kawasan pemukiman yang berada di sekitar kawasan pesisir dan dataran rendah. Abrasi dan banjir rob di beberapa pulau kecil akan mengancam keutuhan pulau kecil dan daerah peneluran penyu akan hilang. Dilihat dari karakteristik pantai dan sebaran penduduknya, Kota Pariaman memiliki wilayah pesisir dengan tingkat kerentanan yang tinggi. Oleh karena itu diperlukan upaya-upaya serius dari pihak pemerintah daerah untuk mengelola pembangunan di wilayah pesisir. Upaya yang dapat dilakukan diantaranya adalah dengan melakukan pengendalian pembangunan rumah/gedung baru di areal pesisir dan membuat infrastruktur pencegah abrasi dan banjir rob di pantai seperti groin dan breakwater serta merehabilitasi terumbu karang yang ada dan menanam pohon-pohon tipe pesisir seperti waru laut, ketapang, cemara laut, kelapa dan menanam mangrove.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih kepada Loka Riset Sumber Daya dan Kerentanan Pesisir yang telah menugaskan penulis untuk mengikuti kegiatan riset RTRW Kota Pariaman tahun 2017. Penulis ucapkan terima kasih juga kepada semua yang telah membantu tanpa bisa disebutkan semuanya.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdillah, Y., & Ramdhan, M. (2012). Pemetaan Tingkat Kerentanan Pesisir Wilayah Kota Pariaman. *Jurnal Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Unpad*, 128-148.
- Akbar, F., Naumar, A., & Anif, B. (2014). Tinjauan Perencanaan Check Dam Batang Gasan Kabupaten Padang Pariaman. Abstract of Undergraduate Research, Faculty of Civil and Planning Engineering, Bung Hatta University, 1(2).
- Kodoatie, Robert. J., & Sugiyanto. 2002. Banjir: Beberapa Penyebab dan Metode Pengendaliannya dan Perspektif Lingkungan. Yogyakarta: Pustaka Pelajar.
- Marfai, M. A. (2013). Pemodelan Spasial Bahaya Banjir Rob Berdasarkan Skenario Perubahan Iklim dan Dampaknya di Pesisir Pekalongan. *Bumi Lestari*, 13(2).
- Mazidah, N., Nugroho, F., & Bathara, L. (2016). The Multiplier Effect of the Gandorih Beach Marine Tourism to the Coastal Community of Kelurahan Pasir, Central Pariaman District, Pariaman City West Sumatra Province. *Jurnal Online Mahasiswa Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Riau*, 3(2), 1-12.
- Noson, L. (2000). Hazard Mapping and Risk Assesment: Proceeding of the Regional Workshop on Best in Disaster Mitiasion.
- Ondara, K., Rahmawan, G. A., Gemilang, W. A., Wishu, U. J., & Dhiauddin, R. (2018). Numerical Hydrodynamic Wave Modelling Using Spatial Discretization in Brebes Waters, Central Java, Indonesia. *International Journal on Advanced Science, Engineering and Information Technology*, 8(1), 257-263.
- Ondara, K., & Wishu, U. J. (2016). Simulasi Numerik Gelombang (Spectral Waves) dan Bencana Rob Menggunakan Flexible Mesh dan Data Elevation Model Di Perairan Kecamatan Sayung, Demak. *Jurnal Kelautan: Indonesian Journal of Marine Science and Technology*, 9(2), 164-174.
- Rafdi, M. A. (2016). Kajian Pemahaman Masyarakat Terhadap Perubahan Iklim Di Kawasan Pesisir Kecamatan Pariaman Utara. *Teknik PWK (Perencanaan Wilayah Kota)*, 5(1), 21-28.
- Solihuddin, T. (2011). Karakteristik Pantai Dan Proses Abrasi Di Pesisir Padang Pariaman, Sumatera Barat. *Majalah Ilmiah Globe*, 13(2).
- Samulano, I., & Mera, M. (2011). Refraksi Dan Difraksi Gelombang Laut Di Daerah Dekat Pantai Pariaman. *Jurnal Rekayasa Sipil (JRS-Unand)*, 7(1), 1-10.
- Syukri, Andi. (2015). "Studi Jalur Evakuasi Tsunami Horizontal di Kabupaten Padang Pariaman." *Jurnal Rekayasa Sipil*, 13(2), 1-12

PENGEMBANGAN STRATEGI KEAMANAN MARITIM DALAM MENGHADAPI ANCAMAN WILAYAH LAUT SEBAGAI DAMPAK PERKEMBANGAN KAWASAN

A. K. Susilo ^{1*}, Udi Subakti CM ², I Nengah Putra A ³, Ahmadi ³, Okol Sri Suharyo ³

^{1,3} Sekolah Tinggi Teknologi Angkatan Laut, STTAL, Bumimoro, Morokrembangan,
Surabaya 60187, Jawa Timur.

²Institut Teknologi Sepuluh November (ITS), Keputih, Surabaya.

*Corresponding author e-mail: ku2h_lagi@yahoo.com

ABSTRAK

Perkembangan ekonomi Indonesia dan kawasan regional memberikan efek pada keamanan nasional, termasuk sektor keamanan maritim. Indonesia memiliki tantangan untuk mengelola keamanan maritim dengan berbagai dimensi termasuk perspektif pertahanan dan keamanan. Tujuan dari makalah ini adalah memberikan analisis pengembangan strategi keamanan maritim nasional untuk menghadapi ancaman keamanan maritim nasional. Makalah ini menggunakan pendekatan SWOT (Strength, Weakness, Opportunity, Threat) dan Interpretative Structural Modeling (ISM). Analisis SWOT digunakan untuk mengidentifikasi faktor internal dan eksternal dalam keamanan maritim nasional, dan perumusan strategi. Metode ISM digunakan untuk penentuan prioritas strategi serta model implementasi strategi. Berdasarkan analisis SWOT dan metode ISM, didapatkan 9 faktor kekuatan dan kelemahan yang terkait dengan faktor internal. Kemudian didapatkan 9 faktor ancaman dan peluang terkait dengan kondisi eksternal. Hal juga telah merumuskan 13 elemen strategi beserta 8 level prioritas elemen strategi implementasi dalam penanganan keamanan laut nasional. Manfaat dari makalah ini adalah sebagai literatur untuk aktor maritim Indonesia tentang strategi keamanan maritim. Makalah ini juga diharapkan dapat memberikan studi akademis untuk keamanan maritim dalam konteks pengembangan strategi.

Kata Kunci : Keamanan Maritim, Analisis Strategi; Analisis SWOT, Interpretative Structural Modeling (ISM).

PENDAHULUAN

Saat ini, Asia Pasifik merupakan bagian dari wilayah dunia yang diprediksi menjadi bagian dari sejarah terbesar politik dan ekonomi dunia pada abad 21 (Rumley, 2005). Kebangkitan ekonomi Asia masih dipimpin oleh dua negara, yaitu China dan India (Valli & Saccone, 2015). Negara-negara ini memiliki sumber daya manusia terbesar dan pasar potensial terbesar di dunia.

Menurut Global Trend 2030, peta negara-negara di dunia akan berubah pada 2030 (Phillips, 2008). Asia akan mengambil alih Amerika Utara dan Eropa dalam hal kekuatan global, terutama berdasarkan Produk Domestik Bruto (PDB), jumlah penduduk, alokasi militer, dan investasi dalam teknologi (Espas, 2011). Dalam proyeksi ini, Indonesia diprediksi sebagai salah satu negara yang akan mengalami peningkatan kekuatan yang muncul pada tahun 2030 (McKinsey, 2012).

Perkembangan ekonomi Indonesia dan kawasan regional memberikan efek pada keamanan nasional, termasuk sektor keamanan maritim. Sebagai salah satu negara ASEAN, Indonesia menjadikan perairan teritorial sebagai peran penting dalam mode konektivitas untuk Asia Pasifik (Heiduk, 2016). Dengan posisinya sebagai jalur transportasi perdagangan dan maritim (Manurung, 2016), Indonesia memiliki tantangan untuk mengelola keamanan maritim dengan berbagai dimensi termasuk perspektif pertahanan dan keamanan.

Tujuan dari makalah ini adalah memberikan analisis pengembangan strategi keamanan maritim nasional untuk menghadapi ancaman keamanan maritim nasional. Makalah ini menggunakan pendekatan SWOT (*Strength, Weakness, Opportunity, Threat*) dan *Interpretative Structural Modeling* (ISM). Analisis SWOT digunakan untuk mengidentifikasi faktor internal dan eksternal pada keamanan maritim nasional, dan perumusan strategi. Metode ISM digunakan untuk penentuan prioritas strategi serta model implementasi strategi.

Manfaat dari makalah ini adalah sebagai literatur untuk aktor maritim Indonesia tentang strategi keamanan maritim. Makalah ini juga diharapkan dapat memberikan studi akademis untuk keamanan maritim dalam konteks pengembangan strategi.

Terdapat beberapa literatur penelitian tentang keamanan maritim, antara lain Chapsos dan Malcolm (2017) yang menjelaskan tentang analisis kebutuhan pelatihan pemain kunci keamanan maritim Indonesia, yang mempertimbangkan bagaimana kemampuan keamanan maritim di Indonesia dapat ditingkatkan. Zhang (2014) menyajikan beberapa hambatan dalam studi risiko maritim dan mengatasi ketidakpastian transportasi laut. Klimov (2015) menjelaskan tentang definisi bahaya dan ancaman di wilayah maritim. Bateman (2010) menyajikan efek ancaman Asia Pasifik terhadap keamanan maritim di Asia Tenggara. Matthews (2016) menyajikan tentang tanggapan Indonesia dalam menolak dan menerima kerja sama multilateral di Selat Malaka untuk membangun stabilitas keamanan maritim. Ramadhani (2015) menyajikan tentang meningkatkan kerja sama untuk semua aktor di sektor maritim, untuk mengurangi kemungkinan persaingan kekuatan yang semakin memburuk. Lin dan Gertner (2015) menyatakan bahwa wilayah maritim memberikan risiko unik dengan solusi berbeda pada proyeksi negara dan berbasis lahan.

MATERI DAN METODE

Keamanan Laut Nasional

Indonesia adalah negara kepulauan terbesar di dunia dengan garis pantai sekitar 81.000 km (Astor, *et al.*, 2014). Indonesia memiliki lebih dari 17.000 pulau dan wilayah lautnya (Akhira, *et al.*, 2015) meliputi 5,8 juta km² atau sekitar 80% dari total wilayah Indonesia (Hozairi, *et al.*, 2012). Keamanan maritim dipengaruhi oleh tindakan dan pola interaksi antara aktor yang terlibat. Konsep keamanan maritim terletak di antara dua gagasan: 1) kelompok menggunakan kerangka keamanan tradisional, 2) kelompok menggunakan kerangka kerja non-tradisional (Saragih *et al.*, 2016)

Peran strategis Indonesia dan kesadaran akan pentingnya laut untuk memperbaiki perekonomian merupakan sebuah kebutuhan mendesak bagi Indonesia sehingga membutuhkan konsep maritim yang akan membawa perekonomian Indonesia kuat. Maritim sendiri merupakan sebuah sistem yang menghubungkan denyut nadi global negara-negara di dunia dan menjadi jalan terpenting dalam kelangsungan perekonomian global.

Berdasarkan kepentingan tersebut, posisi strategis Indonesia dapat dikategorikan dalam 4 (empat) kelompok besar, antara lain: 1) Indonesia sebagai posisi silang yang strategis (*strategic Junction*); 2) Indonesia sebagai lahan perikanan yang strategis (*strategic fishing ground*); 3) Indonesia sebagai potensi bisnis yang strategis (*strategic potential bussiness*); 4) Indonesia sebagai partner kunci yang strategis (Putra, *et al.*, 2017).

Makna laut bagi bangsa Indonesia memiliki empat makna yang strategis, yaitu : 1) sebagai sumber daya alam dan media perekonomian nasional; 2) sebagai sarana pemersatu bangsa; 3) sebagai media pertahanan; 4) sebagai media perhubungan. Perairan Indonesia strategis untuk kegiatan komersial, seperti penangkapan ikan, peletakan kabel kapal selam dan jaringan pipa, eksploitasi minyak dan gas bumi dan melakukan penelitian ilmiah. Namun, lokasi dan wilayah perairan yang berada dalam wilayah yurisdiksi Indonesia telah membawa negara ini ke berbagai ancaman maritim (Puspitawati, 2017).

Menurut Buerger, ada tiga bidang untuk mengidentifikasi konsep keamanan maritim, seperti: 1) Matriks keamanan maritim, 2) kerangka "sekuritisasi", yang menyediakan sarana untuk memahami bagaimana berbagai ancaman dimasukkan dalam keamanan maritim, 3) teori praktik keamanan dengan mengusulkan untuk memahami tindakan apa yang dilakukan dalam dimensi keamanan maritim (Bueger, 2015).

Dimensi keamanan nasional bergantung pada perspektif tradisional yang memandang keamanan nasional sebagai upaya untuk melindungi keberlanjutan negara. Oleh karena itu, *Sea Power* diwakili oleh TNI-AL sebagai kekuatan dominan di maritim. Dengan demikian, keamanan maritim identik dengan penggunaan kekuatan angkatan laut (Putra, *et al.*, 2017). Ada beberapa ancaman terhadap keamanan maritim, seperti; 1) ancaman kekerasan (pembajakan, sabotase, dan objek-objek penting

teror); 2) ancaman navigasi; 3) ancaman sumber daya, seperti kerusakan dan pencemaran laut dan ekosistemnya; 4) ancaman kedaulatan (Poerwowidagdo, 2015).

Menurut Morris dan Paoli (2018), sejumlah ancaman keamanan maritim dalam konteks non militer yang sering terjadi di Indonesia antara lain : 1) *Illegal Fishing* serta beberapa tindak kejahatan terkait didalamnya, yaitu penipuan, penggelapan pajak, transaksi bahan bakar ilegal; 2) Aktivitas penyelundupan dalam lingkaran maritim, yaitu penyelundupan narkoba, penyelundupan manusia, penyelundupan senjata, penyelundupan barang ilegal, penyelundupan produk pertanian dan komoditi sejenis, penyelundupan teknologi; 3) Imigran ilegal; 4) Pembajakan dan tindak kejahatan bersenjata; 5) Terorisme; 6) Ancaman perkembangan teknologi (sistem informasi); 7) Pelanggaran HAM, yaitu tenaga kerja dibawah umur, kesenjangan tenaga kerja, kondisi hidup yang buruk (Morris & Paoli, 2018).

Terdapat beberapa aktor yang terlibat dalam keamanan maritim, seperti (Chapsos & Malcolm, 2017) 1) Kementerian Koordinator Bidang Kelautan, 2) Kementerian Koordinator Politik, Hukum, dan Keamanan, 3) Badan Keamanan Laut (BAKAMLA), 4) Angkatan Laut (TNI-AL), 5) Kepolisian, 6) Dir. Jendral Perhubungan Laut (Hubla), 7) Dir. Jenderal Bea dan Cukai (Bea dan Cukai), 8) Dir. Jenderal Imigrasi (Ditjenim), 9) Kementerian Kelautan dan Perikanan (KKP), 10) Badan SAR Nasional (BASARNAS).



Gambar 1. Peta Indonesia
Sumber : (Pushidrosal, 2016)

Analisis SWOT

Analisis SWOT adalah teknik yang paling umum yang bisa digunakan untuk menganalisis kasus strategis (Hill & Westbrook, 1997). SWOT adalah alat yang sering digunakan untuk menganalisis lingkungan internal dan eksternal untuk mencapai pendekatan dan dukungan sistematis untuk situasi keputusan (Wheelen & Hunger, 1995). SWOT adalah akronim kekuatan (S), kelemahan (W), peluang (O) dan ancaman (T). Dua faktor pertama (kekuatan dan kelemahan) terkait dengan faktor internal organisasi, sementara peluang dan ancaman mencakup konteks atau lingkungan yang lebih luas dimana entitas beroperasi (Collins-Kreiner & Wall, 2007).

Analisis SWOT menunjukkan strategi yang tepat dalam empat kategori SO, ST, WO dan WT. Strategi yang diidentifikasi sebagai SO, melibatkan memanfaatkan peluang dengan menggunakan kekuatan yang ada. ST adalah strategi yang terkait dengan penggunaan kekuatan untuk menghilangkan atau mengurangi efek ancaman. Demikian pula, strategi WO berusaha mendapatkan keuntungan dari peluang yang disajikan oleh faktor lingkungan eksternal dengan memperhatikan kelemahannya. Yang keempat dan terakhir adalah WT, di mana organisasi mencoba mengurangi dampak ancamannya dengan mempertimbangkan kelemahannya (Yuksel & Dagdeviren, 2007).

Tabel 1. Matriks Analisis SWOT

INTERNAL/EXTERNAL FAKTOR	STRENGTH (S) (Maximal)	WEAKNESS (W) (Minimal)
OPPORTUNITIES (O) (maximal)	S-O Strategy (Maximal-Maximal)	W-T Strategy (Minimal-Minimal)
THREATS (T) (Minimal)	S-T Strategy (Maximal-Minimal)	W-O Strategy (Minimal-Maximal)

Konsep Interpretative Structural Modeling (ISM)

Pemodelan struktural interpretative (ISM) digunakan untuk perencanaan ideal, merupakan metode yang efektif karena semua elemen dapat diproses dalam matriks sederhana (Wang, 2015). ISM pertama kali diusulkan oleh Warfield pada tahun 1973. Pemodelan struktural interpretatif merupakan sebuah metodologi yang bertujuan untuk mengidentifikasi hubungan antara item tertentu, yang mendefinisikan masalah atau isu terkait (Attri *et al.*, 2013) dan teknik pemodelan yang cocok untuk menganalisis pengaruh satu variabel pada variabel lain (Agarwal *et al.*, 2007).

ISM telah terbukti dengan baik untuk mengidentifikasi hubungan struktural di antara variabel-variabel spesifik sistem. Ide dasarnya adalah menggunakan pengalaman praktis dan pengetahuan para ahli untuk mengurai sistem yang rumit menjadi beberapa sub-sistem (elemen) dan membangun model struktural bertingkat (Firoz & Rajesh, 2012). Pendekatan berbasis ISM adalah salah satu teknik yang serbaguna dan kuat yang telah digunakan untuk memecahkan masalah multi-faktor yang kompleks. ISM bersifat interpretatif, karena penilaian kelompok yang dipilih untuk penelitian menentukan apakah dan bagaimana variabel terkait (Soti & Kaushal, 2010). ISM sering digunakan untuk memberikan pemahaman mendasar tentang situasi yang kompleks, serta untuk menyusun serangkaian tindakan untuk menyelesaikan suatu masalah.

Terdapat prosedur atau tahapan dalam penggunaan metode ISM, tahapan tersebut antara lain (Firoz & Rajesh, 2012):

1. Identifikasi parameter.

Unsur-unsur yang harus dipertimbangkan untuk identifikasi hubungan diperoleh melalui surveyor literatur dengan melakukan survei.

2. Pengembangan *Structural Self Interaction Matrix* (SSIM).

Pengembangan model struktural interpretatif dimulai dengan penyusunan matriks interaksi diri struktural, yang menunjukkan arah hubungan kontekstual di antara unsur-unsur. Dalam mengembangkan SSIM, mengikuti empat simbol telah digunakan untuk menunjukkan arah hubungan antara dua hambatan i dan j .

Tabel 2. Aturan Simbol pada SSIM.

Simbol	Hubungan antara elemen baris (i) dan kolom (j)
V	Adanya hubungan kontekstual antara elemen E_i terhadap elemen E_j , tetapi tidak sebaliknya.
A	Adanya hubungan kontekstual antara elemen E_j terhadap elemen E_i , tetapi tidak sebaliknya.
X	Adanya hubungan kontekstual secara timbal balik antara elemen E_i dengan elemen E_j .
O	Tidak adanya hubungan kontekstual antara elemen E_i dan elemen E_j .

Sumber: (Firoz & Rajesh, 2012)

3. Matriks *Reachability*.

Dari matriks interaksi diri (SSIM), indikator relasional diubah menjadi bilangan biner 0 dan 1 untuk mendapatkan matriks persegi, yang disebut matriks *reachability* (Hussain, 2011).

- Jika (i, j) nilai dalam SSIM adalah V, (i, j) nilai dalam matriks *reachability* akan menjadi 1 dan (j, i) nilai akan menjadi 0.
- Jika (i, j) nilai dalam SSIM adalah A, (i, j) nilai dalam matriks *reachability* akan menjadi 0 dan (j, i) nilai akan menjadi 1.

- Jika (i, j) nilai dalam SSIM adalah X, (i, j) nilai dalam matriks reachability akan menjadi 1 dan (j, i) nilai juga akan menjadi 1.
- Jika (i, j) nilai dalam SSIM adalah nilai O, (i, j) dalam matriks reachability akan bernilai 0 dan (j, i) juga akan 0.

Tabel 3. Sampel pada Matrix *Reachability*.

(i) \ ENABLERS (j)	1	2	3	4	5	6	7	8
1	1	1	1	0	0	0	0	0
2	0	1	1	0	0	0	0	0
3	1	1	1	1	1	1	1	0
4	1	1	1	1	1	1	1	0
5	1	1	1	1	1	1	1	0
6	1	1	1	1	1	1	1	0
7	1	1	1	1	1	1	1	0
8	1	1	1	1	1	1	1	1

Sumber: (Hussain, 2011)

4. Tingkat partisi.

Dari matriks reachability, untuk setiap parameter, reachability set dan set anteseden diturunkan. Variabel, yang umum dalam reachability set dan set anteseden, dialokasikan pada set persimpangan. Setelah penghalang tingkat atas diidentifikasi, itu dihapus dari pertimbangan dan hambatan tingkat atas lainnya ditemukan (Firoz & Rajesh, 2012). Proses ini akan dilanjutkan sampai semua level dari setiap penghalang ditemukan.

5. Konstruksi pemodelan struktural interpretatif (ISM).

Dari parameter yang telah terpartisi dan matriks reachability, model terstruktur diturunkan, menunjukkan parameter di setiap level dan panah yang menunjukkan arah hubungan yang ada.

6. Analisis MICMAC.

Analisis MICMAC mengacu pada *Matrice d'Impacts Croisés Multiplication Appliquée á un Classement* (Hussain, 2011) dan melibatkan pengembangan grafik untuk mengklasifikasikan berbagai enabler berdasarkan *driving power* dan *dependence power*. MICMAC juga digunakan untuk memeriksa *driving power* dan *dependence power*. Variabel telah diklasifikasikan ke dalam empat kategori yang disebut sebagai Autonomous, Linkage, Dependend dan Driving/independend. Berikut ini adalah arti dari 4 kategori tersebut (Panackal & Singh, 2016):

1) Variabel Autonomous.

Variabel-variabel ini berdiri sendiri. Variabel ini tidak memiliki *driving power* yang tinggi atau *dependence power* yang tinggi tetapi masih merupakan bagian penting dari sistem.

2) Variabel Linkage.

Variabel-variabel ini memiliki kepentingan menengah karena mereka memiliki *driving power* yang tinggi tetapi juga memiliki *dependence power* yang tinggi. Ini dapat diartikan bahwa variabel dapat menggerakkan sistem tetapi tergantung pada variabel lain.

3) Variabel Dependend.

Variabel-variabel ini memiliki *driving power* rendah dan *dependence power* tinggi. Variabel ini didorong oleh variabel independend.

4) Variabel Independend.

Ini adalah variabel yang paling penting. Variabel ini memiliki *driving power* yang tinggi dan *dependence power* yang rendah.

HASIL DAN PEMBAHASAN.

Konsep Strategi

Strategi merupakan sebuah kata dengan banyak makna dan semuanya relevan dan berguna kepada mereka yang ditugasi dengan pengaturan strategi untuk perusahaan, bisnis, atau organisasi (Özleblebici, et al., 2015). Strategi berasal dari bahasa Yunani yaitu *Stratego* yang diartikan sebuah perencanaan untuk menghancurkan musuh dengan menggunakan sumber daya secara efektif (Athapaththu, 2016). Menurut Ansoff (1969) dalam (Athapaththu, 2016) strategi adalah pedoman

untuk pengambilan keputusan berdasarkan ruang lingkup pasar, tingkat pertumbuhan, keunggulan kompetitif dan sinergi.

Pada lingkup militer, strategi mengacu pada rencana umum serangan atau pertahanan. Dalam hal ini, melibatkan pengaturan yang dibuat sebelum benar-benar melibatkan musuh dan dimaksudkan untuk merugikan musuh itu. Dalam konteks ini, strategi berkaitan dengan penyebaran sumber daya. Sebagai konsekuensinya, selalu ada dua versi dari strategi yang diberikan: (1) strategi sebagai direnungkan atau dimaksudkan dan (2) strategi sebagaimana yang direalisasikan (Özleblebici, et al., 2015).

Saat ini, kekuatan militer menghadapi banyak tantangan di seluruh dunia. Proses penilaian risiko lima langkah strategis harus fokus pada beberapa masalah utama seperti (CSIS, 2013): 1) Memahami lingkungan strategis dan operasional dan memanfaatkan informasi; 2) Membentuk kondisi strategis dan operasional; 3) Memproyeksikan kekuatan; 4) Mempekerjakan kekuatan dan kemampuan untuk mencapai tujuan strategis dan operasional; 5) Melindungi dan mempertahankan kekuatan yang konsisten dengan kondisi operasional; 6) Menghentikan operasi militer yang konsisten dengan strategis dan operasional tujuan.

Identifikasi dan Perumusan Strategi (Analisis SWOT)

Pada bagian ini dijelaskan hasil penelitian yang dilakukan untuk merumuskan dan mengembangkan strategi keamanan maritim dengan pendekatan analisis SWOT. Analisis SWOT digunakan untuk menangkap penilaian ahli pada faktor internal dan eksternal, kemudian faktor kekuatan, kelemahan, peluang, dan ancaman ditemukan.

Berdasarkan hasil penilaian responden, ada beberapa faktor internal yang menjadi kekuatan dan kelemahan sebagaimana tercantum dalam tabel.

Tabel 4. Analisis Faktor Internal pada SWOT

Faktor Internal			
Strength (S)		Weakness (W)	
S1	Posisi Geografis Indonesia	W1	Kebijakan yang masih tumpang tindih sesama aktor maritim
S2	Bentuk fisik dan luas negara	W2	Tingginya angka pengangguran dan kesenjangan sosial di wilayah laut
S3	Stabilitas politik yang baik	W3	Sebagian besar SDA dikelola pihak asing
S4	Pertumbuhan ekonomi yang stabil	W4	Tingginya gap pendidikan terhadap masyarakat pesisir
S5	Sumber Daya Alam laut yang melimpah	W5	Perkembangan pembangunan yang tidak merata
S6	Bonus Demografi	W6	Pungutan liar, penyalahgunaan kekuasaan, korupsi dari oknum aktor maritim
S7	Kebijakan pemerintah yang berorientasi Maritim (PMD)	W7	Sistem informasi maritim yang rawan terhadap serangan siber
S8	Kebijakan Politik Bebas Aktif Negara	W8	Teknologi maritim yang masih terbatas
S9	Karakter dan sejarah sebagai bangsa maritim	W9	Kesejahteraan kru para aktor yang masih terbatas

Tabel 5. Analisis Faktor Eksternal pada SWOT

Faktor Eksternal			
Opportunity (O)		Threat (T)	
O1	Indonesia berpeluang menjadi negara maritim terbesar didunia	T1	Pembajakan
O2	Menjadi hegemoni baru di Asia-Pasifik	T2	Perdagangan manusia dan imigran ilegal
O3	Pertumbuhan ekonomi memacu tingginya perdagangan lintas laut	T3	Perdagangan narkoba dan penyelundupan barang dan senjata serta teknologi militer
O4	Peningkatan APBN menaikkan anggaran TNI AL dan Stakeholder lain	T4	Ancaman terorisme baik dari dalam maupun luar negeri

O5	Bonus demografi sebagai pasar yang besar	T5	Serangan bersenjata dan pelanggaran kedaulatan dari negara lain
O6	Adanya kerjasama transfer teknologi dengan Industri maritim negara lain	T6	Ancaman serangan siber
O7	Pemanfaatan SDA laut untuk kesejahteraan penduduk	T7	Perburuan dan penjarahan sumberdaya kelautan, illegal Fishing
O8	Tumbuhnya kesadaran maritim	T8	Sebagai jalur pergeseran logistik dan peralatan perang jika terjadi konflik bersenjata
O9	Ikut serta kebijakan maritim dunia sebagai anggota IMO	T9	Ancaman dari kehilangan sumberdaya alam dan pulau terluar

Berdasarkan tabel diatas, terdapat sembilan poin untuk faktor analisis kekuatan dan sembilan poin untuk faktor analisis kelemahan. Serta terdapat sembilan poin untuk faktor analisis peluang dan sembilan poin untuk faktor analisis ancaman.

Perumusan Strategi

Berdasarkan analisis dari faktor internal dan eksternal, didapat rumusan pengembangan strategi keamanan laut nasional yang terdiri dari beberapa kriteria, antara lain :

1. Strategy I (SO), terdiri dari:
 - a. Pembangunan infrastruktur dan konektivitas dilaut.
 - b. Pendayagunaan angkatan kerja yang melimpah dalam perekrutan personel pengawak TNI AL dan stakeholder lain.
 - c. Membangun kembali budaya sebagai bangsa maritim.
 - d. Pemanfaatan politik bebas aktif negara sebagai penengah dalam hegemoni China dan AS di Asia Pasifik.
2. Strategy II (WO), terdiri dari:
 - a. Melaksanakan re-negosiasi dengan pihak asing dalam pengelolaan sumberdaya alam yang dikuasai asing.
 - b. Membentuk kebijakan sebuah satuan tugas pemberantasan korupsi dan pungli di wilayah laut.
 - c. Melaksanakan kerjasama dengan negara maju dalam bidang transfer teknologi pada pembangunan infrastruktur militer.
3. Strategy III (WT) Terdiri dari:
 - a. Membentuk satuan tugas yang terintegrasi dengan sesama aktor dalam keamanan maritim.
 - b. Pemerataan pembangunan infrastruktur dan konektivitas maritim diwilayah pesisir dan perbatasan.
 - c. Pengembangan industri jasa maritim diwilayah pesisir, guna pembukaan lapangan kerja di tiap wilayah.
4. ST Strategy IV (ST), terdiri dari :
 - a. Peningkatan presentase APBN bagi sektor maritim dalam pembangunan kekuatan TNI AL dan stake holder lainnya.
 - b. Melaksanakan negosiasi dengan negara tetangga terkait dalam penanganan perjanjian lintas batas negara dilaut.
 - c. Membangun fondasi dan infrastruktur sistem informasi yang kuat di wilayah maritim guna menghadapi ancaman siber pihak lain.

Kompilasi Strategi

Berdasarkan perumusan strategi dari 4 aspek diatas, maka didapat kompilasi pengembangan strategi dibawah ini :

Tabel 6. Kompilasi Perumusan Pengembangan Strategi.

Kode	Strategi
(SO)1	Pembangunan infrastruktur dan konektivitas dilaut
(SO)2	Pendayagunaan angkatan kerja yang melimpah dalam perekrutan personel pengawak TNI AL dan stakeholder lain
(SO)3	Membangun kembali budaya sebagai bangsa maritim
(SO)4	Pemanfaatan politik bebas aktif negara sebagai penengah dalam hegemoni China dan AS

	di Asia Pasifik
(WO)1	Melaksanakan re-negosiasi dengan pihak asing dalam pengelolaan sumberdaya alam yang dikuasai asing
(WO)2	Membentuk kebijakan sebuah satuan tugas pemberantasan korupsi dan pungli di wilayah laut
(WO)3	Melaksanakan kerjasama dengan negara maju dalam bidang transfer teknologi pada pembangunan infrastruktur militer
(WT)1	Membentuk satuan tugas yang terintegrasi dengan sesama aktor dalam keamanan maritim
(WT)2	Pemerataan pembangunan infrastruktur dan konektivitas maritim di wilayah pesisir dan perbatasan
(WT)3	Pengembangan industri jasa maritim di wilayah pesisir, guna pembukaan lapangan kerja di tiap wilayah
(ST)1	Peningkatan presentase APBN bagi sektor maritim dalam pembangunan kekuatan TNI AL dan stake holder lainnya
(ST)2	Melaksanakan negosiasi dengan negara tetangga terkait dalam penanganan perjanjian lintas batas negara dilaut
(ST)3	Membangun fondasi dan infrastruktur sistem informasi yang kuat di wilayah maritim guna menghadapi ancaman siber pihak lain

Penentuan Prioritas Strategi (Metode ISM)

Setelah parameter strategi telah dirumuskan dengan analisis SWOT, langkah selanjutnya adalah menentukan prioritas dan model hirarki strategi dalam mendukung implementasi strategi tersebut. Dalam bagian ini digunakan metode *Interpretative Structural Modeling* (ISM).

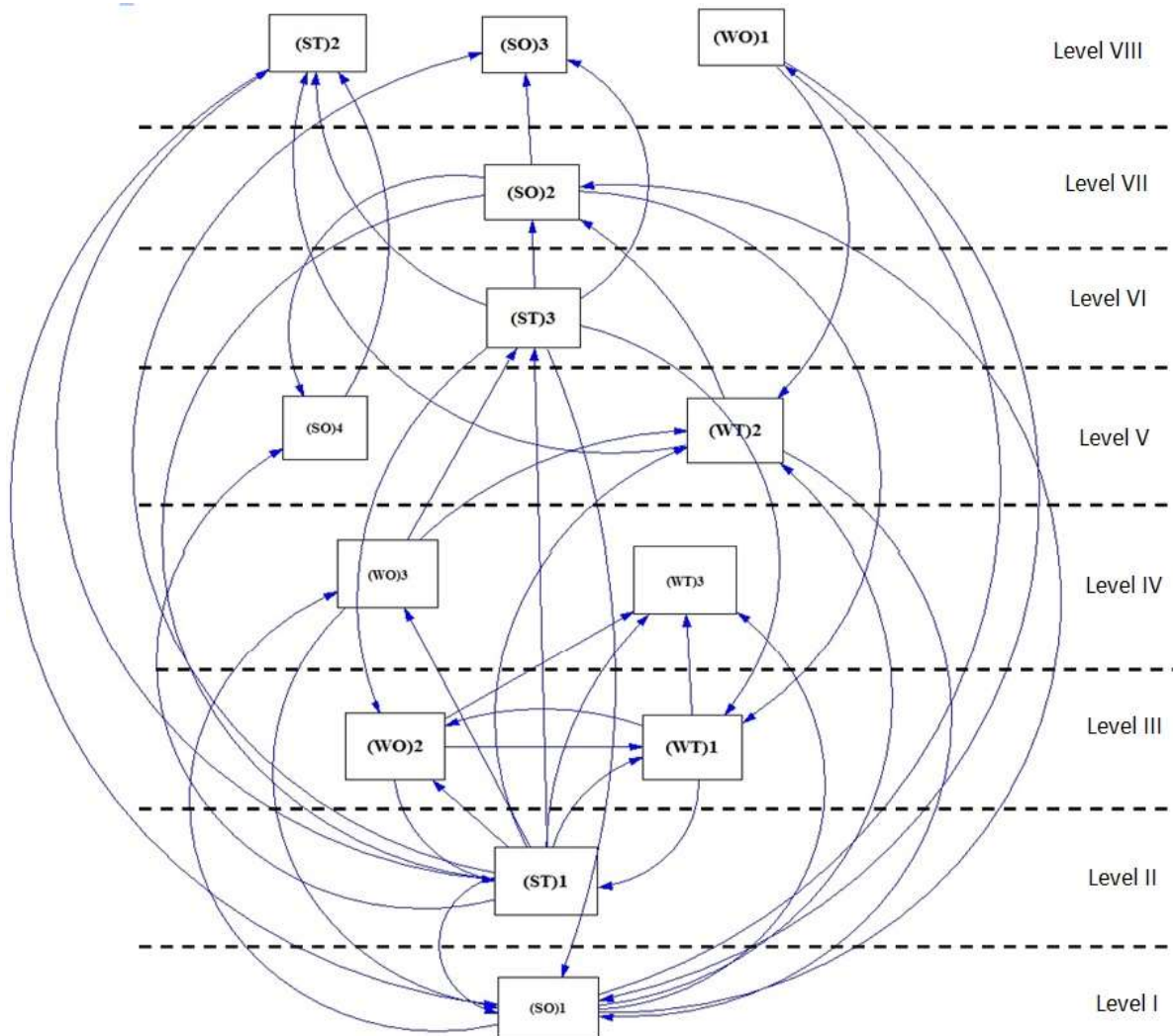
Pelaksanaan metode ISM dilakukan dengan melaksanakan pengambilan data berupa wawancara dan observasi dengan para *expert* untuk mendapatkan hubungan antar variabel strategi yang telah diidentifikasi sebelumnya dengan analisis SWOT. Berdasarkan analisis SWOT didapatkan 13 rumusan strategi sebagai parameter ISM. Tahap Analisis data tersaji sebagai berikut:

Tabel 7. Hasil *Structural Self Interaction Matrix* (SSIM)

No	KD	Strategi	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
1	(SO)1	Pembangunan infrastruktur dan konektivitas dilaut	V	V	V	X	X	O	V	O	X	O	O	A	-
2	(SO)2	Pendayagunaan angkatan kerja yang melimpah dalam perekrutan personel pengawak TNI AL dan stakeholder	V	O	A	V	O	A	O	O	O	A	A	-	
3	(SO)3	Membangun kembali budaya sebagai bangsa maritim	V	O	V	O	O	O	O	O	O	O	-		
4	(SO)4	Pemanfaatan politik bebas aktif negara sebagai penengah dalam hegemoni China dan AS di Asia	O	A	V	O	O	O	O	O	O	-			
5	(WO)1	Melaksanakan re-negosiasi dengan pihak asing dalam pengelolaan sumberdaya alam yang dikuasai asing	O	O	O	A	O	O	O	O	-				
6	(WO)2	Membentuk kebijakan sebuah satuan tugas pemberantasan korupsi dan pungli di wilayah laut	V	O	X	O	O	X	O	-					
7	(WO)3	Melaksanakan kerjasama dengan negara maju dalam bidang transfer teknologi pada pembangunan infrastruktur militer	A	O	V	A	A	O	-						
8	(WT)1	Membentuk satuan tugas yang terintegrasi dengan sesama aktor dalam keamanan maritim	V	O	X	O	O	-							
9	(WT)2	Pemerataan pembangunan infrastruktur dan konektivitas maritim di wilayah pesisir dan perbatasan	O	A	V	X	-								
10	(WT)3	Pengembangan industri jasa maritim di wilayah pesisir, guna pembukaan lapangan kerja di tiap wilayah	O	O	V	-									
11	(ST)1	Peningkatan presentase APBN bagi sektor maritim dalam pembangunan kekuatan TNI AL dan stake holder	A	A	-										
12	(ST)2	Melaksanakan negosiasi dengan negara tetangga terkait dalam penanganan perjanjian lintas batas	V	-											
13	(ST)3	Membangun fondasi dan infrastruktur sistem informasi yang kuat di wilayah maritim guna menghadapi ancaman siber pihak lain	-												

Tabel 8. Hasil Matriks *Reachability*.

No	KD	Strategi	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	Driving Power
1	(SO)1	Pembangunan infrastruktur dan konektivitas dilaut	1	0	0	0	1	0	1	0	1	1	1	1	1	8
2	(SO)2	Pendayagunaan angkatan kerja yang melimpah dalam perekrutan personel pengawak TNI AL dan stakeholder	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	4
3	(SO)3	Membangun kembali budaya sebagai bangsa maritim	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	4
4	(SO)4	Pemanfaatan politik bebas aktif negara sebagai penengah dalam hegemoni China dan AS di Asia Pasifik	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	3
5	(WO)1	Melaksanakan re-negosiasi dengan pihak asing dalam pengelolaan sumberdaya alam yang dikuasai asing	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	2
6	(WO)2	Membentuk kebijakan sebuah satuan tugas pemberantasan korupsi dan pungli di wilayah laut	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0	1	4
7	(WO)3	Melaksanakan kerjasama dengan negara maju dalam bidang transfer teknologi pada pembangunan infrastruktur militer	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	3
8	(WT)1	Membentuk satuan tugas yang terintegrasi dengan sesama aktor dalam keamanan maritim	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0	1	5
9	(WT)2	Pemerataan pembangunan infrastruktur dan konektivitas maritim di wilayah pesisir dan perbatasan	1	0	0	0	1	0	1	0	1	1	1	0	0	6
10	(WT)3	Pengembangan industri jasa maritim di wilayah pesisir, guna pembukaan lapangan kerja di tiap wilayah	1	0	0	0	0	1	0	1	0	1	1	0	0	5
11	(ST)1	Peningkatan presentase APBN bagi sektor maritim dalam pembangunan kekuatan TNI AL dan stake holder	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	4
12	(ST)2	Melaksanakan negosiasi dengan negara tetangga terkait dalam penanganan perjanjian lintas batas negara dilaut	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	1	1	1	5
13	(ST)3	Membangun fondasi dan infrastruktur sistem informasi yang kuat di wilayah maritim guna menghadapi ancaman siber pihak lain	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	3
Dependencies			6	5	1	2	3	4	4	4	3	4	11	2	7	



Gambar 2. Hasil Pemodelan Struktural Interpretatif.

Berdasarkan struktur hirarki diatas, dapat diketahui bahwa sub elemen Pembangunan infrastruktur dan konektivitas dilaut (SO)1 berada pada level I. Hal tersebut merupakan sub elemen strategi awal yang perlu diprioritaskan dalam rangka membangun keamanan maritim nasional. Pada level II, terdapat sub elemen (ST)1 yaitu Peningkatan presentase APBN bagi sektor maritim dalam pembangunan kekuatan TNI AL dan stake holder lainnya.

Pada Level III terdapat dua sub elemen strategi yang dapat dilaksanakan secara bersamaan (WO)2 dan (WT)1 yaitu strategi Membentuk kebijakan sebuah satuan tugas pemberantasan korupsi dan pungli di wilayah laut, dan Membentuk satuan tugas yang terintegrasi dengan sesama aktor dalam keamanan maritim. Pada level ini sangat penting untuk mengurangi penyalahgunaan wewenang oleh aktor terkait serta memberikan efisiensi operasi sehingga tidak terjadi tumpang tindih wewenang terkait.

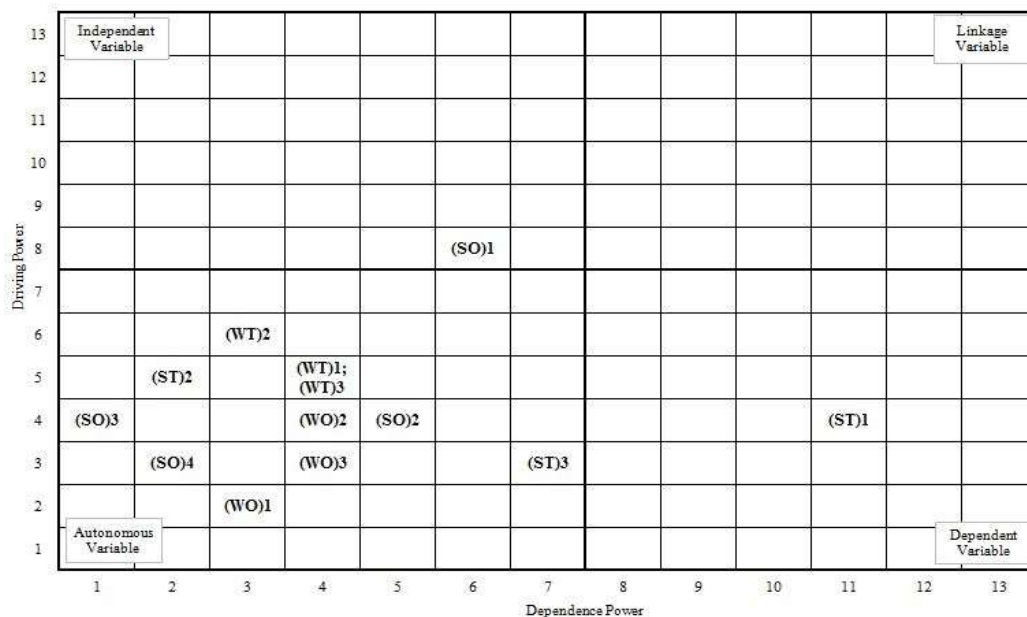
Pada level IV terdapat dua sub elemen strategi yaitu (WO)3 dan (WT)3, sub elemen strategi ini adalah Melaksanakan kerjasama dengan negara maju dalam bidang transfer teknologi pada pembangunan infrastruktur militer, dan Pengembangan industri jasa maritim diwilayah pesisir, guna pembukaan lapangan kerja di tiap wilayah. Level V yaitu (SO)4 dan (WT)2 dengan sub elemen Pemanfaatan politik bebas aktif negara sebagai penengah dalam hegemoni China dan AS di Asia Pasifik, dan Pemerataan pembangunan infrastruktur dan konektivitas maritim diwilayah pesisir dan perbatasan.

Pada level VI yaitu (ST)3 Membangun fondasi dan infrastruktur sistem informasi yang kuat di wilayah maritim guna menghadapi ancaman siber pihak lain. Level VII sub elemen strategi (SO)2 yaitu Pendayagunaan angkatan kerja yang melimpah dalam perekrutan personel pengawak TNI AL dan stakeholder lain.

Pada level VIII terdapat 3 sub elemen strategi yaitu Membangun kembali budaya sebagai bangsa maritim (SO)3; Melaksanakan re-negosiasi dengan pihak asing dalam pengelolaan sumberdaya alam yang dikuasai asing (WO)1; Melaksanakan negosiasi dengan negara tetangga terkait dalam penanganan perjanjian lintas batas negara dilaut (ST)2.

Keseluruhan elemen strategi tersebut merupakan sebuah tahapan dalam menangani permasalahan terkait keamanan laut nasional, baik yang terkait langsung maupun tidak langsung. Permasalahan tersebut bukan hanya sebatas pada laut semata tetapi dari sudut pandang maritim secara keseluruhan yang telah diidentifikasi sebelumnya dengan analisis SWOT.

a.



Gambar 3. Hasil Analisis MICMAC.

Berdasarkan analisis MICMAC diatas, terdapat tiga kelompok variabel yang berkaitan dengan elemen strategi sebelumnya. Elemen strategi (ST)1 merupakan variabel *Dependent*. (SO)1 merupakan variabel independen. Sedangkan pada variabel *Autonomous* terdapat 11 elemen strategi yaitu (SO)3; (ST)2; (SO)4; (WT)2; (WO)1; (WT)1; (WT)3; (WO)2; (WO)3; (SO)2; (ST)3.

Strategi Implementasi

Pada tahap implementasi strategi dibagi dalam sebuah Rencana Strategi dalam waktu 8 tahun. Tabel 9. Peta Implementasi Strategi.

Level	Strategi	Implementasi (Tahun)							
		1	2	3	4	5	6	7	8
I	Pembangunan infrastruktur dan konektivitas dilaut								
II	Peningkatan presentase APBN bagi sektor maritim								
III	Membentuk satuan tugas pemberantasan korupsi dan pungli di wilayah laut								
	Membentuk satuan tugas yang terintegrasi dengan sesama aktor dalam keamanan maritim								
IV	Melaksanakan kerjasama bidang transfer teknologi pada pembangunan infrastruktur militer								
	Pengembangan industri jasa maritim di wilayah pesisir								
V	Pemanfaatan politik bebas aktif sebagai penengah hegemoni China dan AS di Asia Pasifik								
	Pemerataan pembangunan infrastruktur dan konektivitas maritim di wilayah pesisir dan perbatasan								
VI	Membangun fondasi dan infrastruktur sistem informasi yang kuat di wilayah maritim								
VII	Pendayagunaan angkatan kerja dalam perekrutan personel pengawak TNI AL dan stakeholder lain								
VIII	Membangun kembali budaya sebagai bangsa maritim								
	Melaksanakan re-negosiasi dalam pengelolaan sumberdaya alam yang dikuasai asing								
	Melaksanakan negosiasi dalam penanganan perjanjian lintas batas negara dilaut								

Ke semua tahap tersebut merupakan sebuah peta rencana strategi yaitu serangkaian proses perencanaan dalam sebuah lingkup kerja organisasi di wilayah maritim beserta *stake holder* terkait dengan dorongan sub-sub elemen strategi yang telah diidentifikasi sebagai proyeksi kebutuhan atau permasalahan dimasa mendatang.

Output dari proses ini yaitu sebuah dokumen yang dapat menjelaskan dan memperkirakan masa datang dan tujuan yang hendak dicapai yaitu keamanan kondisi maritim nasional beserta langkah-langkah yang diperlukan, apa dan siapa yang melaksanakan, sumber daya dan kapabilitas yang diperlukan

KESIMPULAN DAN SARAN

Indonesia diprediksi sebagai salah satu negara yang akan mengalami peningkatan kekuatan yang muncul pada tahun 2030. Perkembangan ekonomi Indonesia dan kawasan regional memberikan efek pada keamanan nasional, termasuk sektor keamanan maritim. Indonesia memiliki tantangan untuk mengelola keamanan maritim dengan berbagai dimensi termasuk perspektif pertahanan dan keamanan. Indonesia diprediksi akan menghadapi ancaman terhadap aspek maritim. Sehingga diperlukan sebuah analisis strategi dalam menghadapi ancaman keamanan laut nasional.

Berdasarkan analisis SWOT didapatkan 9 faktor kekuatan dan kelemahan yang terkait dengan faktor internal. Kemudian didapatkan 9 faktor ancaman dan peluang terkait dengan kondisi eksternal. Hal tersebut telah merumuskan 13 elemen strategi dalam penanganan keamanan laut nasional.

Berdasarkan struktur hirarki diatas, didapatkan 8 level elemen strategi. Diketahui bahwa sub elemen Pembangunan infrastruktur dan konektivitas dilaut (SO)1 berada pada level I. Pada level II, terdapat sub elemen (ST)1 yaitu Peningkatan presentase APBN bagi sektor maritim dalam pembangunan kekuatan TNI AL dan stake holder lainnya. Pada Level III terdapat dua sub elemen strategi yang dapat dilaksanakan secara bersamaan (WO)2 dan (WT)1 yaitu strategi Membentuk kebijakan sebuah satuan tugas pemberantasan korupsi dan pungli di wilayah laut, dan Membentuk satuan tugas yang terintegrasi dengan sesama aktor dalam keamanan maritim. Pada level IV terdapat dua sub elemen strategi yaitu (WO)3 dan (WT)3, sub elemen strategi ini adalah Melaksanakan kerjasama dengan negara maju dalam bidang transfer teknologi pada pembangunan infrastruktur militer, dan Pengembangan industri jasa maritim diwilayah pesisir, guna pembukaan lapangan kerja di tiap wilayah. Level V yaitu (SO)4 dan (WT)2 dengan sub elemen Pemanfaatan politik bebas aktif negara sebagai penengah dalam hegemoni China dan AS di Asia Pasifik, dan Pemerataan pembangunan infrastruktur dan konektivitas maritim diwilayah pesisir dan perbatasan.

Pada level VI yaitu (ST)3 Membangun fondasi dan infrastruktur sistem informasi yang kuat di wilayah maritim guna menghadapi ancaman siber pihak lain. Level VII sub elemen strategi (SO)2 yaitu Pendayagunaan angkatan kerja yang melimpah dalam perekrutan personel pengawak TNI AL dan stakeholder lain. Pada level VIII terdapat 3 sub elemen strategi yaitu Membangun kembali budaya sebagai bangsa maritim (SO)3; Melaksanakan re-negosiasi dengan pihak asing dalam pengelolaan sumberdaya alam yang dikuasai asing (WO)1; Melaksanakan negosiasi dengan negara tetangga terkait dalam penanganan perjanjian lintas batas negara dilaut (ST)2.

DAFTAR PUSTAKA.

- Agarwal, A., Shankar, R., & Tiwari, M. K. (2007). Modeling Agility of Supply Chain. *Industrial Marketing Management*, 36(4), 443-457.
- Akhira, K., Hamas, M. I., & Puspitasari, D. (2015). Nusantara Microalgae Park: Solution of Energy Crisis in Outer and Small Islands of Indonesia. *Renewable Energy and Energy Conversion Conference and Exhibition*, 94-101.
- Astor, Y., Sulasdi, W. N., Hendriatiningsih, S., & Wisayantono, D. (2014). Problem Identification of Marine Cadastre in Indonesian Archipelagic Perspective. *Indonesian Journal of Geospatial*, 38-53.
- Athapaththu, H. K. (2016). An Overview of Strategic Management: An Analysis of the Concepts and the Importance of Strategic Management . *International Journal of Scientific and Research Publications* , 6(2), 124-127.
- Attri, R., Dev, N., & Sharma, V. (2013). Interpretative Structural Modelling (ISM) Approach: an Overview. *Research Journal of Management Sciences*, 2(2), 3-8.
- Bateman, S. (2010). Regional Maritime Security: Threats and Risk Assessment. *Southeast Asia and the Rise of Chinese and Indian Naval Power: Between Rising Naval Powers*, 99-113.
- Bueger, C. (2015). What is Maritime Security. *Forthcoming in Marine Policy*, 1-11.
- Chapsos, I., & Malcolm, J. A. (2017). Maritime Security in Indonesia: Towards a Comprehensive Agenda? *Marine Policy*, 76, 178–184.
- Collins-Kreiner, N., & Wall, G. (2007). Evaluating tourism potential: A SWOT analysis of the Western Negev. *Israel, Tourism*, 55, 51-63.
- CSIS. (2013). *Beyond the Last War: Balancing Ground Forces and Future Challenges Risks in USCENTCOM and USPACOM* .
- Espas. (2011). *Citizens in an Interconnected and Polycentric World*. Paris: Institute for Security Studies European Union.
- Firoz, N., & Rajesh, R. (2012). Relationship among Supplier Selection Criteria using Interpretative Structural Modeling for Manufacturing Organization in Kerala . *International Journal of Engineering Science Invention*, 3(8), 60-70.
- Heiduk, F. (2016). *Indonesia in ASEAN Regional Leadership between Ambition and Ambiguity*. Berlin: Stiftung Wissenschaft.
- Hill, T., & Westbrook, R. (1997). *SWOT Planning* (30 ed.).

- Hozairi, Artana, K. B., Masroeri, & Irawan, M. I. (2012). Application Of Intelligent Decision Support Systems (Idss) To Calculate The Number Of Sectors For Security Operations In The East Sea Indonesia. *International Journal of Modern Engineering Research*, 2(6), 4373-4377.
- Hussain, M. (2011). *Modelling the Enablers and Alternatives for Sustainable Supply Chain Management*. Montreal: Concordia University.
- Klimov, P. (2015). Definition of HAZard and Threats of National Maritime Areas. *Naval Academy Scientific Bulletin*, XVIII, 52-57.
- Lin, K.-C., & Gertner, A. V. (2015). *Maritime Security in The Asia-Pacific*. London: The Royal Institute of International Affairs.
- Manurung, H. (2016). The Impacts of Indonesia and Russia Trade Relations on Indonesia's Maritime Security. *Journal of International Studies*, 1-17.
- Matthews, A. D. (2016). *Indonesian Maritime Security Cooperation in the Malacca Straits*. Monterey: The NPS Institutional Archive.
- McKinsey, G. I. (2012). *The Archipelago Economy: Unleashing Indonesia's Potential*. McKinsey & Company.
- Morris, L. J., & Paoli, G. P. (2018). *A Preliminary Assessment of Indonesia's Maritime Security Threats and Capabilities*. Cambridge: RAND Corporation.
- Özleblebici, Z., Pinto, C., & Antonio, N. (2015). Variations in Strategy Perception among Business and Military . *International Journal of Research in Business and Social Science* , 4(1), 17-31.
- Panackal, N., & Singh, A. (2016). Using Interpretative Structural Modeling to Determine the Relation between Youth and Sustainable Rural Development. *Journal of Management and Research*, 4(1), 58-64.
- Phillips, L. M. (2008). : *International relations in 2030: The transformative power of large developing countries*. London: Deutsches Institut für Entwicklungspolitik.
- Poerwowidagdo, S. J. (2015). Blue Ocean Strategy in Managing Maritime Security. *Jurnal Pertahanan*, 1(1), 13-26.
- Puspitawati, D. (2017). Urgent Need For National Maritime Security Arrangement In Indonesia: Towards Global Maritime Fulcrum. *Indonesian Journal of International Law*, 14(3), 321-347.
- Putra, I. N., Hakim, A., Pramono, S. H., & Leksono, A. S. (2017). The Effect of Strategic Environment Change toward Indonesia Maritime Security : Threat and Opportunity. *International Journal of Applied Engineering Research*, 12(16), 6037-6044.
- Ramadhani, M. A. (2015). An Indonesian Perspective Toward Maritime Vision : Is Pursuing National Interest While Maintaining Neutrality in The South China Sea Possible ? *European Scientific Journal*, 381-400.
- Rumley, D. (2005). The Geopolitics of Asia-Pacific Regionalism in the 21st Century. *The Otemon Journal of Australian Studies*, 5-27.
- Saragih, H. J., Barna, R., & Purwanto. (2016). Defence Management Concept Improving indonesia Maritime Security. *Jurnal Pertahanan*, 2, 257-272.
- Soti, R. S., & Kaushal, O. P. (2010). Modeling the Enablers of Six Sigma using Interpreting Structural Modeling . *Journal of Modeling in Management*, 5(2), 124-141.
- Valli, V., & Saccone, D. (2015). Structural Change, Globalization and Economic Growth in China and India . *The European Journal of Comparative Economics*, 133-163.
- Wang, M.-T. (2015). Use of a Combination of AHP and ISM for Making an Innovative Rescue Caring Design in Landslide Area. *Mathematical Problems in Engineering*, 1-13.
- Wheelen, T., & Hunger, J. (1995). *Strategic Management and Business Policy* . Reading: Addison-Wesley.
- Yuksel, I., & Dagdeviren, M. (2007). Using the Analytic Network Process (ANP) in a SWOT Analysis – A Case Study for a Textile Firm. *Information Sciences*, 177, 3364–3382.
- Zhang, D. (2014). Challenges and New Developments in Maritime Risk Assessment. Hawaii: Probabilistic Safety Assessment and Management PSAM 12,.

EVALUASI PERUBAHAN PENGGUNAAN LAHAN PESISIR DI KOTA PASURUAN

Kr Bina Rescue Aulya Hidayah*, Rizqi Abdi Perdanawati, Rahmad Junaidi

Program Studi Ilmu Kelautan Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Sunan Ampel Surabaya

*Corresponding author e-mail: kr3kresna@gmail.com; 081939840204

ABSTRAK

Kota Pasuruan memiliki luas wilayah sebesar 35,29 km². Dari luas tersebut, lahan pesisir belum diketahui luasannya. Rentannya lahan pesisir terhadap peningkatan lahan dan bencana banjir menyebabkan adanya perubahan lahan di wilayah pesisir. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perubahan luas lahan dan pola (bentuk) perubahan lahan pesisir di Kota Pasuruan. Penelitian dilakukan di wilayah pesisir Kota Pasuruan yang meliputi Kecamatan Gadingrejo, Punggungrejo dan Bugul Kidul. Analisa penelitian menggunakan analisa deskriptif dengan menggunakan data penginderaan jauh diawali dengan melakukan klasifikasi awal secara digital (klasifikasi terbimbing). Metode pengambilan sampel menggunakan metode sampling purposif. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan lahan terluas dari tahun 2014-2017 adalah lahan tambak seluas 646.04 ha (41.69%) sedangkan lahan tersempit adalah air tawar seluas 9.03 ha (0.58%). Pola penggunaan lahan yang mengalami pengkonversian terluas yaitu lahan sawah menjadi lahan semak seluas 82.94 ha (43.98%) dan pengkonversian tersempit terjadi pada lahan terakhir yaitu air tawar (sungai) menjadi lahan tambak seluas 0.71 ha (7.86%).

Kata Kunci: Evaluasi Lahan, Wilayah Pesisir, Kota Pasuruan

PENDAHULUAN

Kota Pasuruan merupakan wilayah administrasi yang mempunyai luas wilayah sebesar 35,29 km² dari luas Jawa Timur. Total luas wilayah Kota Pasuruan sekitar 65,85% adalah luas kawasan terbangun dan luas ruang terbuka merupakan sisa dari kawasan terbangun yaitu sebesar 34,15% dari luas wilayah administrasi (RKPD Kota Pasuruan, 2014). Secara administratif Kota Pasuruan terbagi dalam 4 kecamatan dan 34 kelurahan diantaranya Kecamatan Purworejo, Kecamatan Gadingrejo, Kecamatan Punggungrejo dan Kecamatan Bugul Kidul sejak tahun 2012 yang sebelumnya hanya memiliki 3 kecamatan dan 21 kelurahan (BPS, 2017). Pada tahun 2012 pemerintah Kota Pasuruan membentuk kecamatan baru, yaitu Kecamatan Punggungrejo.

Pembentukan kecamatan baru merupakan suatu langkah strategis yang ditempuh oleh Pemerintah Kota Pasuruan untuk meningkatkan kualitas pelaksanaan tugas-tugas pemerintah baik pelayanan, pemberdayaan dan pembangunan menuju terwujudnya suatu tatanan kehidupan masyarakat yang maju, mandiri, sejahtera, adil dan makmur (RKPD Kota Pasuruan, 2014). Pemekaran wilayah yang terjadi juga dikarenakan kepadatan penduduk yang semakin bertambah sehingga kebutuhan lahan semakin meningkat. Terbukti sesuai data BPS (2017) luas wilayah di Kota Pasuruan sekitar 50% digunakan untuk pemukiman. Sementara sisanya merupakan lahan tanah sawah yang potensial sebagai lahan pertanian dan lahan pesisir yang berpotensi sebagai usaha bidang perikanan maupun tambak garam.

Lahan pesisir Kota Pasuruan sangat rentan terhadap bencana banjir karena dilalui oleh jalur sungai – sungai besar. Sungai besar yang tersebar di wilayah pesisir Kota Pasuruan meliputi, Sungai Wedang, Sungai Petung dan Sungai Gembong. Sungai tersebut merendam 3 kecamatan pesisir di Kota Pasuruan. Akibat dari banjir ini menyebabkan kerusakan parah pada Kecamatan Bugul Kidul, dimana daerah pemukiman penduduk yang terdapat fasilitas umum, lahan pertanian, lahan tambak, dan lainnya terendam air hingga 2-3 meter. Bencana banjir yang menjadi salah satu faktor perubahan penggunaan lahan juga menimbulkan adanya perubahan lahan di wilayah pesisir. Data penggunaan dan perubahan lahan pesisir sejak terjadinya bencana banjir sampai saat ini belum dikaji luasannya. Hal ini kurang mendapatkan perhatian dari pemerintah Kota Pasuruan karena permasalahan lahan di pesisir bukan sebagai prioritas pengembangan Kota Pasuruan.

Permasalahan di pesisir mengakibatkan banyaknya pro kontra, sehingga diperlukan kajian yang sesuai dengan masalah tersebut. Berdasarkan uraian diatas maka diperlukan kajian tentang

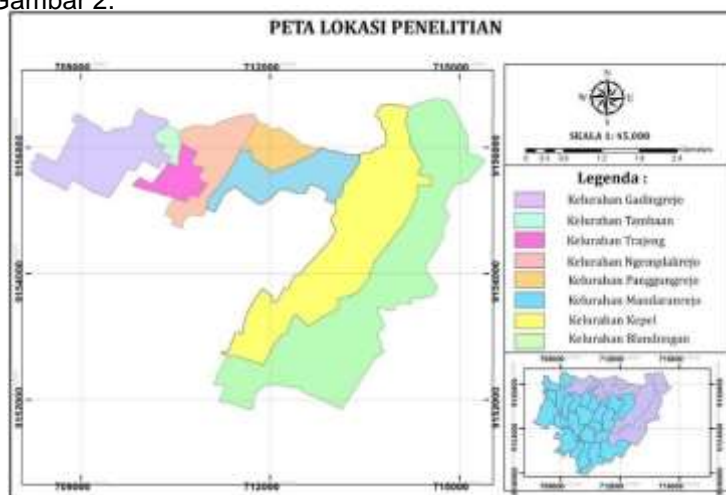
evaluasi perubahan penggunaan lahan pesisir di Kota Pasuruan. Evaluasi penting dilakukan untuk mengetahui perubahan lahan yang terjadi dan penilaian sumber daya pesisir sehingga dapat memanfaatkan sumber daya secara lestari. Pemanfaatan sumber daya pesisir sangat penting untuk menjaga keseimbangan alam seperti Firman Allah SWT dalam QS Al-Hijr 15:19:

ضربنا أو ادنددم انبقأو ادبنا سور انبنن أو ادبنا نم ك عشن نوزوم

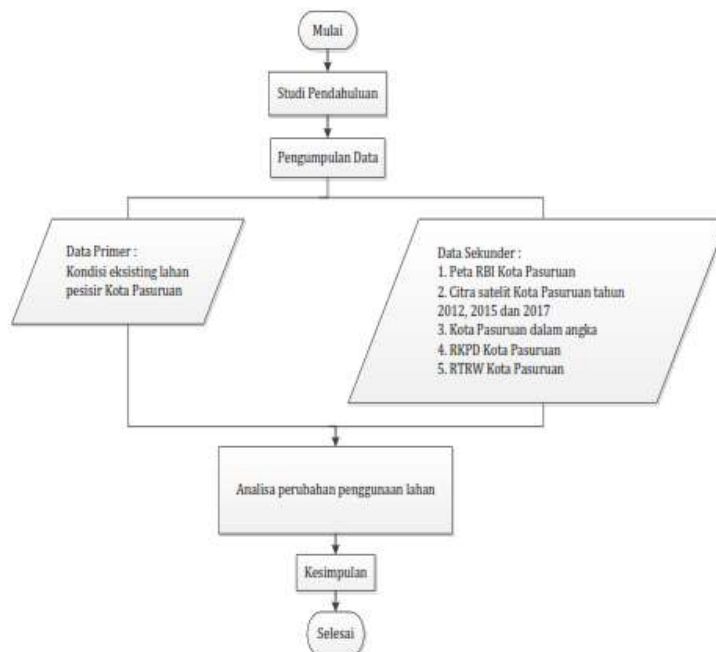
“Dan Kami telah menghamparkan bumi dan menjadikan padanya gunung-gunung dan Kami tumbuhkan padanya segala sesuatu menurut ukuran”. Sehingga dengan ini penulis melakukan penelitian dengan judul “Evaluasi Perubahan Penggunaan Lahan Pesisir di Kota Pasuruan”. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui luas dan pola perubahan lahan pesisir di Kota Pasuruan pada tahun 2014, 2015 dan 2017 menggunakan data citra satelit Landsat 8.

MATERI DAN METODE

Penelitian dilakukan pada daerah pesisir Kota Pasuruan yang meliputi 3 kecamatan termasuk 8 kelurahan (Gambar 1). Kecamatan yang termasuk dalam wilayah pesisir yaitu, Kecamatan Gadingrejo, Kecamatan Panggungrejo dan Kecamatan Bugul Kidul. Waktu penelitian dilakukan mulai bulan Februari–Juli 2018. Diawali dengan studi pustaka kemudian survei lapangan yang dilakukan pada bulan April 2018 dan dilanjutkan pengolahan data. Tahap–tahap dalam melakukan penelitian dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian



Gambar 2. Bagan Alir Penelitian

Mekanisme penelitian diawali dengan membuat gambaran mengenai situasi perubahan penggunaan lahan pesisir di Kota Pasuruan pada tahun 2014-2017. Analisa yang digunakan yaitu analisa deskriptif. Analisa ini bertujuan untuk mendapatkan informasi dan membuat deskripsi mengenai situasi dan kejadian secara sistematis. Penelitian ini tidak hanya mendeskripsikan perubahan penggunaan lahan dan pola lahan dari tahun 2014-2017. Data dari perubahan penggunaan lahan akan disesuaikan dengan Rencana Tata Ruang Wilayah Kota Pasuruan Tahun 2011-2031.

Data yang digunakan yaitu data primer dan data sekunder. Data primer yang dibutuhkan, yaitu berupa dokumentasi kondisi eksisting lahan Kota Pasuruan. Sedangkan data sekunder diperoleh dengan mengumpulkan literatur dari instansi- instansi terkait, seperti: Peta RBI (Rupa Bumi Indonesia), Citra satelit Kota Pasuruan tahun 2014, 2015 dan 2017, Kota Pasuruan dalam angka, RKPD (Rencana Kerja Pembangunan Daerah), dan RTRW (Rencana Tata Ruang Wilayah) Kota Pasuruan.

Perubahan penggunaan lahan menggunakan data penginderaan jauh. Diawali dengan melakukan klasifikasi awal yaitu untuk *ground check* awal guna merevisi hasil klasifikasi yang kemudian dapat dikoreksi dari klasifikasi awal. Metode ini biasa disebut dengan klasifikasi secara digital atau biasa disebut dengan klasifikasi terbimbing. Pada tahap ini yaitu mengklasifikasi citra menjadi beberapa kelas penggunaan lahan seperti pemukiman, sawah, tambak, lahan terbuka, semak belukar, mangrove dan perairan.

Analisa perubahan luas lahan dan pola penggunaan lahan diperoleh melalui hasil pengelolaan data peta RBI dan citra satelit Kota Pasuruan tahun 2012, 2015 dan 2017 dengan menggunakan bantuan *software* ENVI 5.1 dan ArcGIS 10.3. Dalam proses pengolahan data sekunder berupa peta RBI dan citra satelit akan melalui beberapa tahap seperti: *cropping*, pembuatan komposit citra, pembuatan sampel area, klasifikasi terbimbing, digitasi, overlay sampai layout peta. Hasil dari layout peta yaitu peta perubahan penggunaan lahan pesisir.

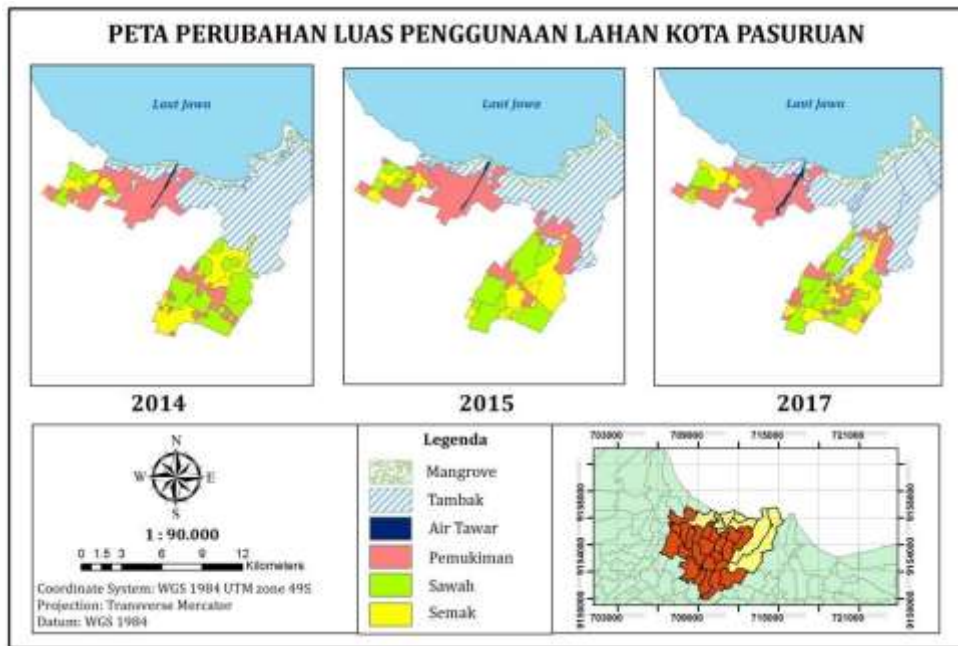
Hasil dari peta ini dapat mengetahui batasan pesisir, luas dari penggunaan lahan dan pola perubahan lahan. Metode pengambilan sampel pada penelitian ini menggunakan metode *sampling purposive*, menurut Sudjana (1992) peneliti menentukan lokasi dengan beberapa pertimbangan tertentu. Pertimbangan yang dimaksud yaitu setiap titik *sampling* mewakili setiap kelas dari citra yang sudah terklasifikasi terlebih dahulu. Setelah penentuan lokasi titik *sampling* yang mewakili kelas dalam citra kemudian memasuki tahap cek lapangan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Perubahan Luas Lahan

Berdasarkan analisis spasial citra satelit Landsat 8 tahun 2014-2017 serta pengamatan di lapangan, jenis penggunaan lahan di kawasan pesisir dibagi menjadi 6 kelas, yaitu: mangrove, tambak, pemukiman, sawah, semak belukar, dan perairan (sungai). Dalam menganalisa perubahan penggunaan lahan pesisir perlu mengetahui perubahan luas lahan dan pola penggunaan lahan yang ada di pesisir Kota Pasuruan.

Perubahan luas penggunaan lahan pada tahun 2014, 2015 dan 2017 disajikan pada Tabel 1 dan 2, penyebarannya dapat dilihat pada Gambar 3. Setelah mengetahui penyebarannya, maka dilakukan evaluasi terhadap perubahan penggunaan lahan yang ada. Evaluasi penggunaan lahan dapat dilakukan melalui peta penggunaan lahan tahun 2014, 2015 dan 2017 yang masing-masing sudah *dioverlay*.



Gambar 3. Peta Perubahan Luas Penggunaan Lahan Pesisir Kota Pasuruan Tahun 2014-2017

Berdasarkan data Tabel 1 dapat diketahui bahwa luas lahan pada tahun 2014-2015 terdapat 6 kelas penggunaan lahan. Dari 6 kelas penggunaan lahan terdapat 2 kelas lahan yang luasannya berkurang diantaranya yaitu, semak dan sawah. Sedangkan 4 kelas lahan lainnya mengalami pertambahan luasan di antaranya yaitu tambak, mangrove, pemukiman, dan air tawar. Dilihat dari keseluruhan jumlah penggunaan lahan dari tahun 2014-2015 mengalami penurunan dari 1467.22 ha menjadi 1529.85 ha. Apabila dihitung luas lahan keseluruhan menurun menjadi 62.63 ha.

Dilihat dari jumlah luasan yang mengalami peningkatan paling tinggi yaitu lahan tambak. Dimana pada tahun 2014 lahan ini memiliki luas 552.33 ha (37.64%) berubah menjadi 636.69 ha (41.62%) pada tahun 2015, lahan ini berarti mengalami peningkatan seluas 84.36 ha. Sedangkan jika dilihat dari jumlah luasan yang mengalami penurunan paling rendah yaitu lahan sawah. Dimana pada tahun 2014 lahan ini memiliki luas 273.80 ha (18.66%) berubah menjadi 256.19 ha (16.75%) pada tahun 2015, lahan ini mengalami penurunan sebesar 17.61 ha.

Tabel 1. Luas Penggunaan Lahan dan Luas Perubahan Lahan Tahun 2014-2015

No	Penggunaan Lahan	2014		2015		Luas Perubahan (ha)
		Luas (ha)	Persentase (%)	Luas (ha)	Persentase (%)	
1	Tambak	552.33	37.64	636.69	41.62	84.36
2	Mangrove	94.46	6.44	107	6.99	12.54
3	Pemukiman	334.91	22.83	335.18	21.91	0.27
4	Sawah	273.80	18.66	256.19	16.75	-17.61
5	Semak	204.52	13.94	186.40	12.18	-18.12
6	Air Tawar	7.20	0.49	8.39	0.55	1.19
Jumlah		1467.22	100	1529.85	100	62.63

Tabel 2. Luas Penggunaan Lahan dan Luas Perubahan Lahan Tahun 2015-2017

No	Penggunaan Lahan	2015		2017		Luas Perubahan (ha)
		Luas (ha)	Persentase (%)	Luas (ha)	Persentase (%)	
1	Tambak	636.69	41.62	646.04	41.41	9.35
2	Mangrove	107	6.99	112.17	6.93	5.17
3	Pemukiman	335.18	21.91	337.18	24.27	2.00
4	Sawah	256.19	16.75	257.05	13.89	0.86
5	Semak	186.40	12.18	188.09	12.67	1.69
6	Air Tawar	8.39	0.55	9.03	0.83	0.64
Jumlah		1529.85	100	1549.56	100	19.71

Berdasarkan data Tabel 2 dapat diketahui bahwa jumlah luasan penggunaan lahan dari tahun 2015-2017 mengalami kenaikan dari 1529.85 ha menjadi 1549.56 ha. Jika dihitung perubahan luasan lahan terjadi kenaikan sebesar 19.71 ha. Penggunaan lahan pada tahun 2015-2017 terdapat 6 kelas penggunaan lahan yang mengalami peningkatan. Lahan yang memiliki luas paling tinggi yaitu lahan tambak dimana pada tahun 2015 memiliki luas 636.69 ha (41.62%) berubah menjadi 646.04 ha (41.69%) pada tahun 2017, lahan ini mengalami peningkatan 9.35 ha. Sedangkan lahan yang memiliki luas paling rendah adalah lahan air tawar (sungai). Lahan air tawar (sungai) pada tahun 2015 memiliki luas 8.39 ha (0.55%) berubah menjadi 9.03 ha (0.58%) pada tahun 2017, lahan ini mengalami peningkatan sebesar 0.64 ha. Hasil penelitian juga menunjukkan penggunaan lahan terluas dari tahun 2014-2017 di pesisir Kota Pasuruan digunakan sebagai lahan tambak. Sedangkan penggunaan lahan paling rendah yaitu air tawar (sungai) (Gambar 4).



Gambar 4. Grafik Luas Penggunaan Lahan di Pesisir Kota Pasuruan Tahun 2014-2017

Menurut hasil klasifikasi lahan tahun 2014-2017 yang ditunjukkan Gambar 4 menunjukkan bahwa tambak merupakan penggunaan lahan terluas sedangkan lahan air tawar merupakan lahan tersempit yang terdapat di pesisir Kota Pasuruan dari tahun ke tahun. Penambahan luas lahan tambak ini dikarenakan adanya perbedaan penataan ruang wilayah di bagian utara Kota Pasuruan. Dimana perkembangan untuk lahan terbangun di Kota Pasuruan belum tersebar secara merata. Menurut Rencana Kerja Pembangunan Daerah (RKPD) Kota Pasuruan (2014), ketidakmerataan yang terjadi seperti halnya di Kecamatan Panggungrejo masih didominasi lahan terbangun. Sedangkan di Kecamatan Gadingrejo dan Bugul Kidul banyak terdapat lahan tak terbangun seperti sawah dan tambak. Hal inilah yang dapat menyebabkan terjadinya kesenjangan pembangunan antar wilayah di Kota Pasuruan.

Penambahan luas lahan tambak dan area vegetasi mangrove di wilayah pesisir Kota Pasuruan yang terlihat pada peta perubahan luas lahan 2014-2017 merupakan salah satu adanya proses sedimentasi. Hal ini sesuai dengan pernyataan masyarakat dimana setiap tahun terkena bencana banjir. Menurut pernyataan warga setempat bahwa setiap bulan gelombang besar yaitu Januari dan Agustus gelombang di daerah pantai mencapai 1-3 meter. Dimana gelombang ini dapat menghancurkan bangunan rumah dan kapal para nelayan.

Faktor-faktor yang berperan dalam menganalisis proses sedimentasi adalah faktor angin, gelombang dan arus. Faktor tersebut merupakan gejala alam yang saling berkaitan, namun selain faktor alam terdapat juga faktor manusia baik secara langsung maupun tidak langsung yang dapat mengganggu proses sedimentasi (Setiady dan Usman, 2010).

Sedimentasi yang terjadi di Kota Pasuruan diakibatkan oleh faktor alam yaitu angin, gelombang dan arus. Karena peristiwa banjir setiap tahun inilah yang mengakibatkan adanya perubahan garis pantai pesisir Kota Pasuruan. Perubahan garis pantai yang terjadi yaitu menuju ke laut sehingga dapat dikatakan bahwa pesisir Kota Pasuruan mengalami proses akresi. Dalam mengetahui perubahan luas lahan pesisir dapat dilakukan evaluasi dari adanya perubahan berdasarkan klasifikasi digital dan hasil survei lapangan. Setelah tahap cek lapangan maka dilakukan uji ketelitian antara pengolahan data pada citra (klasifikasi digital) dengan hasil survei lapangan yang berupa dokumentasi.

Evaluasi Perubahan Luas Lahan

Evaluasi perubahan penggunaan lahan diperlukan untuk mengetahui potensi lahan yang akan disesuaikan dengan Rencana Tata Ruang Wilayah kawasan pesisir Kota Pasuruan. Rincian luas dan hasil tumpang susun evaluasi lahan dari tahun 2014-2017 disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Perubahan Penggunaan Lahan Pesisir Kota Pasuruan Tahun 2014-2017

No	Penggunaan Lahan	2014		2017		Luas Perubahan (ha)
		Luas (ha)	Persentase (%)	Luas (ha)	Persentase (%)	
1	Tambak	552.33	37.64	646.04	41.69	93.71
2	Mangrove	94.46	6.44	112.17	7.24	17.71
3	Pemukiman	334.91	22.83	337.18	21.76	2.27
4	Sawah	273.80	18.66	257.05	16.59	-16.75
5	Semak	204.52	13.94	188.09	12.14	-16.43
6	Air Tawar	7.20	0.49	9.03	0.58	1.83
Jumlah		1467.22	100	1549.56	100	82.34

a. Tambak

Pada Tabel 3 menunjukkan area lahan tambak mengalami pertambahan luas sebesar 93.71 ha, yaitu dari 552.33 ha (37.64%) pada tahun 2014 menjadi 646.04 ha (41.69%) pada tahun 2017. Pertambahan ini merupakan perencanaan pengembangan kawasan perikanan budidaya sesuai dengan Rencana Tata Ruang Wilayah Kota Pasuruan. Kawasan perikanan budidaya diarahkan pada Kelurahan Ngemplakrejo, Mandaranrejo, Panggungrejo, Kepel, dan Blandongan.

b. Mangrove

Area lahan mangrove mengalami pertambahan luas sebesar 17.71 ha, yaitu dari 94.46 ha (6.44%) pada tahun 2014 menjadi 112.17 ha (7.24%) pada tahun 2017. Pertambahan lahan mangrove sesuai dengan Rencana Tata Ruang Wilayah Kota Pasuruan. Dimana pada RTRW Kota Pasuruan melakukan kegiatan pengelolaan kawasan sempadan pantai.

Menurut Peraturan Daerah Kota Pasuruan Nomor 1 Tahun 2012, hal yang harus dilakukan untuk pengelolaan kawasan sempadan pantai yaitu:

- 1) Memperhatikan fungsi dan mengembangkan kawasan sempadan pantai;
- 2) Mengembalikan fungsi sempadan pantai yang telah berubah menjadi kawasan terbangun secara bertahap;
- 3) Memanfaatkan fungsi sempadan pantai untuk hutan bakau dan wisata pantai; dan
- 4) Merehabilitasi kawasan yang mengalami penurunan fungsi.

c. Pemukiman

Area lahan pemukiman mengalami pertambahan luas sebesar 2.27 ha, yaitu dari 334.91 ha (22.83%) pada tahun 2014 menjadi 337.18 ha (21.76%) pada tahun 2017. Pertambahan pemukiman banyak mengkonversi lahan, mulai dari lahan tambak seluas 52.82 ha (8.18%), lahan mangrove seluas 1.92 ha (1.71%), lahan sawah seluas 13.74 ha (5.34%), lahan semak seluas 21.29 ha (11.29%), dan lahan air tawar (sungai) seluas 0.44 ha (4.87%).

Pertambahan ini merupakan kelanjutan pengembangan kawasan perumahan yang terdapat pada PERDA Kota Pasuruan No 1 Tahun 2012 pasal 27. Sehingga dilakukan pembangunan kawasan perumahan vertikal berupa rumah susun sewa (rusunawa), pengembangan perumahan yang menyediakan ruang terbuka dan penataan perumahan kumuh di daerah pesisir.

d. Sawah

Area lahan sawah mengalami pengurangan luas sebesar 16.75 ha, yaitu dari 273.80 ha (18.66%) pada tahun 2014 menjadi 257.05 ha (16.59%) pada tahun 2017. Dapat dilihat pada Tabel 3 bahwa lahan persawahan menurun dikarenakan berubah menjadi lahan tambak seluas 11.52 ha (4.48%), lahan pemukiman seluas 13.74 ha (5.34%), lahan semak 82.94 ha (43.98%). Penyusutan ini tidak sesuai dengan RTRW Kota Pasuruan yang seharusnya meningkatkan saluran irigasi pada system jaringan sumber daya air kota.

e. Semak

Area lahan semak mengalami pengurangan luas sebesar 16.43 ha, yaitu dari 204.52 ha (13.94%) pada tahun 2014 menjadi 188.09 ha (12.14%) pada tahun 2017. Dapat dilihat pada Tabel 3 bahwa lahan semak menurun dikarenakan berubah menjadi lahan tambak seluas 29.23 ha (15.50%), lahan pemukiman seluas 21.29 ha (11.29%), lahan sawah 55.13 ha (29.23%). Lahan semak yang tergolong masih tinggi ini karena kurangnya penataan ruang terbuka hijau di daerah semapadan sungai. Seperti gambar dibawah ini yang terdapat di Kelurahan Kepel dan Blandongan. Seharusnya ruang terbuka hijau dikembangkan menjadi kawasan hutan bakau.



(a) (b)
Gambar 5. (a) Lahan Semak di Kelurahan Kepel; (b) Lahan Semak di Kelurahan Blandongan.

f. Air Tawar (Sungai)

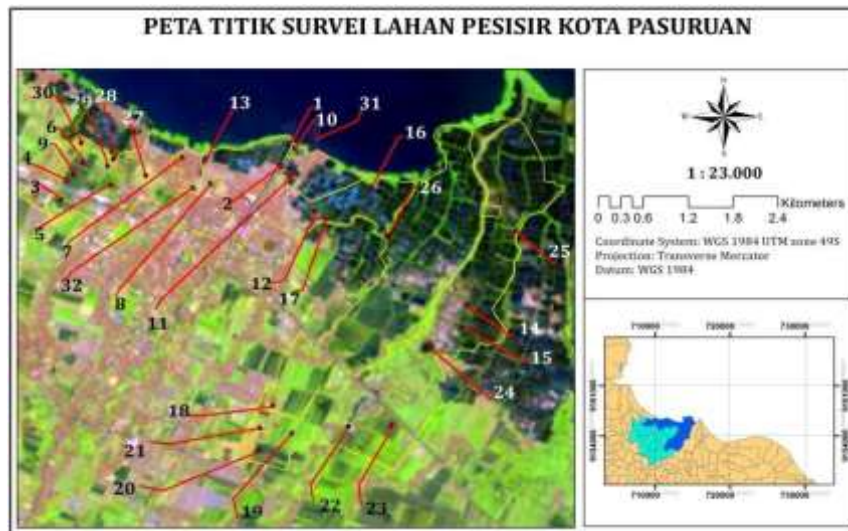
Area lahan air tawar (sungai) mengalami penambahan luas sebesar 1.83 ha, yaitu dari 7.20 ha (0.49%) pada tahun 2014 menjadi 9.03 ha (0.58%) pada tahun 2017. Kenaikan lahan ini sesuai dengan PERDA Kota Pasuruan No 1 Tahun 2012 Pasal 25 ayat 3 bahwa adanya pelebaran, pembangunan tanggul dan normalisasi Sungai Gembong sebagai rencana pengelolaan kawasan rawan bencana banjir di pesisir Kota Pasuruan. (Gambar 6).



Gambar 6. Pelebaran Muara Sungai Gembong dan Pembangunan Tanggul Pesisir Kota Pasuruan
(Sumber: Dokumentasi Lapangan, 2018)

Survei Lapangan

Pada survei lapangan menggunakan metode sampling purposif yaitu menentukan lokasi sesuai dengan beberapa pertimbangan tertentu oleh peneliti. Pertimbangan yang dimaksud yaitu setiap titik sampling mewakili setiap kelas dari citra. Kegiatan survei lapangan diperoleh sebanyak 32 titik (Gambar 7), dimana masing-masing titik mewakili 6 kelas lahan, diantaranya yaitu tambak, mangrove, pemukiman, sawah, semak, dan air tawar. Setiap titik yang diperoleh akan didokumentasikan.



Gambar 7. Peta Titik Survei Lahan Pesisir Kota Pasuruan

Uji Ketelitian Klasifikasi Digital Citra Satelit

Uji ketelitian sangat penting dalam setiap hasil penelitian berdasarkan data penginderaan jauh terhadap kondisi lapangan. Tingkat ketelitian data sangat mempengaruhi besarnya kepercayaan pengguna terhadap setiap jenis data penginderaan jauh. Hasil analisa ketelitian dapat dilihat pada Tabel 4.

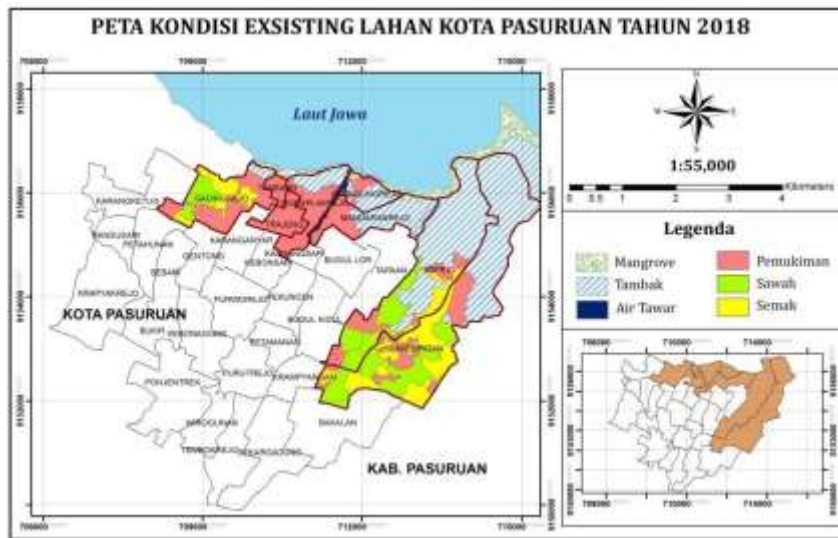
Tabel 4. Ketelitian Hasil Klasifikasi

No	Landuse Citra	Koordinat X/E/BT	Koordinat Y/N/LS	Landuse Lapangan	Hasil Verifikasi
1	Tambak	711740.7761	9156410.2162	Air Tawar (Sungai)	Salah
2	Air Tawar (Sungai)	711780.9873	916552.9730	Air Tawar (Sungai)	Benar
3	Sawah	708689.0603	9155637.4108	Sawah	Benar
4	Mangrove	708768.4355	9155903.3176	Sawah	Salah
5	Sawah	709351.8429	9155839.8174	Sawah	Benar
6	Semak	708986.7171	9156145.4118	Sawah	Salah
7	Pemukiman	710312.5469	9156221.3474	Pemukiman	Benar
8	Semak	710688.2560	9155850.9300	Semak	Benar
9	Tambak	710619.4642	9156200.1807	Tambak	Benar
10	Mangrove	711815.3832	9156353.6393	Mangrove	Benar
11	Pemukiman	711773.0498	9155972.6385	Pemukiman	Benar
12	Tambak	712089.4039	9155461.4625	Tambak	Benar
13	Sawah	7713078.9475	9154048.5847	Sawah	Benar
14	Tambak	714121.4080	9154154.4182	Tambak	Benar
15	Air Tawar (Sungai)	714063.1995	9153842.2093	Mangrove	Salah
16	Mangrove	712840.3546	9155816.6664	Mangrove	Benar
17	Semak	712235.1191	9155363.5665	Tambak	Salah
18	Sawah	711520.7426	9152747.4935	Semak	Salah
19	Semak	711775.4046	9152363.8469	Semak	Benar
20	Mangrove	711332.2266	9152119.1069	Mangrove	Benar
21	Semak	711355.3777	9152436.6075	Semak	Benar
22	Pemukiman	712529.4686	9152453.1440	Pemukiman	Benar
23	Air Tawar (Sungai)	713111.5531	9152466.3732	Air Tawar (Sungai)	Benar
24	Tambak	713597.7259	9153564.3962	Tambak	Benar
25	Mangrove	714768.5095	9155198.2016	Mangrove	Benar
26	Air Tawar (Sungai)	708859.7169	9155994.5990	Semak	Salah
27	Semak	709824.0986	9155968.8021	Semak	Benar
28	Tambak	709390.8425	9156200.3130	Tambak	Benar
29	Semak	709314.7747	9156101.0940	Semak	Benar
30	Semak	708960.8938	9156425.2092	Semak	Benar
31	Air Tawar (Sungai)	712066.7379	9156472.7020	Air Tawar (Sungai)	Benar
32	Pemukiman	710445.8707	9155796.8226	Pemukiman	Benar

Dari tabel diatas dapat dihitung ketelitian hasil klasifikasi terhadap hasil verifikasi lapangan:

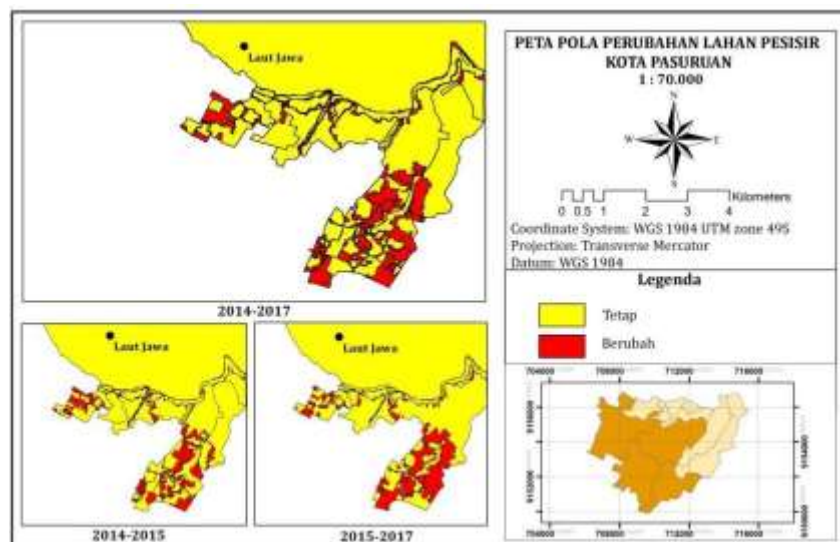
Ketelitian

Berdasarkan hasil ketelitian validasi lahan pesisir Kota Pasuruan sebesar 78,12%. Nilai ketelitian ini dibawah nilai ketelitian < 85% yang ditetapkan Peraturan Kepala Badan Informasi Geospasial No 15 Tahun 2014. Sehingga nilai ini belum memenuhi syarat yang ditetapkan. Hal ini dikarenakan pada proses validasi lapangan tidak sama dengan tahun pengolahan citra Landsat 8. Citra Landsat 8 yang diolah, pengambilan hasil perekaman terakhir pada September 2017, namun pada proses validasi lapangan dilakukan pada April 2018. Sehingga didapatkan hasil kondisi existing lahan pesisir Kota Pasuruan tahun 2018 (Gambar 8).



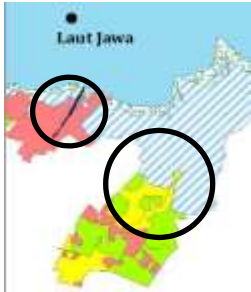



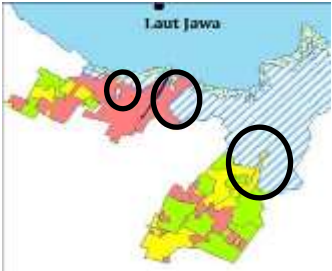

Gambar 8. Peta Kondisi Existing Lahan Pesisir Kota Pasuruan Tahun 2018
Pola Perubahan Lahan







Pola penggunaan lahan di pesisir Kota Pasuruan dalam kurun waktu 3 tahun mengalami perubahan. Perubahan lahan yang terjadi sangat bervariasi. Untuk mengetahui pola perubahan lahan tahun 2014-2017 yang terkonversi lahan lainnya dapat dilihat pada Tabel 5. Penyebaran pola lahan untuk mengetahui suatu lahan berubah atau tetap dari tahun 2014-2017 dapat dilihat pada Gambar 9.

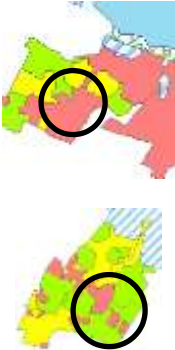
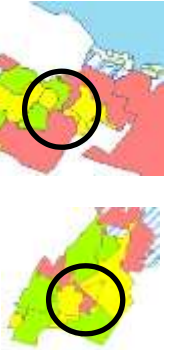
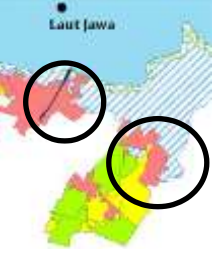


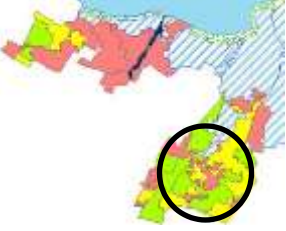


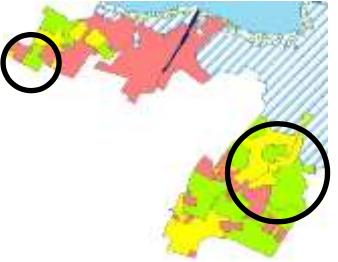
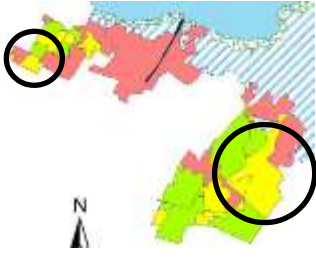
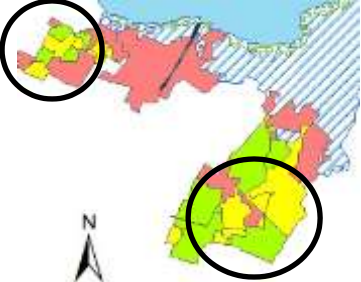


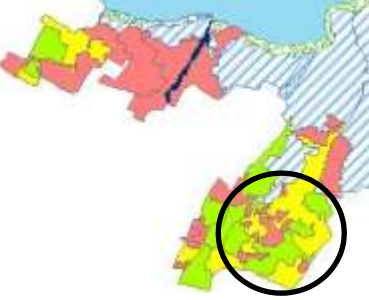
Gambar 9. Penyebaran Pola Lahan Tahun 2014-2017 di Pesisir Kota Pasuruan


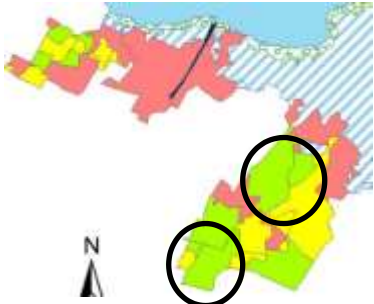
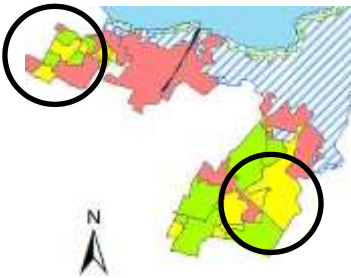
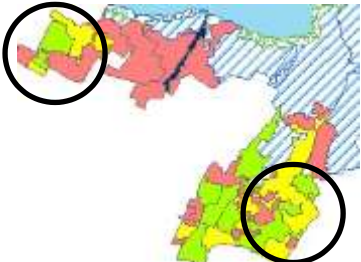
Tabel 5. Analisa Pola Perubahan Penggunaan Kelas Lahan di Pesisir Kota Pasuruan Tahun 2014-2017

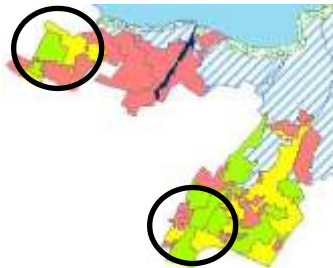
TAMBAK		
2014	2015	Keterangan
		Lahan yang paling tinggi mengkonversi lahan tambak yaitu lahan pemukiman seluas 96.51 ha (15.16%). Sedangkan lahan yang paling rendah mengkonversi lahan tambak yaitu lahan air tawar (sungai) dengan luas 0.30 ha (0.05%). Pengkonversian lahan tambak menjadi lahan pemukiman ini terjadi di Kelurahan Mandaranrejo, Kelurahan Kepel dan Kelurahan Blandongan.
2015	2017	Keterangan
		Lahan yang paling tinggi mengkonversi lahan tambak yaitu lahan pemukiman seluas 4.85 ha (0.88%). Sedangkan lahan yang paling sedikit mengkonversi lahan tambak yaitu lahan sawah, karena luasnya yang sangat rendah sehingga tidak mencapai 1 %, hanya 0.24 ha (0.04%). Pengkonversian lahan tambak menjadi lahan pemukiman ini terjadi di Kelurahan Panggungrejo dan Kelurahan Kepel.
2014	2017	Keterangan
		Lahan yang paling tinggi mengkonversi lahan tambak yaitu lahan pemukiman seluas 52.82 ha (8.18%). Sedangkan lahan yang paling sedikit mengkonversi lahan tambak yaitu lahan sawah seluas 3.10 ha (0.48%). Pengkonversian lahan tambak menjadi lahan pemukiman ini terjadi di Kelurahan Gadingrejo, Kelurahan Tambaan, Kelurahan Trajeng, Kelurahan Ngemplakrejo, Kelurahan Panggungrejo, Kelurahan Mandaranrejo, Kelurahan Kepel dan Kelurahan Blandongan.

MANGROVE		
2014	2015	Keterangan
		Lahan yang paling tinggi mengkonversi lahan mangrove yaitu lahan tambak seluas 17.70 ha (16.54%). Sedangkan lahan yang paling sedikit mengkonversi lahan mangrove yaitu lahan pemukiman, karena luasnya yang sangat rendah sehingga tidak mencapai 1 %, hanya 0.30 ha (0.05%). Pengkonversian lahan mangrove menjadi lahan tambak ini terjadi di Kelurahan Kepel dan Kelurahan Blandongan.
2015	2017	Keterangan
		Lahan yang paling tinggi mengkonversi lahan mangrove yaitu lahan tambak seluas 9.01 ha (9.54%). Sedangkan lahan yang paling sedikit mengkonversi lahan mangrove yaitu lahan tambak, karena luasnya yang sangat rendah sehingga tidak mencapai 1 %, hanya 0.04 ha (0.04%). Pengkonversian lahan mangrove menjadi lahan tambak ini terjadi di Kelurahan Ngemplakrejo.
2014	2017	Keterangan
		Lahan yang paling tinggi mengkonversi lahan mangrove yaitu lahan tambak seluas 21.91 ha (19.53%). Sedangkan lahan yang paling sedikit mengkonversi lahan mangrove yaitu lahan pemukiman seluas 1.92 ha (1.71%). Pengkonversian lahan mangrove menjadi lahan tambak ini terjadi di Kelurahan Ngemplakrejo, Kelurahan Kepel dan Kelurahan Blandongan.

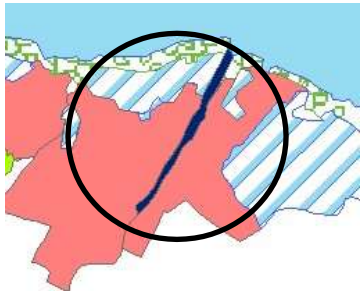
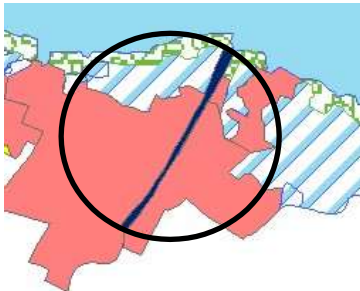


PEMUKIMAN		
2014	2015	Keterangan
		<p>Lahan yang paling tinggi mengkonversi lahan pemukiman yaitu lahan semak seluas 28.25 ha (8.43%). Sedangkan lahan yang paling rendah mengkonversi lahan pemukiman yaitu lahan air tawar (sungai) seluas 1.11 ha (0.33%). Pengkonversian lahan pemukiman menjadi lahan semak ini terjadi di Kelurahan Gadingrejo dan Kelurahan Blandongan.</p>
2015	2017	Keterangan
		<p>Lahan yang paling tinggi mengkonversi lahan pemukiman yaitu lahan tambak seluas 50.84 ha (15.18%). Sedangkan lahan yang paling sedikit mengkonversi lahan pemukiman yaitu lahan mangrove, karena luasnya yang sangat rendah sehingga tidak mencapai 1 %, hanya 0.43 ha (0.13%). Pengkonversian lahan pemukiman menjadi lahan tambak ini terjadi di Kelurahan Panggungrejo, Kelurahan Mandaranrejo dan Kelurahan Kepel.</p>
2014	2017	Keterangan
		<p>Lahan yang paling tinggi mengkonversi lahan pemukiman yaitu lahan sawah seluas 18.56 ha (5.50%). Lahan yang paling sedikit mengkonversi lahan pemukiman yaitu lahan mangrove seluas 1.24 ha (0.37%). Pengkonversian lahan pemukiman menjadi lahan sawah ini terjadi di Kelurahan Kepel.</p>

SAWAH		
2014	2015	Keterangan
		Lahan yang paling tinggi mengkonversi lahan sawah yaitu lahan semak seluas 105.76 ha (41.28%). Sedangkan lahan yang paling rendah mengkonversi lahan sawah yaitu lahan pemukiman seluas 16.14 ha (6.30%). Pengkonversian lahan sawah menjadi lahan semak ini terjadi di Kelurahan Gadingrejo dan Kelurahan Blandongan.
2015	2017	Keterangan
		Lahan yang paling tinggi mengkonversi lahan sawah yaitu lahan semak seluas 62.77 ha (22.93%). Sedangkan lahan yang paling rendah mengkonversi lahan sawah yaitu lahan pemukiman seluas 25.15 ha (9.18%). Pengkonversian lahan sawah menjadi lahan semak ini terjadi di Kelurahan Gadingrejo, Kelurahan Kepel dan Kelurahan Blandongan.
2014	2017	Keterangan
		Lahan yang paling tinggi mengkonversi lahan sawah yaitu lahan semak seluas 91.95 ha (35.77%). Sedangkan lahan yang paling sedikit mengkonversi lahan sawah yaitu lahan tambak seluas 11.52 ha (4.48%). Pengkonversian lahan sawah menjadi lahan semak ini terjadi di Kelurahan Kepel dan Kelurahan Blandongan.

SEMAK		
2014	2015	Keterangan
		Lahan yang paling tinggi mengkonversi lahan semak yaitu lahan sawah seluas 106.04 ha (56.89%). Sedangkan lahan yang paling sedikit mengkonversi lahan semak yaitu lahan tambak, karena luasnya yang sangat rendah sehingga tidak mencapai 1 %, hanya 0.04 ha (0.02%). Pengkonversian lahan sawah menjadi lahan semak ini terjadi di Kelurahan Kepel dan Kelurahan Blandongan
2015	2017	Keterangan
		Lahan yang paling tinggi mengkonversi lahan semak yaitu lahan sawah seluas 56.64 ha (27.69%). Lahan yang paling sedikit mengkonversi lahan semak yaitu lahan tambak, karena luasnya yang sangat rendah sehingga tidak mencapai 1 %, hanya 0.25 ha (0.12%). Pengkonversian lahan semak menjadi lahan sawah ini terjadi di Kelurahan Gadingrejo, Kelurahan Kepel dan Kelurahan Blandongan.
2014	2017	Keterangan



		<p>Lahan yang paling tinggi mengkonversi lahan semak yaitu lahan sawah seluas 55.13 ha (29.23%). Sedangkan lahan yang paling sedikit mengkonversi lahan semak yaitu lahan pemukiman seluas 21.29 ha (11.29%). Pengkonversian lahan semak menjadi lahan sawah ini terjadi di Kelurahan Gadingrejo, Kelurahan Kepel dan Kelurahan Blandongan.</p>
--	--	---

AIR TAWAR (SUNGAI)		
2014	2015	Keterangan
		<p>Lahan yang paling tinggi mengkonversi lahan air tawar (sungai) yaitu lahan pemukiman seluas 2.34 ha (26.16%). Sedangkan lahan yang paling rendah mengkonversi lahan air tawar (sungai) yaitu lahan tambak seluas 0.08 ha (0.90%). Pengkonversian lahan air tawar (sungai) menjadi lahan pemukiman ini terjadi di Kelurahan Ngempalakrejo, Kelurahan Panggungrejo dan Kelurahan Mandaranrejo.</p>
2015	2017	Keterangan
		<p>Lahan yang paling tinggi mengkonversi lahan air tawar (sungai) yaitu lahan tambak seluas 0.81 ha (11.26%). Sedangkan lahan yang paling rendah mengkonversi lahan air tawar (sungai) yaitu lahan pemukiman seluas 0.21 ha (2.86%). Pengkonversian lahan air tawar (sungai) menjadi lahan tambak ini terjadi di Kelurahan Ngempalakrejo dan Kelurahan Panggungrejo.</p>



2014	2017	Keterangan
		<p>Lahan yang paling tinggi mengkonversi lahan air tawar (sungai) yaitu lahan tambak seluas 0.71 ha (7.86%). Sedangkan lahan yang paling sedikit mengkonversi lahan air tawar (sungai) yaitu lahan mangrove seluas 0.43 ha (4.76%).</p> <p>Pengkonversian lahan air tawar (sungai) menjadi lahan tambak ini terjadi di Kelurahan Ngemplakrejo, Kelurahan Kepel dan Kelurahan Blandongan.</p>

KESIMPULAN DAN SARAN

Perubahan penggunaan lahan pesisir Kota Pasuruan dari tahun 2014-2017 terluas adalah lahan tambak seluas 646.04 ha (41.69%) sedangkan lahan tersempit adalah air tawar seluas 9.03 ha (0.58%). Pola penggunaan lahan yang mengalami pengkonversian terluas yaitu lahan sawah menjadi lahan semak seluas 82.94 ha (43.98%) dan pengkonversian tersempit terjadi pada lahan terakhir yaitu air tawar (sungai) menjadi lahan tambak seluas 0.71 ha (7.86%).

Saran bagi pemerintah agar dapat menggunakan potensi lahan pesisir sesuai dengan Rencana Tata Ruang Wilayah Kota Pasuruan Tahun 2011-2031 dan penggunaan lahan yang potensial di daerah pesisir dapat meningkatkan lapangan pekerjaan bagi kesejahteraan masyarakat pesisir.

DAFTAR PUSTAKA

- [BPS] Badan Pusat Statistik. (2017). *Kota Pasuruan Dalam Angka*. Pasuruan
Peraturan Daerah Kota Pasuruan No 1 Tahun 2012 Tentang Rencana Tata Ruang Wilayah Tahun
2011-2031. <http://peraturan.bpk.go.id/Home/Details/23164>. [Diakses pada 28/05/2018 10:55:31
WIB]
- RKPD (Rencana Kerja Pembangunan Daerah) Kota Pasuruan. 2014.
- Setiady NG dan Usman, E. (2010). Proses Sedimentasi dan Erosi Pengaruhnya Terhadap Pelabuhan
Sepanjang Pantai Bagian Barat dan Bagian Timur, Selat Bali. *Jurnal Geologi Kelautan*, 8(2),
Agustus 2010.
- Sudjana. (1992). *Teknik Analisis Regresi dan Koreksi Bagi Para Peneliti*. Tarsito Bandung.

IDENTIFIKASI PENGARUH KERAPATAN MANGROVE TERHADAP DINAMIKA PASANG SURUT DI SEGARA ANAKAN, CILACAP, JAWA TENGAH

Ayi Tarya*, Larasati C. Sunaringati and Nining Sari Ningsih

Program Studi Oseanografi, Fakultas Ilmu dan Teknologi Kebumian,
Institut Teknologi Bandung
Jl. Ganesha No. 10 Bandung 40132 Telp: 0222500494

*Corresponding author e-mail: ayitarya@fitb.itb.ac.id; ayitarya@gmail.com

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji pengaruh kerapatan mangrove terhadap dinamika pasang surut di Segara Anakan, Cilacap, Jawa Tengah. Studi ini menggunakan model hidrodinamika Delft3D dengan gaya pembangkit debit sungai dan pasang surut. Hasil verifikasi elevasi pasang surut antara hasil pemodelan dengan data observasi di Klaces dan Seleko menunjukkan nilai RMSE sebesar 0,138 m dan 0,148 m. Pengaruh kerapatan mangrove terhadap dinamika pasang surut diperoleh dengan simulasi pemodelan dua skenario yang berbeda. Skenario 1 menggunakan nilai koefisien kekasaran dasar Chezy sebesar $50 \text{ m}^{1/2}/\text{s}$ seragam di seluruh area dan Skenario 2 menggunakan nilai kekasaran dasar yang bervariasi secara spasial (Koefisien Manning sebesar $0,14 \text{ m}^{-1/3}/\text{s}$ pada zona 1, $0,28 \text{ m}^{-1/3}/\text{s}$ pada zona 2, dan $0,27 \text{ m}^{-1/3}/\text{s}$ pada zona 3). Hasil simulasi Skenario 1 dan Skenario 2 menunjukkan bahwa amplitudo komponen pasang surut M_2 , S_2 , K_1 , dan O_1 berkurang dari Plawangan Barat dan Plawangan Timur menuju ke bagian tengah Laguna Segara Anakan sedangkan keterlambatan fase masing-masing komponen tersebut semakin bertambah ke bagian tengah Laguna Segara Anakan. Peredaman amplitudo pasang surut dari kedua plawangan ke arah tengah laguna hasil simulasi model untuk Skenario 2 lebih besar dari pada Skenario 1. Hal ini disebabkan oleh nilai gesekan dasar yang digunakan oleh Skenario 2 lebih besar dibandingkan dengan Skenario 1. Selain itu, keterlambatan fase pasang surut pada Skenario 2 juga lebih besar daripada Skenario 1. Fenomena ini menunjukkan bahwa kerapatan mangrove berpengaruh dalam meredam nilai amplitudo dan memperbesar keterlambatan fase komponen M_2 , S_2 , K_1 , dan O_1 di Segara Anakan.

Kata kunci: Model Hidrodinamika, Delft3D, Mangrove, Gesekan Dasar, Pasang Surut

PENDAHULUAN

Mangrove merupakan kelompok tumbuhan yang hidup di daerah *intertidal* dengan kondisi lingkungan yang dinamis dan fluktuatif (Duke, 1992). Ekosistem *mangrove* memiliki beberapa peran penting, yaitu membantu menstabilkan garis pantai akibat terjangan gelombang, membantu pembentukan tanah (substrat) karena bertindak sebagai penangkap sedimen, melindungi pantai dari erosi dan abrasi, menjadi habitat bagi organisme-organisme lainnya, dan sebagai penghasil detritus yang dapat membantu produktivitas di laut lepas (Feller dan Sitnik, 1996). Karena tumbuh di daerah *intertidal* di sekitar lintang tropis dan subtropis, maka *mangrove* harus mampu melakukan adaptasi secara morfologi maupun fisiologi terhadap kondisi yang ekstrim seperti, salinitas tinggi, pasang surut ekstrim, angin kencang, substrat berlumpur, dan temperatur tinggi (Kathiresan dan Bingham, 2001). Hal ini menyebabkan *mangrove* cukup sensitif terhadap perubahan yang terjadi di luar, termasuk hidrodinamika di perairan sekitarnya.

Segara Anakan terletak di Kabupaten Cilacap, Jawa Tengah, merupakan salah satu wilayah yang memiliki hutan *mangrove* terluas di Jawa (Holtermann dan Burchard, 2007). Namun, dalam beberapa dekade luasan hutan *mangrove* di Segara Anakan semakin berkurang, pada periode tahun 1978 dan 2004, luasan *mangrove* berkurang dari 18000 ha menjadi 9000 ha (Ardli dan Wolff, 2004). Selain itu, luas perairan Segara Anakan juga semakin berkurang dan mengalami pendangkalan akibat laju sedimentasi yang tinggi, sehingga permasalahan di Segara Anakan menjadi lebih kompleks (Sukardi, 2010). Untuk memahami permasalahan laju sedimentasi yang tinggi di Segara Anakan, maka diperlukan pemahaman mengenai kondisi hidrodinamika. Pemahaman proses fisis yang terjadi di Segara Anakan dapat membantu untuk memahami proses sedimentasi yang terjadi di laguna.

Penelitian mengenai kondisi hidrodinamika di daerah *mangrove* telah dilakukan oleh beberapa peneliti di dunia (Mazda *et al.*, 2005; Kobashi *et al.*, 2005; Mazda dan Wolanski, 2009; Broekema,

2013). Namun, penelitian mengenai hidrodinamika di daerah *mangrove* di Indonesia masih sangat jarang dilakukan. Penelitian mengenai hidrodinamika di Segara Anakan telah dilakukan oleh Holtermann dkk. (2009). Hasil studi tersebut menunjukkan pola musiman sirkulasi arus dan distribusi salinitas di Segara Anakan. Di dalam studi Holtermann dkk. (2009) tidak menjelaskan pengaruh vegetasi *mangrove* terhadap proses hidrodinamika di Segara Anakan. Hal ini memotivasi penulis untuk melakukan penelitian pengaruh vegetasi *mangrove* terhadap dinamika pasang surut, khususnya untuk mengidentifikasi pengaruh kerapatan *mangrove* terhadap pola penjarangan gelombang pasang surut di Segara Anakan.

MATERI DAN METODOLOGI

Model hidrodinamika yang digunakan dalam penelitian ini adalah Delft3D (Deltares, 2014). Simulasi pemodelan hidrodinamika dilakukan dengan dua skenario. Skenario 1 yaitu simulasi model dengan nilai kekasaran dasar yang seragam di semua area domain model dan skenario 2 adalah model dengan nilai kekasaran dasar yang berbeda-beda secara spasial. Vegetasi *mangrove* yang habitatnya berada di daerah *intertidal*, sehingga simulasi hidrodinamika menggunakan metode grid *drying* and *flooding* agar hasil yang diperoleh lebih representatif.

Persamaan model hidrodinamika

Persamaan momentum yang digunakan di dalam model hidrodinamika Delft3D-Flow (Deltares, 2014):

$$\frac{\partial u}{\partial t} + \frac{u}{\sqrt{G_{\xi\xi}}} \frac{\partial u}{\partial \xi} + \frac{v}{\sqrt{G_{\eta\eta}}} \frac{\partial u}{\partial \eta} - \frac{v^2}{\sqrt{G_{\xi\xi}\sqrt{G_{\eta\eta}}}} \frac{\partial \sqrt{G_{\eta\eta}}}{\partial \xi} + \frac{uv}{\sqrt{G_{\xi\xi}\sqrt{G_{\eta\eta}}}} \frac{\partial \sqrt{G_{\xi\xi}}}{\partial \eta} - fV = -\frac{1}{\rho_0 \sqrt{G_{\xi\xi}}} P_{\xi} - \frac{gU\sqrt{U^2+V^2}}{c_{2D}^2(d+\zeta)} + F_{\xi} + M_{\xi} \quad (1)$$

$$\frac{\partial v}{\partial t} + \frac{u}{\sqrt{G_{\xi\xi}}} \frac{\partial v}{\partial \xi} + \frac{v}{\sqrt{G_{\eta\eta}}} \frac{\partial v}{\partial \eta} - \frac{u^2}{\sqrt{G_{\xi\xi}\sqrt{G_{\eta\eta}}}} \frac{\partial \sqrt{G_{\xi\xi}}}{\partial \eta} + \frac{uv}{\sqrt{G_{\xi\xi}\sqrt{G_{\eta\eta}}}} \frac{\partial \sqrt{G_{\eta\eta}}}{\partial \xi} + fU = -\frac{1}{\rho_0 \sqrt{G_{\eta\eta}}} P_{\eta} - \frac{gV\sqrt{U^2+V^2}}{c_{2D}^2(d+\zeta)} + F_{\eta} + M_{\eta} \quad (2)$$

dengan,

u : kecepatan dalam arah sumbu x atau ξ $\left(\frac{m}{s}\right)$

v : kecepatan dalam arah sumbu y atau η $\left(\frac{m}{s}\right)$

ξ dan η : koordinat curvilinear dalam arah horizontal

ω : kecepatan dalam arah sumbu z atau σ $\left(\frac{m}{s}\right)$

t : waktu (s)

$\sqrt{G_{\xi\xi}}$ dan $\sqrt{G_{\eta\eta}}$: koefisien yang digunakan untuk mentransformasikan koordinat *curvilinear* menjadi koordinat *rectangular* (m)

ζ : elevasi (m)

d : kedalaman (m)

f : Coriolis $\left(\frac{1}{s}\right)$

ρ_0 : densitas referensi air $\left(\frac{kg}{m^3}\right)$

P_{η} : gradien tekanan hidrostatik dalam arah sumbu η $\left(\frac{kg}{m^2 s^2}\right)$

P_{ξ} : gradien tekanan hidrostatik dalam arah sumbu ξ $\left(\frac{kg}{m^2 s^2}\right)$

F_{ξ} : fluks momentum turbulensi dalam arah sumbu ξ $\left(\frac{m}{s^2}\right)$

F_{η} : fluks momentum turbulensi dalam arah sumbu η $\left(\frac{m}{s^2}\right)$

ν_V : viskositas eddy dalam arah vertikal $\left(\frac{m^2}{s}\right)$

Pada Persamaan 1 dan 2, suku pertama menyatakan percepatan lokal, sedangkan suku kedua, ketiga, dan keempat merupakan suku percepatan advectif. Suku berikutnya, yaitu suku kelima dan keenam menyatakan adveksi horizontal dan gaya Coriolis. Kemudian suku yang berada di bagian kanan menyatakan gradien tekanan, gaya *stress* Reynold, *stress* akibat viskositas eddy secara vertikal, dan gaya yang diakibatkan oleh adanya *source and sinks*.

Sedangkan untuk persamaan kontinuitasnya dapat didefinisikan sebagai berikut:

$$\frac{\partial \zeta}{\partial t} + \frac{1}{\sqrt{g \xi \xi \sqrt{g \eta \eta}}} \frac{\partial((d+\zeta)u\sqrt{g \eta \eta})}{\partial \xi} + \frac{1}{\sqrt{g \xi \xi \sqrt{g \eta \eta}}} \frac{\partial((d+\zeta)v\sqrt{g \eta \eta})}{\partial \eta} = (d + \zeta)Q \quad (3)$$

dengan,

Q : kontribusi per satuan luas oleh debit air, presipitasi, dan evaporasi ($\frac{m^3}{s}$)

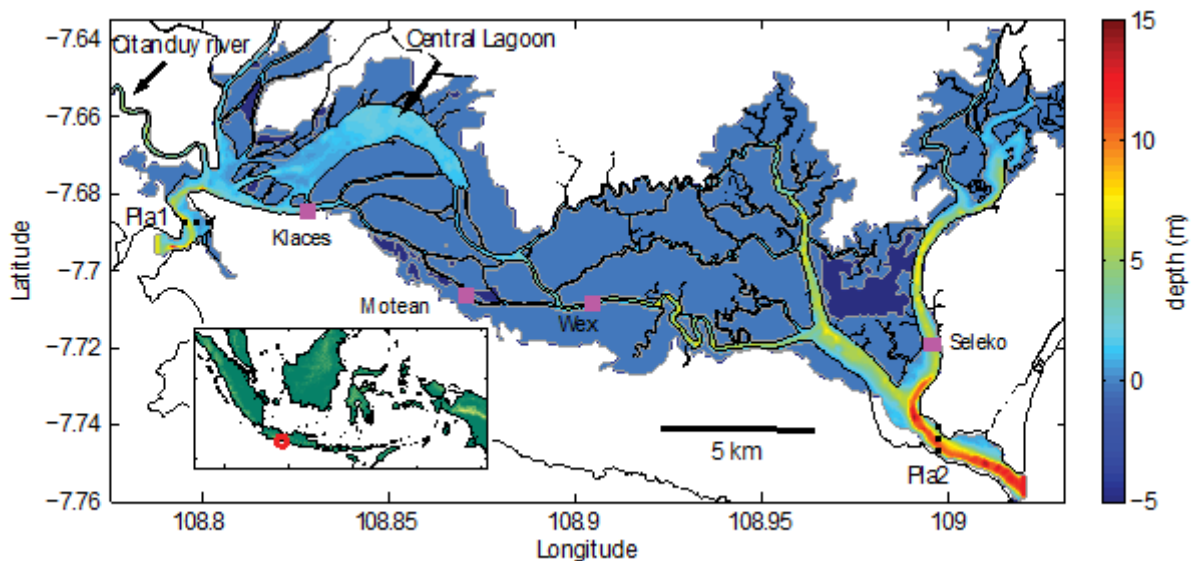
$$U = \frac{1}{d+\zeta} \int_{-1}^{\zeta} u \, dz = \int_{-1}^0 u \, d\sigma \quad (4)$$

$$V = \frac{1}{d+\zeta} \int_{-1}^{\zeta} v \, dz = \int_{-1}^0 v \, d\sigma \quad (5)$$

$$Q = \int_{-1}^0 (q_{in} - q_{out}) \, d\sigma + P - E \quad (6)$$

Daerah Kajian dan Data

Daerah kajian model terletak di perairan Segara Anakan dengan letak geografis sekitar 7°35' LS - 7°48' LS dan 108°46' BT - 109°3' BT (Gambar 1). Segara Anakan merupakan sebuah estuari dan tempat bermuaranya 13 sungai di sekitarnya, tetapi sungai yang paling dominan memberikan input ke laguna adalah Sungai Citanduy. Segara Anakan memiliki 2 *outlet* (Plawangan), yaitu di bagian timur dan barat. Kedalaman di kedua Plawangan tersebut kurang dari 15 m dan lebar kurang lebih 1 km. Vegetasi *mangrove* di Segara Anakan menutupi luas area sekitar 94 km², sedangkan luas area yang tergenang air sekitar 26 km² (Holtermann dkk., 2009). Jenis *mangrove* yang paling dominan di Segara Anakan adalah *Rhizophora*. Tipe pasang surut di Segara Anakan adalah semidiurnal dengan komponen pasang surut dominannya adalah M₂ (Holtermann *et al.*, 2009).



Gambar 1. Daerah kajian model yang terletak di Segara Anakan, Jawa Tengah. Klaces dan Seleko merupakan lokasi data pengukuran elevasi pasang surut dan titik verifikasi model. Pla1 adalah Plawangan Barat dan Pla2 adalah Plawangan Timur.

Data yang digunakan pada penelitian ini adalah batimetri, elevasi pasang surut, amplitudo dan fase komponen-komponen pasang surut (M₂, S₂, K₂, N₂, K₁, O₁, P₁, dan Q₁), debit sungai dan data kerapatan *mangrove* Segara Anakan. Data batimetri dan elevasi pasang surut diperoleh dari Holtermann dkk. (2009). Amplitudo dan fase komponen-komponen pasang surut yang diperoleh dari TMD (*Tidal Model Driver*). Data kerapatan *mangrove* berupa peta zonasi *mangrove* di Segara Anakan diperoleh dari studi Hinrich *et al.*, (2009), sedangkan data nilai kekasaran dasar (koefisien *Manning*) untuk *mangrove* jenis *Rhizophora* diperoleh dari penelitian yang dilakukan Broekema (2013) (Gambar 2).

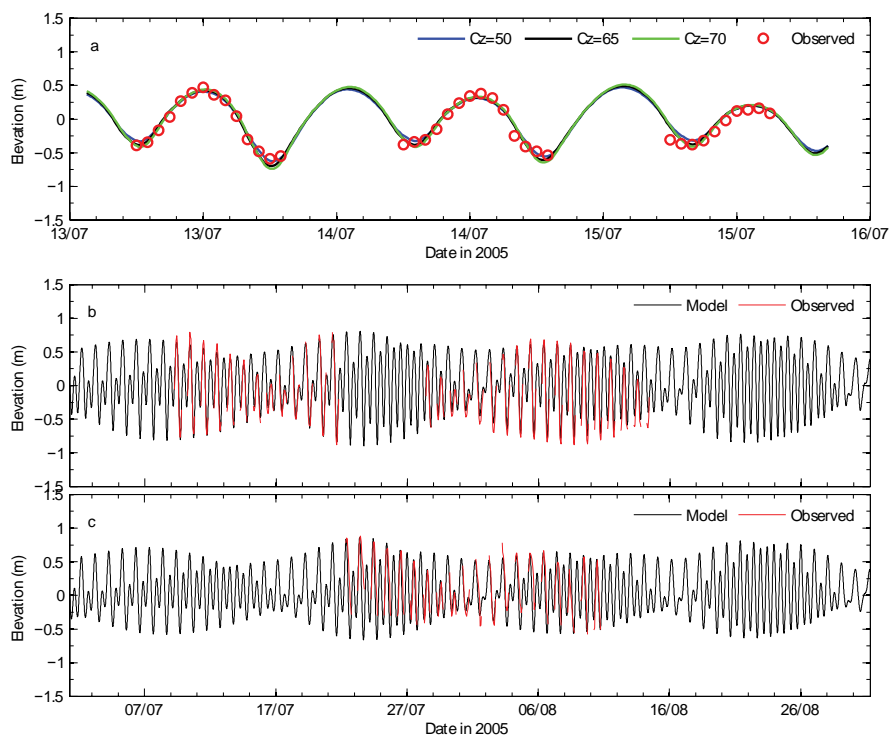


Gambar 2. Peta zonasi kerapatan mangrove beserta nilai koefisien Manning untuk masing-masing zona (Broekema, 2013 dan Hinrich et al., 2009).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Verifikasi Model

Verifikasi data elevasi pasang surut dilakukan di dua titik lokasi pengamatan, yaitu di Klaces dan Seleko. Tujuan dari verifikasi adalah untuk mengetahui keakuratan hasil pemodelan dibandingkan dengan data lapangan. Untuk mendapatkan verifikasi model yang baik maka dilakukan uji sensitivitas koefisien kekasaran dasar agar diperoleh nilai koefisien yang paling optimum. Koefisien kekasaran dasar yang optimum adalah perbandingan antara hasil model dengan data lapangan menghasilkan selisih terkecil. Pada penelitian ini menggunakan tiga skenario model uji sensitivitas yang dilakukan menggunakan koefisien kekasaran dasar (Chezy) seragam di seluruh domain model.

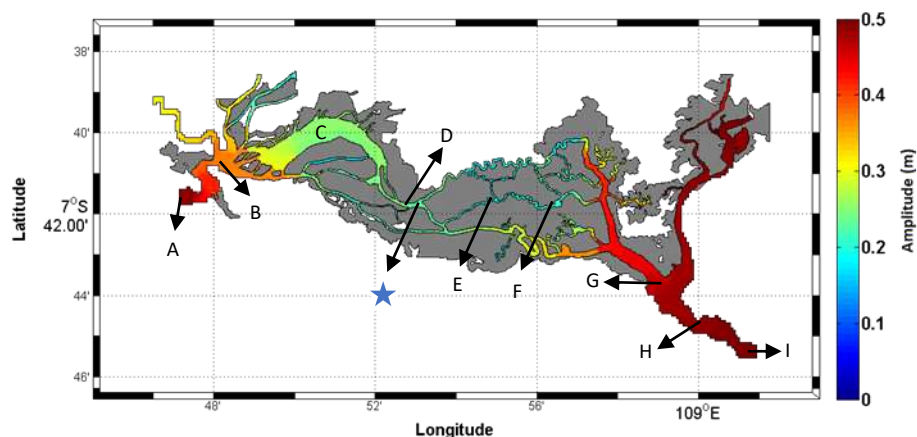


Gambar 3. Hasil uji sensitivitas koefisien gesekan dasar dengan menggunakan tiga nilai Chezy (50, 65 dan 70) (a). Verifikasi elevasi pasang surut antara hasil model dan data lapangan di Seleko (b) dan Klaces (c).

Hasil perbandingan elevasi pasang surut antara hasil model dan observasi di lokasi Klaces dan Seleko terlihat bahwa elevasi muka air hasil model yang paling mendekati data observasi adalah skenario model yang menggunakan koefisien *Chezy* $50 \text{ m}^{1/2}/\text{s}$ (Gambar 3). Verifikasi antara hasil model dan data observasi di dua titik pengamatan yaitu di Seleko (Gambar 3b) dan Klaces (Gambar 3c) menunjukkan bahwa elevasi hasil model memiliki pola yang sama dengan data observasi baik untuk magnitudo maupun fase pasang sarat surut. Hal ini juga terlihat dari rendahnya nilai RMSE antara hasil model dan data lapangan adalah 9.52 cm (Klaces) dan 8.73 cm (Seleko).

Pola Penjalaran Gelombang Pasang Surut di Segara Anakan

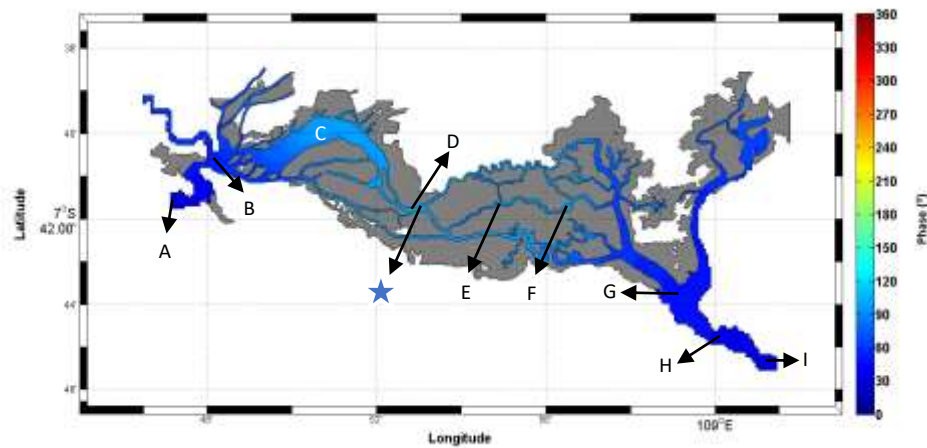
Untuk mengetahui pola penjalaran gelombang pasang surut di Segara Anakan, data elevasi pasang surut yang diperoleh dari simulasi pemodelan di analisis harmonik dengan menggunakan program T_TIDE untuk komponen pasang surut M_2 , S_2 , K_1 , dan O_1 . Hasil analisis harmonik komponen pasang surut di setiap grid kemudian di plot ke dalam peta *coamplitude* dan *cophase* untuk mengetahui dinamika pasang surut di Segara Anakan.



Gambar 4. Distribusi spasial *coamplitude* komponen pasang surut M_2 hasil simulasi model Skenario 1

Gambar 4 menunjukkan pola spasial amplitudo komponen M_2 yang semakin berkurang dari kedua Plawangan (Barat dan Timur) ke arah tengah Laguna Segara Anakan. Amplitudo maksimum yaitu sekitar 0,5 m berada di bagian barat (titik A) dan timur (titik I) Laguna Segara Anakan, sedangkan amplitudo minimum berada di tengah laguna yaitu sekitar 0,25 m. Fenomena berkurangnya amplitudo M_2 ke arah tengah laguna menunjukkan bahwa amplitudo pasang surut mengalami peredaman ke arah tengah laguna. Peredaman amplitudo ke arah tengah laguna terjadi karena semakin ke tengah, kedalaman laguna semakin dangkal sehingga menyebabkan pengaruh gesekan dasarnya lebih besar dan menyebabkan berkurangnya amplitudo pasang surut. Hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Prandle (2003) yang menyatakan bahwa jika nilai elevasi muka air lebih besar dari sepersepuluh kedalaman total perairan ($\zeta > H/10$), maka gesekan dasarnya akan menjadi faktor dominan yang mempengaruhi dinamika pasang surutnya (amplitudo dan keterlambatan fase). Teori tersebut sesuai dengan kondisi yang terjadi di Segara Anakan dimana nilai elevasi muka air lebih besar dari sepersepuluh kedalaman total perairan ($0,5 > 0,3$), sehingga gesekan dasarnya lebih berperan dalam meredam amplitudo pasang surut.

Gambar 5 menunjukkan fase komponen M_2 di Laguna Segara Anakan. Fase komponen M_2 semakin bertambah ke arah tengah laguna. Fase komponen M_2 di titik A (Plawangan Barat) berkisar $32,963^\circ$, sedangkan di titik I (Plawangan Timur) nilainya tidak jauh berbeda yaitu $33,477^\circ$. Titik yang ditandai dengan simbol bintang merupakan titik pertemuan antara pasang surut yang masuk melalui Plawangan Barat dan Plawangan Timur dengan nilai fase sebesar $105,174^\circ$. Hal ini menunjukkan bahwa selisih keterlambatan fase dari titik A (Plawangan Barat) ke titik D dan titik I (Plawangan Timur) ke titik E adalah 2,28 jam dan 2,25 jam. Kondisi ini menunjukkan bahwa gelombang pasang surut dari Plawangan timur lebih cepat perambatannya dari pada gelombang pasang surut dari Plawangan Barat, dengan perbedaan sekitar 0,03 jam.



Gambar 5. Distribusi spasial cophase komponen pasang surut M₂ hasil simulasi model Skenario 1

Fenomena berkurangnya amplitudo pasang surut dan bertambahnya fase pasang surut dari kedua Plawangan ke arah tengah laguna juga diperoleh untuk komponen pasang surut lainnya yaitu S₂, K₁, dan O₁ (Tabel 1). Nilai amplitudo maksimum untuk komponen S₂ berkisar 0,270 m, komponen K₁ berkisar 0,190 m, dan komponen O₁ berkisar 0,110 m. Berdasarkan nilai amplitudo dari 4 komponen tersebut, maka dapat diketahui bahwa komponen pasang surut paling dominan di Segara Anakan adalah komponen M₂.

Selain komponen M₂, keterlambatan fase pasang surut dari Plawangan ke arah tengah laguna juga diperoleh untuk komponen S₂, K₁, dan O₁ (Tabel 1). Keterlambatan fase komponen S₂ antara titik A ke titik D dan titik I ke titik D adalah sekitar 2,54 dan 2,47 jam, sedangkan untuk komponen K₁ berkisar 2,46 dan 2,42 jam, serta untuk komponen O₁ berkisar 2,47 dan 2,42 jam.

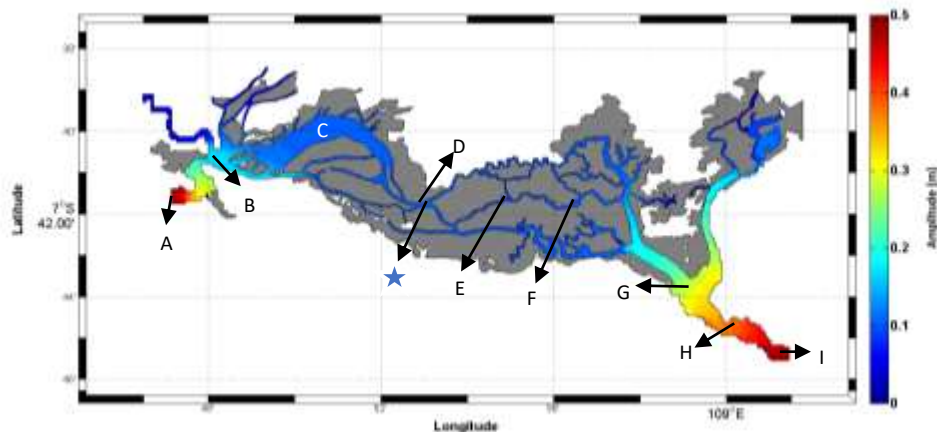
Tabel 1. Nilai amplitudo dan keterlambatan fase komponen M₂, S₂, K₁, dan O₁ yang ditinjau di setiap titik (Skenario 1).

Komponen	Titik	Amplitudo (m)	Fase (°)
M ₂	A	0,5	32,963
	B	0,362	64,272
	C	0,266	86,486
	D	0,255	98,763
	★	0,253	105,174
	E	0,297	91,278
	F	0,349	78,821
	G	0,427	66,594
	H	0,439	52,128
I	0,5	33,477	
S ₂	A	0,264	70,901
	B	0,172	96,556
	C	0,105	134,725
	D	0,097	147,241
	★	0,091	155,283
	E	0,111	149,061
	F	0,185	121,825

	G	0,211	104,128
	H	0,246	80,174
	I	0,27	73,022
K ₁	A	0,19	162,226
	B	0,168	175,757
	C	0,135	190,933
	D	0,129	199,201
	★	0,126	210,737
	E	0,14	201,768
	F	0,164	186,274
	G	0,182	172,326
	H	0,185	167,266
O ₁	I	0,19	162,753
	A	0,11	158,538
	B	0,101	169,716
	C	0,094	185,565
	D	0,093	192,953
	★	0,092	198,648
	E	0,099	191,985
	F	0,101	180,853
	G	0,104	174,286
H	0,107	166,963	

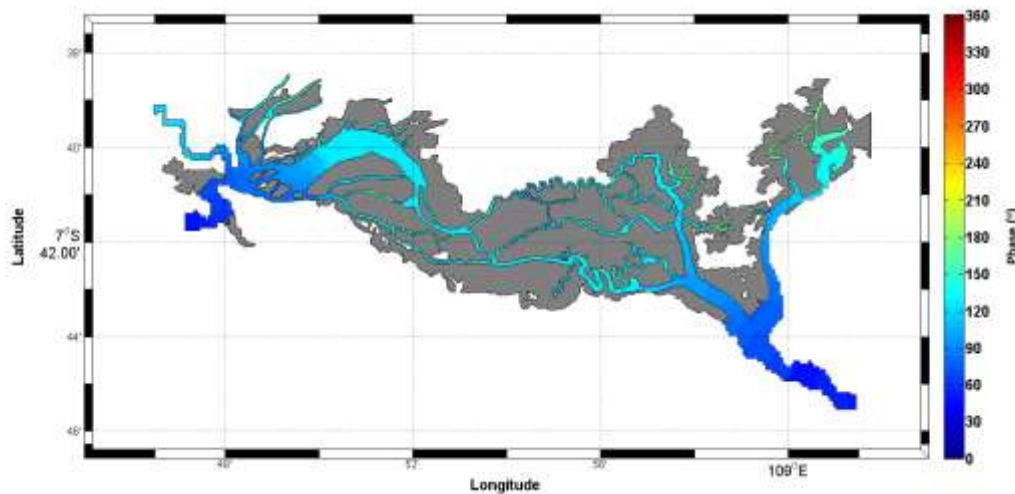
Pengaruh Kerapatan Mangrove Terhadap Pola Penjalaran Gelombang Pasang Surut di Segara Anakan

Untuk mengidentifikasi pengaruh kerapatan *mangrove* terhadap pola penjalaran gelombang pasang surut di Segara Anakan dilakukan simulasi dengan menggunakan variasi koefisien gesekan dasar secara spasial (Skenario 2). Pada Skenario 2 digunakan koefisien kekasaran dasar berdasarkan zonasi kerapatan *mangrove* di Segara Anakan sesuai dengan penelitian Hinrich *et al.*, (2008), kemudian nilai kerapatan mangrove tersebut digunakan untuk menghitung koefisien Manning yang dihitung menurut penelitian yang dilakukan oleh Broekema (2013). Nilai koefisien Manning yang digunakan dalam pemodelan untuk Skenario 2 adalah nilai Manning yang digunakan adalah $0,14 \text{ m}^{-1/3} \text{ s}$ (zona 1, bagian barat), sebesar $0,28 \text{ m}^{-1/3} \text{ s}$ (zona 2, bagian tengah), dan sebesar $0,27 \text{ m}^{-1/3} \text{ s}$ (zona :



Gambar 6. Distribusi spasial *coamplitude* komponen pasang surut M₂ hasil simulasi model Skenario 2

Peta *coamplitude* hasil simulasi Skenario 2 untuk komponen M₂ ditunjukkan pada Gambar 6. Dari hasil analisis harmonik pasang surut terlihat bahwa terdapat peredaman amplitudo pasang surut dari titik A (Plawangan Barat) ke titik D (tengah laguna) dan titik I (Plawangan Timur) ke titik E (tengah laguna). Hasil ini menunjukkan kesamaan fenomena peredaman amplitudo pasang surut antara Skenario 1 dan 2, tetapi peredaman amplitudo pasang surut di Skenario 2 lebih besar dibandingkan dengan Skenario 1. Amplitudo maksimum untuk komponen M₂ di Plawangan untuk Skenario 2 mengalami sedikit penurunan sekitar 5% daripada Skenario 1. Hal ini terjadi karena pada Skenario 2 faktor kerapatan *mangrove* telah dimasukkan, sehingga nilai gesekan dasarnya semakin besar dan menyebabkan efek peredaman amplitudo pasang surut meningkat. Untuk komponen S₂, K₁, dan O₁ menunjukkan fenomena yang sama dengan M₂ yaitu amplitudo pasang surut mengalami penurunan dari Plawangan ke tengah laguna (Tabel 2, 3, 4 dan 5). Nilai amplitudo maksimum untuk komponen S₂, K₁, dan O₁ berada di Plawangan yang masing-masing nilainya adalah 0,243 m, 0,125 m, dan 0,098 m. Nilai-nilai tersebut lebih kecil jika dibandingkan dengan hasil model Skenario 1 (Tabel 1).



Gambar 7. Distribusi spasial *cophase* komponen pasang surut M₂ hasil simulasi model Skenario 2

Gambar 7 merupakan peta *cophase* komponen M₂ untuk hasil model Skenario 2. Dari hasil tersebut terlihat bahwa nilai fase pasang surut di Plawangan adalah sebesar 45,642° (titik A) dan 47,977° (titik I), sedangkan di tengah laguna adalah 137,862° (titik D). Perbedaan keterlambatan fase dari titik A ke titik D dan titik I ke titik E adalah 3,18 jam dan 3,10 jam. Perbedaan fase dari Plawangan ke tengah laguna untuk Skenario 2 lebih lambat sekitar 0,9 jam dibandingkan dengan Skenario 1. Tabel 3, 4, 5 dan 6 menunjukkan perbedaan keterlambatan fase (Skenario 2) untuk komponen S₂, dari titik A ke D dan titik I ke D adalah 3,27 dan 3,23 jam, komponen K₁ adalah 3,27 dan 3,26 jam, serta komponen O₁ adalah 3,30 dan 3,22 jam. Kondisi ini menunjukkan bahwa untuk komponen M₂, S₂, K₁, dan O₁ hasil simulasi Skenario 2 menghasilkan nilai perbedaan fase yang lebih besar dari pada Skenario 1. Hal ini terjadi karena pada Skenario 2 nilai gesekan dasarnya lebih besar dari pada Skenario 1, sehingga hasil Skenario 2 menunjukkan perbedaan keterlambatan fase yang lebih besar.

Tabel 2 Perbandingan nilai amplitudo (**A**), fase (**G**), dan waktu tempuh dari titik A ke titik D dan titik I ke skenario model 1 dan 2 untuk komponen M₂.

Titik	Skenario 1				Skenario 2			
	Gesekan Dasar	A (m)	G (°)	Waktu (jam)	Gesekan Dasar	A (m)	G (°)	Waktu (jam)
A	50 (m ^{1/2} /s)	0,5	32,963	A-D: 2,28 dan I-E: 2,25	0,14 (m ^{-1/3} s)	0,468	45,642	A-D: 3,18 dan I-E: 3,10
B		0,362	64,272			0,223	83,236	
C		0,266	86,486			0,181	126,938	

D		0,255	98,763		0,28 (m ^{-1/3} s)	0,165	137,862	
		0,253	105,174			0,162	140,475	
E		0,297	91,278			0,177	130,759	
F		0,349	78,821			0,185	121,651	
G		0,427	66,594		0,27 (m ^{-1/3} s)	0,203	94,859	
H		0,439	52,128			0,34	69,197	
I		0,5	33,477			0,479	47,977	

Tabel 3. Perbandingan nilai amplitudo (**A**), keterlambatan fase (**G**), dan waktu tempuh skenario 1 dan 2 untuk komponen S₂.

Titik	Skenario 1				Skenario 2			
	Gesekan Dasar	A (m)	G (°)	Waktu (jam)	Gesekan Dasar	A (m)	G (°)	Waktu (jam)
A	50 (m ^{1/2} /s)	0,264	70,901	A-D: 2,54 dan I-E: 2,47	0,14 (m ^{-1/3} s)	0,241	81,961	A-D: 3,27 dan I-E: 3,23
B		0,172	96,556			0,121	99,265	
C		0,105	134,725			0,098	145,762	
D		0,097	147,241		0,28 (m ^{-1/3} s)	0,086	180,106	
		0,091	155,283			0,082	187,414	
E		0,111	149,061			0,098	179,719	
F		0,185	121,825		0,27 (m ^{-1/3} s)	0,132	148,892	
G		0,211	104,128			0,187	117,28	
H		0,246	80,174			0,205	95,214	
I	0,27	73,022	0,243	83,045				

Tabel 4. Perbandingan nilai amplitudo (**A**), keterlambatan fase (**G**), dan waktu tempuh Skenario 1 dan Skenario 2 untuk komponen K₁.

Titik	Skenario 1				Skenario 2			
	Gesekan Dasar	A (m)	G (°)	Waktu (jam)	Gesekan Dasar	A (m)	G (°)	Waktu (jam)
A	50 (m ^{1/2} /s)	0,19	162,226	A-D: 2,46 dan I-E: 2,42	0,14 (m ^{-1/3} s)	0,119	185,722	A-D: 3,27 dan I-E: 3,26
B		0,168	175,757			0,087	211,487	
C		0,135	190,933			0,063	228,464	
D		0,129	199,201		0,28 (m ^{-1/3} s)	0,06	234,758	
		0,126	210,737			0,057	240,992	
E		0,14	201,768			0,076	232,908	
F		0,164	186,274		0,27 (m ^{-1/3} s)	0,081	228,92	
G		0,182	172,326			0,098	210,658	
H		0,185	167,266			0,116	196,714	
I	0,19	162,753	0,125	186,126				

Tabel 5 Perbandingan nilai amplitudo (**A**), keterlambatan fase (**G**), dan waktu tempuh Skenario 1 dan Skenario 2 untuk komponen O₁.

Titik	Skenario 1				Skenario 2			
	Gesekan Dasar	A (m)	G (°)	Waktu (jam)	Gesekan Dasar	A (m)	G (°)	Waktu (jam)
A	50 (m ^{1/2} /s)	0,11	158,538	A-D: 2,47 dan I-E: 2,42	0,14 (m ^{-1/3} s)	0,091	172,148	A-D: 3,30 dan I-E: 3,22
B		0,101	169,716			0,077	152,828	
C		0,094	185,565			0,052	172,645	
D		0,093	192,953		0,28 (m ^{-1/3} s)	0,044	218,209	
		0,092	198,648			0,041	226,933	
E		0,99	191,985			0,05	220,812	
F		0,101	180,853		0,61	214,085		
G		0,104	174,286		0,27 (m ^{-1/3} s)	0,079	193,462	
H		0,107	166,963			0,085	181,347	
I	0,11	159,144	0,098	173,301				

KESIMPULAN DAN SARAN

- Gelombang pasang surut menjalar dari Plawangan Barat dan Timu menuju ke tengah Laguna Segara Anakan. Waktu tempuh penjalaran gelombang dari bagian timur ke tengah Laguna Segara Anakan lebih cepat dibandingkan bagian barat ke tengah laguna dengan perbedaan waktu sekitar 22,45 menit.
- Amplitudo komponen-komponen pasang surut M₂, S₂, K₁, dan O₁ semakin kecil dari Plawangan Barat dan Plawangan Timur menuju ke tengah Segara Anakan, sedangkan keterlambatan fasenya semakin besar.
- Amplitudo komponen pasang surut M₂, S₂, K₁, dan O₁ mengalami peredaman dari kedua plawangan menuju ke tengah laguna pada Skenario 1 (nilai koefisien Chezy seragam di semua area laguna) dan Skenario 2 (nilai Manning berbeda-beda berdasarkan zonasi) akibat pengaruh kerapatan *mangrove*, dengan perbedaan peredaman amplitudo dari titik A dan I ke titik D antara kedua skenario tersebut untuk komponen M₂ sekitar 0,069 m, komponen S₂ sekitar 0,014 m, komponen K₁ sekitar 0,003 m, serta komponen O₁ sekitar 0,007 m.
- Kerapatan *mangrove* berpengaruh terhadap dinamika pasang surut yang ditunjukkan oleh perbedaan keterlambatan fase antara Skenario 1 dan Skenario 2 dari titik A dan I ke D untuk komponen M₂ sekitar 53 menit, S₂ sekitar 45 menit, K₁ sekitar 50 menit, serta O₁ sekitar 49 menit.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Program Penelitian, Pengabdian kepada Masyarakat dan Inovasi (P3MI) Institut Teknologi Bandung tahun 2017 atas dukungan dana untuk penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Ardli, E.R., M. Wolff. (2009). Land use and land cover change affecting habitat distribution in the Segara Anakan lagoon, Java, Indonesia, *Regional Environmental Change*, 9, 235-243.
- Broekema, Y. (2013). *Hydrodynamic Modelling of a Mangrove System in Singapore*. Singapura: National University of Singapore.
- Deltares. (2014). *Delft3D-FLOW Simulation of Multi-Dimensional Hydrodynamic Flows and Transport Phenomena, Including Sediments User Manual*. Belanda: Deltares.
- Duke, N. C. (1992). *Mangroves Floristic and Biogeography*. Australia: James Cook University.
- Feller, I. C. dan Sitnik, M. (1996). *Mangrove Ecology*. Wahington DC: Smithsonian Institution.

- Hinrichs, S., I. Nordhaus, and S. J. Geist. (2009). Status, diversity and distribution patterns of mangrove vegetation in the Segara Anakan lagoon, Java, Indonesia. *Regional Environmental Change*, 9, 275–289.
- Holtermann, P., H. Burchard, and T. C. Jennerjahn. (2009). Hydrodynamics of the Segara Anakan lagoon, *Regional Environmental Change*, 9, 245–258.
- Kobashi, D. dan Mazda, Y. (2005). *Tidal Flow in Riverine Type Mangroves*. Australia: Springer.
- Mazda, Y., Kobashi, D., dan Okada, S. (2005). Tidal Scale Hydrodynamics within Mangrove Swamps. *Wetlands Ecology and Management*, 13, 647-655.
- Mazda, Y. dan Wolanski, E. (2009). Hydrodynamics and Modelling of Water Flow in Mangrove Areas. *Coastal Wetlands: An Integrated Ecosystem Approach*. ISBN: 978-0-444-53103-2
- Prandle, D. (2003). Relationships between Tidal Dynamics and Bathymetry in Strongly Convergent Estuaries. *Journal of Physical Oceanography*, 33, 2738-2750.
- Sukardi, Y. (2010). *Permasalahan Kawasan Segara Anakan*. Bappenas.

STUDI HUBUNGAN STRUKTUR KOMUNITAS MAKROBENTHOS DENGAN KUALITAS PERAIRAN DI RUMAH MANGROVE WONOREJO, SURABAYA

Aulia Gusti Kinasih*, Rizqi Abdi Perdanawati, Misbakhul Munir

Program Studi Ilmu Kelautan, Fakultas Sains dan Teknologi, UIN Sunan Ampel Surabaya

*Corresponding author e-mail: auliagustikinasih@gmail.com; 0857 0849 3881

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui hubungan struktur komunitas dengan kualitas perairan di Rumah Mangrove Wonorejo, Surabaya. Pengambilan sampel makrobenthos, sedimen dan parameter lingkungan dilakukan dengan menggunakan metode purposive random sampling. Hasil yang diperoleh dari penelitian yaitu struktur komunitas yang dominan pada stasiun 1 dan 2 adalah Gastropoda dengan presentase masing-masing 98% dan 91%. Pada stasiun 3 struktur komunitas yang dominan adalah Bivalvia dengan presentase 92%. Ketiga stasiun memiliki nilai kelimpahan rata-rata pada kisaran 15-94 ind/m². Hubungan struktur komunitas makrobenthos dengan kualitas perairan yang ada di Rumah Mangrove Wonorejo, Surabaya dari hasil perhitungan Principal Component Analysis (PCA) menunjukkan bahwa makrobenthos kelas Gastropoda berkorelasi positif dengan suhu, salinitas, oksigen terlarut, dan bahan organik total karena nilai yang dihasilkan mendekati satu; makrobenthos kelas Bivalvia berkorelasi positif dengan nitrat dan fosfat dengan nilai masing-masing 0,79 dan 0,95; kelimpahan rata-rata makrobenthos berkorelasi positif dengan nitrat dengan nilai sebesar 0,91.

Kata Kunci: Hubungan/korelasi, kualitas perairan, Makrobenthos, Rumah Mangrove Wonorejo.

PENDAHULUAN

Rumah Mangrove terletak di Kelurahan Wonorejo, Kecamatan Rungkut, Kota Surabaya. Rumah Mangrove tersebut merupakan lahan konservasi yang lokasinya berada di selatan Ekowisata Mangrove Wonorejo. Rumah Mangrove yang terdapat di sepanjang Sungai Avoor tersebut sebagian besar merupakan vegetasi alami dan sebagian kecil merupakan vegetasi buatan. Menurut Zen (2016), vegetasi mangrove di sepanjang Sungai Avoor didominasi oleh jenis *Avicennia sp.* dan *Rhizophora sp.* dengan ketebalan vegetasinya mencapai 10-20 m.

Sungai Avoor merupakan sungai yang dimanfaatkan oleh petani tambak untuk mengairi tambaknya serta nelayan harian untuk mencari kepiting dan ikan. Selain itu manfaat dari Sungai Avoor yaitu sebagai sumber nutrisi bagi ekosistem mangrove yang ada di Rumah Mangrove Wonorejo. Pada tahun 2014, peresmian pintu air atau bozem di Sungai Avoor dilakukan oleh Tri Rismaharini selaku Walikota Surabaya. Bozem berfungsi sebagai pengatur volume air sungai pada saat terjadi pasang surut air laut dengan sistem buka tutup. Fungsi lain dari adanya bozem yaitu sebagai pengolah limbah baik yang berasal dari rumah tangga maupun industri sekitar.

Indikasi pencemaran muncul ketika pompa air pada bozem dinyalakan. Adanya busa tebal yang memenuhi lebar Sungai Avoor dan mengarah ke laut tersebut menjadi dasar penulis melakukan penelitian tentang tercemarnya Sungai Avoor. Indikator yang dapat dijadikan media analisis selain parameter lingkungan dan nutrisi yang terkandung dalam Sungai Avoor yaitu struktur komunitas dan makrobenthos pada vegetasi mangrove. Menurut Nugraha (2012), makrobenthos dapat digunakan sebagai bioindikator terhadap pencemaran kualitas lingkungan karena sifatnya yang mampu beradaptasi dengan perubahan kualitas air dan substrat.

Penelitian yang dilakukan oleh Nangin *et al.*, (2015) menunjukkan bahwa makrobenthos dapat digunakan sebagai indikator biologis dalam menentukan kualitas air di Sungai Suhuyon, Sulawesi Utara. Hasil penelitian menunjukkan bahwa makrobenthos di Sungai Suhuyon terdiri dari 3 Filum, 4 Kelas, 10 Bangsa, 21 Suku, dan 22 Marga sehingga dapat disimpulkan bahwa kualitas air Sungai Suhuyon di Sulawesi Utara berdasarkan indeks keanekaragamannya termasuk dalam kategori tercemar sedang yakni dengan $H' = 2,45$.

Penelitian lain juga dilakukan oleh Hadiputra *et al.*, (2013) tentang kajian potensi makrobenthos sebagai

bioindikator pencemaran logam berat tembaga (Cu) di kawasan Ekosistem Mangrove Wonorejo, Surabaya. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai kandungan Cu pada benthos di masing-masing titik pada pengambilan data kedua menunjukkan hasil akumulasi tertinggi. Ditemukan pula 19 jenis makrobenthos (15 Kelas Gastropoda dan 4 Kelas Bivalvia) yang menjadi obyek yang diteliti. Lokasi penelitian ini terletak di wilayah Pantai Timur Surabaya yakni DAS Kali Jagir Wonokromo dan Hutan Mangrove Wonorejo.

Saat ini data yang tersedia mengenai struktur komunitas makrobenthos di Rumah Mangrove serta data mengenai kualitas perairan di Sungai Avoor sangat terbatas sehingga diperlukan penelitian untuk memberikan informasi kepada masyarakat luas dan pemerintah setempat. Pada sisi lain manusia hakikatnya dianjurkan untuk melakukan penelitian ilmiah oleh Allah SWT seperti firman-Nya yang tertulis dalam QS. Yunus (10) : 101,

لَوْ اَوْرِظْنَا اِذَا مَيَّتْ وَمَسْلًا ضَرَلْ اَوْ اَمُو يَنْعِ تَبْلَّ اَوْ رَذِلًا اَوْ نَع مَوْءُ لَّ نَوْنَمُوِي

“Katakanlah: “Perhatikanlah apa yang ada di langit dan di bumi. Tidaklah bermanfaat tanda kekuasaan Allah dan Rasul-rasul yang memberi peringatan bagi orang-orang yang tidak beriman.” Kalimat tersebut dapat ditafsirkan “lakukanlah penelitian untuk mengetahui kebesaran Tuhan”. Perintah bagi para ilmuan untuk melakukan penelitian pada bidangnya masing-masing.

Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mengetahui struktur komunitas makrobenthos dan hubungannya dengan kualitas perairan di Rumah Mangrove Wonorejo, Surabaya. Pengukuran parameter yang digunakan dalam penelitian ini yaitu suhu, salinitas, pH, DO, nitrat, fosfat, bahan organik total (BOT) dan ukuran butir sedimen.

MATERI DAN METODE

Penelitian lapangan ini dilaksanakan pada bulan April 2018. Keseluruhan penelitian ini meliputi tahap pengambilan data, pengolahan data, analisa data serta tahap akhir berupa penyusunan laporan akhir. Pada tahap pengambilan data yang terletak di Kelurahan Wonorejo, Kecamatan Rungkut, Surabaya ini kemudian dibagi menjadi 3 stasiun/titik. Penjelasan pembagian stasiun/titik terlihat pada gambar 1 berikut.



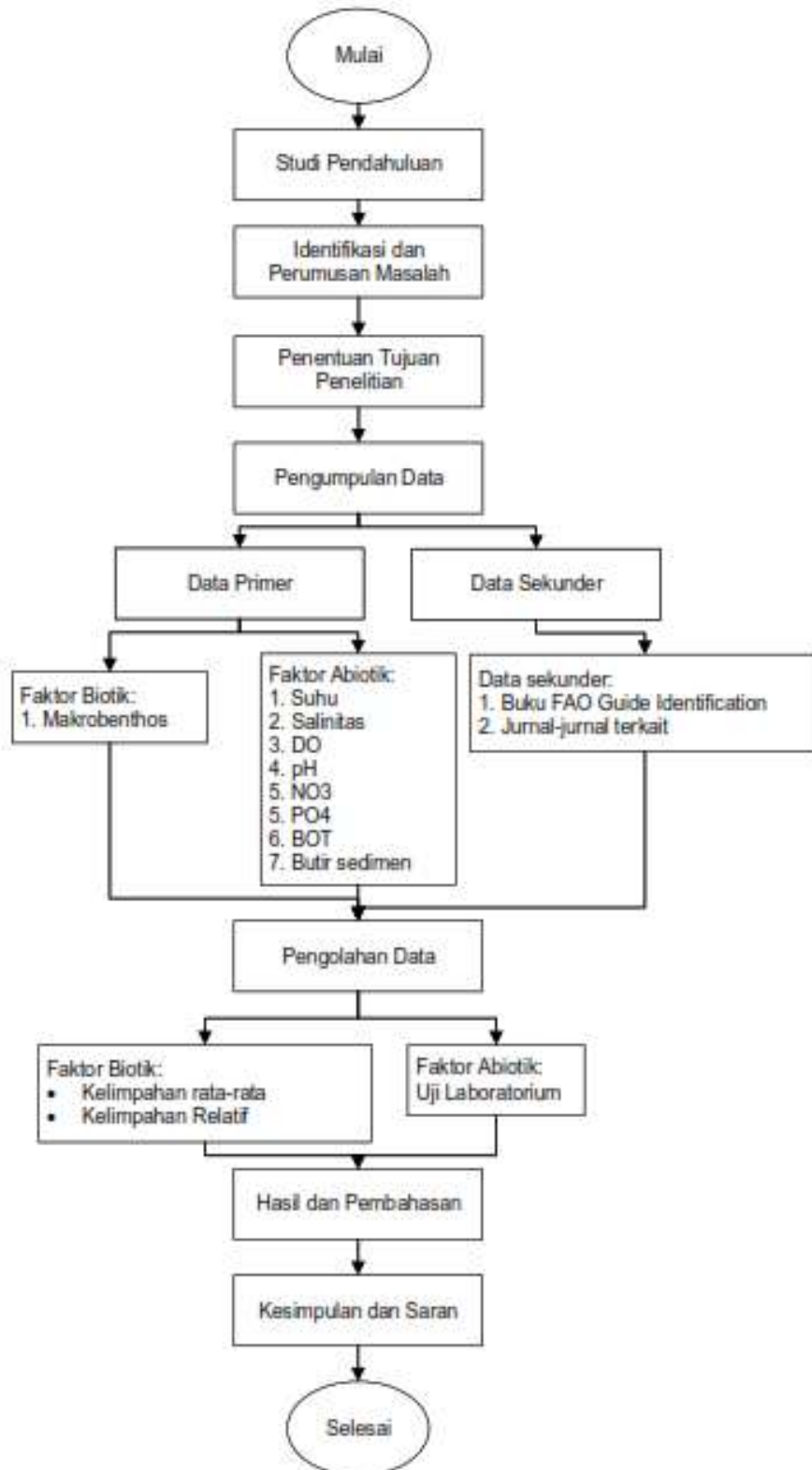
Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian (Sumber: Google Earth, 2018)

Tahap selanjutnya setelah pengambilan data adalah tahap identifikasi dan analisis makrobenthos yang dilakukan di Laboratorium Oseanografi, UIN Sunan Ampel Surabaya. Parameter lingkungan berupa suhu, salinitas, dan DO dilakukan di lokasi penelitian. Parameter lingkungan untuk mengetahui diameter butiran sedimen dan bahan organik total (BOT) dilakukan di Lab Oseanografi dan Lab Teknik Lingkungan dengan membawa sampel sedimen pada masing-masing stasiun sebanyak 500 gram. Sedangkan parameter lingkungan lainnya berupa pH, nitrat dan fosfat diteliti di Dinas Lingkungan Hidup Provinsi Jawa Timur dengan membawa sampel pada masing-masing stasiun sebanyak 100 mL.

Tahap selanjutnya yaitu pengolahan data makrobenthos, data parameter lingkungan, dan hubungan antar kedua variabel tersebut. Pengolahan data ini dilakukan dengan menggunakan *software Ms. Excel 2016* dengan tambahan aplikasi *XLSTAT 2018*. Penggunaan *software* ini dilakukan untuk mempermudah penulis menganalisa hasil olahan data primer dalam bentuk grafik dan matriks.

Terdapat berbagai pemilihan jenis analisis data, namun jenis analisis yang tepat menurut Ayu (2009) yaitu menggunakan *Principal Component Analysis (PCA)*.

Tahap terakhir yang dilakukan adalah penyusunan laporan akhir yang terbagi menjadi lima bab mulai dari pendahuluan, tinjauan pustaka, metodologi penelitian, hasil dan pembahasan, kesimpulan dan saran, serta lampiran jika diperlukan.



Gambar 2. Flowchart penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Identifikasi Sampel Makrobenthos

Identifikasi makrobenthos diperlukan pada suatu penelitian. Identifikasi yang akurat yakni menggunakan DNA pada tiap individu yang dijadikan sampel. Adanya keterbatasan waktu dan biaya membuat beberapa peneliti menggunakan buku identifikasi untuk mengetahui spesies yang ditemukan. Identifikasi ini dilakukan secara manual dengan hasil akhir berupa pendugaan. Buku *FAO Guide Identification* terbitan tahun 1998 merupakan buku yang sampai saat ini merupakan buku identifikasi terlengkap dengan langkah-langkah identifikasi makrobenthos sebagai berikut:

- a. Mengelompokkan sampel makrobenthos yang ada berdasarkan kelas
- b. Peneliti dapat langsung mencocokkan sampel makrobenthos dengan pilihan spesies yang ada di buku *FAO Guide Identification* dengan lebih spesifik lagi yakni berdasarkan famili.
- c. Jika sampel makrobenthos termasuk dalam kelas Bivalvia, maka hal-hal yang perlu diperhatikan untuk menjadi dasar identifikasi spesies, yaitu:
 - 1) Bentuk katup
 - 2) Jumlah cardinal tooth atau lateral tooth
 - 3) Interior kerang
 - 4) Habitat
 - 5) Peta persebaran
- d. Jika sampel makrobenthos termasuk dalam kelas Gastropoda, maka hal-hal yang perlu diperhatikan untuk menjadi dasar identifikasi spesies, yaitu:
 - 1) Bentuk puncak menara pada cangkang
 - 2) Jumlah garis spiral
 - 3) Interior cangkang
 - 4) Habitat
 - 5) Peta persebaran

Pada penelitian ini ditemukan total 28 spesies yang tersebar di 15 transek pada tiga stasiun yang berbeda. Sebanyak 10 spesies merupakan kelas Bivalvia dan 18 spesies lainnya berasal dari kelas Gastropoda. Proses identifikasi pada penelitian ini memiliki catatan sebagai berikut:

- a. Proses identifikasi tidak dilakukan di lokasi penelitian melainkan di laboratorium oseanografi UIN Sunan Ampel Surabaya. Untuk tetap menjaga bentuk sampel yang ditemukan tetap dalam kondisi baik, peneliti memberi larutan formalin 10% pada setiap kantong sampel per plot. Hal ini menyebabkan peneliti tidak bisa mengidentifikasi sampel yang didapat berdasarkan warna karena pemberian formalin sebelumnya membuat warna sampel menjadi keputihan. Namun hal ini tidak menghambat peneliti melakukan proses identifikasi karena terdapat berbagai cara lain yang dapat digunakan untuk mengidentifikasi sampel makrobenthos.
- b. Peneliti tidak membandingkan ukuran sampel makrobenthos dengan referensi pada literatur dikarenakan pengaruh persebaran spesies yang sangat luas didukung oleh lingkungan yang beragam menyebabkan timbulnya perbedaan ukuran. Keterbatasan literatur yang ada membuat peneliti tidak mengetahui batasan umur dan batas maksimal pertumbuhan makrobenthos.

Identifikasi Kondisi Lingkungan

Kondisi lingkungan sangat berpengaruh terhadap perkembangan jenis biota yang ada di sekitar lingkungan tersebut. Dalam suatu ekosistem terdapat berbagai parameter lingkungan yang dapat digunakan sebagai faktor pendukung untuk mengetahui kualitas suatu perairan. Berbagai parameter yang digunakan oleh peneliti terdapat pada tabel 1.

Tabel 1. Parameter lingkungan untuk mengukur kualitas perairan

No.	Parameter	Satuan	Stasiun 1	Stasiun 2	Stasiun 3	Baku Mutu
1	Suhu	⁰ C	32	32	31,10	28-32*
2	Salinitas	‰	22,7	23	13,2	33-34*
3	DO	mg/l	7,76	8,24	2,70	>5*
4	pH	-	7,23	7,32	7,25	7-8,5*
5	NO ₃	mg/l	0,260	0,345	0,387	0,008*
6	PO ₄	mg/l	0,192	0,126	0,398	0,015*
7	BOT	%	14,44	14,65	3,05	7-35**

Keterangan:

*) KEPMEN LH No. 51 Th 2004; **) Reynold, 1971

Parameter lingkungan untuk mengukur kualitas perairan ini dibagi menjadi tujuh. Tujuh parameter yang diteliti pada masing-masing stasiun yaitu suhu, salinitas, DO, pH, NO_3 , PO_4 , dan BOT. Stasiun 1 dan 2 menunjukkan bahwa 4 dari 7 parameter yang ada sesuai baku mutu yang berlaku, sedangkan hanya 3 sisanya melebihi/kurang dari baku mutu. Berbeda dengan stasiun 3 yang menunjukkan bahwa hanya 2 dari 7 parameter yang ada sesuai dengan baku mutu yang berlaku, sedangkan 5 sisanya melebihi/kurang dari baku mutu. Baku mutu tersebut terdapat pada lampiran KEPMEN LH No. 51 Tahun 2004 yang ditetapkan pada 08 April 2004. Penjelasan terkait masing-masing parameter yaitu sebagai berikut:

Suhu

Berdasarkan hasil pengukuran pada tabel 1, suhu tertinggi berada pada stasiun 2 yakni 32°C dan suhu terendah pada stasiun 1 yakni $31,1^{\circ}\text{C}$. Nilai suhu tertinggi diduga diakibatkan oleh pengukuran yang dilakukan lebih siang. Menurut Effendi (2003), cahaya matahari yang masuk ke perairan akan mempengaruhi suhu yang ada di perairan tersebut dikarenakan terjadi proses penyerapan oleh air sehingga berubah menjadi energi panas. Meskipun demikian, nilai suhu dari ketiga stasiun termasuk dalam kategori normal berdasarkan kisaran baku mutu air laut untuk biota laut yakni $28-32^{\circ}\text{C}$.

Salinitas

Berbeda dengan nilai suhu pada ketiga stasiun yang termasuk dalam kategori normal, nilai salinitas pada ketiga stasiun termasuk dalam kategori rendah. Tinggi rendahnya nilai salinitas diduga disebabkan oleh pengambilan data saat pasang surut air laut. Menurut Rizki (2016), nilai salinitas pada saat pasang akan lebih tinggi dibandingkan nilai salinitas pada saat surut. Pengambilan data pada saat surut di stasiun 3 menyebabkan nilai salinitas yang rendah.

Oksigen Terlarut (DO)

Nilai oksigen terlarut (DO) terendah terdapat pada stasiun 3 dengan nilai 2,7 mg/l. Nilai DO ini kurang dari baku mutu yang ditetapkan pemerintah yakni >5 mg/l. Rendahnya nilai DO pada stasiun 3 disebabkan oleh banyaknya jumlah limbah yang terlarut dalam air. Menurut Anggi (2013), kandungan oksigen yang rendah terdapat pada perairan yang tercemar sehingga dekomposisi dan oksidasi bahan organik dapat mengurangi kadar oksigen terlarut.

Derajat Keasaman (pH)

Seluruh nilai pH pada masing-masing stasiun pada kisaran 7,23-7,32 termasuk kategori normal. Arief (2003) menyatakan bahwa pH di kawasan mangrove merupakan salah satu faktor yang ikut berpengaruh terhadap keberadaan makrobenthos. Sehingga normalnya nilai pH pada ketiga stasiun tidak menghambat perkembangan makrobenthos di sekitar lokasi penelitian.

Nitrat (NO_3) dan Fosfat (PO_4)

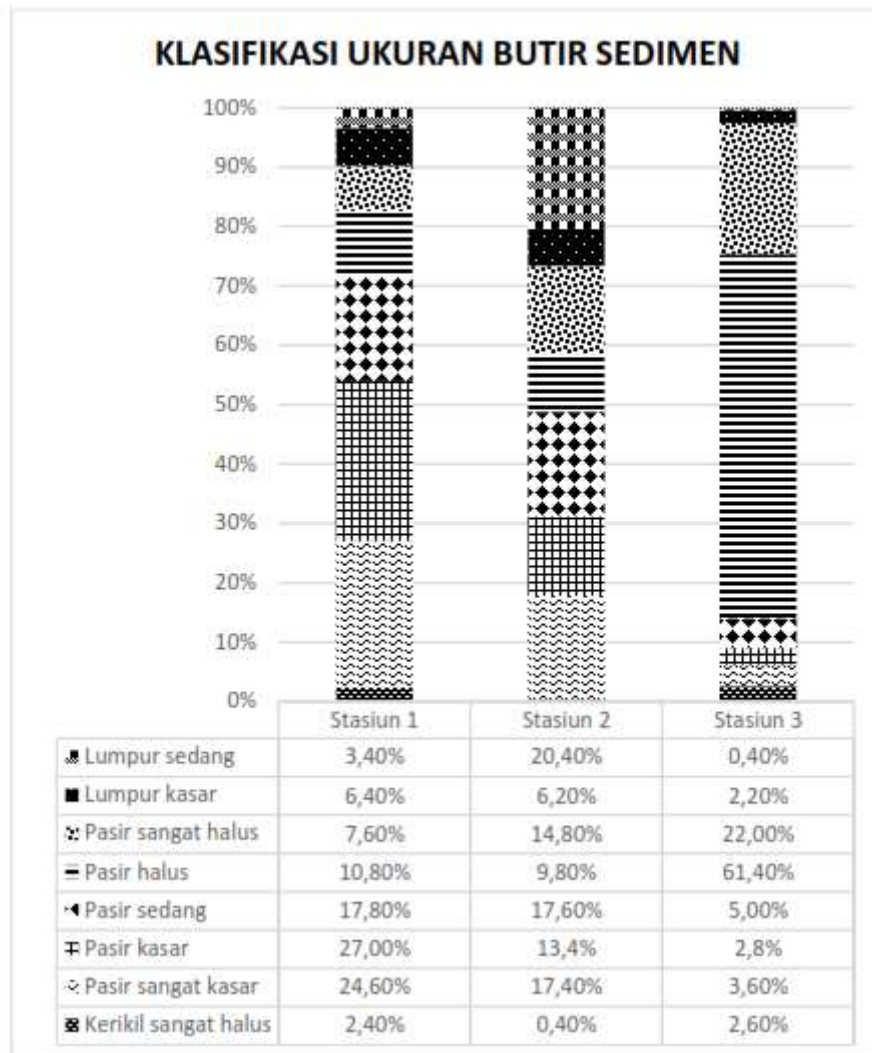
Nilai nitrat dan fosfat pada stasiun 1, 2 dan 3 melebihi baku mutu yang ditetapkan pemerintah yakni nitrat pada kisaran 0,260-0,387 mg/l dan fosfat pada kisaran 0,192-0,398 mg/l. Kadar baku mutu yang tepat yakni 0,008 mg/l pada nitrat dan 0,015 mg/l pada fosfat. Tingginya nilai nitrat dan fosfat pada lokasi penelitian menunjukkan bahwa kualitas perairan pada kondisi rendah atau sedang tercemar.

Bahan Organik Total (BOT)

Nilai rata-rata bahan organik total (BOT) sedimen yang diperoleh pada tiga stasiun yaitu berkisar antara 3,05-14,65%. Nilai BOT tertinggi didapatkan pada stasiun 2 dengan nilai 14,65%. Tingginya BOT pada stasiun ini disebabkan oleh banyaknya produksi serasah dari pohon mangrove. Kondisi daerah pada stasiun 2 ini memang memiliki mangrove dengan kerapatan lebih tinggi dibanding stasiun lainnya.

BOT yang rendah disebabkan oleh dominansi partikel substrat pada stasiun 3 yang bertipe pasir sedang. Berbeda dengan stasiun 1 dan 2 yang tipe substratnya rata-rata adalah pasir kasar hingga lumpur sedang. Didukung oleh pernyataan Rajab (2016), yang menyebutkan bahwa semakin halus tekstur pada substrat maka semakin tinggi pula kandungan bahan organiknya. Hal ini disebabkan karena kecilnya partikel pada substrat mampu menjebak bahan organik dengan mudah.

Sedimen



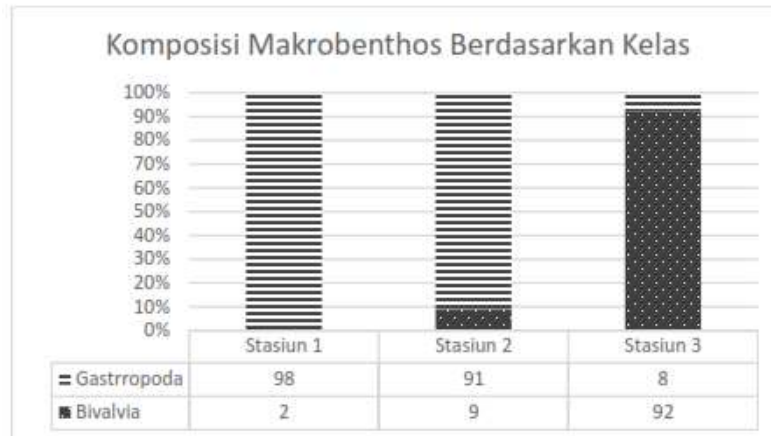
Gambar 2. Grafik klasifikasi ukuran butir sedimen (Sumber: Olahan data primer, 2018)

Jenis sedimen pada stasiun 1 termasuk dalam kategori pasir yakni pasir kasar dengan persentase sebesar 27% dan pasir sangat kasar dengan persentase sebesar 24,6%. Hal ini disebabkan karena letak stasiun 1 yang tidak dipengaruhi oleh pasang surut. Daerah stasiun 1 mengalami kenaikan elevasi pada satu tahun belakangan ini dikarenakan dibangunnya *jogging track* sepanjang 500 m.

Jenis sedimen pada stasiun 2 termasuk dalam kategori lumpur sedang dengan persentase tertinggi yakni sebesar 20,4%. Hal ini disebabkan oleh letak stasiun 2 yang masih dipengaruhi pasang surut. Sedangkan jenis sedimen pada stasiun 3 termasuk dalam kategori pasir halus dengan persentase tertinggi yakni sebesar 61,4%.

Komposisi Makrobenthos Berdasarkan Kelas

Berdasarkan hasil penelitian ditemukan 28 jenis makrobenthos yang tersebar di tiga stasiun, 9 jenis berasal dari kelas Bivalvia dan 19 jenis lainnya berasal dari kelas Gastropoda seperti pada gambar 3. Total individu yang diteliti yakni berjumlah 870 individu. Kelas Gastropoda mendominasi pada stasiun 1 dan 2 dengan persentase masing-masing 98% dan 91%. Sedangkan pada stasiun 3 kelas yang mendominasi adalah Bivalvia dengan persentase 92%.



Gambar 3. Komposisi Makrobenthos Berdasarkan Kelas (Sumber: Oalahan data primer, 2018)

Dominannya kelas Gastropoda pada stasiun 1 dan 2 berhubungan dengan ukuran butir sedimen. Menurut Ulmaula (2016), Gastropoda banyak ditemukan pada substrat dengan pasir kasar hingga sedang, hal tersebut memberikan nutrisi baik terhadap Gastropoda. Berbeda dengan Bivalvia yang banyak ditemukan pada substrat dengan pasir yang kasar atau bahkan berbatu karena Bivalvia termasuk dalam kategori organisme pemakan suspensi dan deposit.

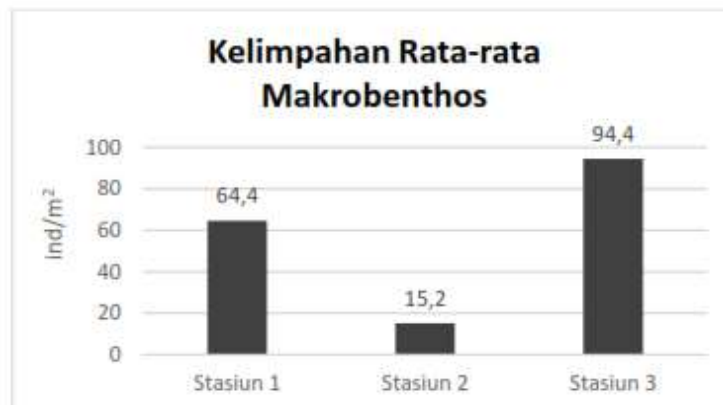
Pada stasiun 1 ditemukan 322 individu yang terbagi dalam 14 spesies, 4 spesies atau sebanyak 7 individu diantaranya berasal dari kelas Bivalvia dan 10 spesies atau sebanyak 315 individu diantaranya berasal dari kelas Gastropoda. Hampir seluruh Gastropoda yang ditemukan dalam keadaan mati karena diduga disebabkan oleh adanya pengaruh manusia atau faktor antropogenik. Namun, banyaknya Gastropoda yang ditemukan mengindikasikan bahwa jenis-jenis tersebut pernah hidup di wilayah stasiun 1.

Pada stasiun 2 ditemukan 76 individu yang terbagi dalam 7 spesies, 1 spesies atau sebanyak 7 individu diantaranya berasal dari kelas Bivalvia dan 6 spesies atau sebanyak 69 individu lainnya berasal dari kelas Gastropoda. Seluruh spesies yang ditemukan merupakan organisme hidup yang tinggal pada stasiun 2.

Berbeda dengan stasiun 1 dan 2, pada stasiun 3 ditemukan 472 individu yang terbagi dalam 19 spesies. Sembilan spesies atau sebanyak 435 individu berasal dari kelas Bivalvia dan 10 spesies atau sebanyak 37 individu berasal dari kelas Gastropoda. Dominannya kelas Bivalvia pada stasiun 3 disebabkan oleh tipe sedimen yang berpasir kasar dan tercemarnya perairan di wilayah muara tersebut. Hal ini didukung oleh data primer yang dilakukan oleh peneliti dan telah dijelaskan pada tabel 1.

Kelimpahan Rata-rata Makrobenthos

Kelimpahan rata-rata makrobenthos didefinisikan sebagai jumlah individu per satuan luas. Kelimpahan paling tinggi yakni pada stasiun 3 dengan nilai 94 ind/m² dan kelimpahan makrobenthos yang paling rendah yakni pada stasiun 2 dengan nilai 15 ind/ m².

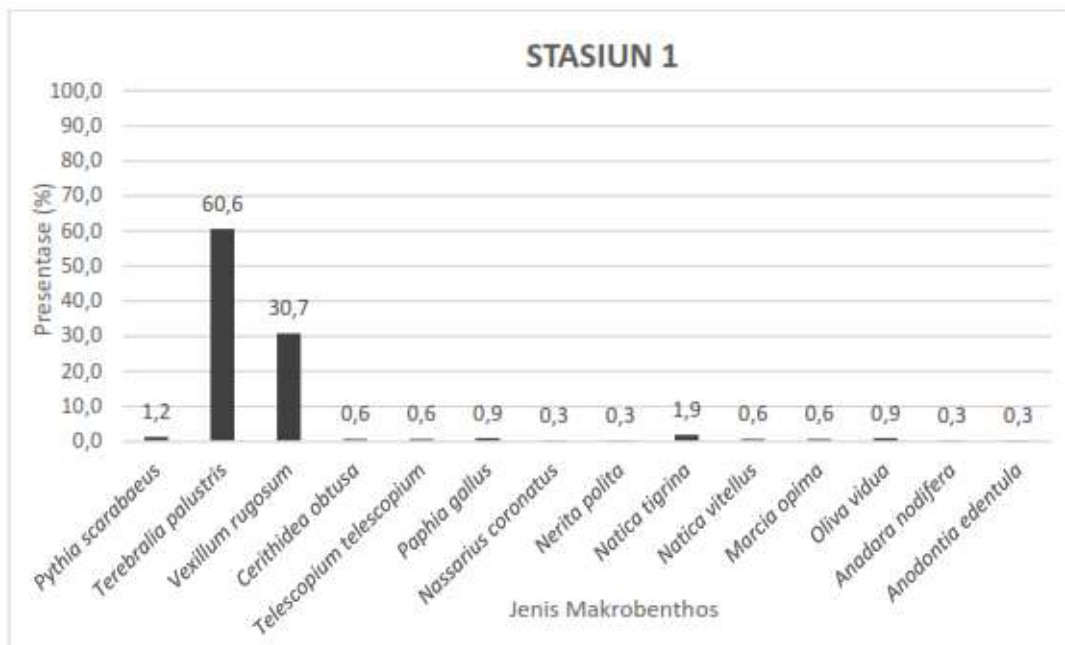


Gambar 4. Kelimpahan makrobenthos pada setiap stasiun (Sumber: Oalahan data primer, 2018)

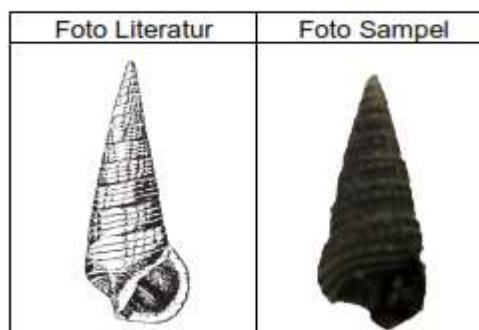
Tingginya kelimpahan pada stasiun 3 dipengaruhi oleh adanya organisme yang mampu beradaptasi terhadap keadaan lingkungan. Kelimpahan makrobenthos ini berhubungan dengan kondisi lingkungan pada stasiun 3 yang tinggi kadar nitrat dan fosfat. Hal tersebut menunjukkan bahwa stasiun 3 merupakan wilayah yang paling tercemar namun paling tinggi nilai kelimpahannya. Meskipun demikian, setengah dari seluruh individu yang ditemukan merupakan organisme mati dan setengahnya lagi merupakan organisme hidup. Hal ini membuktikan bahwa tercemarnya wilayah stasiun 3 tidak menyebabkan matinya seluruh organisme yang ditemukan karena ketidakepekaan makrobenthos khususnya pada kelas Bivalvia terhadap pencemaran lingkungan. Pernyataan ini didukung oleh penelitian yang dilakukan Yaqin tahun 2004 mengenai kerang yang beracun di perairan Teluk Jakarta yang tetap hidup ditengah fenomena *blooming algae*.

Kelimpahan Relatif Makrobenthos

Kelimpahan relatif diperlukan untuk mengetahui kelimpahan satu spesies pada tiap stasiun. Pada penelitian kali ini, ditemukan 28 jenis makrobenthos yang tersebar di seluruh stasiun penelitian. Pada stasiun 1 terdapat dua spesies yang dominan yaitu *Terebralia palustris* dengan persentase 60,6% dan *Cerithium coralium* dengan persentase 30,7%. Pada stasiun 2 terdapat satu spesies yang dominan yaitu *Pythia scarabaeus* dengan persentase 71,1%. Pada stasiun 3 juga terdapat satu spesies yang dominan yaitu *Glauconome virens* dengan persentase 69,3%.



Gambar 5. Kelimpahan relatif makrobenthos pada stasiun 1



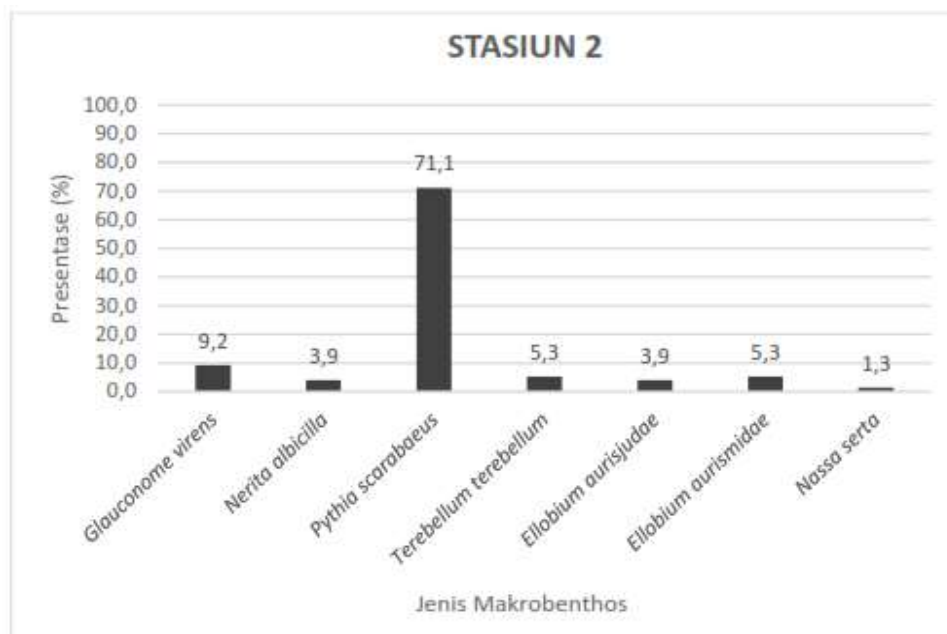
Gambar 6. Sampel *Terebralia palustris* yang ditemukan peneliti di lokasi

Seluruh Famili Potamididae memiliki shell yang tebal, padat, dan berbentuk kerucut yang terkadang sedikit cembung. Bentuk luar cangkang biasanya spiral dan terkadang terdapat nodul pada rusuknya. Terbagi menjadi 6 spesies dan tiga diantaranya ditemukan peneliti di lokasi penelitian termasuk *Terebralia palustris*. *Terebralia palustris* merupakan spesies dengan kelimpahan relatif tertinggi di

stasiun 1 (gambar 5) yakni dengan jumlah 195 individu dari 322 total keseluruhan dengan penjelasan identifikasi sebagai berikut:

1. Diagnosa karakteristik: spesies ini memiliki shell yang besar dan memanjang. Sebanyak 4 spiralnya berukuran sama. Rusuk mengikuti bentuk spiral dan setiap rusuknya terdapat tonjolan nodul kuadrat.
2. Habitat: spesies banyak ditemukan di di substrat dekat hutan bakau atau di perairan payau Indo-Pasifik Barat.
3. Distribusi: Indo-Pasifik Barat, Afrika Timur, Filipina, Queensland, Kaledonia Baru.

Terebralia palustris termasuk spesies kelas Gastropoda dengan filum Mollusca. Menurut Noesativa (2015), *Terebralia palustris* adalah salah satu jenis Gastropoda yang memiliki fungsi ekologis yaitu sebagai indikator kestabilan ekosistem mangrove sebagai pemakan serasah daun dan destritus mangrove. Namun, pada penelitian ini *Terebralia palustris* ditemukan pada substrat yang tidak tergenang oleh air pasang sehingga sebagian besar organismenya merupakan organisme mati. Penyebab lain yakni dikarenakan adanya pembangunan area *jogging track* pada lahan mangrove dengan peninggian sekitar 50 cm dan panjang sekitar 500 meter. Pembangunan jalan dimaksudkan untuk menghindari proses erosi pada sedimen di dekat mangrove yang kemudian berdampak negatif pada biota sekitar termasuk makrobenthos.



Gambar 7. Kelimpahan relatif makrobenthos pada stasiun 2

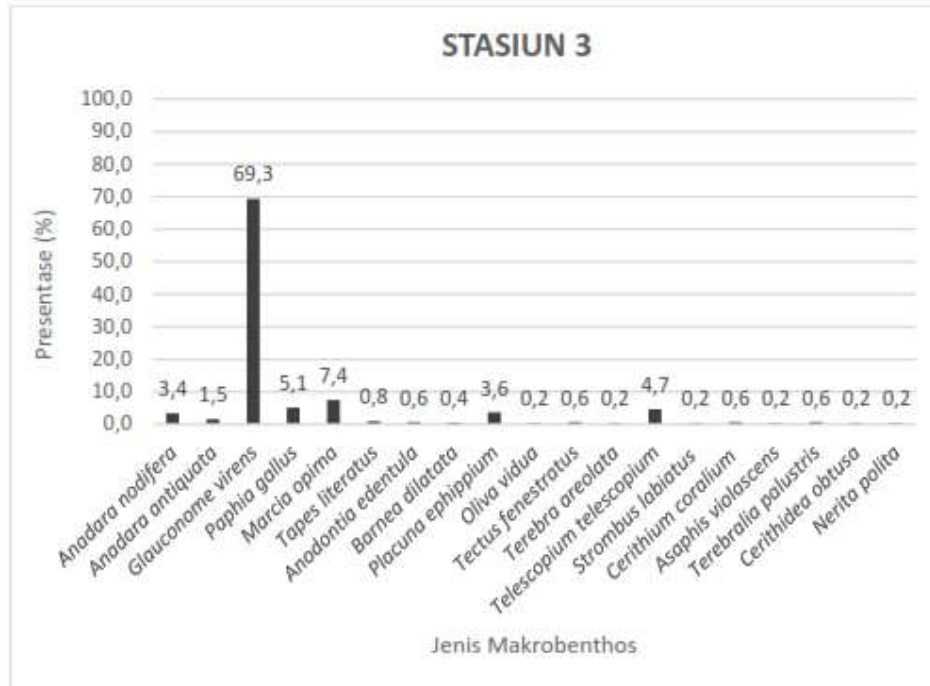


Gambar 8. Sampel *Pythia scarabaeus* yang ditemukan peneliti di lokasi

Famili Melampidae memiliki shell yang cukup padat berbentuk silinder. Kebanyakan dari famili ini memiliki menara berbentuk kerucut yang pendek namun dengan lingkaran tubuh yang besar. Terdapat 1 sampai 2 gigi yang ada pada bukaan mulut. Terdapat 3 spesies dan ketiganya ditemukan oleh peneliti di lokasi penelitian. *Pythia scarabaeus* merupakan spesies dengan kelimpahan relatif paling tinggi yang terdapat di stasiun 2 (gambar 8) yakni dengan jumlah 54 dari 76 individu yang ditemukan dan dengan nilai persentase sebesar 71,1%. Penjelasan identifikasi spesies ini yaitu sebagai berikut:

1. Diagnosa karakteristik: spesies ini memiliki bukaan mulut dengan dua gigi. Puncak menara berbentuk kerucut kecil. Shell relatif kecil namun padat.

2. Habitat: umum di lingkungan pesisir khususnya dekat hutan bakau.
3. Distribusi: Indonesia, Jepang, Cina, Australia. *Pythia scarabaeus* tinggal pada substrat berpasir sedang hingga berlumpur sedang. Berbeda dengan kebanyakan spesies yang ditemukan pada stasiun 1 dalam keadaan mati, seluruh spesies yang ada pada stasiun 2 ditemukan dalam keadaan hidup. Kondisi lingkungan pada stasiun 2 ini juga termasuk kategori baik meskipun 3 dari 7 parameter lingkungan menyatakan bahwa nilai parameter tidak sesuai pada baku mutu KEPMEN LH No. 51 th 2004 (tabel 1).



Gambar 9. Kelimpahan relatif makrobenthos pada stasiun 3



Gambar 10. Sampel *Glauconome virens* yang ditemukan peneliti di lokasi

Berbeda dengan stasiun 1 dan 2 yang didominasi oleh makrobenthos kelas Gastropoda, stasiun 3 didominasi oleh makrobenthos kelas Bivalvia (gambar 10).

Famili Glauconomidae hanya memiliki satu spesies yaitu *Glauconome virens*. *Glauconome virens* merupakan 1 dari 19 spesies yang ditemukan di stasiun 3 dengan jumlah 327 dari total 472 individu. Penjelasan identifikasinya yaitu sebagai berikut:

1. Diagnosa karakteristik: spesies ini memiliki cangkang yang cukup tipis dengan garis luar bulat dan celah sempit. Spesies ini juga memiliki engsel dengan 3 gigi kardinal kecil di setiap katup.
2. Habitat: terdapat di wilayah hutan mangrove, muara, atau perairan payau.
3. Distribusi: Tropis Barat, Thailand, Filipina, dan Australia Utara.

Spesies ini memiliki jumlah yang paling banyak dibanding spesies lainnya dengan persentase kelimpahan sebesar 69,3%. Menurut Carpenter dan Niem (1998), *Glauconome virens* merupakan spesies kelas Bivalvia yang hidup dengan cara membenamkan diri ke dalam substrat mangrove dan membuat lubang-lubang seperti sarang.

Tingginya persentase kelimpahan relatif oleh *Glauconome virens* di stasiun 3 disebabkan oleh faktor kondisi substrat atau sedimen di wilayah tersebut. Menurut Sidik (2016), spesies *Glauconome virens* menyukai kondisi substrat yang berpasir. Hal ini didukung oleh tingginya persentase pasir halus di stasiun 3 yang mencapai 61,40% (gambar 2).

Hubungan Struktur Komunitas Dengan Kualitas Perairan

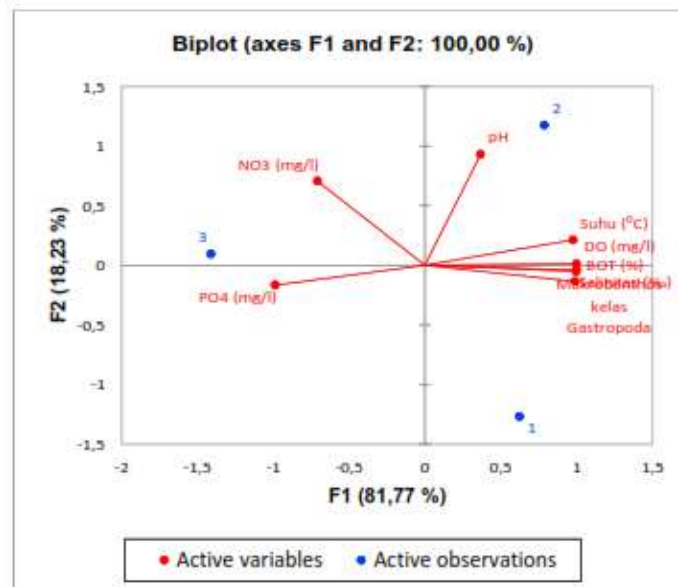
Hubungan ini dianalisa dengan perhitungan PCA menggunakan *software XLSTAT 2018*. Hasil olahannya berupa matriks dan grafik korelasi yang menunjukkan hubungan antar kedua variabel dengan penjelasan yang lebih detail. Struktur komunitas makrobenthos yang dikorelasikan dengan kualitas perairan di Rumah Mangrove Wonorejo yaitu komposisi makrobenthos berdasarkan kelas (Gastropoda dan Bivalvia) serta nilai kelimpahan rata-rata (tabel 5).

Interpretasi matriks dan grafik korelasi PCA ini dapat mewakili keadaan yang terjadi di lokasi penelitian. Menurut Ayu (2009), nilai positif yang mendekati satu menjelaskan hubungan yang berbanding lurus antar variabel, nilai negatif mendekati minus satu menjelaskan hubungan yang berbanding terbalik antar variabel dan nilai yang mendekati nol menjelaskan bahwa variabel tidak dapat berpengaruh nyata.

Tabel 5. Matriks korelasi penelitian di Rumah Mangrove Wonorejo, Surabaya

No.	Variables	Makrobenthos kelas Gastropoda	Makrobenthos kelas Bivalvia	Kelimpahan Rata-rata Makrobenthos
1	Suhu (°C)	0,939	-0,939	-0,928
2	Salinitas (‰)	0,995	-0,995	-0,805
3	DO (mg/l)	0,989	-0,989	-0,834
4	pH	0,238	-0,238	-0,827
5	NO ₃ (mg/l)	-0,798	0,798	0,190
6	PO ₄ (mg/l)	-0,954	0,954	0,910
7	BOT (%)	0,996	-0,996	-0,798

(Sumber: Olahan data primer, 2018)

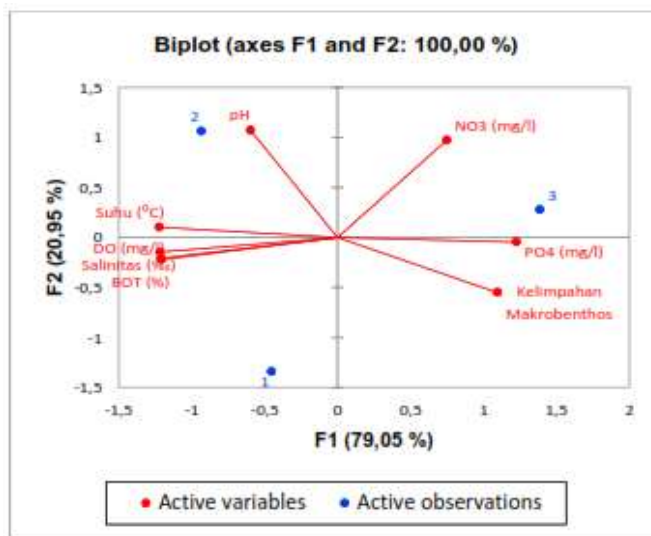


Gambar 11. Grafik korelasi Gastropoda dengan kualitas lingkungan
 (Sumber: Olahan data primer, 2018)

Grafik 11 menunjukkan bahwa terdapat dua komponen yaitu F1 dan F2. Komponen F1 dan F2 merupakan nilai eigen yang menunjukkan nilai karakteristik dari suatu matriks yang menentukan jumlah komponen yang digunakan. Menurut Setyaningsih, dkk (2010), untuk dapat menentukan jumlah komponen pada matriks dan grafik diperlukan nilai eigen untuk menerangkan keragaman komponen utama.

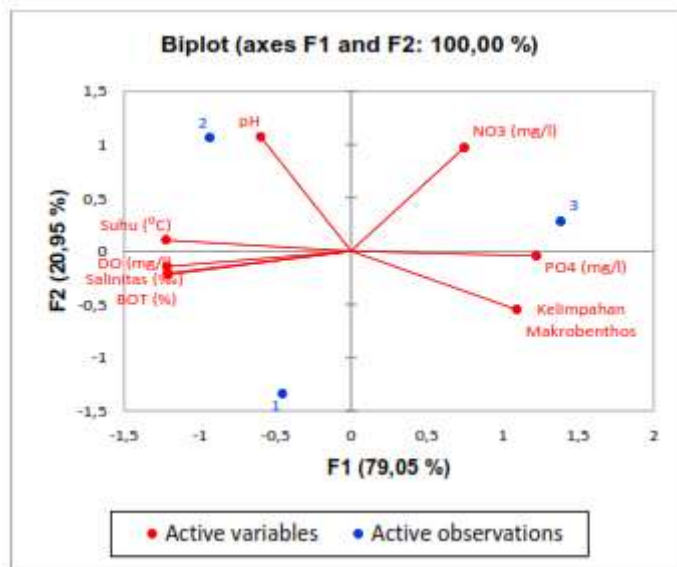
Menurut Supriyanto (2004), syarat minimum yang harus dipenuhi untuk menentukan banyaknya komponen yang diambil adalah apabila varian kumulatifnya mencapai minimal 60% atau 75%. Grafik 11 dan seluruh grafik korelasi lainnya menunjukkan nilai sempurna yakni 100%. Hal tersebut menunjukkan hubungan antara variabel dapat mewakili kondisi hubungan yang sebenarnya.

Matriks korelasi pada tabel 5 dan grafik korelasi pada gambar 11 merupakan sama. Keduanya menunjukkan bahwa makrobenthos kelas Gastropoda berkorelasi positif dengan suhu, salinitas, DO, dan BOT karena nilai yang dihasilkan mendekati satu. Sesuai dengan hasil penelitian penulis yang menunjukkan bahwa banyaknya kelas Gastropoda yang ditemukan pada stasiun 1 dan 2 berbanding lurus dengan keempat variabel tersebut.



Gambar 12. Grafik korelasi Bivalvia dengan kualitas lingkungan
(Sumber: Olahan data primer, 2018)

Berbeda dengan makrobenthos kelas Gastropoda, makrobenthos kelas Bivalvia memiliki nilai positif mendekati satu karena korelasinya dengan NO_3 dan PO_4 dengan nilai masing-masing 0,79 dan 0,95. Pada stasiun 3, kedua variabel ini memang memiliki nilai yang tinggi dengan komposisi Bivalvia dengan persentase yang tinggi pula. Tercemarnya wilayah stasiun 3 dimungkinkan karena adanya pengaruh pencemar lainnya di wilayah hulu.



Gambar 13. Grafik korelasi kelimpahan makrobenthos dengan kualitas lingkungan
(Sumber: Olahan data primer, 2018)

Kelimpahan rata-rata makrobenthos berkorelasi positif dengan PO_4 dengan nilai sebesar 0,91. Hal ini berarti PO_4 sangat berpengaruh terhadap kelimpahan makrobenthos. Sesuai dengan hasil penelitian penulis bahwa nilai fosfat tertinggi terdapat pada stasiun dengan nilai kelimpahan makrobenthos yang tinggi pula. Sedangkan nilai korelasi NO_3 terhadap kelimpahan makrobenthos yaitu sebesar 0,19 yang berarti NO_3 ternyata tidak berpengaruh nyata karena nilai korelasinya yang mendekati nol.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

1. Struktur komunitas yang dominan pada stasiun 1 dan 2 adalah Gastropoda dengan persentase masing-masing 98% dan 91%. Pada stasiun 3 struktur komunitas yang dominan adalah Bivalvia dengan persentase 92%. Ketiga stasiun memiliki nilai kelimpahan rata-rata pada kisaran 15-94 ind/m².
2. Hubungan yang diteliti menggunakan PCA menunjukkan bahwa makrobenthos kelas Gastropoda berkorelasi positif dengan suhu, salinitas, DO, dan BOT karena nilai yang dihasilkan mendekati satu; makrobenthos kelas Bivalvia berkorelasi positif dengan NO₃ dan PO₄ dengan nilai masing-masing 0,79 dan 0,95; kelimpahan rata-rata makrobenthos berkorelasi positif dengan PO₄ dengan nilai sebesar 0,91.

Saran

Diperlukan penelitian lanjutan untuk mengetahui struktur komunitas dan indeks ekologi pada makrobenthos secara lebih detail dengan interval penelitian lebih lama.

DAFTAR PUSTAKA

- Arief, A. M. P. (2003). *Hutan Mangrove Fungsi dan Manfaatnya*. Penerbit Kanisius. Yogyakarta.
- Ayu, Windha Fuji. 2009. Keterkaitan Makrozoobenthos dengan Kualitas Air dan Substrat di Situ Rawa Besar, Depok. *Skripsi ITB*. Bogor.
- Carpenter, Kent E., and Volker H. Niem. (1998). *FAO Species Identification Guide For Fishery Purposes. The Living Marine Resources of the Western Central Pacific. Volume 1. Seaweeds, Corals, Bivalve, and Gastropods*. Rome.
- Dinas Pertanian Kota Surabaya. (2015). Kondisi Hutan Mangrove di Kelurahan Wonorejo. Surabaya.
- Febrianto, H. (2012). Distribusi Spasial Kelimpahan Makrobenthos Di Daerah Supralitoral Berpasir Besi Pantai Balong Kecamatan Keling Kabupaten Jepara. Skripsi S-1 Universitas Diponegoro. Semarang. KEPMEN LH No. 51 Tahun 2004. 08 April 2004. Baku Mutu Air Laut untuk Air Laut. Jakarta.
- Kurniadi, Bambang., dkk. (2015). Kualitas Perairan Sungai Buaya di Pulau Bunyu Kalimantan Utara pada Kondisi Pasang Surut. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia (JIPI)*. Kalimantan Utara.
- Marpaung, Anggi Azmita Fiqriyah. (2013). Keanekaragaman Makrozoobenthos Di Ekosistem Mangrove Silvofishery Dan Mangrove Alami Kawasan Ekowisata Pantai Boe Kecamatan Galesong Kabupaten Takalar.
- Nangin, Sernando Rizky., dkk. (2015). Makrozoobenthos sebagai Indikator Biologis dalam Menentukan Kualitas Air Sungai Suhuyon Sulawesi Utara. *Jurnal MIPA UNSRAT*. Sulawesi Utara.
- Nugraha, Lutfi Irviandi., dkk. (2012). Makrobenthos di Sungai Wonorejo, Surabaya. *Jurnal Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, ITS*. Surabaya.
- Nybakken, J.W. (1992). *Biologi Laut Suatu Pendekatan Ekologis*. PT. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta. Indonesia.
- Putri, Wike Ayu Eka. (2008). Kualitas Air Muara Sungai Batang Arau (Muara Padang) Sumatera Barat. *Jurnal Penelitian Sains*, 11(2). Sumatera Barat.
- Putro, Spto Purnomo. (2014). *Metode Sampling Penelitian Makrobenthos dan Aplikasinya*. Graha Ilmu. Semarang
- Romimohtarto, K, dan Juwana. S. (1999). *BIOLOGI LAUT Ilmu Pengetahuan tentang Biota Laut*. P3O-LIPI. Jakarta.
- Setyaningsih, D., dkk. (2010). *Analisis Sensori untuk Industri Pangan dan Agro*. Institut Pertanian Bogor. PressBogor. Bogor.
- Supranto, J. (2004). *Analisis Multivariat Arti dan Interpretasi*. Rieka Cipta. Jakarta.
- Supriharyono. (2007). *Konservasi Ekosistem Sumber Daya Hayati Di Wilayah Pesisir dan Laut Tropis*. Pustaka Pelajar. Yogyakarta.
- Syamsulrisal. (2011). Studi Beberapa Indeks Komunitas Makrozoobenthos Di Hutan Mangrove Kelurahan Coppo Kabupaten Barru. *Skripsi S-1 Fakultas Ilmu Kelautan Dan Perikanan Universitas Hasanuddin*. Makasar.
- Umar, Herminta Bus. (2009). *Jurnal Kesehatan Masyarakat*. Politeknik Kesehatan Padang RI. Padang.
- Zen, Lutfhia Zahra. (2016). Model Mata Pencaharian Masyarakat Berkelanjutan pada Kawasan Mangrove di Kota Surabaya. *Tesis ITB*. Bogor.

PENGARUH KONFIGURASI TERUMBU BUATAN BENTUK HEKSAGONAL PADA KEMAMPUAN PEREDAMAN GELOMBANG

Harish Wirayuhanto^{1*}, Haryo D Armono¹

¹Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya

*Corresponding author e-mail: hwirayuhanto@gmail.com; 08113000642

ABSTRAK

Terumbu karang buatan (*artificial reef*) merupakan struktur yang diletakkan di bawah air dan memiliki fungsi seperti terumbu karang alami. Selain sebagai terumbu buatan, fungsi terumbu buatan juga sebagai bangunan pemecah gelombang ambang benam (*submerged breakwater*). Sebagai pemecah gelombang, perlu diketahui tingkat efektifitas dalam meredam gelombang datang dan dampak *scouring* yang timbul akibat peletakan struktur terumbu buatan. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui korelasi antara kemampuan peredaman gelombang terhadap kedalaman *scouring* akibat variasi peletakan (jarak gap struktur) dan variasi gelombang pada terumbu buatan bentuk heksagonal dengan skala model 1:10. Dari hasil penelitian yang dilakukan di Laboratorium Energi Laut Departemen Teknik Kelautan FTK ITS diperoleh, untuk peletakan struktur dengan jarak gap 1D, memiliki kemampuan peredaman gelombang yang lebih baik dengan kedalaman *scouring* maksimum yang kecil, yaitu dengan nilai K_t sebesar 0.844 dan kedalaman *scouring* 3 cm. Untuk peletakan struktur dengan jarak 0D, memiliki nilai koefisien transmisi (K_t) yang lebih besar, yaitu 0.911 dengan nilai kedalaman *scouring* maksimum yang lebih besar, yaitu 3.5 cm.

Kata Kunci: terumbu karang buatan, *submerged breakwater*, koefisien transmisi, heksagonal, *scouring*

PENDAHULUAN

Kerusakan terumbu karang mempengaruhi kehidupan berbagai jenis organisme laut, terutama pada kawasan perairan tropis yang berdampak pada hasil laut yang menurun. Restorasi terumbu karang perlu dilakukan untuk mengembalikan fungsi dan kegunaannya. Salah satu upaya yang dapat dilakukan untuk mengembalikan kondisi terumbu karang menjadi kondisi awal adalah dengan transplantasi karang dan menggunakan teknologi terumbu karang buatan. Terumbu karang buatan (*artificial reef*) adalah benda-benda atau struktur bangunan yang diletakkan pada dasar air yang memiliki karakteristik menyerupai terumbu karang alami. Struktur bangunan ini digunakan untuk memberikan tempat perlindungan bagi hewan-hewan laut juga berfungsi sebagai bangunan pemecah gelombang ambang benam (*submerged breakwater*) yang mereduksi energi gelombang datang sebelum mengenai pantai (Armono dan Haryo, 2004). Terdapat beberapa jenis terumbu buatan yang telah dikembangkan diantaranya *Aquia Reef*, *Turtle Reef*, *Reef Ball*, *Ultra Ball*, *Bay Ball*, *Square Reef*, dan *Bottle Reef*. Dari model-model tersebut dikembangkan kembali dengan bentuk baru berpenampang segi enam atau hexagonal atau yang dapat di sebut pula sebagai *Hexareef*.

Terumbu buatan yang sekaligus berfungsi sebagai *submerged breakwater* harus memiliki kemampuan peredaman gelombang yang baik. Namun di sisi lain, *submerged breakwater* masih dapat dilalui gelombang *overtopping* dan hanya mengurangi beberapa persen energi gelombang datang yang mengenai pantai. Kemampuan peredaman gelombang oleh struktur juga dipengaruhi oleh beberapa faktor, salah satunya adalah konfigurasi struktur (Winarto, Aris, 2017).

Submerged breakwater, dalam hal ini *Hexareef* dan jenis struktur yang lain apabila diletakkan pada lingkungan laut yang memiliki aliran air dinamis, akan menyebabkan perubahan medan aliran air, sehingga membentuk aliran vortex disekitar struktur yang menyebabkan *scouring* (Hughes dan Steven, 2001). Jika pada struktur terjadi *scouring* terus menerus, maka kekuatan pondasi terganggu dan menyebabkan kegagalan struktur. Kegagalan struktur meliputi *overturning*, *settling*, *sliding*, dan mode kegagalan struktur lain untuk *submerged breakwater* (Pratikino dan Asrin, 2015).

Dari kedua hal tersebut diatas, maka penelitian ini dilakukan untuk mengetahui efek dari jarak gap peletakan struktur dengan nilai koefisien transmisi. Nilai koefisien transmisi ini akan dikorelasikan terhadap kedalaman *scouring* yang terjadi di sekitar terumbu karang buatan bentuk heksagonal. Penelitian ini merupakan penelitian lanjutan yang dilakukan oleh (Armono *et al.*, 2018) mengenai karakteristik *scouring* akibat pengaruh konfigurasi jarak gap struktur bentuk heksagonal.

MATERI DAN METODE

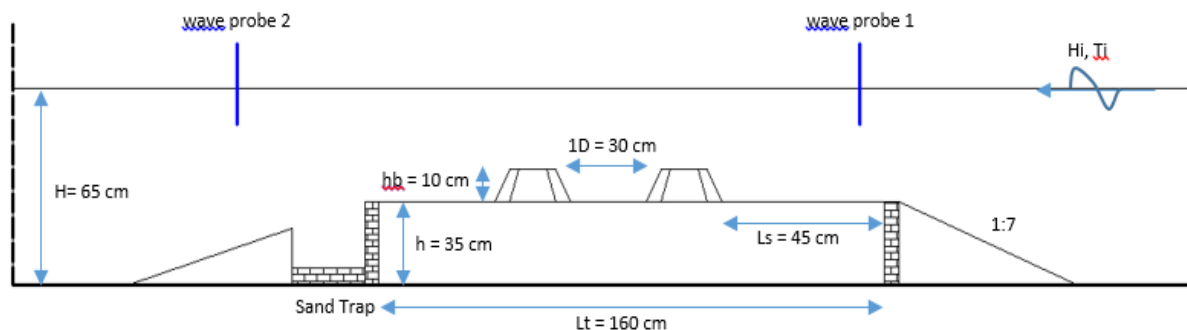
Pengujian ini serupa dengan pengujian yang dilakukan oleh (Armono *et al.*, 2018) dalam penelitiannya mengenai karakteristik *scouring* di sekitar terumbu buatan bentuk heksagonal. Model memiliki tinggi sebesar 10 cm dengan lebar kaki sebesar 25 cm (sisi datar) dan 30 cm (sisi lancip) serta lebar puncak sebesar 18,5 cm. Model merupakan purwarupa struktur asli dengan perbandingan 1:10. Untuk variasi dalam pengujian ini dilakukan untuk gelombang ireguler dengan spektrum JONSWAP serta jarak gap antar struktur. Variasi untuk gelombang dilakukan dengan periode gelombang 1 detik untuk ketinggian gelombang 0.03 meter, 0.05 meter, dan 0.07 meter. Variasi jarak gap antar struktur dilakukan hanya untuk jarak 0D dan 1D.



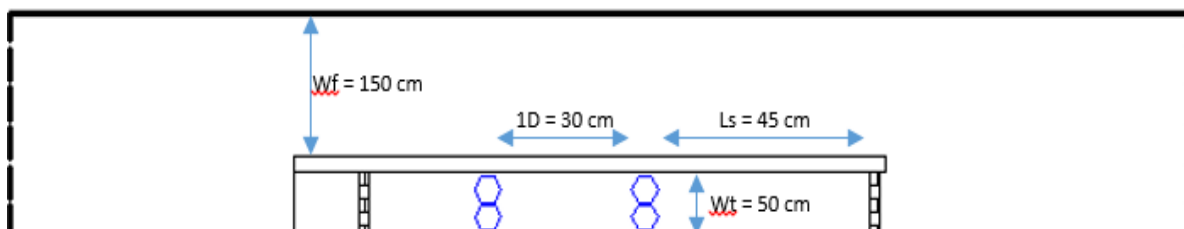
Gambar 1. Struktur terumbu karang buatan bentuk heksagonal (*Hexareef*)

Persiapan material uji juga dilakukan untuk material pasir sebagai pondasi model struktur heksagonal ini. Percobaan ini menggunakan jenis pasir laut dengan ukuran diameter (d_{50}) sebesar 0,28 mm dengan massa jenis 2650 kg/m^3 . Lapisan pasir yang digunakan setebal 35 cm.

Pengujian model fisik dilakukan di kolam gelombang (*flume tank*) pada Laboratorium Energi Laut Departemen Teknik Kelautan FTK ITS. Pengujian dilakukan untuk variasi jarak gap struktur serta variasi tinggi gelombang.



Gambar 2. Sketsa pengujian di kolam uji – tampak samping



Gambar 3. Sketsa pengujian di kolam uji – tampak atas





Gambar 4. Peletakan model terumbu buatan di dalam *wave flume* untuk variasi gap 0D dan 1D

Tabel 1. Parameter Gelombang dalam pengujian

No	Uji ke -	Jenis gelombang	Jarak gap	Hi [m]	Ti [detik]
1	1	Ireguler (JONSWAP)	0D	0.03	1
2	2			0.05	1
3	3			0.07	1
4	4		1D	0.03	1
5	5			0.05	1
6	6			0.07	1

Pengujian dilakukan untuk model sebaris dengan variasi jarak antar struktur (gap). Pengujian dilakukan selama 60 menit hingga tidak terjadi penambahan kedalaman *scouring*. Pencatatan data dilakukan untuk nilai besar kedalaman *scouring* setiap interval 5 menit di depan dan belakang struktur serta keseluruhan kolam uji untuk interval 20 menit. Pengambilan data gelombang dilakukan dengan menggunakan *wave probe* dengan interval 5 menit selama 60 menit.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Data Gelombang

Data hasil pembacaan *wave probe* berupa data fluktuasi tegangan *wave probe* selanjutnya diolah dengan menggunakan bantuan software *WareLab*, untuk mendapatkan nilai tinggi gelombang signifikan (H_s) dan periode puncak gelombang (T_p). Nilai pembacaan gelombang yang digunakan dalam analisa yaitu dari hasil Ch1, yaitu pembacaan pada *wave probe* bagian depan struktur.

Tabel 2. Hasil Pembacaan Tinggi dan Periode Gelombang

Percobaan ke -	Jenis Gelombang	Jarak Gap	Ch1 (depan)		Ch2 (belakang)	
			Hm [cm]	T [detik]	Hm [cm]	T [detik]
1	Ireguler (JONSWAP)	0D	10.005	2.112	8.442	2.187
2			13.57	2.162	12.652	2.184
3			17.884	2.191	16.38	2.207
4		1D	9.867	2.121	8.829	2.018
5			14.666	2.169	13.104	2.068
6			17.913	2.173	15.417	2.119

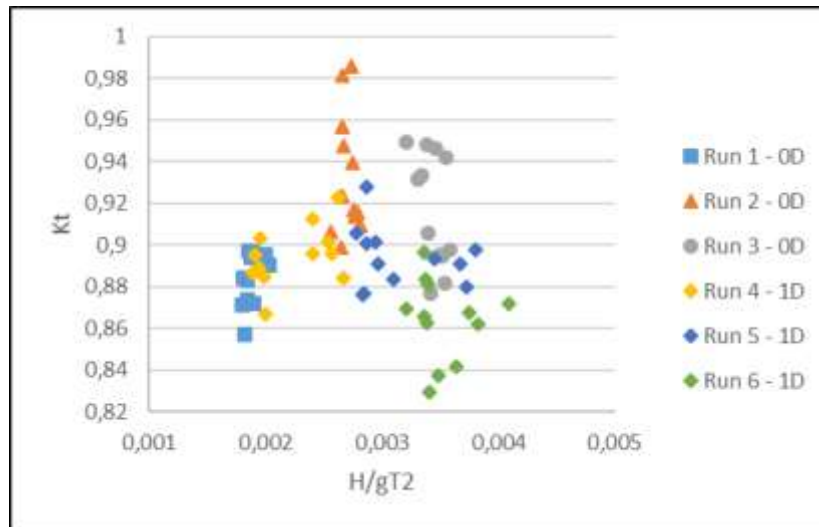
Perhitungan Nilai Koefisien Transmisi

Dari hasil pengolahan data gelombang di atas, maka dapat dilakukan perhitungan nilai koefisien transmisi (K_t) untuk setiap pengujian. Koefisien transmisi (K_t) diperoleh dari perhitungan dengan menggunakan persamaan seperti persamaan di bawah ini

$$K_t = \frac{H_t}{H_i} \quad (1)$$

Dengan nilai H_t merupakan tinggi gelombang yang ditransmisikan, sedangkan nilai H_i adalah tinggi gelombang datang di depan struktur. Dalam penelitian ini, nilai K_t akan dikorelasikan dengan salah satu parameter non-dimensional yaitu kecuraman gelombang (*wave steepness*), dimana merupakan hubungan antara nilai tinggi gelombang dengan periode gelombang yang dipengaruhi gaya gravitasi.

Hasil perhitungan berupa nilai koefisien transmisi akan di kategorikan menjadi 2 kelompok yaitu nilai Kt akibat konfigurasi struktur dengan jarak gap 0D dan untuk konfigurasi struktur dengan jarak gap 1D.



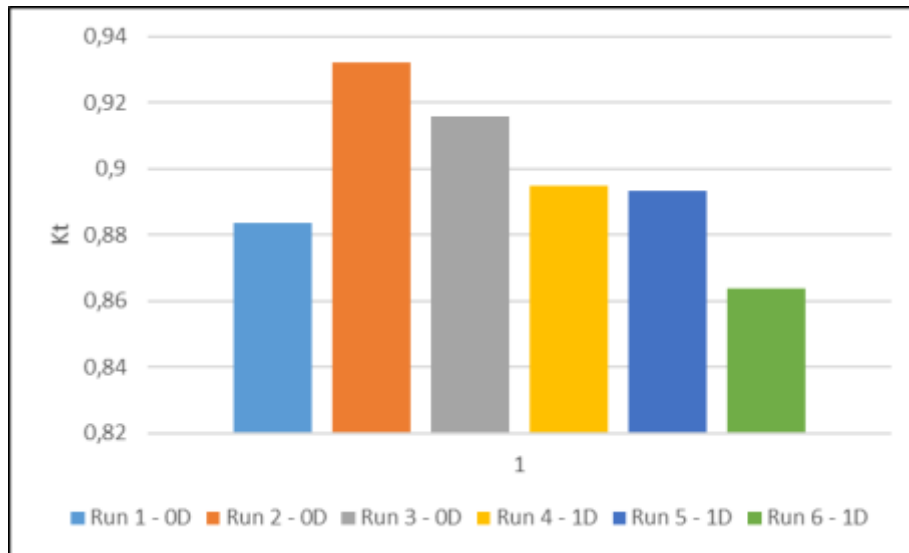
Gambar 5. Grafik korelasi antara wave steepness dengan koefisien transmisi (Kt) untuk tiap konfigurasi

Dari grafik di atas terlihat bahwa nilai koefisien transmisi secara umum lebih besar terjadi pada pengujian struktur dengan jarak gap 0D. Terlihat pada tren penyebaran data yang secara dominan lebih besar pada hasil pengujian akibat struktur dengan jarak gap 0D. Hal ini menunjukkan bahwa kemampuan peredaman struktur dengan jarak gap 0D lebih rendah dibandingkan dengan struktur untuk jarak gap 1D. Untuk struktur dengan jarak gap 1D, memiliki nilai koefisien terendah pada pengujian ke-6. Keseluruhan data diolah kembali dan dilakukan analisa per kategori, dapat dilihat pada tabel 3 dibawah ini:

Tabel 3. Hasil Perhitungan Nilai Kt untuk tiap Konfigurasi

Pengujian ke -	Hs [cm]	Tp [detik]	H/gT ²	Kt	Jarak Gap	H/gT ²	Kt	persentase redaman (%)
1	10.005	2.112	0.00188	0.88374	0D	0.00267	0.911	8.9
2	13.57	2.162	0.00271	0.93236				
3	17.884	2.191	0.00343	0.91590				
4	9.867	2.121	0.00221	0.89479	1D	0.00295	0.884	11.6
5	14.666	2.169	0.00312	0.89350				
6	17.913	2.173	0.00351	0.86368				

Dari pengolahan data di atas, dapat terlihat bahwa untuk konfigurasi jarak gap 0D, memiliki nilai Kt yang lebih besar dibandingkan dengan konfigurasi jarak gap 1D. Nilai Kt untuk jarak gap 0D sebesar 0.911. Hal ini menyatakan bahwa hanya sekitar 8.9% energi gelombang yang mampu tereduksi oleh adanya struktur terumbu buatan bentuk heksagonal ini. Berbeda dengan kondisi pada konfigurasi dengan jarak gap 1D. Nilai Kt bernilai lebih kecil, yaitu sebesar 0.884. Hal ini menyatakan bahwa sebesar 11.6% energi gelombang mampu tereduksi dengan adanya struktur tersebut. Dari data tersebut dapat disimpulkan bahwa konfigurasi 1D memiliki kemampuan reduksi energi gelombang yang lebih baik bila dibandingkan dengan konfigurasi 0D.



Gambar 6. Grafik perbandingan nilai Kt untuk setiap pengujian dengan variasi peletakkan struktur.

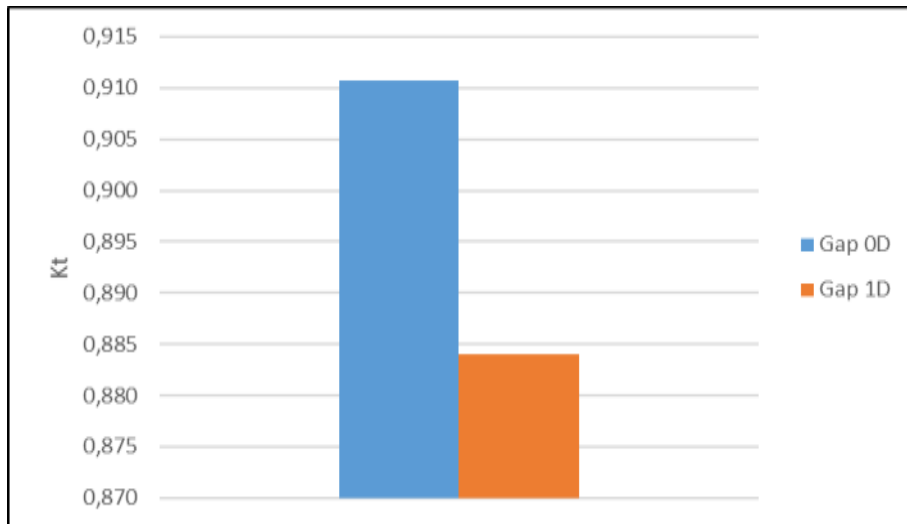
Seperti terlihat pada gambar diatas, besar nilai koefisien transmisi untuk pengujian dengan jarak gap 0D, memiliki dominasi nilai yang cukup tinggi. Nilai maksimum koefisien transmisi diperoleh pada pengujian ke 2 dengan nilai sebesar 0.93. Nilai terendah koefisien transmisi diperoleh pada pengujian ke-6 dengan nilai Kt sebesar 0.86.

Besar kecilnya nilai Kt pada pengujian ini dikarenakan beberapa faktor, salah satunya adalah akibat adanya jarak gap antar struktur. Dengan adanya struktur ini, maka kecepatan orbital gelombang tereduksi akibat gaya gesek yang terjadi dengan struktur. Penurunan kecepatan orbital gelombang diiringi dengan kenaikan elevasi permukaan air, sehingga timbul gelombang pecah di sekitar struktur. Pecahnya gelombang mengakibatkan berkurangnya energi gelombang dan elevasi gelombang di belakang struktur.

Faktor jarak gap mempengaruhi pola kecepatan orbital gelombang. Dengan adanya jarak gap maka gelombang datang yang mengenai struktur memungkinkan timbulnya gelombang pecah lebih dari satu kali. Oleh karena itu, gelombang yang timbul di belakang struktur memiliki ketinggian yang lebih kecil dibandingkan dengan gelombang datang.

Perbandingan hasil pengujian untuk mengetahui korelasi antara jarak gap struktur dengan nilai koefisien transmisi (Kt) juga dapat dilihat pada gambar 7. Pada gambar berikut terlihat bahwa terjadi perbedaan nilai Kt yang cukup besar untuk konfigurasi jarak 0D dengan jarak 1D. Perbedaan nilai koefisien transmisi (Kt) antara jarak gap 0D dengan 1D mencapai 0.11 atau sekitar 11% dari energi yang tereduksi.

Semakin besar nilai koefisien transmisi (Kt) maka semakin rendah pula kemampuan struktur dalam mereduksi energi gelombang datang. Berlaku sebaliknya, semakin kecil nilai koefisien transmisi, maka semakin baik pula kemampuan struktur dalam mereduksi gelombang. Maka dari grafik di bawah, dapat disimpulkan bahwa posisi peletakkan struktur dengan jarak gap 1D memiliki kemampuan mereduksi gelombang yang lebih baik dari pada struktur dengan peletakkan jarak gap 0D.

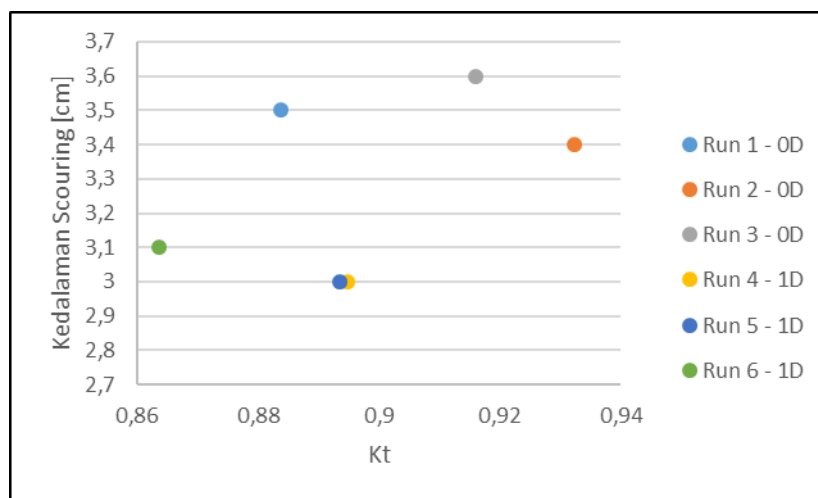


Gambar 7. Grafik perbandingan nilai Kt untuk pengujian dengan jarak gap 0D dan 1D
Korelasi dengan Kedalaman Scouring Maksimum

Kemampuan peredaman gelombang suatu struktur dapat berdampak pada kedalaman *scouring* maksimum di sekitar struktur. Dalam penelitian ini, akan melakukan melakukan analisa dalam mengetahui korelasi antara nilai koefisien transmisi (Kt) terhadap kedalaman *scouring* maksimum di belakang struktur *hexareef*. Dari hasil pengolahan data, maka dapat diperoleh korelasi seperti pada tabel 4 dan gambar 8.

Tabel 4. Hasil Pengujian Kedalaman Scouring di Bagian Belakang Struktur

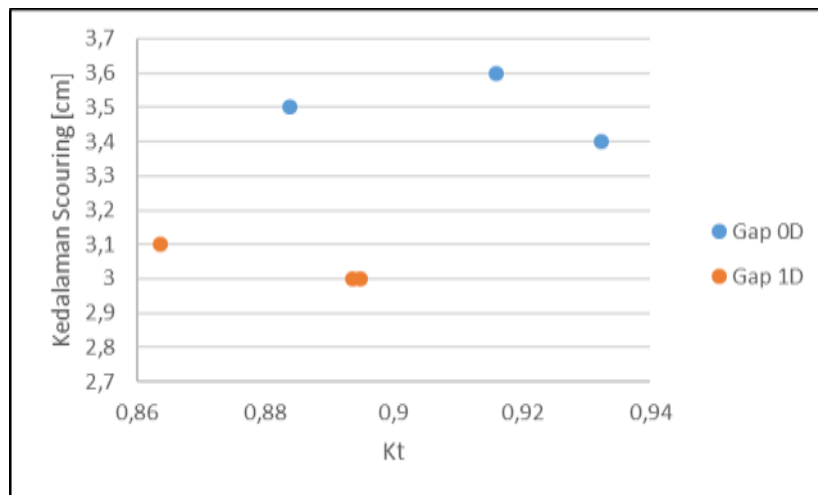
Jenis Gelombang	Jarak Gap	Uji ke -	Kedalaman Scouring [cm]
Irregular	0D	1	3.5
		2	3.4
		3	3.6
	1D	4	3
		5	3.1
		6	3.1



Gambar 8. Grafik perbandingan nilai Kt dengan kedalaman *scouring* maksimum tiap pengujian

Dari sebaran data dalam grafik di atas terlihat bahwa untuk pengujian yang dilakukan untuk jarak gap 1D, memiliki nilai kedalaman *scouring* maksimum yang cukup rendah. Nilai terbesar kedalaman *scouring* maksimum terletak pada pengujian ke-6 dengan kedalaman 3.1 cm. Hal ini berkorelasi dengan nilai koefisien transmisi yang terjadi. Dengan nilai koefisien transmisi yang lebih kecil maka semakin kecil pula kedalaman *scouring* maksimum yang terjadi di belakang struktur.

Hal yang berbeda terjadi pada pengujian untuk struktur dengan jarak gap 0D. Sebaran data kedalaman *scouring* maksimum berada pada rentang nilai yang cukup besar. Nilai terbesar kedalaman *scouring* maksimum terletak pada pengujian ke-3 dengan nilai 3.6 cm. Secara umum, sebaran data korelasi antara kedalaman *scouring* maksimum dengan nilai koefisien transmisi dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 9. Grafik perbandingan korelasi antara jarak gap dengan nilai koefisien transmisi tiap pengujian

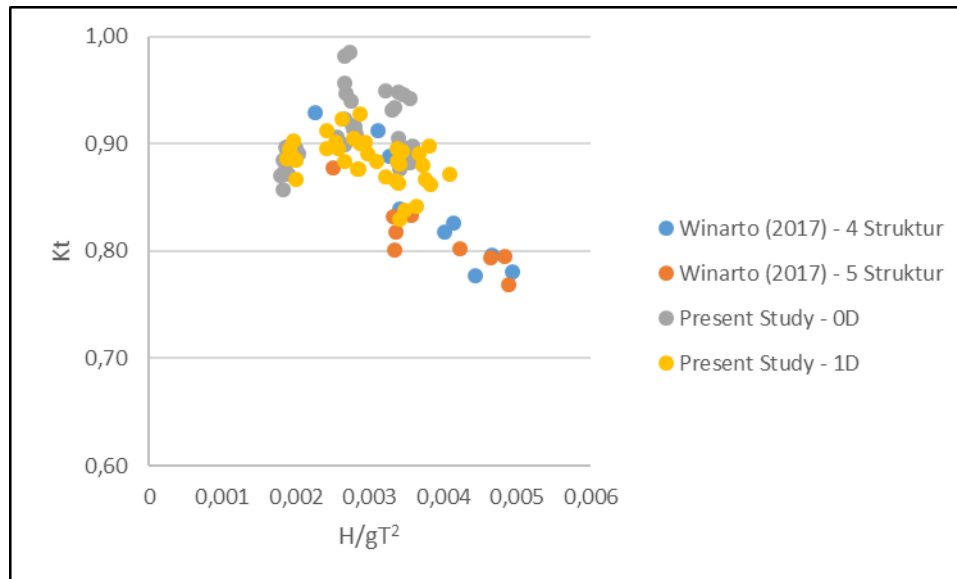
Pada grafik di atas terlihat bahwa semakin besar nilai koefisien transmisi, maka semakin besar pula kedalaman *scouring* maksimum yang terjadi. Berlaku juga sebaliknya, semakin kecil nilai koefisien transmisi, maka semakin kecil pula kedalaman *scouring* yang terjadi. Hal ini dikarenakan ketinggian gelombang yang terbentuk di belakang struktur semakin kecil. Gelombang yang kecil memiliki energi yang kecil pula, sehingga energi yang ada tidak mampu sepenuhnya menggerakkan sedimen yang berada di belakang struktur untuk bergerak. Pergerakan sedimen dapat ditentukan dari kecepatan orbital kritis sedimen sebelum terjadi pergerakan sedimen (U_{max}) (Hales dan Lyndall, 1980). U_{max} dapat ditentukan dengan persamaan :

$$U_{max} = \frac{\pi H}{T \sinh\left(\frac{2\pi h}{L}\right)} \quad (2)$$

Dengan H merupakan tinggi gelombang, T adalah periode gelombang, h adalah kedalaman air, dan L adalah panjang gelombang. Berdasarkan nilai U_{max} , apabila kecepatan orbital partikel U lebih kecil dari U_{max} ($U < U_{max}$), maka sedimen tidak mengalami pergerakan. Sedangkan bila nilai U lebih besar dari U_{max} ($U > U_{max}$), maka sedimen akan mengalami pergerakan. Besar nilai U_{max} juga dapat diperoleh dengan memperhatikan korelasi antara ukuran partikel butiran sedimen dengan periode gelombang yang terbentuk (Hales dan Lyndall, 1980).

Perbandingan dengan Penelitian Lain

Pada penelitian yang dilakukan oleh (Winarto, Aris, 2017), dilakukan pengujian untuk mengetahui kemampuan peredaman gelombang pada struktur *hexareef* akibat pengaruh lebar struktur. Penelitian ini menunjukkan bahwa semakin lebar struktur *hexareef*, maka semakin baik pula kemampuan dalam meredam gelombang. Bila dibandingkan dengan penelitian yang dilakukan oleh (Winarto, Aris, 2017), maka diperoleh grafik sebaran data sebagai berikut :



Gambar 8. Grafik perbandingan dengan penelitian serupa

Dari grafik sebaran data di atas, terlihat bahwa besar nilai Kt antara penelitian yang dilakukan oleh (Winarto, Aris, 2017) dengan penelitian saat ini memiliki rentang nilai yang serupa. Sebaran data berada di kisaran nilai Kt antara 0.80 hingga 0.98. Hal ini menunjukkan bahwa kemampuan redaman struktur dengan variasi jarak gap bila dibandingkan dengan variasi lebar struktur memiliki kemampuan redaman yang terbilang sama untuk rentang nilai gelombang tertentu. Pada rentang nilai gelombang yang cukup besar ($H/gT^2 > 0.003$), kemampuan redaman terbaik diperoleh pada struktur pada pengujian yang dilakukan oleh (Winarto, Aris, 2017). Untuk rentang gelombang dengan nilai $0.002 < H/gT^2 < 0.004$, kemampuan redaman antara hasil uji oleh (Winarto, Aris, 2017) dengan penelitian saat ini memiliki kemampuan yang sama dalam meredam gelombang.

KESIMPULAN DAN SARAN

Dari penelitian mengenai korelasi antara nilai koefisien transmisi dengan kedalaman *scouring* maksimum akibat pengaruh peletakan struktur bentuk heksagonal, dapat ditarik kesimpulan berupa :

1. Nilai koefisien transmisi lebih besar terjadi pada pengujian struktur dengan jarak gap 0D. Untuk struktur dengan jarak gap 1D, memiliki nilai koefisien terendah pada pengujian ke-6. Hal ini menunjukkan bahwa kemampuan peredaman struktur dengan jarak gap 0D lebih rendah dibandingkan dengan struktur untuk jarak gap 1D.
2. Kemampuan redaman struktur dengan variasi jarak gap bila dibandingkan dengan penelitian oleh (Winarto, Aris, 2017) memiliki kemampuan redaman yang terbilang sama untuk rentang nilai gelombang tertentu. Pada rentang nilai gelombang yang cukup besar ($H/gT^2 > 0.003$), kemampuan redaman terbaik diperoleh pada struktur pada pengujian yang dilakukan oleh (Winarto, Aris, 2017). Untuk rentang gelombang dengan nilai $0.002 < H/gT^2 < 0.004$, kemampuan redaman antara hasil uji oleh (Winarto, Aris, 2017) dengan penelitian saat ini memiliki kemampuan yang sama dalam meredam gelombang.
3. Semakin besar nilai koefisien transmisi, maka semakin besar pula kedalaman *scouring* maksimum yang terjadi. Berlaku juga sebaliknya, semakin kecil nilai koefisien transmisi, maka semakin kecil pula kedalaman *scouring* yang terjadi. Pada jarak gap 1D, memiliki nilai kedalaman *scouring* maksimum pada pengujian ke-6 dengan kedalaman 3.1 cm dengan nilai Kt = 0.884 . Pada jarak gap 0D. Nilai terbesar kedalaman *scouring* maksimum pada pengujian ke-3 dengan nilai 3.6 cm dengan Kt = 0.911.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih kepada Kepala Departemen Teknik Kelautan dan Kepala Laboratorium Energi Laut Departemen Teknik Kelautan, serta pihak-pihak terkait yang telah membantu kelancaran dalam pelaksanaan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Armono, Haryo Dwito. (2004). *Artificial Reef as Shoreline Protection Structures*. Paper Seminar Teori dan Aplikasi Teknologi Kelautan IV. Surabaya.
- B. M. Sumer et al. (2005). *Local Scour at Roundhead and Along the Trunk of Low Crested Structures*. International Coastal Engineering Journal Elsevier. <http://www.elsevier.com/locate/coastaleng>. (Diakses pada tanggal 21 Juni 2016).
- Hughes, Steven A. (2001). *Scour and Scour Protection*. CDCM Training Workshop Chapter 8. Trinidad.
- Pratikino, Asrin Ginong. (2015). *Karakteristik Scour di Sekitar Artificial Reef Bentuk Silinder Berongga*. Thesis ITS. Surabaya.
- Winarto, Aris. (2017). *Pengaruh Konfigurasi Terumbu Buatan Bentuk Hexagonal Pada Transmisi Gelombang*. Tugas Akhir ITS. Surabaya
- Armono, Haryo Dwito and Harish Wirayuhanto. (2018). *Experimental Study of Scouring Characteristic Around Hexagonal Artificial Reef*. MATEC Web Conferences Vol 177. ISOCEEN 2017.
- Hales, Lyndall Z. (1980). *Erosion Control of Scour During Construction; Report 2, Literature Survey of Theoretical, Experimental and Prototype Investigations*. Technical Report HL-80-3. US Army Waterways Experiment Station. Vicksburg US.

ANALISIS LAJU PERTUMBUHAN KARANG *PORITES SP* DI PERAIRAN SUMATERA BARAT DENGAN CORAL X-RADIOGRAPH DENSITOMETRY SYSTEM

Winda Lestari Adiningsih^{1*}, Bambang Semedi², Corry Corvianawatie³, Sri Yudawati Cahyarini⁴

¹Mahasiswa Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Brawijaya.

²Dosen Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Brawijaya.

³Peneliti UPT Loka Pengembangan Kompetensi SDM Oseanografi Jakarta.

⁴Peneliti Pusat Penelitian Geoteknologi Bandung.

*Corresponding author e-mail: windalestariadi@gmail.com; (081333255329)

ABSTRAK

Karang *Porites sp* mampu menyimpan informasi perubahan lingkungan. Parameter lingkungan yang diuji dalam penelitian ini adalah suhu permukaan laut, salinitas, dan Indian Ocean Dipole (IOD) yang diduga merupakan faktor dari laju pertumbuhan karang *Porites sp*. Tujuan dari penelitian ini adalah menganalisis laju pertumbuhan karang *Porites sp*, menganalisis perbandingan time series suhu permukaan laut, salinitas, dan IOD terhadap laju pertumbuhan karang, serta menganalisis hubungan antara laju pertumbuhan karang *Porites sp* dengan seluruh parameter lingkungan. Laju pertumbuhan karang dapat diukur dengan menggunakan metode restropektif untuk mengefisienkan waktu dalam penelitian. Penelitian ini memanfaatkan software coral XDS (Coral X-Radiograph Densitometry System) untuk menganalisa laju pertumbuhan karang dan dengan menggunakan 2 skenario. Pada skenario 1 semua parameter secara satu per satu tidak menunjukkan adanya korelasi dan signifikansi terhadap laju pertumbuhan karang. Pada skenario 2 hubungan seluruh parameter lingkungan apabila digabungkan terhadap laju pertumbuhan karang di pulau Parsupahan menghasilkan nilai yang berkorelasi dan signifikan namun di Pulau Merak dan Aur tidak. Jadi nilai korelasi dan nilai signifikan paling tinggi didapat apabila menggabungkan semua parameter dari pada menganalisa parameter satu per satu. Diharapkan adanya penelitian lanjut laju pertumbuhan karang *Porites sp* terhadap parameter selain suhu permukaan laut, salinitas, dan IOD seperti curah hujan, pH, kedalaman, atau cahaya.

Kata Kunci : Coral XDS, IOD, Laju Pertumbuhan, Salinitas, Suhu Permukaan Laut

PENDAHULUAN

Indonesia memiliki lebih dari 17.000 pulau dengan panjang garis pantai keseluruhan lebih dari 81.000 km, terumbu karang banyak ditemukan di sepanjang garis pantai Indonesia (Semedi dan Rahmawan, 2016). Terumbu karang merupakan endapan masif dari kalsium karbonat (CaCO_3) yang dihasilkan oleh sekumpulan organisme karang yang hidup di dasar perairan melalui proses kalsifikasi. Kalsifikasi dapat dinyatakan sebagai perkalian antara pertumbuhan linier dan densitas karang. Pertumbuhan linier karang dapat dengan mudah diidentifikasi melalui hasil *rontgen* (X-ray) pada sampel karang. Satu pasang densitas tinggi dan rendah pada karang yang membentuk pola selang-seling gelap dan terang menunjukkan satu tahun pertumbuhan (Klein dan Loya, 1991; Lough dan Barnes, 1997; Lough *et al.*, 1999; Tito, 2013). Salah satu jenis karang yang akan dibahas dalam penelitian ini adalah karang dengan koloni masif genus *Porites* yang berasal dari Pulau Parsupahan, Merak, dan Aur. Karang *Porites* memiliki persebaran yang luas dan dapat tumbuh di wilayah tropis dan sub tropis (Veron, 1986).

Penelitian ini memanfaatkan perangkat lunak yaitu *software* Coral X-Radiograph Densitometry System (CoralXDS) digunakan dalam penelitian ini. Perangkat ini merupakan program berbasis Windows yang menyediakan fasilitas untuk mengukur parameter pertumbuhan seperti pertumbuhan linier. Input dari perangkat lunak ini adalah gambar hasil Scanning dari foto *rontgen* dalam bentuk bitmap (.BMP) (Purnamasari dan Cahyarini, 2010). Data laju pertumbuhan karang *Porites sp* selanjutnya dilakukan analisis statistik dengan dikaitkan dengan suhu permukaan laut, salinitas, dan IOD.

Wilayah Sumatera Barat merupakan wilayah pesisir yang cukup potensial untuk dikembangkan lebih lanjut. Ditinjau dari letak wilayahnya, provinsi ini terletak pada posisi yang menarik yaitu terletak di antara beberapa pertemuan perairan seperti Samudera Hindia dari sebelah Barat dan Laut Andaman

dari sebelah Utara (Sugianto dan Agus, 2007) serta adanya fenomena Indian Ocean Dipole (IOD) (Saji *et al.*, 1999; Nur'utami dan Hidayat, 2016) yang mempengaruhi

wilayah pantai Barat Sumatera (Dipo *et al.*, 2011). Suhu merupakan faktor lingkungan penting yang besar pengaruhnya terhadap pertumbuhan karang. Dinamika faktor tersebut terkait dengan adanya perubahan musim (Rani *et al.*, 2004). Salinitas juga merupakan salah satu faktor dari laju pertumbuhan karang. Menurut Mc Cook (1999) menyatakan bahwa curah hujan yang tinggi dan aliran material permukaan dari daratan dapat membunuh terumbu karang melalui peningkatan sedimen dan terjadi penurunan salinitas air laut. Hal ini dapat disimpulkan bahwa apabila terjadi penurunan salinitas maka laju pertumbuhan karang menurun.

Suhu permukaan laut merupakan parameter penting bagi pertumbuhan karang *Porites sp.* Suhu merupakan faktor lingkungan penting yang besar pengaruhnya terhadap pertumbuhan karang. Dinamika faktor tersebut terkait dengan adanya perubahan musim. Laju pertumbuhan karang secara langsung proporsional terhadap suhu. Adanya variasi dari suhu tersebut menyebabkan adanya perbedaan laju pertumbuhan karang-karang terumbu di antara lokasi dan musim yang berbeda. Pertumbuhan maksimum karang biasanya terjadi pada musim kemarau, yaitu bersamaan dengan peningkatan suhu perairan. namun peningkatan suhu secara terus-menerus akan membuat pertumbuhan karang naik sampai pada titik tertentu dan kemudian menurun karena penurunan laju metabolisme dan fotosintesis *Zooxanthellae*. Pertumbuhan karang yang berada pada lokasi tercemar akan berkurang karena karang harus mengalokasikan energi yang lebih banyak untuk proses adaptasi (Rani *et al.*, 2004).

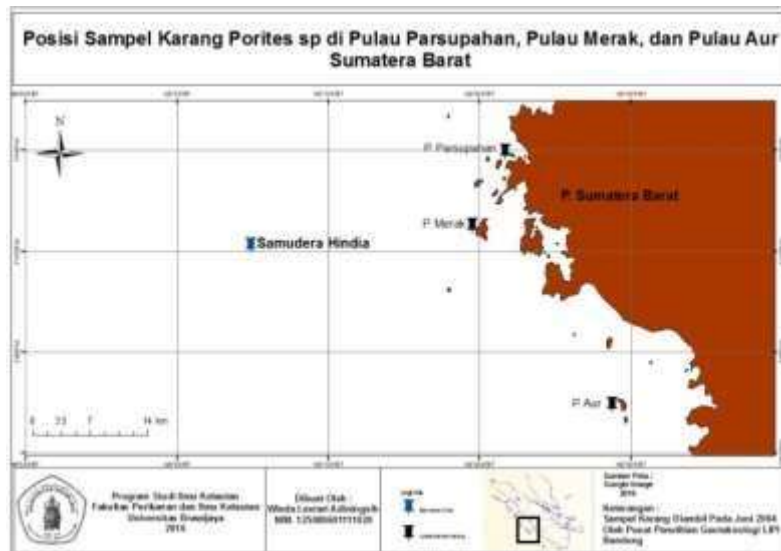
Dalam penelitian ini digunakan parameter lingkungan salinitas karena salinitas juga merupakan salah satu faktor dari laju pertumbuhan karang. Menurut Mc Cook (1999) menyatakan bahwa curah hujan yang tinggi dan aliran material permukaan dari daratan dapat membunuh terumbu karang melalui peningkatan sedimen dan terjadi penurunan salinitas air laut. Hal ini dapat disimpulkan bahwa apabila terjadi penurunan salinitas maka laju pertumbuhan karang menurun.

IOD adalah keadaan dimana terjadinya interaksi laut dengan atmosfer yang terjadi di wilayah Samudera Hindia tropis (Saji *et al.*, 1999; Dipo *et al.*, 2011). Fenomena IOD dapat memberikan dampak positif maupun negatif (Dipo *et al.*, 2011). Dampak positif yang terjadi yaitu menyebabkan perairan pantai Barat Sumatera dan Selatan Jawa mengalami proses upwelling hal ini dikategorikan wilayah Indonesia bagian Barat mengalami kekeringan, dan sebaliknya dampak negatif menyebabkan meningkatnya intensitas curah hujan pada wilayah Indonesia bagian Barat. Perubahan suhu permukaan air laut selama terjadi IOD terjadi terkait dengan perubahan medan angin di tengah Samudera Hindia, sehingga angin bergerak berlawanan dari biasanya barat ke timur selama IOD positif. Selain itu, proses konveksi yang biasanya terjadi di atas Samudera Hindia bagian Timur yang menghangat bergerak ke arah Barat. Hasilnya yaitu hujan lebat di Afrika bagian Timur dan sedikit hujan di Indonesia yang kemudian diikuti dengan kekeringan. Fosil karang dari pantai Sumatera mencatat fenomena IOD beberapa kali (Yulihastin *et al.*, 2009).

Tujuan dalam penelitian ini adalah menganalisis laju pertumbuhan karang, membandingkan time series suhu permukaan laut, salinitas, dan IOD terhadap laju pertumbuhan karang, serta menganalisis hubungan antara laju pertumbuhan karang dengan suhu permukaan laut, salinitas dan IOD di sekitar perairan Pulau Parsupahan, Pulau Merak, dan Pulau Aur.

MATERI DAN METODE

Lokasi sampel karang terbagi menjadi tiga wilayah yang terletak di bagian selatan Provinsi Sumatera Barat berdekatan dengan Samudera Hindia yaitu Pulau Parsupahan, Pulau Merak, Pulau Aur. Letak ketiga pulau ini saling berdekatan dengan lokasi paling utara secara berurutan yaitu Pulau Parsupahan, Pulau Merak, dan Pulau Aur. Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah karang *Porites sp* dan air. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah kompresor, gergaji mesin, dan alat tulis.

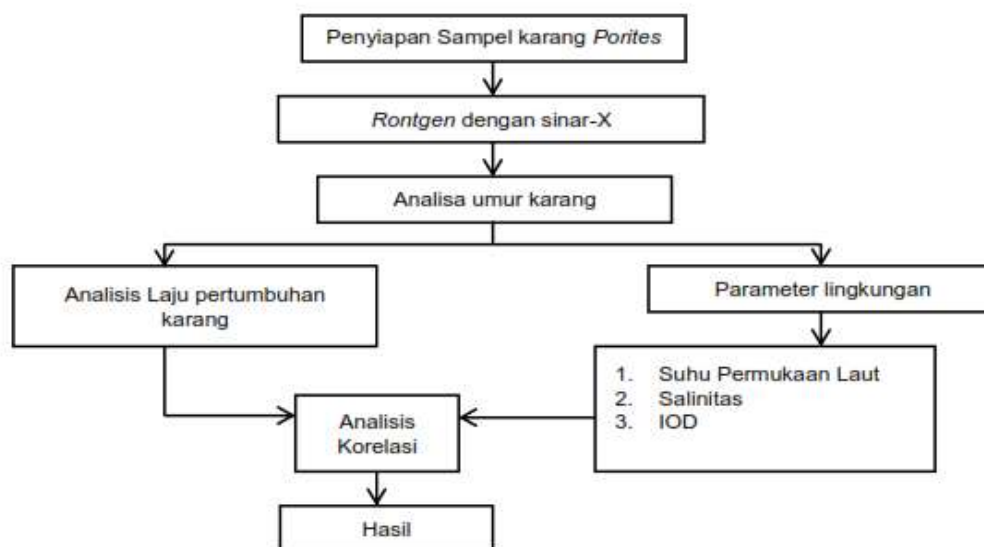


Gambar 1. Posisi Sampel Karang *Porites sp*

Pengolahan Data

Dalam penelitian ini digunakan data kuantitatif yang dianalisis dengan menggunakan perhitungan numerik dan analisis data yang saling berkaitan seperti pengaruh suhu permukaan laut, salinitas, dan IOD terhadap laju pertumbuhan karang *Porites sp*. Lalu hasil dari visualisasi akan dianalisis dengan mengaitkan masing-masing parameter dengan laju pertumbuhan karang *Porites sp*. Pengolahan data dilakukan dengan menggunakan Ms. Excel dan SPSS 21 dengan menggunakan regresi linear ganda untuk mengetahui korelasi antara suhu permukaan laut, salinitas, dan IOD terhadap laju pertumbuhan karang secara sekaligus, dan dengan menggunakan regresi linear sederhana untuk mengetahui korelasi antara suhu permukaan laut, salinitas, dan IOD terhadap laju pertumbuhan karang satu per satu. Penelitian ini menggunakan metode restropektif bertujuan untuk mengefisienkan waktu dan memanfaatkan software Coral X-Radiograph Densitometry System (CoralXDS) yang digunakan untuk menganalisis laju pertumbuhan karang.

Sampel karang dipotong dengan menggunakan gergaji mesin membentuk lempeng dengan tebal karang 0,5 cm. Setelah itu, karang dibersihkan dengan air dan dikeringkan. Setelah didapatkan sampel karang yang sudah dipotong dilakukan foto *rontgen* dengan menggunakan sinar X-Ray di laboratorium untuk melihat lapisan pertumbuhannya. Potongan karang diletakkan pada media aluminium. Analisis ini difokuskan untuk melihat dan mengetahui laju pertumbuhan linier karang. Hasil foto *rontgen* disimpan dalam format bitmap (BMP) dan diolah dengan menggunakan software CoralXDS.



Gambar 2. Diagram Alir penelitian

Pengolahan Data Suhu Permukaan Laut dan Salinitas

Data suhu permukaan laut dan salinitas didapat dari SODA (Simple Ocean Data Assimilation). Data SODA adalah program yang dimanfaatkan untuk mengembangkan reanalisis dari *upper ocean* untuk kepentingan studi iklim sebagai pelengkap reanalisis atmosfer (Carton dan Giese, 2008). Data ini diambil dari tahun 1900-2004 dengan lokasi koordinat *longitude* 100E dan *latitude* 1,25S. Grid ini merupakan grid terdekat dengan lokasi sampel karang yang diambil. Data SODA yang memiliki resolusi bulanan. Data bulanan dirata-ratakan lalu dijadikan data tahunan. Setelah didapat data tahunan lalu setiap masing-masing data suhu permukaan laut dan salinitas dihitung rata-rata, nilai maksimum, nilai minimum, dan nilai korelasinya.

Pengolahan Data IOD

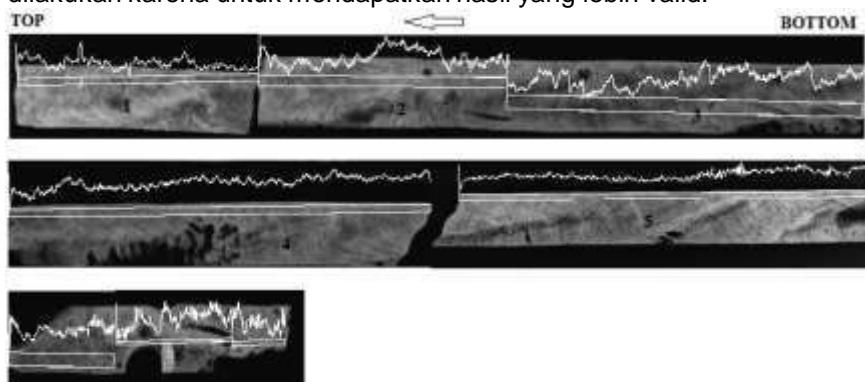
Data IOD didapat dari *Dipole Model Index* (DMI) jamstec yang dihasilkan dari data akses adISST tahun 1958-2004 dengan lokasi koordinat bagian Barat ekuator Samudera Hindia yaitu 50E-70E dan 10S-10N dan bagian Selatan Timur ekuator Samudera Hindia yaitu 90E-110E dan 10S-0N. Data yang didapat dari DMI Jamstec ini yaitu data perbulan sama halnya dengan data SODA yang sudah didapat. Maka dari itu diperlukan perlakuan yang sama yaitu data perbulan dirata-ratakan menjadi data tahunan. Data yang tersedia pada DMI Jamstec yaitu 46 tahun, nantinya data IOD yang digunakan yaitu sekitar dari tahun panjang karang yang panjangnya menyesuaikan dengan panjang data laju pertumbuhan karang yang akan dianalisa hasilnya. Setelah didapat data tahunan lalu data IOD dihitung rata-rata, nilai maksimum, nilai minimum, dan nilai korelasinya.

HASIL DAN PEMBAHASAN

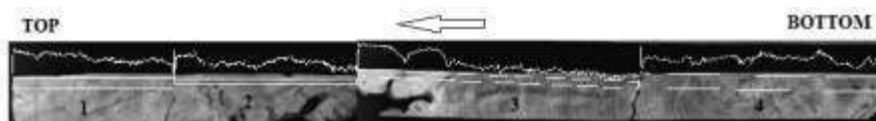
Lokasi Pulau Parsupahan letaknya paling Utara dibanding Pulau Merak dan Pulau Aur, lokasinya dekat dengan daratan pulau Sumatera Barat. Sedangkan Pulau Merak dan Pulau Aur lokasinya lebih ke Selatan dan jauh dari Pulau Sumatera Barat, lokasi Pulau Merak dan Pulau Aur masih terpapar oleh Samudera Hindia.

Laju Pertumbuhan Karang *Porites Sp* di Perairan Sumatera Barat

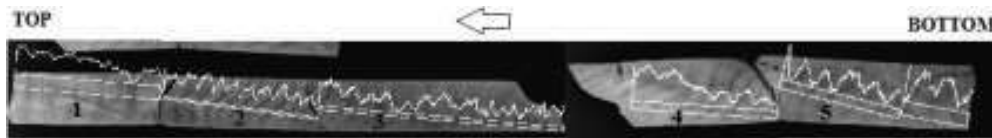
Analisa yang sudah diperoleh dengan menggunakan *software* Coral X-Radiograph Densitometry System yaitu pada sampel karang *Porites sp* yang diambil dari Perairan Pulau Parsupahan tumbuh selama 103 tahun dari 1901 hingga 2004 (Gambar 3), di Perairan Pulau Merak tumbuh selama 46 tahun dari 1958 hingga 2004 (Gambar 4), dan di Perairan Pulau Aur tumbuh selama 38 tahun dari 1966 hingga 2004 (Gambar 5). Pengukuran dilakukan tiga kali untuk setiap masing-masing sampel karang hal ini dilakukan karena untuk mendapatkan hasil yang lebih valid.



Gambar 3. Foto Rontgen Karang di Sekitar Perairan Pulau Parsupahan



Gambar 4. Foto Rontgen Karang di Sekitar Perairan Pulau Merak



Gambar 5. Foto Rontgen Karang di Sekitar Perairan Pulau Aur

Tabel 1. Ringkasan Statistik Laju Pertumbuhan Karang

Sampel	Tahun	Maksimal (cm/tahun)	Minimal (cm/tahun)	Rata-rata (cm/tahun)	Standar Deviasi
P. Parsupahan	1901-2004	1,83	0,46	0,99	0,27
P. Aur	1966-2004	2,43	0,72	1,26	0,32
P. Merak	1958-2004	1,86	0,52	1,25	0,35

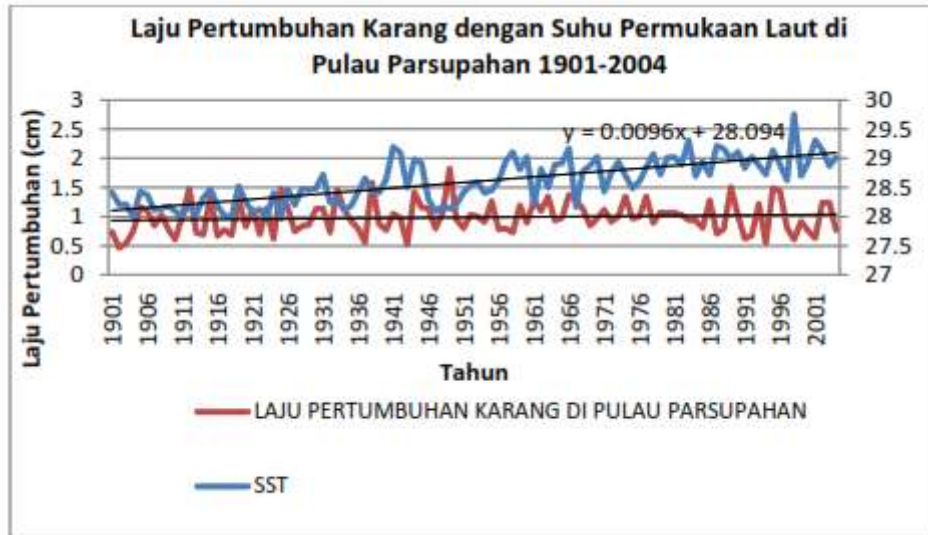
Hasil foto *rontgen* sampel karang dari Pulau Parsupahan tahun 1901 hingga 2004 (Gambar 3) menunjukkan laju pertumbuhan berkisar antara 0,46 – 1,83 cm/tahun dengan pertumbuhan terendah terjadi pada tahun 1902 dan tertinggi terjadi pada tahun 1949 serta rata-rata dari laju pertumbuhan karang sebesar 0,99 cm/ tahun. Sampel karang dari Pulau Merak tahun 1958 hingga 2004 (Gambar 4) menunjukkan laju pertumbuhan berkisar antara 0,52 - 1,86 cm/tahun dengan pertumbuhan terendah terjadi pada tahun 1968 dan tertinggi terjadi pada tahun 1984 serta rata-rata dari laju pertumbuhan karang sebesar 1,25 cm/tahun. Sampel karang dari Pulau Aur tahun 1966 hingga 2004 (Gambar 5) menunjukkan laju pertumbuhan berkisar antara 0,72 - 2,43 cm/tahun dengan pertumbuhan terendah terjadi pada tahun 1979 dan tertinggi terjadi pada tahun 2000 serta rata-rata dari laju pertumbuhan karang sebesar 1,26 cm/tahun.

Hubungan Suhu Permukaan Laut, Salinitas, dan IOD Terhadap Laju Pertumbuhan Karang *Porites sp* (Skenario 1)

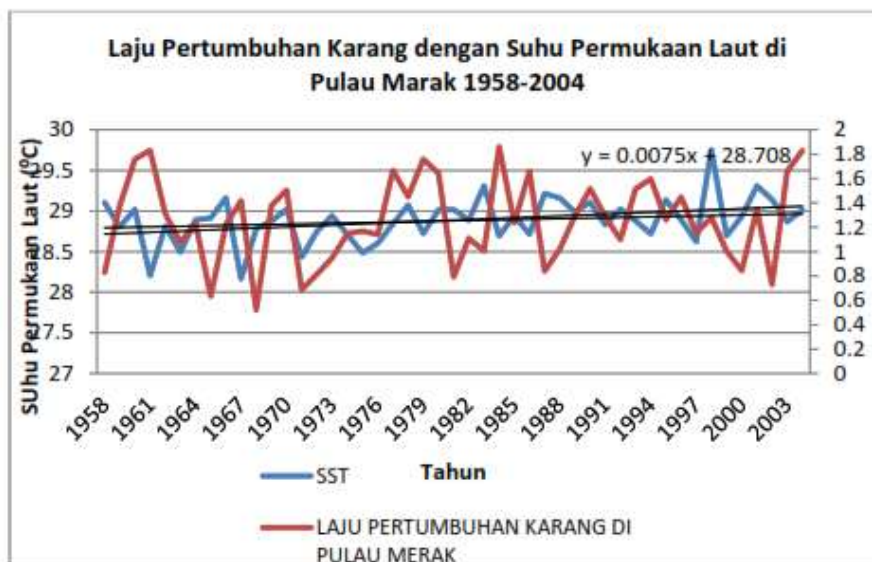
1. Suhu Permukaan Laut

Untuk mengetahui pengaruh suhu permukaan laut terhadap pertumbuhan karang dilakukan perbandingan antara kedua parameter tersebut sepanjang periode pertumbuhan karang (gambar 6 sampai 8). Suhu permukaan laut yang terendah terjadi pada tahun 1923 sebesar 27,95°C, tertinggi pada tahun 1998 sebesar 29,75°C, dan rata-rata suhu permukaan laut sebesar 28,59°C. Hasil analisis

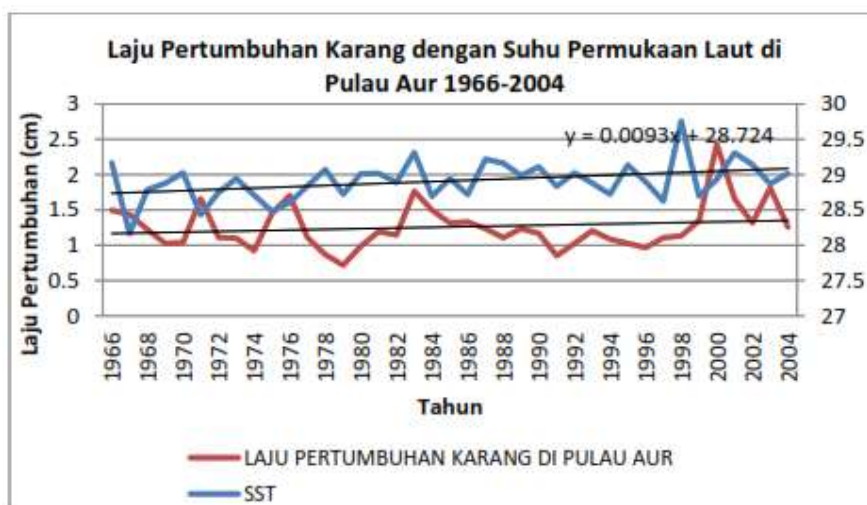
menunjukkan bahwa terdapat tren yang positif pada suhu permukaan laut dan laju pertumbuhan karang di Pulau Parsupahan, Pulau Merak, dan Aur. Tren peningkatan suhu permukaan laut di Pulau Parsupahan (dalam periode 1901 – 2004) dan Pulau Aur (1966 – 2004) sebesar 0,009°C/tahun dan pada Pulau Merak sebesar 0,007°C/tahun (dalam periode 1958 - 2004), sedangkan tren peningkatan laju pertumbuhan karang di Pulau Parsupahan sebesar 0,004 cm/tahun, di Pulau Merak sebesar 0,002 cm/tahun, dan di Pulau Aur sebesar 0,001 cm/tahun. Hal ini menunjukkan bahwa tren peningkatan suhu permukaan laut berbanding lurus dengan tren peningkatan laju pertumbuhan karang. Hasil penelitian ini sesuai dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh (Tito *et al*, 2013) yang menjelaskan bahwa tren peningkatan suhu permukaan laut dengan laju pertumbuhan sama-sama mengalami peningkatan dan berbanding lurus. Hal ini disebabkan lokasi yang mendukung adanya terjadinya peningkatan suhu seperti terjadinya pemanasan global, namun bukan berarti adanya pemanasan global laju pertumbuhan karang juga meningkat, tetapi dalam batas yang wajar antara suhu permukaan laut dengan laju pertumbuhan karang.



Gambar 6. Laju Pertumbuhan Karang dengan Suhu di Pulau Parsupahan 1901-2004 ASDFA



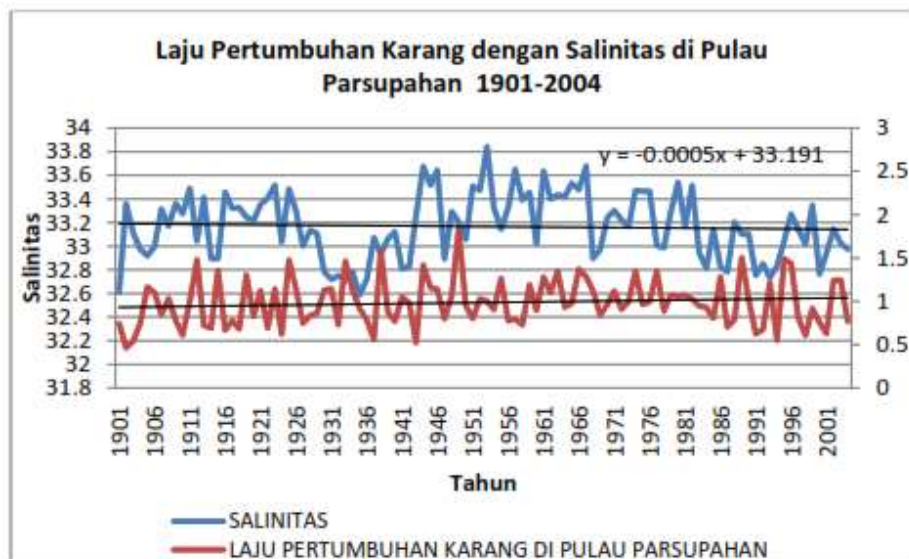
Gambar 7. Laju Pertumbuhan Karang dengan Suhu di Pulau Marak 1958-2004



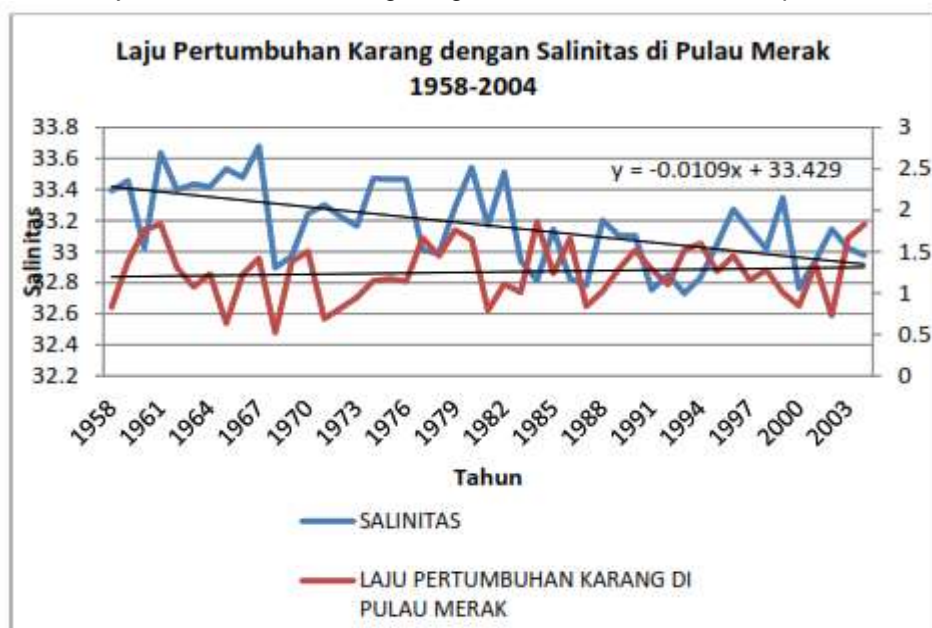
Gambar 8. Laju Pertumbuhan Karang dengan Suhu di Pulau Aur 1966-2004

2. Salinitas

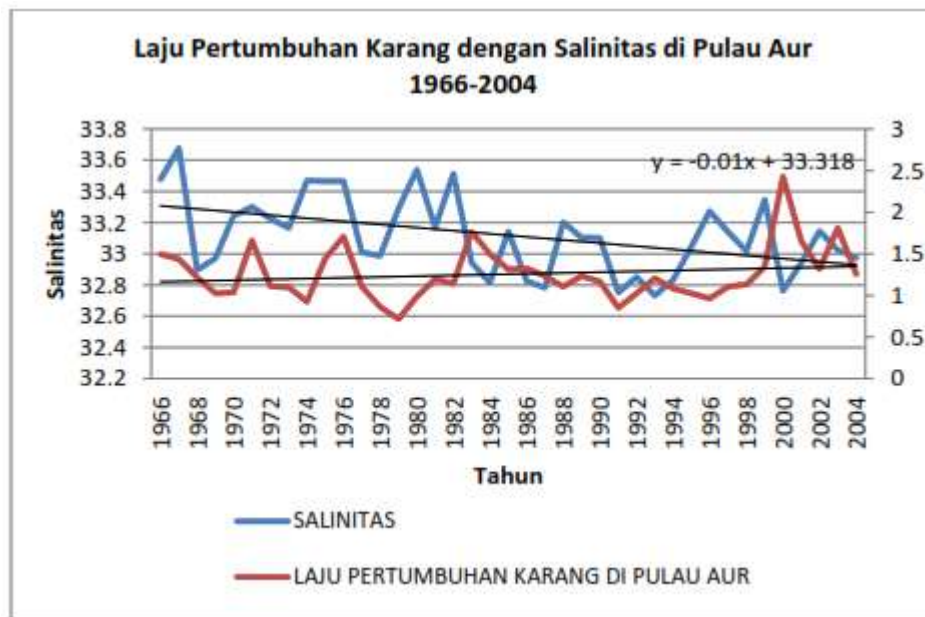
Untuk mengetahui pengaruh salinitas permukaan laut terhadap pertumbuhan karang dilakukan perbandingan antara kedua parameter tersebut sepanjang periode pertumbuhan karang (gambar 9 sampai 11). Salinitas permukaan laut yang terendah terjadi pada tahun 1935 sebesar 32,88 psu, tertinggi pada tahun 1953 sebesar 33,84 psu, dan rata-rata salinitas permukaan laut sebesar 33,16. Hasil analisis menunjukkan bahwa terdapat tren penurunan salinitas permukaan laut sedangkan terjadi peningkatan laju pertumbuhan karang di Pulau Parsupahan, Merak, dan Aur. Tren penurunan salinitas permukaan laut di Pulau Parsupahan sebesar -0,0005 psu/tahun, di Pulau Merak sebesar -0,0109 psu/tahun, sedangkan tren peningkatan laju pertumbuhan karang di Pulau Parsupahan sebesar 0,004 cm/tahun, di Pulau Merak sebesar 0,002 cm/tahun, dan di Pulau Aur sebesar 0,001 cm/tahun. Hal ini menunjukkan bahwa tren penurunan salinitas permukaan laut berbanding terbalik dengan tren peningkatan laju pertumbuhan karang. Hasil penelitian ini sesuai dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh (Tito, 2013) yang menjelaskan bahwa tren penurunan salinitas berbanding terbalik dengan dengan laju pertumbuhan. Hal ini disebabkan lokasi perairan yang cukup unik yang mendukung adanya terjadinya penurunan salinitas seperti terjadinya pemanasan global, namun bukan berarti adanya pemanasan global laju pertumbuhan karang juga meningkat, tetapi dalam batas yang wajar antara salinitas dengan laju pertumbuhan karang.



Gambar 9. Laju Pertumbuhan Karang dengan Salinitas di Pulau Parsupahan 1901-2004



Gambar 10. Laju Pertumbuhan Karang dengan Salinitas di Pulau Merak 1958-2004



Gambar 11. Laju Pertumbuhan Karang dengan Salinitas di Pulau Aur 1966-2004

3. India Ocean Dipole

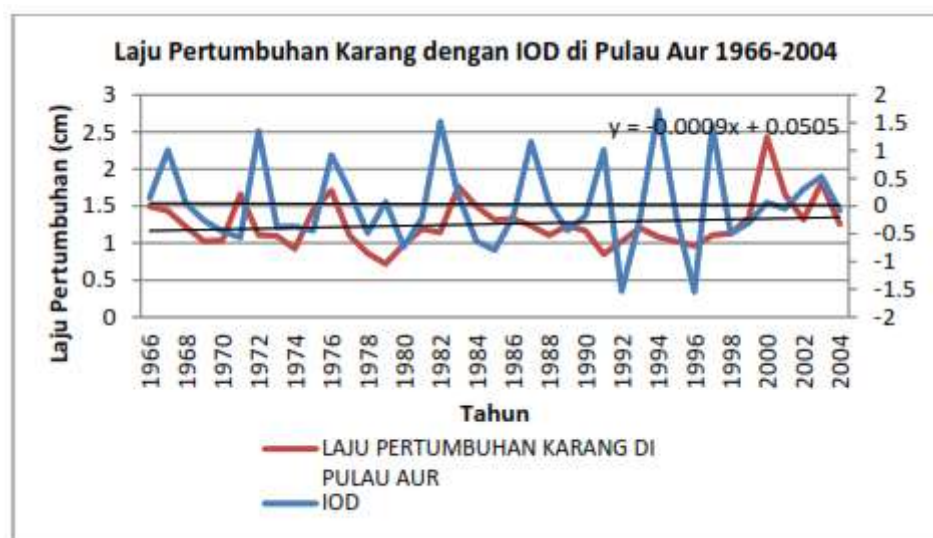
Untuk mengetahui pengaruh IOD terhadap pertumbuhan karang dilakukan perbandingan antara kedua parameter indeks IOD tersebut sepanjang periode pertumbuhan karang (Gambar 12 sampai 14). Indeks IOD atau yang biasa disebut sebagai *Dipole Mode Indeks* (DMI) terendah terjadi pada tahun 1964 sebesar -1,54, tertinggi pada tahun 1994 sebesar 1,72, dan rata-rata DMI sebesar -0,008 dalam periode 1958 – 2004.



Gambar 12. Laju Pertumbuhan Karang dengan IOD di Pulau Parsupahan 1901-2004



Gambar 13. Laju Pertumbuhan Karang dengan IOD di Pulau Merak 1958-2004



Gambar 14. Laju Pertumbuhan Karang dengan IOD di Pulau Aur 1966-2004

Tabel 2. Ringkasan Statistik Hubungan Parameter Lingkungan Laut dan Laju Pertumbuhan Karang (skenario 1)

	Suhu			Salinitas			IOD		
	P.Parsupahan	P.Merak	P.Aur	P.Parsupahan	P.Merak	P.Aur	P.Parsupahan	P.Merak	P.Aur
R	0.020	0.124	0.073	0.135	0.097	0.084	0.033	0.022	0.091
Sig	0.840	0.405	0.660	0.172	0.515	0.610	0.740	0.885	0.582
Standart Error	0.270	0.340	0.320	0.270	0.340	0.320	0.274	0.340	0.320

* P. Parsupahan (1901-2004), P. Merak (1966-2004), P. Aur (1958-2004)

Hubungan suhu permukaan laut dengan laju pertumbuhan karang di sekitar perairan Pulau Parsupahan memiliki nilai korelasi tergolong lemah serta tidak signifikan, sedangkan di Pulau Merak, dan Pulau Aur nilai korelasi yang sangat lemah dan tidak signifikan. Tidak adanya korelasi dan signifikansi antara masing-masing parameter dengan laju pertumbuhan karang diduga disebabkan

oleh adanya parameter lain yang lebih mempengaruhi laju pertumbuhan karang disekitar Pulau Parsupahan, Pulau Merak, dan Pulau Aur daripada suhu permukaan laut. Hal ini sama dengan penelitian Corvianawatie (2015) di Teluk Ambon yang menunjukkan bahwa nilai korelasi yang sangat rendah terhadap laju pertumbuhan karang hal ini diduga terdapat faktor lain seperti pH, nutrisi, atau sedimentasi. Berbeda dengan penelitian Cahyarini (2011) di tiga pulau di Kepulauan Seribu, letak pulau yang jauh dari pantai menunjukkan nilai korelasi yang cukup tinggi hal ini diduga karena letak pulau yang jauh dari daratan.

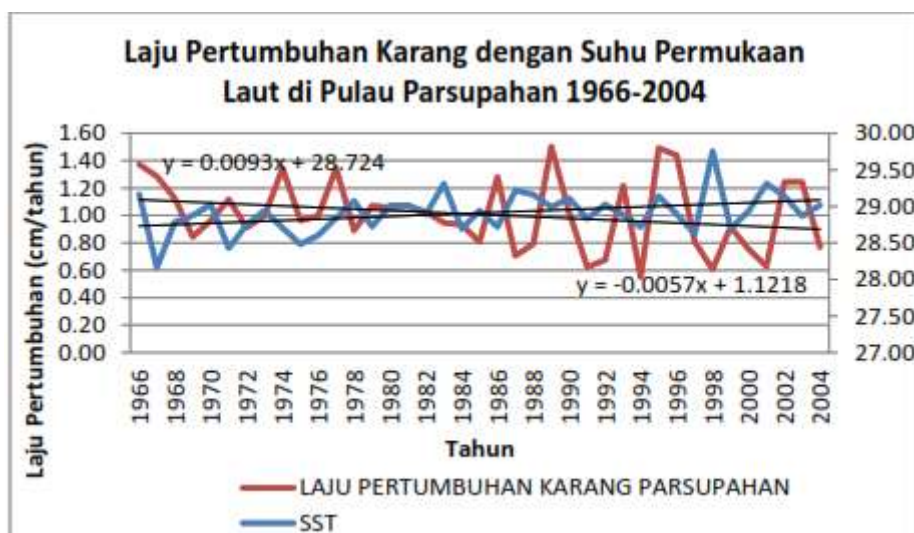
Hubungan salinitas dengan laju pertumbuhan karang di sekitar perairan Pulau Parsupahan memiliki nilai korelasi tergolong lemah serta tidak signifikan, di sekitar Pulau Merak dan Pulau Aur memiliki nilai korelasi tergolong sangat lemah dan tidak signifikan. Adanya ketidak korelasian dan ketidaksignifikanan masing-masing parameter dengan laju pertumbuhan karang disebabkan diduga adanya parameter lain yang mempengaruhi laju pertumbuhan karang disekitar Pulau Parsupahan, Pulau Merak, dan Pulau Aur selain dari salinitas.

Hubungan IOD dengan laju pertumbuhan karang di sekitar perairan Pulau Parsupahan, Pulau Merak, dan Pulau Aur memiliki nilai korelasi tergolong sangat lemah serta tidak signifikan. Adanya ketidak korelasian dan ketidaksignifikanan masing-masing parameter dengan laju pertumbuhan karang disebabkan diduga adanya parameter lain yang mempengaruhi laju pertumbuhan karang disekitar Pulau Parsupahan, Pulau Merak, dan Pulau Aur selain dari IOD.

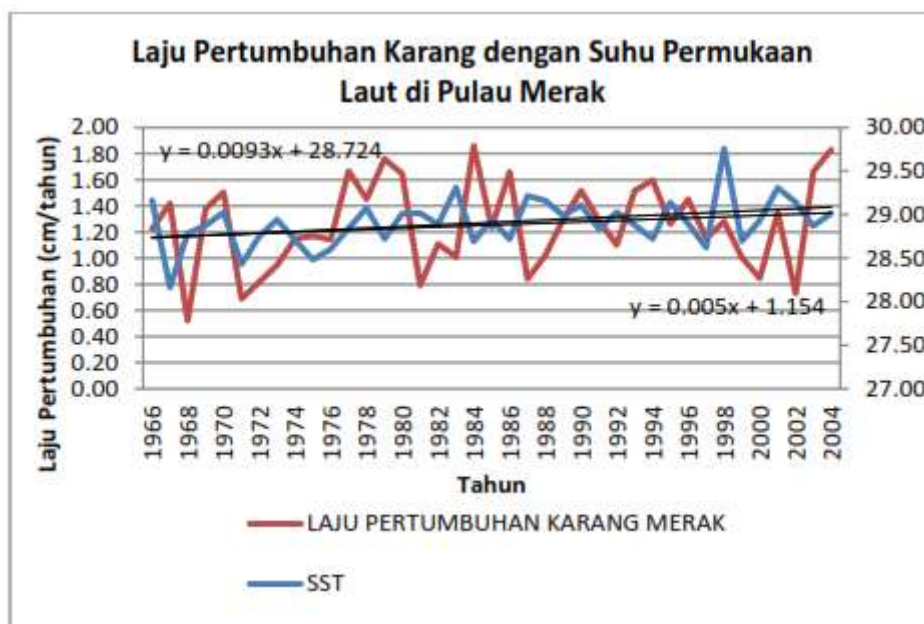
Hubungan Suhu Permukaan Laut, Salinitas, dan IOD Terhadap Laju Pertumbuhan Karang *Porites sp* (Skenario 2)

1. Suhu Permukaan Laut

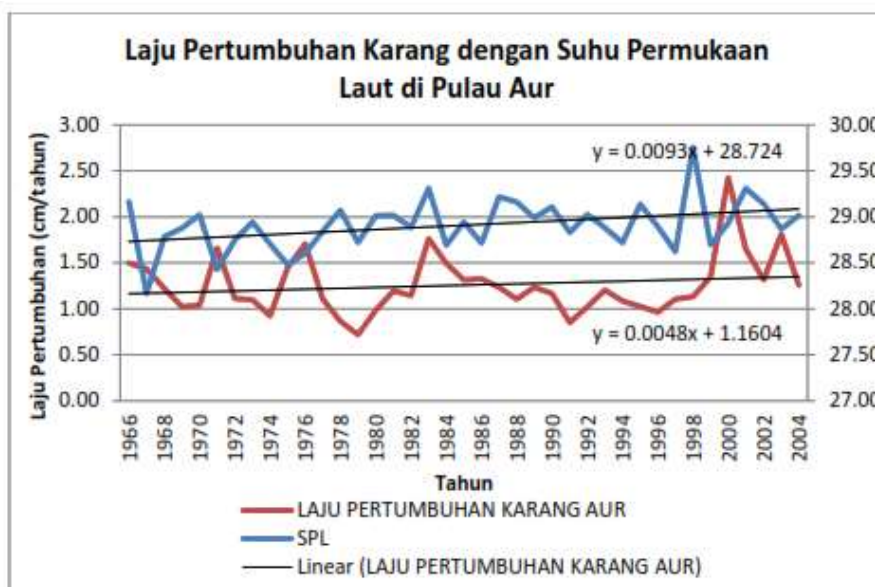
Untuk mengetahui pengaruh suhu permukaan laut terhadap pertumbuhan karang dilakukan perbandingan antara kedua parameter tersebut sepanjang periode pertumbuhan karang (Gambar 15 sampai 17). Suhu permukaan laut yang terendah terjadi pada tahun 1967 sebesar 28,17°C, tertinggi pada tahun 1988 sebesar 29,75°C, dan rata-rata suhu permukaan laut sebesar 28,91°C. Hasil analisis menunjukkan bahwa terdapat tren yang positif antara suhu permukaan laut dan laju pertumbuhan karang di Pulau Parsupahan, Pulau Merak, dan Aur. Tren peningkatan suhu permukaan laut di Pulau Parsupahan, Pulau Merak, dan Pulau Aur sebesar 0,009°C/tahun, sedangkan tren penurunan laju pertumbuhan karang di Pulau Parsupahan sebesar -0,005 cm/tahun, tren peningkatan terjadi di Pulau Merak sebesar 0,005 cm/tahun, dan di Pulau Aur sebesar 0,004 cm/tahun. Hal ini menunjukkan bahwa tren peningkatan suhu permukaan laut berbanding terbalik dengan tren penurunan laju pertumbuhan karang di Pulau Parsupahan, namun keadaan sebaliknya yaitu adanya tren peningkatan suhu permukaan laut dengan peningkatan laju pertumbuhan yang berbanding lurus di Pulau Merak dan Pulau Aur.



Gambar 15. Laju Pertumbuhan Karang dengan Suhu di Pulau Parsupahan 1966-2004



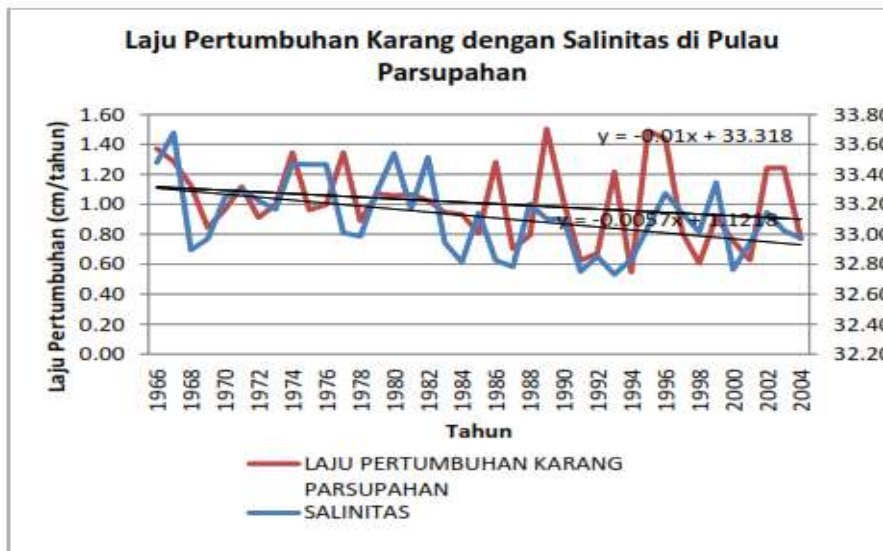
Gambar 16. Laju Pertumbuhan Karang dengan Suhu di Pulau Merak 1966-2004



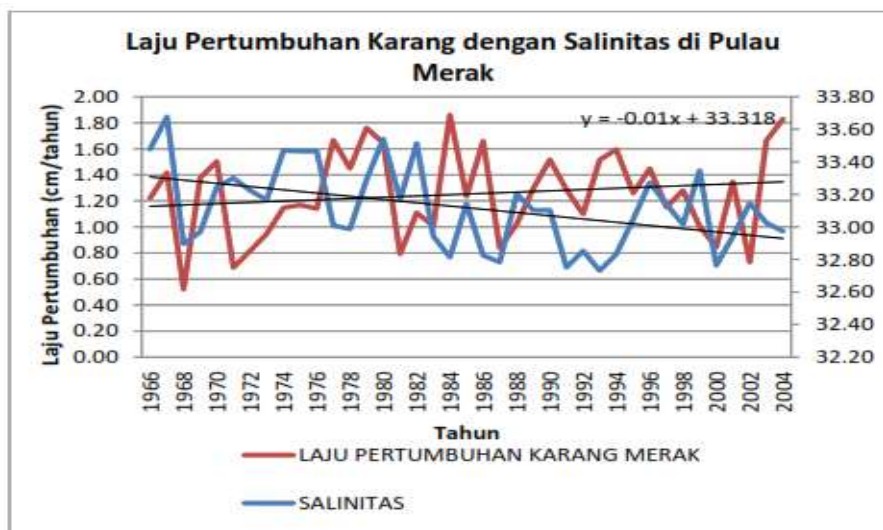
Gambar 17. Laju Pertumbuhan Karang dengan Suhu di Pulau Aur 1966-2004

2. Salinitas

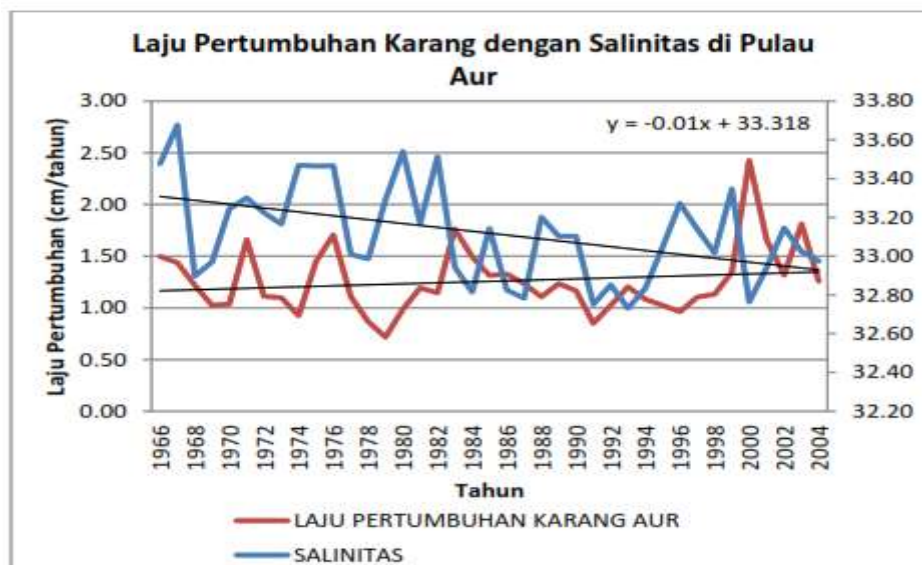
Untuk mengetahui pengaruh salinitas terhadap pertumbuhan karang dilakukan perbandingan antara kedua parameter tersebut sepanjang periode pertumbuhan karang (Gambar 18 sampai 20). Salinitas yang terendah terjadi pada tahun 1993 sebesar 32,73 psu, tertinggi pada tahun 1967 sebesar 33,68 psu, dan rata-rata salinitas sebesar 33,12. Hasil analisis menunjukkan bahwa terdapat tren penurunan salinitas pada Pulau Parsupahan, Pulau Merak dan Pulau Aur dan penurunan tren laju pertumbuhan di Pulau Parsupahan serta tren peningkatan laju pertumbuhan karang di Pulau Merak, dan Aur. Tren penurunan salinitas permukaan laut di Pulau Parsupahan, Pulau Merak dan Pulau Aur sebesar -0,01, sedangkan tren penurunan laju pertumbuhan karang di Pulau Parsupahan sebesar -0,005 cm/tahun, dan tren peningkatan di Pulau Merak sebesar 0,005 cm/tahun, dan di Pulau Aur sebesar 0,004 cm/tahun. Hal ini menunjukkan bahwa tren penurunan salinitas berbanding lurus dengan tren penurunan laju pertumbuhan karang di Pulau Parsupahan, sebaliknya tren penurunan salinitas berbanding terbalik dengan tren peningkatan laju pertumbuhan karang di Pulau Merak dan Pulau Aur.



Gambar 18. Laju Pertumbuhan Karang dengan Salinitas di Pulau Parsupahan 1966-2004



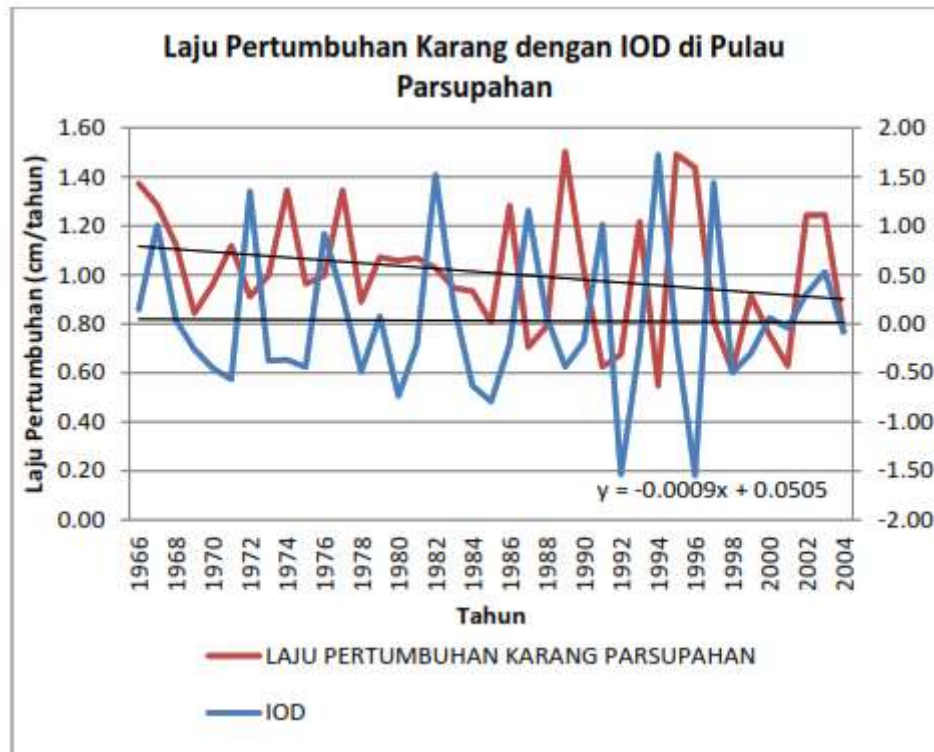
Gambar 19. Laju Pertumbuhan Karang dengan Salinitas di Pulau Merak 1966-2004



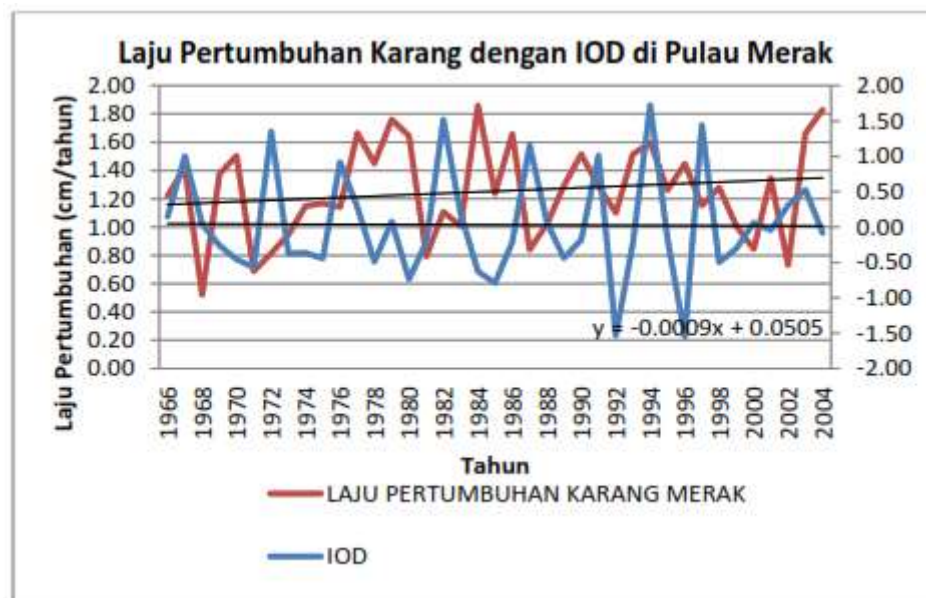
Gambar 20. Laju Pertumbuhan Karang dengan Salinitas di Pulau Aur 1966-2004

3. Indian Ocean Dipole

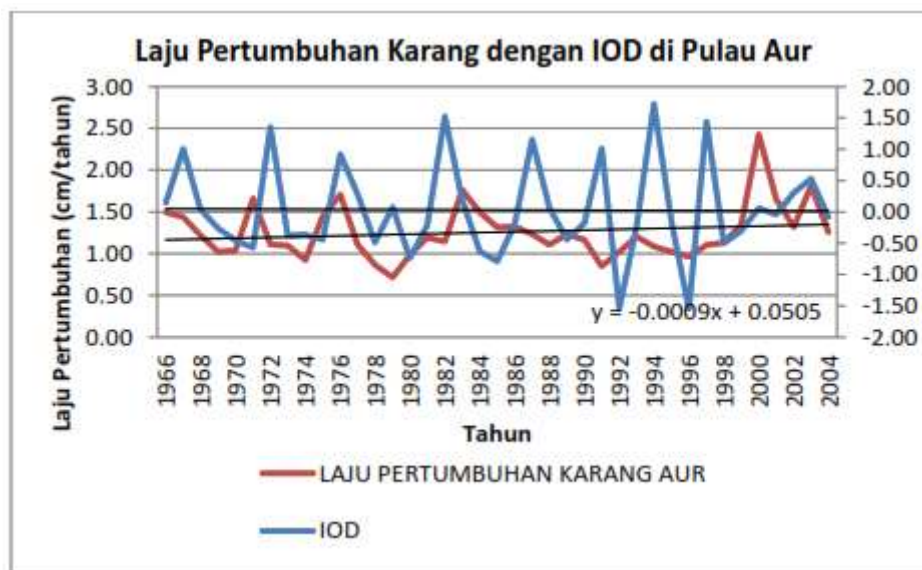
Untuk mengetahui pengaruh IOD terhadap pertumbuhan karang dilakukan perbandingan antara kedua parameter tersebut sepanjang periode pertumbuhan karang (Gambar 21 sampai 23). DMI yang terendah terjadi pada tahun 1996 sebesar -1,55, tertinggi pada tahun 1994 sebesar 1,72, dan rata-rata DMI sebesar 0,03 dalam periode 1966 – 2004.



Gambar 21. Hubungan Laju Pertumbuhan Karang dengan IOD di Pulau Parsupahan



Gambar 22. Hubungan Laju Pertumbuhan Karang dengan IOD di Pulau Merak



Gambar 23. Hubungan Laju Pertumbuhan Karang dengan IOD di Pulau Aur

Tabel 3. Ringkasan Statistik Hubungan Parameter Lingkungan Laut dan Laju Pertumbuhan Karang (skenario 2)

	Suhu			Salinitas			IOD		
	P.Parsupahan	P.Merak	P.Aur	P.Parsupahan	P.Merak	P.Aur	P.Parsupahan	P.Merak	P.Aur
R	0.236	0.049	0.073	0.383	0.087	0.084	0.203	0.124	0.091
Sig	0.147	0.769	0.660	0.016	0.598	0.610	0.215	0.451	0.582
Standart Error	0.254	0.340	0.326	0.242	0.339	0.325	0.256	0.338	0.325

* P. Parsupahan, P. Merak, P. Aur (1966-2004)

Hubungan suhu permukaan laut dengan laju pertumbuhan karang di sekitar perairan Pulau Parsupahan memiliki nilai korelasi tergolong lemah serta tidak signifikan, di sekitar Pulau Merak dan Aur memiliki nilai korelasi tergolong sangat lemah dan tidak signifikan. Tidak adanya korelasi dan signifikansi antara masing-masing parameter dengan laju pertumbuhan karang diduga disebabkan oleh adanya parameter lain yang lebih mempengaruhi laju pertumbuhan karang disekitar Pulau Parsupahan, Pulau Merak, dan Pulau Aur daripada suhu permukaan laut.

Hubungan salinitas dengan laju pertumbuhan karang di sekitar perairan Pulau Parsupahan memiliki nilai korelasi tergolong lemah serta signifikan positif, di sekitar Pulau Merak dan Pulau Aur memiliki nilai korelasi tergolong sangat lemah dan tidak signifikan. Adanya ketidak korelasian dan ketidaksignifikanan masing-masing parameter dengan laju pertumbuhan karang disebabkan diduga adanya parameter lain yang mempengaruhi laju pertumbuhan karang disekitar Pulau Parsupahan, Pulau Merak, dan Pulau Aur selain dari salinitas.

Hubungan IOD dengan laju pertumbuhan karang di sekitar perairan Pulau Parsupahan memiliki nilai korelasi tergolong lemah serta tidak signifikan, di sekitar Pulau Merak dan Pulau Aur memiliki nilai korelasi tergolong sangat lemah dan tidak signifikan. Adanya ketidak korelasian dan ketidaksignifikanan masing-masing parameter dengan laju pertumbuhan karang disebabkan diduga adanya parameter lain yang mempengaruhi laju pertumbuhan karang disekitar Pulau Parsupahan, Pulau Merak, dan Pulau Aur selain dari IOD.

Tabel 4. Ringkasan Statistik Gabungan Seluruh Hubungan Parameter Lingkungan Laut dan Laju Pertumbuhan Karang (skenario 2)

	Suhu, Salinitas, dan IOD		
	P.Parsupahan	P.Merak	P.Aur
R	0.467	0.189	0.150
Sig	0.033	0.730	0.835
Standart Error	0.238	0.344	0.332

Pada korelasi linear ganda ini digunakan untuk menghubungkan seluruh parameter terhadap laju pertumbuhan karang di setiap lokasi. Untuk perhitungan korelasi serta nilai signifikansi dengan regresi linear ganda yang telah dianalisa dengan SPSS 21 (Tabel 4). Hasil penelitian menunjukkan hubungan parameter suhu permukaan laut, salinitas, dan IOD terhadap laju pertumbuhan karang di sekitar Pulau Parsupahan pada tahun 1966 hingga 2004 memiliki nilai korelasi yaitu 0,467 hal ini menunjukkan bahwa nilai korelasi tergolong sedang. Nilai signifikansi sebesar 0,033 yang menunjukkan bahwa adanya pengaruh dari ketiga parameter yang mempengaruhi laju pertumbuhan karang *Porites sp.* Apabila data terlihat signifikan maka dilanjutkan dengan uji parsial yang fungsinya untuk mengetahui parameter yang paling mendominasi, hasil uji parsial untuk Pulau Parsupahan bahwa nilai salinitas yang paling berpengaruh dalam laju pertumbuhan karang.

Hal yang sama terlihat pula pada hasil analisis data Pulau Merak. Hasil penelitian menunjukkan hubungan parameter suhu permukaan laut, salinitas, dan IOD terhadap laju pertumbuhan karang di sekitar Pulau Merak pada tahun 1966 hingga 2004 memiliki nilai korelasi yaitu 0,189 hal ini menunjukkan bahwa nilai korelasi tergolong lemah. Nilai signifikansi sebesar 0,730 yang menunjukkan bahwa tidak adanya pengaruh dari ketiga parameter yang mempengaruhi laju pertumbuhan karang *Porites sp.* Tidak terkecuali pada Pulau Aur, Hasil penelitian menunjukkan hubungan parameter suhu permukaan laut, salinitas, dan IOD terhadap laju pertumbuhan karang di sekitar Pulau Merak pada tahun 1966 hingga 2004 memiliki nilai korelasi yaitu 0,150 hal ini menunjukkan bahwa nilai korelasi tergolong lemah. Nilai signifikansi sebesar 0,835 yang menunjukkan bahwa tidak adanya pengaruh dari ketiga parameter yang mempengaruhi laju pertumbuhan karang *Porites sp.*

Dapat disimpulkan bahwa hubungan suhu permukaan laut, salinitas, dan IOD dengan laju pertumbuhan karang secara sekaligus di sekitar perairan Pulau Parsupahan memiliki nilai korelasi tergolong sedang serta signifikan, di sekitar Pulau Merak dan Aur memiliki nilai korelasi tergolong sangat lemah dan tidak signifikan. Apabila dilihat dari data keseluruhan nilai korelasi keseluruhan parameter terhadap pertumbuhan karang lebih besar daripada korelasi masing-masing parameter terhadap pertumbuhan karang. Hal ini diduga karena keterkaitan antar masing-masing parameter yaitu suhu permukaan laut, salinitas, dan IOD yang saling terkait yang pada akhirnya membuat karang *Porites sp* tumbuh, jadi tidak hanya mengaitkan antar masing-masing parameter saja akan tetapi dengan mengaitkan semua parameter secara sekaligus, namun nilai korelasi yang dihasilkan dengan mengaitkan seluruh parameter juga masih tergolong rendah yaitu 0,467 pada perairan Pulau Parsupahan, 0,189 pada perairan Pulau Merak, dan 0,150 pada perairan Pulau Aur, dan perlu diadakan penelitian lebih lanjut.

Hal seperti ini terjadi pada jurnal (Tito *et al.*, 2013) yang menunjukkan bahwa penelitiannya juga memiliki korelasi yang lemah dengan mengaitkan masing-masing parameter terhadap laju pertumbuhan dan mengaitkan antar parameter secara sekaligus terhadap laju pertumbuhan. Hasilnya menunjukkan bahwa nilai korelasi lebih besar ditunjukkan oleh korelasi yang mengaitkan parameter secara sekaligus dari pada mengaitkan setiap parameter dengan laju pertumbuhan karang *Porites sp.* Diduga adanya parameter lain yang mempengaruhi laju pertumbuhan karang selain suhu permukaan laut, salinitas, dan IOD.

KESIMPULAN DAN SARAN

1. Skenario 1 laju pertumbuhan korelasi masing-masing parameter tidak berkorelasi secara signifikan terhadap laju pertumbuhan karang.
2. Skenario 2 korelasi antara masing-masing parameter terhadap laju pertumbuhan karang di Pulau Parsupahan lemah dan tidak signifikan, sedangkan di Pulau Merak dan Aur

korelasinya sangat lemah dan tidak signifikan. Korelasi yang sangat lemah dan tidak signifikan juga terlihat pada hubungan antara IOD dan laju pertumbuhan karang.

3. Korelasi gabungan parameter terhadap laju pertumbuhan karang lebih besar dibandingkan membandingkan parameter satu per satu.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih disampaikan kepada pusat penelitian LIPI Geoteknologi Bandung dan UPT Loka Pengembangan Kompetensi SDM Oseanografi Jakarta. Kami berterima kasih kepada ibu Dr. Sri Yudawati Cahyarini untuk diskusinya dan Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan yang sudah memberikan dukungan.

DAFTAR PUSTAKA

- Cahyarini, S. Y. (2011). Pertambahan Penduduk, Variasi Interannual Suhu Permukaan Laut dan Pengaruhnya Terhadap Pertumbuhan Linier Karang Porites di Kepulauan Seribu. *Jurnal Lingkungan dan Bencana Geologi*, 2, 39 – 48.
- Carton, J. A. dan B. S. Giese. (2005). SODA: A Reanalysis of Ocean Climate, Department of Atmospheric and Oceanic, University of Maryland.
- Coral X-Radiograph Densitometry System. Gambar CoralXDS. 2015.
- Corvianawatie, C., Cahyarini S. Y., dan M. R. Putri. (2015). The Effect of Changes in Sea Surface Temperature on Linear Growth of Porites Coral in Ambon Bay. AIP Conference Proceeding 1677, 060008.
- Dipo, P., Nurjaya I. W. Syamsudin, F. (2011). Karakteristik Oseanografi Fisik di Perairan Samudera Hindia Timur pada saat Fenomen Indian Ocean Dipole (IOD) Fase Positif Tahun 1994/1995, 1997/1998, dan 2006/2007. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*, 3, 71-84.
- Klein, R dan Y. Loya. (1991). Skeletal Growth and Density Patterns of Two Porites Corals From the Gulf of Eilat, Red Sea. *Marine Ecology Progress Series Bol.* 77, 253-259.
- Lough, J. M. D. J. Barnes M. J. Devereux. (1999). *Variability Growth Characteristics of Massive Porites in the Great Barrier Reef*. CRC Reef Research Centre Technical Report No. 28. Townsville.
- Lough, J. M dan D. J. Barnes. (1997). Several Centuries of Variation in Skeletal Extension, Density and Calcification in Massive Porites Colonies from the Great Barrier Reef: A Proxy for Seawater Temperature and a Background of Variability Against Which to Identify Unnatural Change. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 211, 29-67.
- Mccook, L. J. (1999). *Environmental Status of the Great Barrier Reef: Macroalgae (Seaweeds)*. Centre for Marine Studies, University of Queensland, St Lucia, Australia.
- Nur'utami, M. N dan R. Hidayat. (2016). Influences of IOD dan ENSO to Indonesia Rainfall Variability: Role of Atmosphere-Ocean Interaction in the Indo-Pacific Sector. The 2nd International Symposium on LAPAN-IPB Satellite for Food Security and Environmental Monitoring 2015, LISAT-FSEM 2015. *Procedia Environmental Sciences*, 22, 196-203.
- Purnamasari, I. A dan S. Y. Cahyarini. (2010). Suhu Muka Laut dan Pengaruhnya Terhadap Pertumbuhan Linier Karang Kepulauan Seribu. *Riset Geologi dan Pertambangan*, 200, 111-117.
- Rani, C, J. Jamaluddin, Amiruddin. (2004). Pertumbuhan Tahunan Karang Keras Porites Lutea Di Kepulauan Spermonde: Hubungannya Dengan Suhu Dan Curah Hujan. *Torani*, 14(4), 195-203.
- Saji, N. H, B. N Goswami, P. N. Vinayachandran, dan T. Yamagata. (1999). A Dipole Mode in the Tropical Indian Ocean. *Nature*, 401.
- Semedi, B dan R. Fajar. (2016). Estimation of Stress Levels of Coral Reefs Bleaching Using Night-Time Satellite Data: A Case Study of Indonesia Tropical Waters. *Nature Environment and Pollution Technology an International Quarterly Scientific Journal*, 1, 297-300.
- Tito, C. K., A. Jusach, J. Jenhar, M. Wasis, dan A. Rohman. (2013). Kajian SPL, Presipitasi, dan Salinitas Kaitannya dengan Laju Pertumbuhan Karang Porites di Nusa Penida, Bali. *Seminar Nasional Perikanan dan Kelautan*, V, 499 – 503.
- Veron, J. E. N. (1986). *Corals of Australia and Indo-Pacific*. University of Hawaii Press. Honolulu.
- Yulihastin, Suryantoro, dan Krisminto. (2009). Penentuan Onset Monsun di Jawa Barat, Banten, dan DKI Jakarta, Berbasis Observasi Satelit TRMM. *Prosiding Semunar Nasional Fisika*, 55-65.

MONITORING CORALS AND FISH ABUNDANCE IN SIMEULUE ISLAND, ACEH PROVINCE BEFORE MASS BLEACHING PHENOMENON CAUSED BY ENSO IN 2016

PEMANTAUAN KARANG DAN KELIMPAHAN IKAN KARANG DI PULAU SIMEULUE, PROVINSI ACEH SEBELUM FENOMENA PEMUTIHAN MASAL YANG DISEBABKAN OLEH ENSO PADA TAHUN 2016

Ulung J. Wisna*, Koko Ondara, Wisnu A. Gemilang, Guntur A. Rahmawan, and Ruzana Dhiauddin

Research Institute of Coastal Resources and Vulnerability, Ministry of Marine Affairs and Fisheries
Jl. Raya Padang-Painan KM. 16, Bungus, Padang, West Sumatera 25245

*Corresponding author e-mail: ulungjantama@gmail.com

ABSTRACT

Simeulue Island is one of the outermost islands in Indonesia located in the west part of Aceh Province directly bordered by the Indian Ocean. Simeulue waters are fertile area due to the minimal pollution and great biomass. Several regions that become the area of significance are Simeuluecut, Ganting, and Labuhan Bajau where the marine tourism is the major activity that may influence the coral reef ecosystem. This study aims to evaluate the condition of coral and fish in those three significance regions before mass bleaching in 2016 triggered by ENSO. Point Intercept Transect (PIT) method was employed to record the percentage cover of coral and fish. Ganting waters are moderate ecosystem area which the %cover reached 45.62 %. Whilst, In the Simeuluecut and Labuhan Bajau waters, the coral reef community is excellent with the high diversity and coral cover reached 83.12% and 81.25 % respectively in which the most abundant genera of coral fish are observed in the Simeuluecut waters. Water quality condition also supports the coral growth and the abundance of coral fish. Based on the results, it can be concluded that Simeulue waters are still fertile and unpolluted. This condition oppositely changed in 2016 when mass bleaching threatened Simeulue waters due to temperature anomaly triggered by ENSO phenomenon. The temperature increases almost 3°C for 6 month which undoubtedly induces bleaching reached 50% of coral colony causing a dramatic coral cover and recruitment declinations.

Keywords: coral monitoring, coral fish, Simeuleu Island, mass bleaching, ENSO.

ABSTRAK

Pulau Simeulue merupakan salah satu dari pulau-pulau terluar di Indonesia yang berada di sebelah barat Provinsi Aceh dan secara langsung berbatasan dengan Samudera Hindia. Perairan Simeulue merupakan wilayah yang subur karena sedikit polusi dan biomasa yang besar. Beberapa wilayah yang menjadi area kepentingan adalah Simeuluecut, Ganting, dan Labuhan Bajau dimana wisata bahari menjadi aktivitas utama yang mungkin mempengaruhi ekosistem terumbu karang. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menilai kondisi karang dan ikan karang pada tiga wilayah kepentingan tersebut sebelum kejadian pemutihan masal pada tahun 2016 yang dipicu oleh ENSO. Metode Point Intercept Transect (PIT) digunakan untuk menilai persen tutupan karang dan ikan karang. Perairan Ganting memiliki ekosistem yang cukup baik dimana persentase tutupan mencapai 45,62%. Sedangkan di perairan Simeuluecut dan Labuhan Bajau komunitas karangnya tergolong sangat baik dengan keanekaragaman tinggi dan persentase tutupan yang mencapai masing-masing 83,12% dan 81,25% dimana jenis ikan karang yang paling melimpah diobservasi di Simeuluecut. Kualitas perairan juga mendukung pertumbuhan karang dan kelimpahan ikan karang. Berdasarkan hasil tersebut, dapat disimpulkan bahwa perairan Simeulue masih subur dan tidak tercemar. Kondisi ini berubah terbalik pada tahun 2016 ketika pemutihan masal mengancam perairan Simeulue karena anomali suhu yang dipicu oleh fenomena ENSO. Suhu meningkat hampir 3°C selama 6 bulan yang tidak diragukan lagi menimbulkan pemutihan hingga mencapai 50% dari koloni karang yang menyebabkan penurunan tutupan dan rekrutmen karang yang dramatis.

Kata kunci: Pemantauan karang, ikan karang, Pulau Simeulue, pemutihan masal, ENSO.

INTRODUCTION

Simeulue Island is a strategic water area which has a lot of marine resources supporting the gigantic biomass. One of the most attractive objects in the Simeulue Waters is coral reefs and fishes that are tremendously rich. Coral reef ecosystem consists of many kinds of organism such as coral fishes, mollusk, crustacea, sponge, algae, seagrass, and many other biotas (Rondonuwu *et al.*, 2013). The existence of coral fish is related with the resources availability of coral reef as the habitat.

Geographically, Simeulue is bordered by the Indian Ocean where the ocean-atmosphere interaction directly influences the condition of the waters. The biggest problem that may occur is temperature anomaly which impacts the coral reef ecosystem. Based on the record by Wissha and Khoirunnisa (2017), the greatest coral bleaching phenomenon in the Indian Ocean region is caused by El-Nino Southern Oscillation (ENSO) and Indian Ocean Dipole (IOD) inducing higher temperature anomaly. The ecological characteristics of Simeulue are strongly affected by the Indian Ocean (Herdiana *et al.*, 2008). Moreover, Simeulue is located on the subduction zone where tsunamis occurred several years ago may influence the ecosystem characteristics of Simeulue (Fujino *et al.*, 2014).

Three significant regions in Simeulue water which are the center of marine tourism are Ganting, Simueluecut, and Labuhan Bajau, having the greatest biomass becoming the most-visited area due to their attractive beaches. As the maritime center, those three significant areas have a big human population and settlement in the coastal area which directly contributes to the bigger anthropogenic wastes that may influence the coral and fish (Baird *et al.*, 2005; Campbell *et al.*, 2007). Moreover, the unstable temperature due to climatic factors and the raising level of ocean acidification severely exacerbate the coral reef ecosystem (Guest *et al.*, 2012; Bridge *et al.*, 2014).

Coral reefs are complex ecosystem which has a very huge diversity. These ecosystems are very productive which are biological structures composed entirely of biological activities. It also become the area of CaCO₃ deposit produced by coral reefs, coralline algae, and other organisms supporting fisheries productivity providing the essential for the community. The presence of coral reef is obviously influenced by environmental stresses such as sedimentation, fish-bombing, as well as tourism activity. Therefore, the coral reefs need to be maintained (Umam *et al.*, 2011).

Several previous studies conducted in Simeulue have been published. Herdiana *et al.*, (2008) surveyed the coral reefs and fishes in Simeulue and Banyak Islands where the condition was great at that time. Cahyarini (2011) reconstructed the sea surface temperature based on isotopes analysis of coral. Cahyarini (2014) assessed the stable carbon isotopic composition content in coral skeleton. While Cahyarini (2013) defined the seasonal variability of coral-based sea surface salinity in Simeulue. Water quality monitoring in Ganting Beach was conducted by Mutmainah *et al.*, (2016). Study on coral reefs and fishes in Simeulue Island is still its infancy. The previous reports were mostly focused on northern region of Aceh (Rudi *et al.*, 2009; Rudi *et al.*, 2012a; Rudi *et al.*, 2012b; Ulfah, 2011; Muliari, 2011; Umam *et al.*, 2011; Baird *et al.*, 2012; Fadli *et al.*, 2014; Aldyza *et al.*, 2015). According to the local fishermen in Simeulue, coral reefs exist in the several part of Simeulue Island such as Ganting, Simueluecut, and Labuhan Bajau where the most serious threats are poisoning, cruise lines of fishing vessel and ecotourism activities. Sedimentation is also the main problem in the several areas. However, the species composition and condition of coral reefs and fishes in Simuelue are rarely documented. In fact, the information regarding the species composition of corals and fish are crucial related to the planning of better conservation strategy in the future. Hence, this study aims to evaluate the condition of coral and fish in Ganting, Simeuluecut and Labuhan Bajau before mass bleaching in 2016 triggered by ENSO.

MATERIALS AND METHODS

Study Sites

This study is conducted in the three main sites that are Ganting, Simeuluecut, and Labuhan Bajau (Figure 1). Ganting and Labuhan Bajau waters located in the southeastern of Simeulue where the survey was positioned at 96.3616 E; 2.5318 N and 96.5257 E; 2.4316 N respectively. Whilst, Simeuluecut Island is located on the western of Simeulue which is directly bordered by the Indian

Ocean. The survey was positioned at 95.9603 E; 2.5421 N. Those three water regions are representing the area of great biomass and coral reef ecosystem in Simeulue. So that, it will be perfect to monitor the coral and fish condition determining the threats potentially occurred.

This survey was conducted on October 15th, 2015 and January 20th, 2016 in those three significant regions. We surveyed the coral and fish twice in every location which is continued with water quality measurement using TOA DKK water quality checker randomly along the transect.

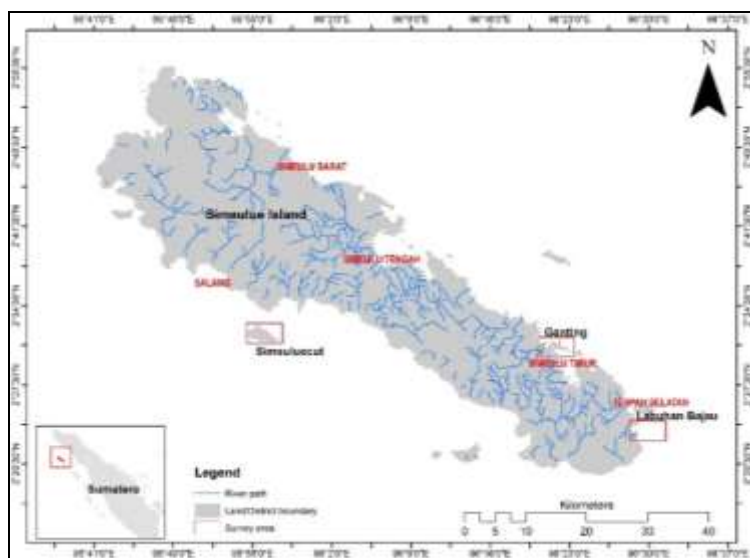


Figure 1. Survey locations

Coral Assessment

Coral and fish covers observed using point Intercept Transect (PIT) method. PIT employed to define the benthic community based on life form developed. Coral community is characterized by the life form category which obviously gives information regarding coral community morphology (Wisha and Khoirunnisa, 2017).

Firstly, the site location was surveyed using manta tow method to make sure the perfect area to be monitored. Sampling was done twice based on the depth that is both 3-5 m and 6-10 m. The line transect was unfurled parallel to the coastline which it must be stable to get the same depth observation area along 100 m. Then the divers observed every biota that passed based on its category and taxa. In this case, one colony is considered into one individual (Biddick *et al.*, 2005).

Benthic habitat and the length of transitional cover which are observed along the transect line (10x10 m) are grouped by their growth form, the coral cover criteria is shown in Table 1. Percent cover calculation is defined according to Miller *et al.* (2009) as follow:

$$\% \text{ cover} = \frac{\text{Total length of life form (cm)}}{\text{The length of btransect (cm)}} \times 100 \%$$

Moreover, we also calculated the species diversity according to Shannon-Wiener formation (Spellerberg and Fedor, 2003) as follow:

$$H' = - \sum \frac{n_i}{N \times \log \frac{n_i}{N}}$$

Where:

H' = Diversity index

N = Total amount of individual

n_i = Total individual within i -species

The rate of damaged coral is related to the high rate of condition change (living and demised coral). The coral mortality ratio is obtained by calculating the mortality index (MI) as follow:

$$MI = \frac{\% \text{demised corals}}{\% \text{cover of demised and living corals}}$$

The value of MI closer to 0 describes that there is no change in the coral life community, whilst if the MI value is closer to 1, it describes that there is a high rate of mortality. The MI category is shown in Table 1.

Table 1. Percent cover and mortality index criteria

Category	Percent cover (%)	Diversity index (H')	Mortality Index (MI)
Poor	0-24.9	$H' < 1$	0.75-1
Fair	25-49.9	$1 < H' < 3$	0.5-9.749
Good	50-74.9	$H' > 3$	0.25-0.499
Excellent	75-100	-	0-0.249

Source: Ministry of Environment and Forestry, Indonesia, Regulation No. 4, 2011.

Coral fishes census

At the same time with PIT survey, we conducted the census for coral fishes along the transect line. Underwater visual census method was employed which is the most effective method for monitoring coral reef fishes, particularly in remote locations (Choat and Pears, 2003; English *et al.*, 1997; Wilkinson *et al.*, 2003; Hill and Wilkinson, 2004; Sweatman *et al.*, 2005). However. If possible, transect should be combined with a long swim method which provides more precise in estimating the abundance and biomass of large, high mobile species, patchy or clumped in distribution (Choat and Pears, 2003).

Based on the coral fish census data, we grouped the coral fishes into three classes according to its function and role. Those three classes are target fish (has an economic value becoming the target of fishermen), Major fish (generally lives in coral reef ecosystem protecting the balance of ecosystem), and indicator fish (indicating the coral health).

RESULT AND DISCUSSION

Percent coral cover and fish abundance

Generally, Ganting waters are dominated by 2 main coral categories that are living coral non-Acropora (HC) and demised coral planted by algal filament (NIA/Nutrient Indicator Alga) (Figure 2). The high value of hard coral (HC) is caused by steep slope, narrowed coast and high wave, resulting in less-growth acrophore formation (ACR) because acrophore is physically fragile. While, the massive coral such as *Porites* is commonly observed in the Ganting waters. Several genera identified in the Ganting waters are *Porites*, *Acropora*, *Pavona*, *Fungia*, *Favia*, *Galaxea*, and *Pocillopora*. Ganting waters are categorized into moderate ecosystem according to % cover that reaches 47.25% of coral cover. While it is observed that demised coral with algae filament reaches 43.125%. This water area is located on the eastern of Simeulue bordered by the mainland of Sumatera that may contribute to the disposal wastes influencing coral reef ecosystem. Ganting waters is one of the most crowded coastal areas in which fisheries activity becomes the major factor triggering pollution. The threats of wide-scale coral condition associated with the anthropogenic pressure (Wooldridge, 2008).

In the Simeulucut waters, Hard coral mainly dominates the ecosystem reached 83.125 %, while the other living cover is placed by soft coral (3.75%) and NIA (3.75%). The substrate observed was fully covered by sand sediment (Figure 4). The genera of *Porites* are still the most abundant in this ecosystem. Whilst, there are several genera identified along the line transect such as *Acropora*, *Pavona*, *Fungia*, *Montopora*, and *Pocillopora* as well (Figure 2). Simeuluecut is one of the best coral community in the Simeulue Island. This island is located on the western of Simeulue mainland which is directly bordered by the Indian Ocean. Simeulucut become a remote area because this area is still natural in which the anthropogenic factors influence is minimal. That is why the coral condition in this

area is the most abundant compared with Ganting and Labuhan Bajau waters which the coral cover reached 86.875 %. In the western and southern Simeuluecut, the wave is very high resulting in massive coral domination such as *Porites* with a huge size, while in the eastern part, the community of coral reefs and fishes is more vary and very abundant. The most significant factor determining the structure of reef coral communities is physical disturbance from waves (Dollar, 1981).

The survey result in the Labuhan Bajau shows that hard coral is still predominant reached 81.25%. The other biota observed are soft coral, NIA, and sponge reached 0.625%, 15.625%, and 1.875% respectively. While, non-living coral was not observed (Figure 2). *Porites* is the most abundant coral family identified in the Labuhan Bajau. The other families that is also predominant are *Acropora*, *Pavona*, *Favites*, *Montipora*, *Acidiant*, *Sponge*, and *Pocillopora*. Labuhan Bajau is categorized into excellent reef coral community because the %cover is very high (82.875%). This area is located on the southeastern Simeulue that is very fertile due to the minimal influence from anthropogenic and physical factors.

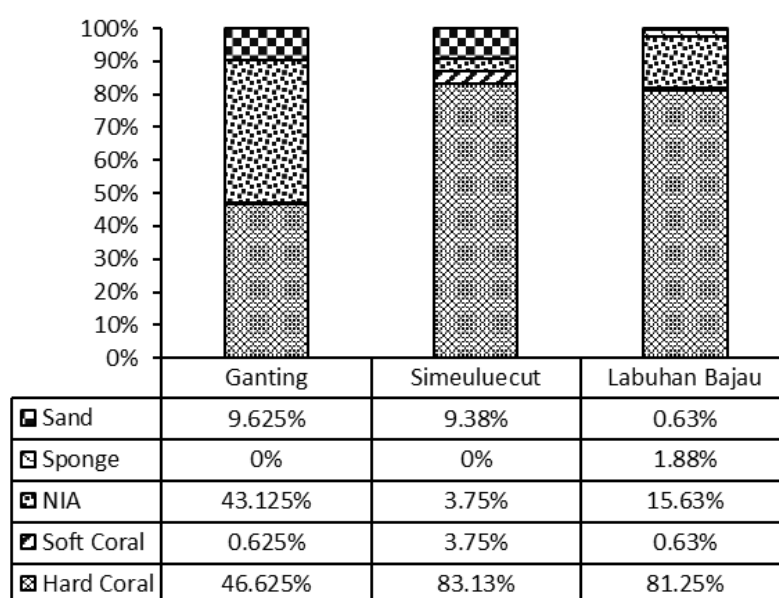


Figure 2. Percent coral cover diagram at the three locations

The coral fishes identified in the Ganting waters consist of 50 genera which categorized into 10 families. There are three dominant families observed that are *Pomacentridae* (17 genera), *Chaetodontidae* (14 genera) and *Acanthuridae* (7 genera). Coral fish in the Ganting waters is dominated by major fish reached 50% (25 genera), followed by indicator fish reached 46% (23 genera) and target fish only reached 4% (2 genera). Major fish is predominated by *Plectroglyphidodon lacrymatus*, *Dascyllus carneus*, and *Chromis caudalis*. Indicator fish mostly observed is *Chaetodontidae* and *Labridae* families. The target fish is only *Zanclus cornutus* observed (Figure 4).

In the Simeuluecut waters, we also observed 50 genera of coral fishes that belong to 9 families. The dominating families are *Chaetodontidae* (8 genera), *Acanthuridae* (9 genera), and *Scaridae* (9 genera). Generally, Simeuluecut is predominated by major fish reached 76% (38 genera), followed by indicator fish reached 18% (9 genera), and target fish reached 6% (3 genera). The major fish category consists of *Plectroglyphidodon lacrymatus*, *Dascyllus carneus* and *Chromis caudalis*. Indicator fish consists of *Chaetodontidae* and *Labridae*, while target fish consists of *Zanclus cornutus* (Figure 3). Previous study recorded for the first time in Indonesia a species of parrotfish *Chlorurus Rhakoura* (*Scaridae*) at Ujung Pulau Cut and Simeuluecut Island (Herdiana *et al.*, 2008) which this species was had only been recorded previously in Sri Langka and in the eastern Indian Ocean. There was no previous record of this species in Indonesia (Figure 4). We also observed this species in the Simeuluecut waters.



Figure 3. The documentation of parrotfish in Simueluecut (Herdiana *et al.*, 2008)

In the Labuhan Bajau waters, we identified 68 genera of coral fishes that is belong to 12 families. The main families are *Chaetodontidae* (14 genera), *Acanthuridae* (11 genera) and *Scaridae* (8 genera). Major fish identified reached 56% (38 genera) dominated by *Archamia*, *macroptera*, *Pomacentridae* and *Mullidae*, indicator fish reached 23% (16 genera) dominated by *Chaetodontidae* dan *Labridae*, and target fish reached 21 % (14 genera) dominated by *Acanthurus auraticavus* and *Pterocaesiotile* (Figure 4).

Overall, coral fishes are in a good condition. Even though in the Ganting waters, the coral cover is the lower than Simeuluecut and Labuhan Bajau, the fish abundant is still high, this may be supported by nutrient condition that induces phytoplankton availability becoming the main producer in the waters (Varona-Cordero *et al.*, 2014). Coral fish abundant is depended on the coral reef ecosystem as the place for living, spawning, and feeding (Pellissier *et al.*, 2014). Coral reef may face a diverse array of threats, from eutrophication and overfishing to climate change. This may have important consequences for the survival and growth of reef fish since complex habitats mediate prey interactions (Rogers *et al.*, 2014).

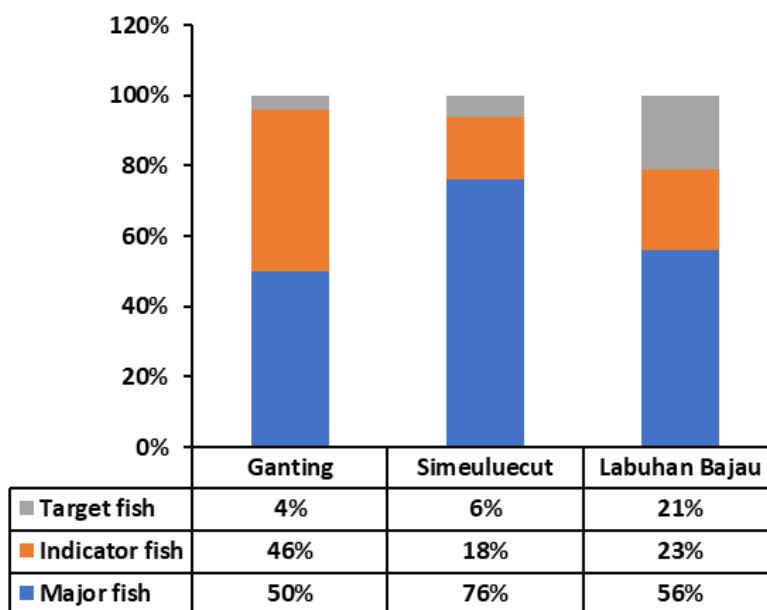


Figure 4. Fish abundance diagram at the three locations

Coral reef ecosystem evaluation

Based on the calculation of percent cover, Ganting waters is categorized into fair ecosystem area, while Simeuluecut and Labuhan Bajau are categorized into excellent class of ecosystem (Table 2). Those condition shows that in 2015 the coral reef ecosystem condition was in a good condition. Diversity index shows the same pattern in which Ganting waters is moderately diverse, while Simueluecut and Labuhan Bajau have an excellent category of diversity. It is because Ganting waters

suffered a physical pressure due to preoccupied human activity in the coastal area, whilst Simeuluecut and Labuhan Bajau are remote area with a minimal anthropogenic pressure.

MI value for Ganting waters is almost reaching 1 that this area is threatened by high coral mortality. It is proven by the percent cover < 50% even though the diversity is still moderate level. Based on the MI values of Simeuluecut and Labuhan Bajau, they have a minimal mortality which the ecosystem is very suitable for supporting the coral fish survival ability.

Table 2. The calculation results according to PIT

Assessment aspects	Ganting waters	Simeuluecut Island	Labuhan bajau waters
Percent cover	46.25 % (Fair)	86.875 % (Excellent)	81.875 (Excellent)
Diversity index	$H' = 2.75$ (Fair)	$H' = 3.67$ (Good)	$H' = 3.36$ (Good)
Mortality index	0.93 (Poor)	0.04 (Excellent)	0.18 (Excellent)

Water quality condition plays a role in supporting the coral reef ecosystem (Hernández-Terrones et al., 2015). According to the *in-situ* measurement result, dissolved oxygen (DO) ranged from 5.75-6.25 mg/L, 5-5.6 mg/L, and 5.75-6.25 mg/L in the Ganting, Simeuluecut and Labuhan Bajau waters respectively (Table 3). These DO values are quite good for supporting the respiration process of biota composer-coral (Wibawa and Luthfi, 2017). The ideal DO for the coral reef area commonly 6.7 mg/L (Tomascik and Sander, 1985).

pH value ranges from 7.05-7.4 included in neutral acidity tend to be alkaline (Table 3). The highest pH value is observed in Ganting waters. The pH value commonly is influenced by photosynthesis rate, industrial and household wastes (Sastrawijaya, 2000). The change in pH effects on the chemical as well as biological processes of organism in the waters. pH influences the toxicity a chemical compound in the waters such as nitrification process that will stop if the pH value is dramatically low (Tarsim and Wardiyanto, 2004).

Salinity ranged from 29-32.8 PSU in all locations indicating that Simeulue waters are still in a normal condition for coral growth (Table 3). The low salinity will influence the coral durability to the temperature pressure (Veron, 2000). Salinity also influences the respiration system and photosynthesis rate of coral (Muthiga and Szmant, 1987).

Table 3. Water quality measurement result

Parameter	Ganting waters	Simeuluecut Island	Labuhan Bajau waters
Dissolved Oxygen (mg/L)	5.75-6.25	5-5.6	5.75-6.25
pH	7.2-7.4	7.05-7.25	6.9-7.1
Salinity (PSU)	29-32	30-32.75	32.5-32.8
Temperature (°C)	27-29	28.2-29.3	28.6-29.8
Turbidity (NTU)	0-0.3	0	0

Temperature ranges from 27-29°C, 28-29.3°C, and 28.6-29.8°C in the Ganting, Simeuluecut, and Labuhan Bajau waters respectively (Table 3). The average of temperature shows a normal limitation for supporting coral growth (Veron, 2000). The increase of 1°C of surface temperature will induce the bleaching of coral (Baird *et al.*, 2009; Brown, 1997; Hoegh-Guldberg, 1999). Sea temperature also can trigger the pathogen appearance in the coral colony which induces several diseases white syndrome, black band disease, and skeletal eroding band (Ritchie, 2006; Rosenberg and Ben Haim, 2002; Harvell *et al.*, 2002).

Turbidity is one of physical parameters that is very significant related with photosynthesis process. If the turbidity is tremendously high, phytoplankton will be hampered to do photosynthesis (Wibawa and Luthfi, 2017). Based on the measurement result, turbidity is severely low proving that all locations are in the very clear. Turbidity also shows that the sediment resuspension is minimal in all stations.

Coral reef ecosystem conditions after mass bleaching in 2016

Sea surface temperature trend data is obtained from NOAA coral watch virtual station satellite in 2016 in the Simeulue waters. The temperature enhancement started since December 2015 and maximum in May 2016 that the temperature reached 30.55°C (Figure 5). Due to these changes, corals cannot tolerant with the dramatically raising temperature that cause coral bleaching in the Simeulue Island.

To correlate the ENSO's influence and temperature, we used SOI (Southern Oscillation Index) (Figure 5) that is the difference in air pressure between Tahiti and Darwin (Ropelewski and Jones, 1987). The ENSO's month is characterized by $SOI < -10$ which directly influences the temperature might be supported by the Indian Ocean Dipole mode (Wisha and Khoirunnisa, 2017). The less the value of SOI, the higher the temperature profile (Figure 5). Obviously, those conditions increase the bleached and demised corals in the Simeulue which may impact to the ecosystem such as coral fish and others biota.

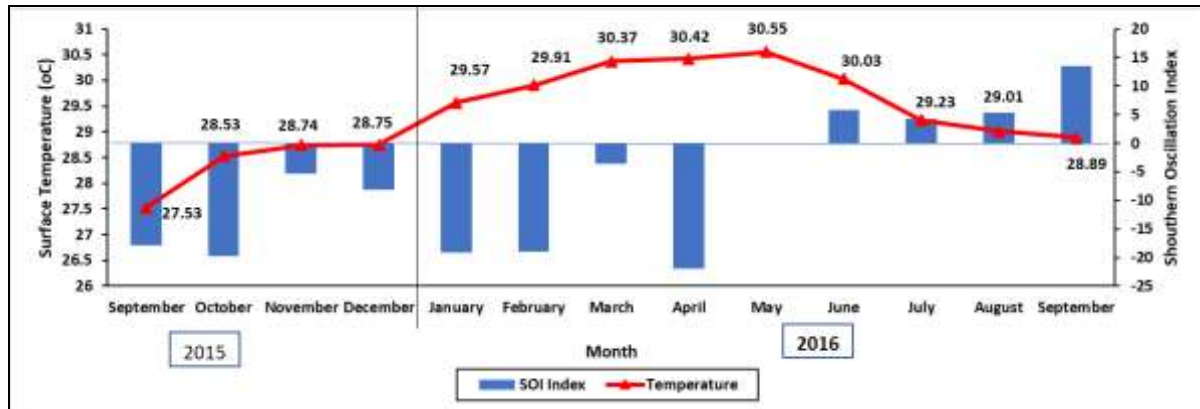


Figure 5. SOI index and surface temperature correlation in the Simuelue Island
 (Sumber: NOAA, 2016)

The impact of temperature change is generating coral bleaching in the Simeulue waters. the composition of coral colony impacted bleaching is almost 50 %, pale condition reached 20%, normal condition reached 27% (Figure 6). Whilst, the demised coral observed reached 3 % at all locations. The highest bleached coral colony is observed in Ganting waters reaching 65% and demised coral due to bleaching reached 5 %. Furthermore, the most normal coral condition is observed in the Simeuluecut Island reaching 40 %. The genera which are found with bleached condition are *Acropora* and *Pocillopora*. According to Prachett *et al.* (2013); McClanahan *et al.* (2004); Loya *et al.* (2001), *Acropora* and *Pocillopora* are the most vulnerable genera if the temperature increases.

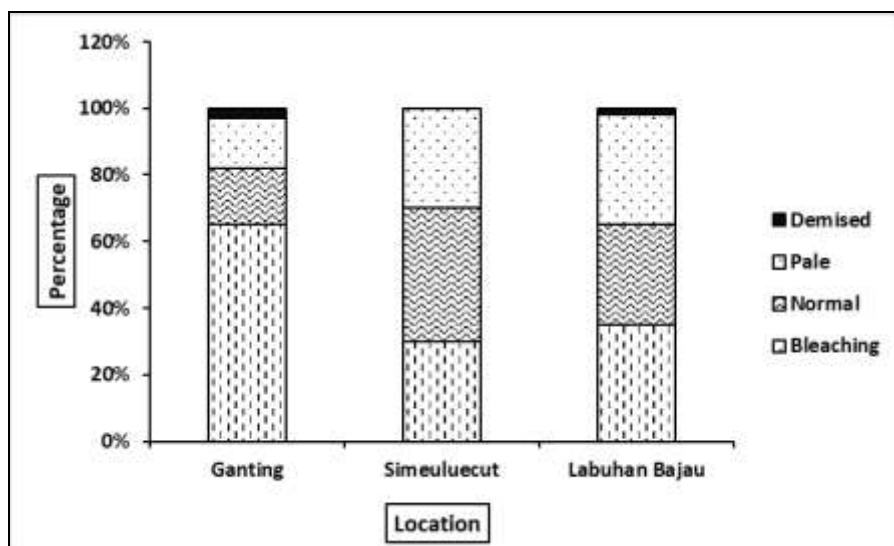


Figure 6. Composition histogram of coral bleaching in 2016

The implication of coral bleaching in the Simeulue waters in 2016 causes the dramatic coral cover reduction from $78\% \pm 2.61$ SE in 2015 to become $35\% \pm 4.14$ SE. It is also followed by the decreasing of coral recruitment from 6.5 Ind/m ± 1.04 SE in 2015 to become 1.37 Ind/m ± 0.16 SE in 2016 (Figure 7). The recruitment of young corals has a significant role in the recovery and

decolonization after bleaching. The genera of young corals, that able to survive and recover, can give a significant impact to the coral community structure substantially (Westmacott *et al.*, 2000).

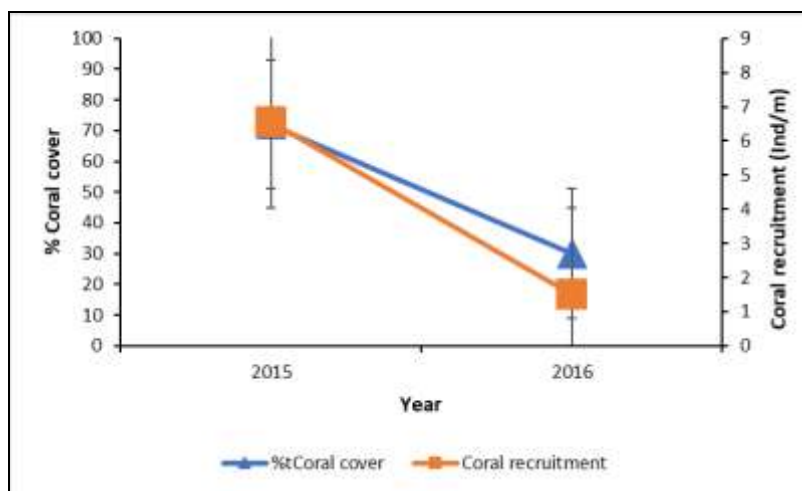


Figure 7. The average (\pm SE) coral cover percentage and coral recruitment in the Simeulue waters

Due to the coral cover and recruitment reductions, the fish abundance and biomass may also decline. The demised coral impacts the coral fishes that are depended on the coral reefs ecosystem. The coral fishes are difficult to get their food and shelter due to bleaching (Pratchett *et al.*, 2008). Coral reefs provide homes and protection from predators, especially for small types of fish that affect the pattern of their survival and abundance (Eggleston, 1995). Coral fish and coral reefs have a close relationship in which the process of co-evolution, reef fish grow and develop along with the development of coral reefs as their habitat (Muttaqin *et al.*, 2014).

The long-term impact of bleaching is if the physical structure of coral reefs is destroyed, it will result in decreased diversity of reef fish species (Garpe *et al.*, 2006; Glynn 2006; Graham *et al.*, 2007). The recovery process of post bleaching depends a lot on the community diversity (Grimsditch and Salm, 2006), especially the abundance of herbivorous fish that feed on algae (Hughes *et al.*, 2006). Herbivorous fish play a role in reducing algae so that young and mature corals that are recovering can grow again. Post-disturbance hard coral recovery is directly proportional to the recovery of the coral reef fish community (Emslie *et al.*, 2008). The recovery of hard coral after bleaching can occur if there is no intervention interference during recovery (Pratchett *et al.*, 2006).

CONCLUSION AND RECOMMENDATIONS

Coral reef ecosystem categorized into a good condition which consist of abundant fish and biota and the highly cover of coral. This condition is supported by water quality that is very suitable for coral growth. Ganting waters is worse than Simeuluecut and Labuhan Bajau caused by the pressure of anthropogenic activity that is very preoccupied in that region. Whilst, the Simeuluecut and Labuhan Bajau are categorized into an excellent water area with a high diversity, high coral cover and lower of mortality. Coral fish abundance is very high especially in Simeuluecut that consist of >50 genera. Even though in Ganting waters the coral cover is the lower than Simeuluecut and Labuhan Bajau, the fish abundant is still high, this may be supported by nutrient condition that induces phytoplankton availability supporting the source of energy.

The condition oppositely changed in 2016, when the ENSO triggered high temperature induced bleaching in the several areas of Simeulue. The temperature increases almost 3°C for 6 month which undoubtedly induces bleaching reached 50% of coral colony causing a dramatic coral cover derivation. Due to the coral cover and recruitment reduction, the fish abundance and biomass may also decline. The demised coral impacts the coral fishes depended on the coral reefs ecosystem.

ACKNOWLEDGMENT

Our deepest gratitude to Research Institute for Coastal Resources and Vulnerability on APBNP research budget in Simeulue, Aceh Province and all those who have assisted in the completion of this scientific paper.

REFERENCES

- Aldyza, N., Sarong, M. A., & Rizal, S. (2015). Monitoring of hard coral covers and zonation of marine conservation area of Tuan Island, Aceh Besar District, Indonesia. *Aquaculture, Aquarium, Conservation & Legislation*, 8(5), 640-647.
- Baird, A.H., Campbell, S.J., Anggoro, A.W., Ardiwijaya, R.L., Fadli, N., Herdiana, Y., Kartawijaya, T., Mahyiddin, D., Mukminin, A., Pardede, S.T., Pratchett, M.S., Rudi, E., Siregar, A.M. (2005). Acehese reefs in the wake of the Asian tsunami. *Curr. Biol.*, 15, 1926-1930. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2005.09.036>.
- Baird, A. H., Bhagooli, R., Ralph, P. J., & Takahashi, S. (2009). Coral bleaching: the role of the host. *Trends in Ecology & Evolution*, 24(1), 16-20. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2008.09.005>.
- Baird, A.H., Campbell, S.J., Fadli, N., Hoey, A.S., Rudi, E. (2012). The shallow water hard corals of Pulau Weh, Aceh Province, Indonesia. *AAAL Bioflux*, 5(1), 23-28.
- Bridge, T. C., Hoey, A. S., Campbell, S. J., Muttaqin, E., Rudi, E., Fadli, N., & Baird, A. H. (2013). Depth-dependent mortality of reef corals following a severe bleaching event: implications for thermal refuges and population recovery. *F1000Research*, 2. <https://doi.org/10.12688/f1000research.2-187.v1>.
- Brown, B. E. (1997). Coral bleaching: causes and consequences. *Coral reefs*, 16(1), S129-S138. <https://doi.org/10.1007/s003380050249>.
- Cahyarini, S. Y. (2011). Rekonstruksi Suhu Permukaan Laut Periode 1993-2007 Berdasarkan Analisis Kandungan Sr/Ca Korall dari Wilayah Labuan Bajo, Pulau Simeulue. *Jurnal Geologi Indonesia*, 6(3), 129-134. <https://doi.org/10.17014/ijog.v6i3.121>.
- Cahyarini, S. Y. (2013). Seasonal Mean Variability of Coral-based Sea Surface Salinity from Simeulue, Mentawai, Bunaken, and Bali. *Indonesian Journal on Geoscience*, 8(3), 119-125. <https://doi.org/10.17014/ijog.v8i3.161>.
- Cahyarini, S. Y. (2014). Seasonal variation of $\delta^{13}C$ content in Porites coral from Simeulue Island waters for the period of 1993-2007. *Indonesian Journal on Geoscience*, 1(2), 65-70. <https://doi.org/10.17014/ijog.v1i2.179>.
- Campbell, S. J., Pratchett, M. S., Anggoro, A. W., Ardiwijaya, R. L., Fadli, N., Herdiana, Y., ... & Rudi, E. (2007). Disturbance to coral reefs in Aceh, Northern Sumatra: impacts of the Sumatra-Andaman tsunami and pre-tsunami degradation. *Atoll Research Bulletin*, 544, 55-78.
- Choat, H., Pears, R. (2003). A rapid, quantitative survey method for large, vulnerable reef fishes. In: Wilkinson, C., Green, A., Almany, J., and Dionne, S. Monitoring coral reef marine protected areas. A practical guide on how monitoring can support effective management of MPAs. Australian Institute of Marine Science and the IUCN Marine Program Publication. 68pp.
- Dollar, S. J. (1982). Wave stress and coral community structure in Hawaii. *Coral Reefs*, 1(2), 71-81. <https://doi.org/10.1007/bf00301688>.
- Eggleston, D. B. (1995). Recruitment in Nassau grouper *Epinephelus striatus*: post-settlement abundance, microhabitat features, and ontogenetic habitat shifts. *Marine Ecology Progress Series*, 124, 9-22. <https://doi.org/10.3354/meps124009>.
- Emslie, M. J., Cheal, A. J., Sweatman, H., & Delean, S. (2008). Recovery from disturbance of coral and reef fish communities on the Great Barrier Reef, Australia. *Marine Ecology Progress Series*, 371, 177-190. <https://doi.org/10.3354/meps07657>.
- English, S.E., Wilkinson, C., Baker, V. (1997). Survey manual for tropical marine resources. Australian Institute of Marine Science, Townsville, Australia.
- Fadli, N., Kunzmann, A., von Jutarzenka, K., Rudi, E., & Muchlisin, Z. A. (2013). A preliminary study of corals recruitment using coral rubble substrate in Seribu Island waters, Indonesia. *Aquaculture, Aquarium, Conservation & Legislation-International Journal of the Bioflux Society (AAAL Bioflux)*, 6(3), 246-232. <https://doi.org/10.1016/j.margeo.2014.09.047>.
- Fujino, S., Sieh, K., Meltzner, A. J., Yulianto, E., & Chiang, H. W. (2014). Ambiguous correlation of precisely dated coral detritus with the tsunamis of 1861 and 1907 at Simeulue Island, Aceh Province, Indonesia. *Marine Geology*, 357, 384-391.

- Garpe, K. C., Yahya, S. A., Lindahl, U., & Öhman, M. C. (2006). Long-term effects of the 1998 coral bleaching event on reef fish assemblages. *Marine Ecology Progress Series*, 315, 237-247. <https://doi.org/10.3354/meps315237>.
- Glynn, P. W. (2006, June). Fish utilization of simulated coral reef frameworks versus eroded rubble substrates off Panama, eastern Pacific. In Proceedings of the 10th International Coral Reef Symposium (Vol. 1, pp. 250-256).
- Graham, N. A., Wilson, S. K., Jennings, S., Polunin, N. V., Robinson, J. A. N., Bijoux, J. P., & Daw, T. M. (2007). Lag effects in the impacts of mass coral bleaching on coral reef fish, fisheries, and ecosystems. *Conservation biology*, 21(5), 1291-1300. <https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.2007.00754.x>.
- Grimsditch, G. D., & Salm, R. V. (2006). Coral reef resilience and resistance to bleaching. IUCN, The World Conservation Union.
- Guest, J. R., Baird, A. H., Maynard, J. A., Muttaqin, E., Edwards, A. J., Campbell, S. J., ... & Chou, L. M. (2012). Contrasting patterns of coral bleaching susceptibility in 2010 suggest an adaptive response to thermal stress. *PLoS one*, 7(3), e33353. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0033353>.
- Harvell, C. D., Mitchell, C. E., Ward, J. R., Altizer, S., Dobson, A. P., Ostfeld, R. S. & Samuel, M. D. (2002). Climate warming and disease risks for terrestrial and marine biota. *Science*, 296(5576), 2158-2162. <https://doi.org/10.1126/science.1063699>.
- Herdiana, Y., Kartawijaya, T., Ardiwijaya, R. L., Setiawan, F., Prasetia, R., Pardede, S. T., & Campbell, S. J. (2008). Ecological survey on coral reefs of Simeulue and Banyak Islands-Aceh 2007. Wildlife Conservation Society–Indonesia Marine Program, Bogor, Indonesia.
- Hernández-Terrones, L. M., Null, K. A., Ortega-Camacho, D., & Paytan, A. (2015). Water quality assessment in the Mexican Caribbean: impacts on the coastal ecosystem. *Continental Shelf Research*, 102, 62-72. <https://doi.org/10.1016/j.csr.2015.04.015>.
- Hill, J., Wilkinson, C. (2004). *Methods for ecological monitoring of coral reefs. A resource for managers.* Australian Institute of Marine Science, Townsville, Australia.
- Hoegh-Guldberg, O. (1999). Climate change, coral bleaching and the future of the world's coral reefs. *Marine and freshwater research*, 50(8), 839-866. <https://doi.org/10.1071/MF99078>.
- Loya, Y., Sakai, K., Yamazato, K., Nakano, Y., Sambali, H., & van Woesik, R. (2001). Coral bleaching: the winners and the losers. *Ecology letters*, 4(2), 122-131. <https://doi.org/10.1046/j.1461-0248.2001.00203.x>.
- McClanahan, T. R., Baird, A. H., Marshall, P. A., & Toscano, M. A. (2004). Comparing bleaching and mortality responses of hard corals between southern Kenya and the Great Barrier Reef, Australia. *Marine Pollution Bulletin*, 48(3-4), 327-335. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2003.08.024>.
- Miller, J., Muller, E., Rogers, C., Waara, R., Atkinson, A., Whelan, K. R. T., ... & Witcher, B. (2009). Coral disease following massive bleaching in 2005 causes 60% decline in coral cover on reefs in the US Virgin Islands. *Coral Reefs*, 28(4), 925. <https://doi.org/10.1007/s00338-009-0531-7>.
- Mualiari. (2011). Study of spatial conditions and reef fish communities after the tsunami in Pulau Weh and Pulau Aceh waters. [Thesis]. Institut Pertanian Bogor, Bogor. [Indonesian].
- Muthiga, N. A., & Szmant, A. M. (1987). The effects of salinity stress on the rates of aerobic respiration and photosynthesis in the hermatypic coral *Siderastrea siderea*. *The Biological Bulletin*, 173(3), 539-551. <https://doi.org/10.2307/1541699>.
- Mutmainah, H., Kusumah, G., Altanto, T., & Ondara, K. (2016). Kajian kesesuaian lingkungan untuk pengembangan wisata di Pantai Ganting, Pulau Simeulue, Provinsi Aceh. *DEPIK Jurnal Ilmu-Ilmu Perairan, Pesisir dan Perikanan*, 5(1), 19-23. <http://dx.doi.org/10.13170/depik.5.1.3844>.
- Muttaqin, E., M.M Kamal, S. Haryadi, S. Pardede, S. Tarigan, S.J. Campbell. (2014). Dampak pemutihan karang terhadap ekosistem terumbu karang pada tahun 2010 di Perairan Aceh Utara. *Jurnal Teknologi Perikanan dan Kelautan*, 5(1), 15 – 21.
- Pellissier, L., Leprieur, F., Parravicini, V., Cowman, P. F., Kulbicki, M., Litsios, G., ... & Mouillot, D. (2014). Quaternary coral reef refugia preserved fish diversity. *Science*, 344(6187), 1016-1019. <http://doi.org/10.1126/science.1249853>.
- Pratchett, M. S., McCowan, D., Maynard, J. A., & Heron, S. F. (2013). Changes in bleaching susceptibility among corals subject to ocean warming and recurrent bleaching in Moorea, French Polynesia. *PLoS one*, 8(7), e70443. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0070443>.
- Ritchie, K. B. (2006). Regulation of microbial populations by coral surface mucus and mucus-associated bacteria. *Marine Ecology Progress Series*, 322, 1-14. <https://doi.org/10.3354/meps322001>.

- Rogers, A., Blanchard, J. L., & Mumby, P. J. (2014). Vulnerability of coral reef fisheries to a loss of structural complexity. *Current Biology*, 24(9), 1000-1005. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2014.03.026>.
- Rondonuwu, A. B., Tombokan, J. L., & Rembet, U. N. (2013). Distribusi dan kelimpahan ikan karang famili pomacentridae di perairan terumbu karang Desa Poopoh Kecamatan Tombariri Kabupaten Minahasa. *Jurnal Ilmiah Platax*, 1(2), 87-91.
- Ropelewski, C. F., & Jones, P. D. (1987). An extension of the Tahiti–Darwin southern oscillation index. *Monthly Weather Review*, 115(9), 2161-2165. [https://doi.org/10.1175/1520-0493\(1987\)115%3C2161:aeotts%3E2.0.co;2](https://doi.org/10.1175/1520-0493(1987)115%3C2161:aeotts%3E2.0.co;2).
- Rosenberg, E. & Ben Haim, Y. (2002). Microbial diseases of corals and global warming. *Environmental microbiology*, 4(6), 318-326. <https://doi.org/10.1046/j.1462-2920.2002.00302.x>.
- Rudi, E., Campbell, S. J., Hoey, A. S., Fadli, N., Linkie, M., & Baird, A. H. (2012a). The coral triangle initiative: what are we missing? A case study from Aceh. *Oryx*, 46(4), 482-485. <https://doi.org/10.1017/s0030605312000178>.
- Rudi, E., Elrahimi, S. A., Kartawijaya, T., Herdiana, Y., Setiawan, F., Pardede, S. T., ... & Tamelander, J. (2009). Reef fish status in northern Acehese reef based on management type. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*, 10(2), 87-92. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d100206>.
- Rudi, E., Iskandar, T., Fadli, N., & Hidayati, H. (2012b). Impact of mass coral bleaching on reef fish community and fishermen catches at Sabang, Aceh Province, Indonesia. *Aquaculture, Aquarium, Conservation & Legislation*, 5(5), 309-320.
- Sastrawijaya. 2000. Pencemaran Lingkungan. PT Rineka Cipta, Jakarta
- Spellerberg, I. F., & Fedor, P. J. (2003). A tribute to Claude Shannon (1916–2001) and a plea for more rigorous use of species richness, species diversity and the ‘Shannon–Wiener’ Index. *Global ecology and biogeography*, 12(3), 177-179. <https://doi.org/10.1046/j.1466-822x.2003.00015.x>.
- Sweatman, H., Burgess, S., Cheal, A., Coleman, G., Delean, S., Emslie, McDonald, A., Miller, I., Osborne, K., Thompson, A. (2005). Long-term monitoring of the Great Barrier Reef. Status Report Number 5 2005. Australian Institute of Marine Science Publication, Townsville. Q. Australia. 261 pps. <http://www.aims.gov.au/reef-monitoring>.
- Tarsim & Wardiyanto. (2004). *Studi kualitas Air dan Produktifitas Tambak Udang di Wilayah Pesisir Teluk Lampung, Kecamatan Padang Cermin, Lampung Selatan*. Laporan Penelitian Universitas Lampung. Lampung.
- Tomascik, T., & Sander, F. (1985). Effects of eutrophication on reef-building corals. *Marine biology*, 87(2), 143-155. <https://doi.org/10.1007/bf00539422>.
- Ulfah M. (2011). *Study of coral bleaching on the condition of coral reefs and reef fish in Pulau Weh, Sabang*. [Thesis]. Institut Pertanian Bogor, Bogor. [Indonesian].
- Umam, A. H., Maryanto, S. D., Frediansyah, A., Shalihattunnisa, M., Izzati, R., Hulwani, Y. R., & Handayani, M. T. (2011). Sustainable Coral Reefs Conservation After Tsunami with Mooring Buoy Installation in Weh Island, Aceh. 6th International Workshop & Expo on Sumatra Tsunami Disaster & Recovery 2011 in conjunction with 4th South China Sea Tsunami Workshop.
- Varona-Cordero, F., Gutiérrez-Mendieta, F. J., & Rivera-Monroy, V. H. (2014). In situ response of phytoplankton to nutrient additions in a tropical coastal lagoon, (La Mancha, Veracruz, Mexico). *Estuaries and coasts*, 37(6), 1353-1375. <https://doi.org/10.1007/s12237-014-9806-5>.
- Veron, J.E.N. (2000). *Corals of the World*. Australian Institute of Marine Science: Townsville.
- Westmacott, S., Teleki, K., Wells, S., & West, J. (2000). *Pengelolaan terumbu karang yang telah memutih dan rusak kritis*. Yayasan Terumbu Karang Indonesia.
- Wibawa, I. G. N. A., & Luthfi, O. M. (2017). Kualitas Air Pada Ekosistem Terumbu Karang Di Selat Sempu, Sendang Biru, Malang. *JURNAL SEGARA*, 13(1). 25-35.
- Wilkinson, C., Green, A., Almany, J., Dionne, S. (2003). *Monitoring Coral Reef Marine Protected Areas*. A practical guide on how monitoring can support effective management of MPAs. Australian Institute of Marine Science and the IUCN Marine Program, 2003. 68pp.
- Wisha, U. J., & Khoirunnisa, H. Sea Surface Temperature Rising Trend and Its Influence on the Coral Mortality in Pagai Strait, Mentawai Islands, Indonesia. *International Journal of Civil Engineering and Technology (IJCIET)*, 8(10), 725-734.
- Wooldridge, S. A. (2009). Water quality and coral bleaching thresholds: Formalising the linkage for the inshore reefs of the Great Barrier Reef, Australia. *Marine Pollution Bulletin*, 58(5), 745-751. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2008.12.013>.

MODEL SINERGITAS KEAMANAN LAUT OLEH PANGKALAN ANGKATAN LAUT DI CHOKEPOINT SELAT LOMBOK

Putu Yogi Arsana*, Budi Santoso, Made Jiwa Astika, Ahmadi, Okol Sri Suharyo

Sekolah Tinggi Teknologi Angkatan Laut, STTAL
Bumimoro-Morokrembangan, Surabaya 60187, Indonesia

*Corresponding author email : putuyogi1981@gmail.com

ABSTRAK

Selat Lombok merupakan salah satu pintu gerbang masuk jalur pelayaran Internasional yang mendapatkan prioritas keamanan maritim (*maritime security*) dan keselamatan maritim (*maritime safety*). Pimpinan Angkatan Laut menginginkan agar Lanal di Selat Lombok dapat melaksanakan tugas dan fungsinya dengan optimal ditengah keterbatasan fasilitas yang dimiliki. Maka diperlukan penelitian sinergitas antara Lanal, stakeholder maritim, dan pemerintah daerah agar mendukung kebijakan diplomasi maritim Indonesia. Penelitian ini untuk mengidentifikasi dan menentukan strategi sinergitas keamanan laut dengan metode pendekatan AHP-SWOT. Hasil penelitian menunjukkan peluang memanfaatkan aspek geografi yang strategis (V1) dilakukan dengan memaksimalkan covering-area wilayah operasi (V4) menjadi prioritas tertinggi dalam strategi S-O dengan skor 2,138. Strategi lainnya dengan meningkatkan fungsi fasilitas pertahanan maritim (V17) dengan memanfaatkan informasi pelabuhan (V21) pada strategi S-T dengan skor 1,923. Secara keseluruhan sinergitas ini diprediksi dapat memaksimalkan tingkat keamanan maritim dan mendukung peningkatan tingkat ekonomi wilayah.

Kata kunci: *Naval Base, Strategic Model, SWOT, Dynamic System*

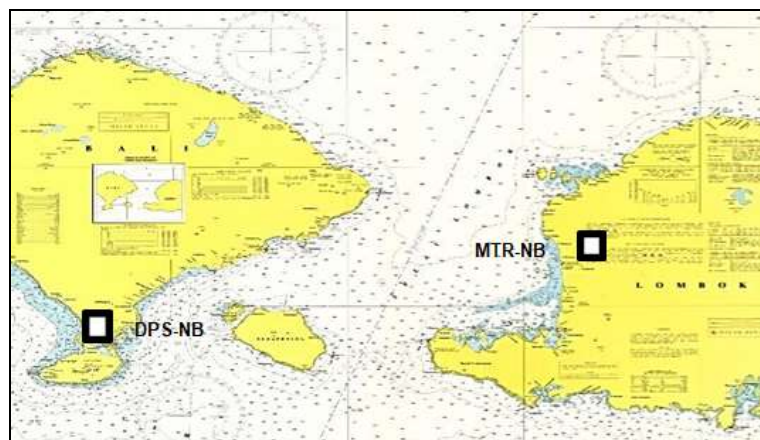
PENDAHULUAN

Salah satu aspek strategis sebagai negara maritim, Indonesia memiliki 4 (empat) titik jalur lalu lintas laut yang menjadi *chokepoints* internasional yaitu Selat Malaka, Selat Sunda, Selat Lombok serta Selat Ombai-Wetar (Rodrigue, 2004). Maka untuk mengelola seluruh potensi maritim yang ada diperlukan penggunaan kekuatan dan kemampuan dari Angkatan Laut untuk menjadi motor dari strategi diplomasi keamanan maritim (Quirk & Bradford, 2015). Melalui program pembangunan tol laut, pembangunan pelabuhan laut dalam, peningkatan dukungan logistik dan industri perkapalan, serta pembangunan wisata bahari terutama pada pembangunan maritim di wilayah Indonesia bagian timur diharapkan menjadi bagian strategi diplomasi bangsa dalam bidang kemaritiman (Negara & Das, 2017).

Selat Lombok merupakan salah satu pintu gerbang masuk jalur pelayaran Internasional dari *Chokepoint* dan ALKI II. Selat Lombok juga merupakan bagian dari jalur utama perdagangan antara benua Asia-Australia. Salah satu strategi diplomasi maritim yang dikembangkan pemerintah Indonesia di Selat Lombok adalah memberi jaminan keamanan maritim (*maritime security*) termasuk keselamatan maritim (*maritime safety*) (Kadarisman, 2017). Tugas menjaga keamanan dan keselamatan maritim di Indonesia diberikan kepada beberapa institusi dan *stakeholder* maritim yaitu TNI Angkatan Laut, Bakamla, Polairud, Dishubla, KKP, dan Pemerintah Daerah. Seluruh institusi maritim tersebut berperan mengontrol dan mengendalikan berbagai bentuk ancaman maritim. Adapun ancaman maritim yang dapat terjadi di Selat Lombok diantaranya adalah kegiatan ilegal di laut (seperti penyelundupan kayu, bahan bakar minyak dan pasir serta pencurian ikan), berbagai gangguan keamanan di laut (seperti kecelakaan tabrakan, kejahatan pembajakan kapal, sabotase dan pengintaian terhadap wilayah Indonesia) dan gangguan di wilayah perbatasan (seperti penyelundupan barang, senjata, narkoba dan manusia serta tindakan terorisme/separatisme)

Sebagai bagian dari Sistem Senjata Armada Terpadu (SSAT) TNI AL maka tugas Pangkalan Angkatan Laut adalah memberi dukungan baik dukungan administrasi maupun dukungan logistik kepada kapal perang (KRI), pesawat udara, pasukan (Marinir) yang melaksanakan operasi keamanan dan keselamatan di wilayah kerjanya. Sedangkan fungsi Pangkalan Angkatan Laut dapat dikelompokkan menjadi 5R yang meliputi: (1) Pangkalan sebagai tempat bekal ulang (*Replenishment*); (2) Pangkalan sebagai tempat perbaikan/perawatan (*Repair*); (3) Pangkalan

sebagai tempat istirahat (*Rest*); (4) Pangkalan sebagai tempat rekreasi (*Refreshing*); dan (5) Pangkalan sebagai tempat pengisian bahan bakar (*Refuel*) (Suharyo et al., 2017). Untuk menjaga keamanan dan keselamatan di *chokepoint* Selat Lombok, TNI Angkatan Laut menempatkan 2 (dua) Pangkalan Angkatan Laut (Lanal) yang memiliki peranan penting dalam mengawasi serta menangani permasalahan keamanan maritim di Selat Lombok. Lanal tersebut adalah Lanal Denpasar dan Lanal Mataram.



Gambar 4. Perairan Selat Lombok

Sumber: (Pushidrosal, 2017)

Namun kedua Lanal ini menemui beberapa kendala dalam melaksanakan pengawasan dan penanganan keamanan serta keselamatan maritim di wilayahnya. Kendala utamanya karena terbatasnya beberapa fasilitas seperti fasilitas pelabuhan, fasilitas komunikasi, fasilitas pemeliharaan dan perbaikan kapal serta fasilitas keamanan. Dengan kondisi keterbatasan ini mengakibatkan tugas kedua Lanal tidak bisa terlaksana dengan baik dan optimal.

Maka diperlukan kerjasama dan sinergitas dari seluruh institusi dan *stakeholder* maritim guna mendukung tugas serta fungsi Lanal. Sinergitas ini dipengaruhi oleh faktor internal dan faktor eksternal meliputi seluruh kekuatan dan kemampuan yang dimiliki Pangkalan Angkatan Laut kemampuan teknis serta daya dukung wilayah serta dukungan ekonomi dan politik berupa kebijakan nasional dan kebijakan pemerintah daerah (Suharyo, 2017). Disamping itu pimpinan Lanal di wilayah Selat Lombok juga memiliki tugas besar untuk mensinergitaskan tugas serta fungsi Lanal di masa depan. Maka dibutuhkan penelitian sinergitas tugas dan fungsi Pangkalan Angkatan Laut yang diharapkan dapat mendukung operasi keamanan laut di Selat Lombok.

Beberapa penelitian yang telah dilakukan dan dapat mendukung penelitian ini antara lain antara lain

- a. Keberadaan Pangkalan Angkatan Laut mencerminkan kondisi dan pengaruh Ipoleksosbudhankam pada wilayahnya (Ahmadi et al., 2011)
- b. Pembuatan sistem informasi keselamatan dan keamanan pelayaran dengan memanfaatkan data satelit altimetri (Aji, 2015)
- c. Model penentuan lokasi Pangkalan Angkatan Laut berbasis sustainabilitas (Suharyo, 2017)

Melakukan identifikasi faktor-faktor yang berpengaruh pada sistem operasi keamanan laut menjadi hal pertama yang harus dilakukan pada penelitian ini. Dengan mengidentifikasi dari sistem yang ada diharapkan terbentuk konseptual sinergitas dan menjadi dasar pemodelan (*basic model*) dari penelitian. Penulis akan mensinergitaskan tugas dan fungsi Pangkalan Angkatan Laut di Selat Lombok dari aspek keamanan, teknis, dan ekonomi dengan mensinergitaskannya dengan berbagai institusi maritim yang ada di wilayah Selat Lombok. Penulis berpendapat ketiga aspek tersebut merupakan pilar utama dari keberadaan Pangkalan Angkatan Laut yang mendukung operasi keamanan laut untuk menciptakan pembangunan maritim di wilayah Bali dan Nusa Tenggara Barat.

Adapun sistem dari konseptual model operasi keamanan laut di Selat Lombok pada penelitian ini terbentuk 3 (tiga) komponen penting yaitu Pangkalan Angkatan Laut, Stakeholder Maritim dan Pemerintah Daerah. Lingkungan (*environment*) yang ikut mempengaruhi pada sistem ini berupa berbagai ancaman maritim yang dapat timbul di Selat Lombok serta kondisi geo-ekonomi maritim pada wilayah Bali dan NTB. Sedangkan tujuan atau *objective goal* dari sistem yang diharapkan antara lain:

- a. Terciptanya stabilitas maritim dengan indikator menurunnya kegiatan ilegal di laut, gangguan keamanan di laut, dan gangguan di wilayah perbatasan

b. Meningkatnya ekonomi masyarakat maritim dengan indikator kenaikan pendapatan masyarakat di Bali maupun NTB.

Research question dari penelitian ini yaitu bagaimana mengidentifikasi faktor-faktor yang berpengaruh dan bagaimana model sinergitas tugas dan fungsi Pangkalan Angkatan Laut di Selat Lombok pada operasi keamanan laut di masa depan? Sehingga tujuan penelitian untuk mengidentifikasi dan menentukan model terbaik dalam strategi keamanan maritim di Selat Lombok dapat terlaksana dengan optimal di masa depan. Pada penelitian ini pada bagian 2 dipaparkan metodologi yang digunakan, hasil penelitian di bagian 3, bagian 4 diskusi dan pembahasan, dan bagian 5 menampilkan kesimpulan.

MATERI DAN METODE

Keamanan Maritim Di Chokepoint Selat Lombok

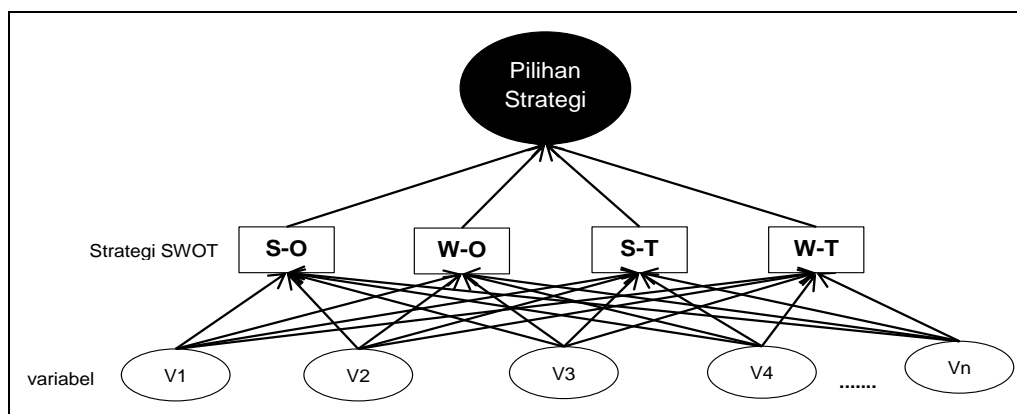
Chokepoint Selat Lombok yang berada diantara Pulau Bali dan Pulau Lombok merupakan bagian penting dari pelayaran internasional dikarenakan jalur ini menjadi jalur pendukung bagi perdagangan dan pelayaran lintas benua (Australia dan Asia) serta penghubung dari samudra Hindia ke Samudra Pasifik. Secara geografis jalur di Selat Lombok yang memiliki panjang 60 kilometer dengan lebar 18-30 kilometer dan kedalaman mencapai lebih dari 1000 meter tidak banyak terhalang pulau dan layak untuk dilewati kapal-kapal besar. Ekonomi negara yang memanfaatkan pelayaran melewati *chokepoint* Selat Lombok adalah Australia, Cina, Singapura, India dan Jepang (Maulana, 2015).

Selat Lombok memiliki berbagai potensi maritim unggul yang dapat dikembangkan. Sebagai bagian dari koridor V ekonomi Indonesia, maka Selat Lombok dapat menjadi tumpuan dari pembangunan ekonomi berbasis pariwisata maritim serta bagian dari jalur distribusi pendukung pangan Nasional. Selat Lombok juga banyak dilalui oleh kapal pengangkut barang dan manusia sehingga potensi berbagai industri jasa maritim dapat berkembang di sekitar perairan Selat Lombok. Hal ini juga ditunjang karena kondisi lingkungan di sekitar perairan Selat Lombok masih mendukung sektor pariwisata serta perikanan (Wahyudin & Andrianto, 2012).

Karena Selat Lombok memiliki potensi serta nilai strategis bagi perekonomian negara maka Selat Lombok juga mempunyai beberapa ancaman maritim. Ancaman maritim yang bisa terjadi seperti ancaman pelanggaran wilayah, bahaya navigasi pelayaran, eksploitasi sumber daya secara ilegal, dan dari tindakan hukum lainnya. Di samping itu, penyelundupan barang secara ilegal dan perdagangan manusia, serta terorisme dapat berimbas pada ekonomi masyarakat pulau Bali dan Lombok yang bertumpu pada sektor pariwisata (Marboen, 2012)

Analisis AHP-SWOT

Analisis dengan matriks SWOT tersebut dapat digunakan tidak hanya untuk manajemen tetapi juga dapat dipakai dalam menganalisis suatu kegiatan guna proses pengambilan keputusan (Wang, 2007). Analisis SWOT dapat juga dijadikan alat pendukung pengambilan keputusan serta digunakan sebagai alat untuk menganalisis kondisi internal organisasi serta kondisi lingkungan sekitar organisasi. Sehingga berbagai informasi internal dan eksternal organisasi sudah dapat terwakili secara sistematis dalam matriks SWOT (Živković *et al.*, 2015). Nilai tambah dari analisis SWOT dapat dicapai dengan melakukan perbandingan berpasangan antara faktor SWOT dan menganalisisnya dengan teknik menentukan besaran eigen seperti yang diterapkan di metode AHP (Kurttila *et al.*, 2000). Bobot kepentingan relatif dari variabel SWOT dan sub-variabelnya yang diperoleh dengan pendekatan AHP dan dipakai untuk menentukan peringkat strategi yang didasarkan identifikasi para ahli (Nikolić *et al.*, 2015).



Gambar 5. Proses Pendekatan AHP Pada Analisis SWOT
Sumber: (Yogi et al., 2017)

Analytic Hierarchy Process (AHP).

Nilai tambah dari analisis SWOT dapat dicapai dengan melakukan perbandingan berpasangan antara faktor SWOT dan menganalisisnya dengan teknik menentukan besaran eigen seperti yang diterapkan di metode AHP (Kurttila et al., 2000), (Wickramasinghe & Takano, 2009). Bobot kepentingan relatif dari faktor-faktor SWOT dan sub-faktornya yang diperoleh dengan AHP model, dipakai untuk menentukan peringkat strategi yang didasarkan identifikasi para ahli (Nikolić et al., 2015). Tahapan-tahapan pengambilan keputusan dengan Metode AHP adalah:

- Mendefinisikan masalah dan menentukan solusi.
- Membuat struktur hirarki
- Membentuk matriks perbandingan berpasangan berdasarkan pilihan atau *judgment* dari pembuat keputusan dengan menilai tingkat tingkat kepentingan suatu elemen dibandingkan elemen lainnya.
- Menormalkan data
- Menghitung nilai *eigen vector* dan menguji konsistensinya
- Mengulangi langkah 3, 4, dan 5 untuk seluruh tingkat hirarki.
- Menghitung *eigen vector* dari setiap matriks perbandingan berpasangan.
- Menguji konsistensi hirarki dalam bentuk hubungan prioritas sebagai *Eigen Vector* terhadap konsistensi. Jika penilaian tersebut sempurna pada setiap perbandingan, maka $a_{ij}.a_{jk}=a_{ik}$ untuk semua i , dan matriks A dinamakan konsisten (Gorener et al., 2012).

$$A = \begin{bmatrix} 1 & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ \frac{1}{a_{12}} & 1 & \dots & a_{2n} \\ a_{12} & \vdots & \ddots & \vdots \\ \frac{1}{a_{1n}} & \frac{1}{a_{2n}} & \dots & 1 \end{bmatrix}$$

Nilai pada matriks perbandingan A dapat dinyatakan kedalam bentuk sebagai berikut:

$$a_{ij} = \frac{w_i}{w_j}; (i, j = 1, 2, 3, \dots, n) \quad (1)$$

$$a_{ij} \cdot \left(\frac{w_j}{w_i}\right) = 1; (i, j = 1, 2, 3, \dots, n) \quad (2)$$

konsekuensinya :

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} \cdot w_j \cdot \left(\frac{1}{w_i}\right) = 1; (i = 1, 2, 3, \dots, n) \quad (3)$$

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} \cdot w_j = n w_i; (i = 1, 2, 3, \dots, n) \quad (4)$$

Persamaan (4) dalam bentuk matriks menjadi :

$$A \cdot w = n \cdot w \quad (5)$$

$$\sum_{i=1}^n Z_i = n \quad (6)$$

$$Aw = Z_{maks} \cdot w \quad (7)$$

$$CI = \frac{Z_{maks} - n}{n - 1} \quad (8)$$

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (9)$$

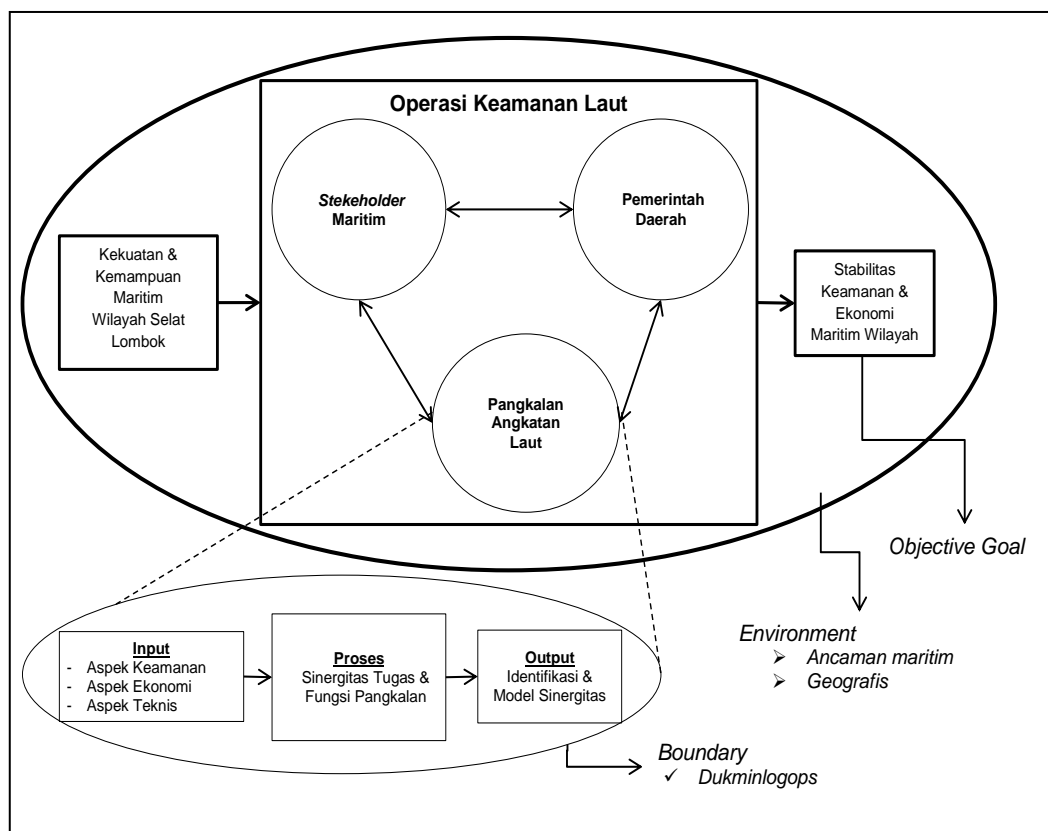
Suatu tingkat konsistensi yang tertentu memang diperlukan dalam penentuan prioritas untuk mendapatkan hasil yang sah. Nilai CR semestinya tidak lebih dari 10% atau 0,10 (Gorener et al., 2012). Nilai RI dapat dilihat pada tabel berikut ini :

Tabel 10. Random Index (RI)

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
RI	0	0	0.58	0.9	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49	1.51	1.54	1.56

Metode Penelitian

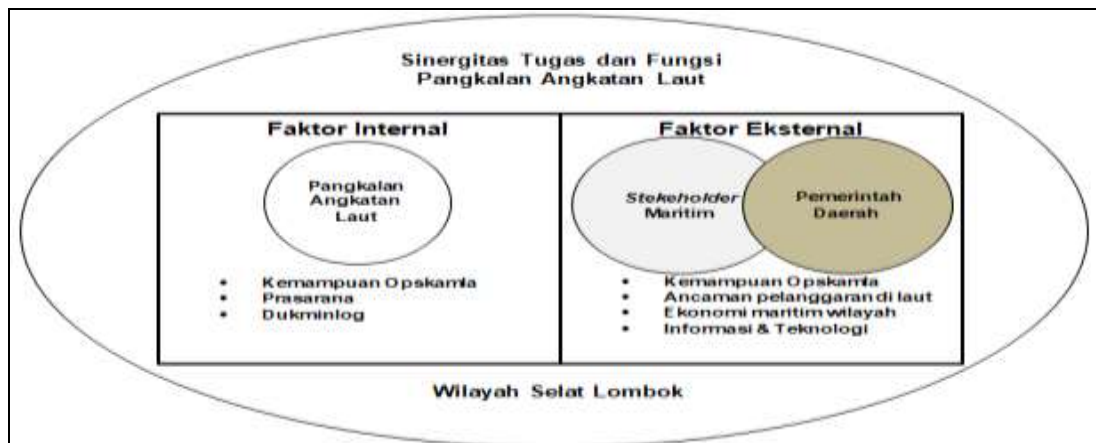
Variabel penelitian bersumber dari faktor internal berupa data kondisi kekuatan dan kemampuan yang dimiliki oleh Pangkalan Angkatan Laut, sedangkan variabel dari faktor eksternal Angkatan Laut berupa keseluruhan lingkungan *environment* yang ada dalam sistem operasi keamanan laut.



Gambar 6. Konseptual Sistem Sinergitas Pangkalan di Selat Lombok

Adapun input dari sistem adalah kondisi kemampuan Lanal Denpasar maupun Lanal Mataram ditinjau dari aspek keamanan, ekonomi dan teknis. Dalam mengolahnya (*processing*) dilakukan dengan mengadakan operasi keamanan laut secara bersama-sama menggunakan seluruh kondisi yang ada saat ini. Sebagai keluarannya (*output*) adalah terselenggaranya operasi keamanan laut dengan

optimal dengan batasan (*boundary*) terselenggaranya dukungan administrasi dan logistik yang diperlukan untuk melaksanakan operasi keamanan laut.



Gambar 7. Faktor Internal – Eksternal Penelitian

Tabel 11. Pengelompokan Aspek Penelitian

Sinergitas Tugas dan Fungsi Pangkalan Angkatan Laut	Sistem	Aspek	Kriteria	
	Operasi Keamanan Laut di Selat Lombok	Keamanan		Ancaman Kamla
				Kemampuan Operasi Kamla
		Ekonomi		Ekonomi Maritim
				Dukungan Logistik
			Prasarana	
Teknis		Informasi & Teknologi		

HASIL DAN PEMBAHASAN

Identifikasi faktor yang mempengaruhi penelitian diawali dengan pengumpulan data faktor SWOT yang bersumber dari data primer. Pengumpulan informasi dilakukan dengan wawancara kepada perwira pada instansi Disfaslanal, Koarmada II, Komandan KRI dan Pangkalan TNI AL di Denpasar dan Mataram. Selanjutnya hasil data wawancara diolah dengan program microsoft Excell dan *Software Expert Choice* menjadi data kriteria dan pembobotan sesuai desain perhitungan numerik.

Tabel 12. Identifikasi Faktor Penelitian

Kriteria	Variabel	Kode
Ancaman	Geo-strategis	V1
	Kecelakaan Laut	V2
	Pelanggaran Pelayaran	V3
Opskamla	Covering Area	V4
	Jumlah Kapal Patroli	V5
Ekonomi Wilayah	Industri Maritim	V6
	Pariwisata Maritim	V7
Dukungan Logistik	Dukungan Administrasi	V8
	Kemampuan Logistik	V9
Sarana Prasarana	Faslabuh	V10
	Fasharkan	V11
	Fasbekal	V12

	Fasmessing	V13
	Fasmako	V14
	Fasum	V15
	Faskom	V16
	Fashan	V17
	Fasyan	V18
	Fasopslat	V19
	Fasangmil	V20
Informasi dan Teknologi	Sistem Informasi	V21
	Teknologi Navigasi	V22

Desain dan Hasil Perhitungan Numerik

Desain perhitungan numerik didasarkan pada proses memberi bobot dari setiap level mulai dari aspek penelitian, kriteria dan variabel yang perhitungannya sesuai hasil wawancara dan kuisioner terhadap 12 tenaga ahli.

Tabel 13. Pembobotan Kriteria Penelitian

Aspek Penelitian	Bobot	Kriteria Penelitian	Bobot	Kode Variabel	Bobot
	Level 1		Level 2		Level 3
Keamanan	0,380	Ancaman	0,155	V1	0,061
				V2	0,034
				V3	0,041
		Operasi Keamanan Laut	0,173	V4	0,053
				V5	0,049
Ekonomi	0,289	Ekonomi Wilayah	0,167	V6	0,043
				V7	0,053
		Dukungan Logistik	0,167	V8	0,044
				V9	0,050
Teknis	0,331	Sarana Prasarana	0,167	V10	0,048
				V11	0,043
				V12	0,043
				V13	0,038
				V14	0,050
				V15	0,042
				V16	0,046
				V17	0,049
				V18	0,043
				V19	0,036
	V20	0,038			
	Informasi dan Teknologi			0,173	V21
V22					0,042

Penilaian AHP-SWOT pada Subyek Penelitian

Penilaian terhadap seluruh variabel yang berpengaruh pada penelitian dilakukan dengan skoring kondisi yang ada saat ini yang didukung dari data primer dan data lapangan. Adapun bobot dari skor SWOT adalah sama yang berarti setiap variabel mempunyai pengaruh yang sama kuat.

Tabel 14. Penilaian Kriteria Penelitian

Skor SWOT	Kode	Bobot Relatif Variabel AHP	Hasil Penilaian	Rating (R)	Skor (S)
		(N)	(J)	(N) x (J)	(R) x (N)
Strengths (S) 1,503	V4	0,053	95	5,038	0,2672
	V14	0,050	90	4,486	0,2236
	V5	0,049	89	4,379	0,2154
	V10	0,048	83	3,978	0,1906
	V13	0,038	80	3,067	0,1176
	V9	0,050	79	3,937	0,1962
	V11	0,043	78	3,339	0,1430
	V8	0,044	77	3,395	0,1497
Weaknesses (W) 0,958	V18	0,043	76	3,302	0,1435
	V17	0,049	76	3,739	0,1840
	V16	0,046	76	3,496	0,1609
	V12	0,043	75	3,259	0,1416
	V15	0,042	74	3,073	0,1277
	V19	0,036	74	2,695	0,0982
	V20	0,038	72	2,714	0,1023
Opportunities (O) 0,634	V7	0,053	81	4,296	0,2278
	V1	0,061	78	4,735	0,2874
	V6	0,043	65	2,783	0,1191
Threats (T) 0,420	V3	0,041	62	2,535	0,1037
	V21	0,054	56	3,006	0,1613
	V22	0,042	55	2,319	0,0978
	V2	0,034	50	1,693	0,0573

Dari hasil penilaian dengan metode AHP-SWOT diatas secara keseluruhan nilai skor yang dalam skala 1 sampai 4, teridentifikasi pada evaluasi faktor internal mencapai skor 2,461 dengan prioritas variabel tertinggi adalah dengan melakukan covering area di selat Lombok serta dengan meningkatkan kemampuan dan fungsi fasilitas keamanan di Pangkalan Angkatan Laut.

Tabel 15. Faktor Internal Penelitian

Total Faktor Internal (S + W)		2,461
Prioritas Strategi Terpilih		
Strengths (S)	Covering Area (V4)	0,267
Weaknesses (W)	Fashan (V17)	0,184

Sedangkan pada evaluasi faktor Eksternal mencapai skor 1,055 dengan prioritas variabel tertinggi adalah dengan memanfaatkan geo-strategis alur selat Lombok sebagai gerbang pelayaran dan perdagangan internasional dengan memanfaatkan pengelolaan sistem informasi dari pelabuhan yang ada di Benoa dan Lembar.

Tabel 16. Faktor Eksternal Penelitian

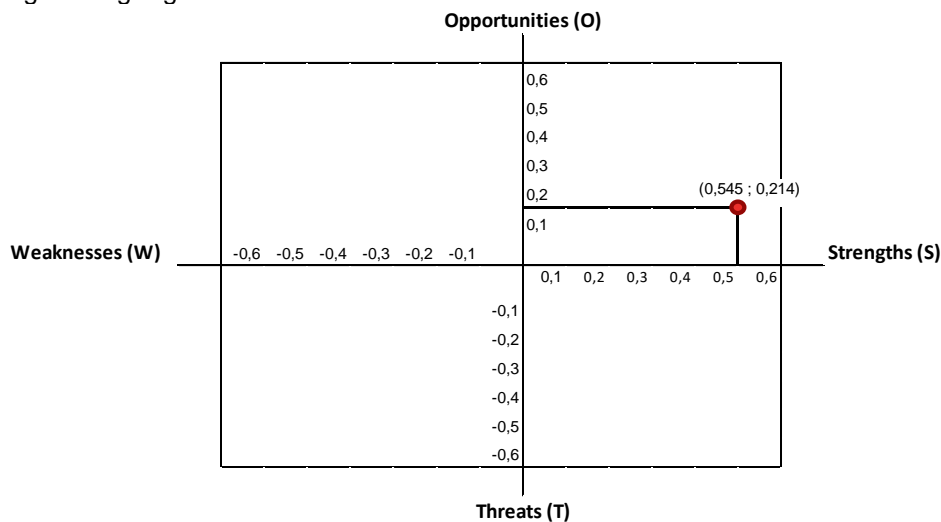
Total Faktor Eksternal (O + T)		1,055
Prioritas Strategi Terpilih		
Opportunities (O)	Geo-strategis	0,287
Threats (T)	Sistem Informasi	0,161

**Diskusi dan Pembahasan
 Perumusan Prioritas Strategi**

Hasil matrik EFI (Evaluasi Faktor Internal) dan matrik EFE (Evaluasi Faktor Eksternal) maka perpotongan keempat garis faktor Kekuatan, Kelemahan, Peluang dan Ancaman, adalah sebagai berikut :

Skor Kekuatan – Skor Kelemahan = 1,503 – 0,958 = 0,545
 Skor Peluang – Skor Ancaman = 0,634 – 0,420 = 0,214

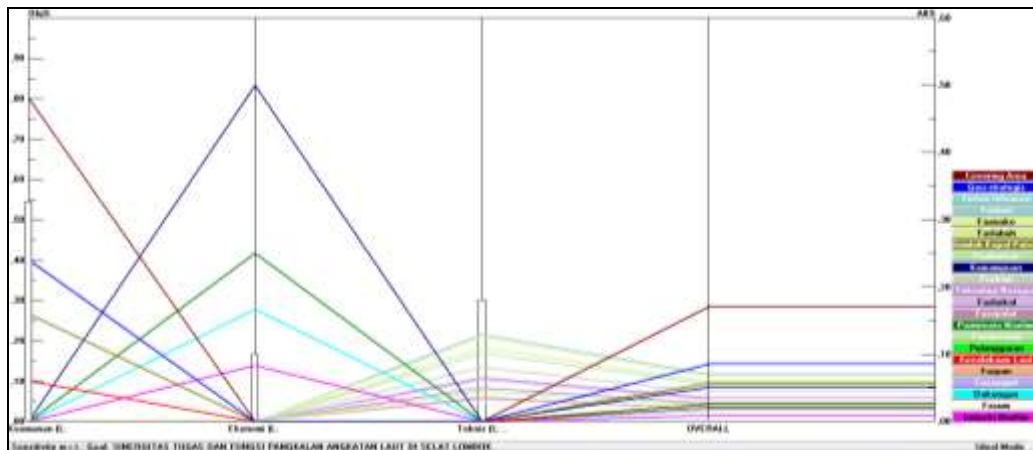
Maka perpotongannya menghasilkan perbandingan kekuatan terletak pada Kwadran I yaitu mendukung Strategi Agresif.

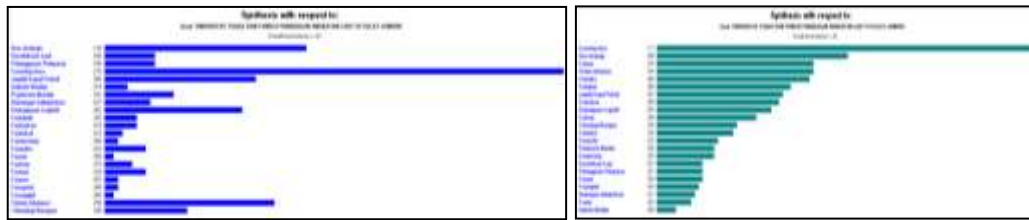


Gambar 8. Prioritas Strategi Penelitian

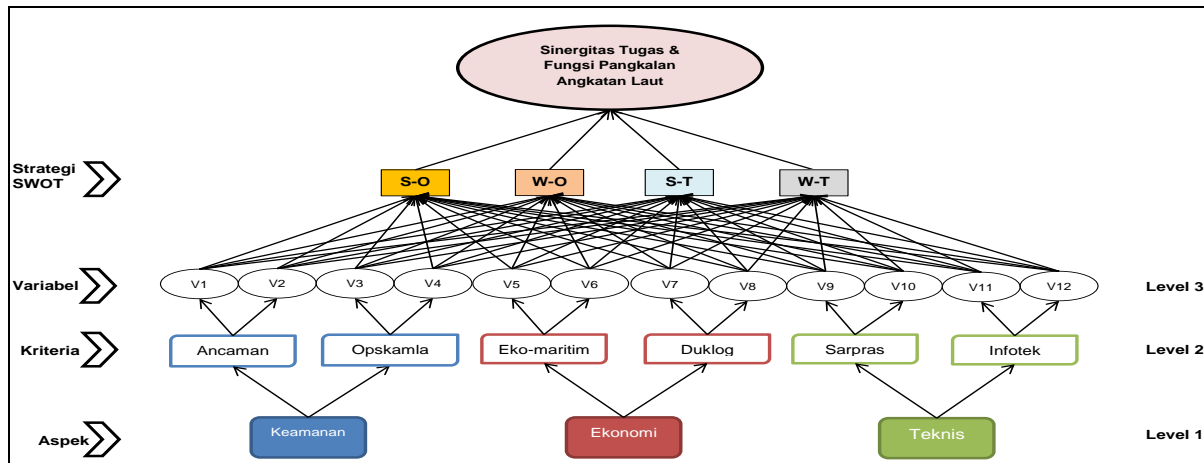
Analisa Sensitivitas

Analisis sensitivitas AHP dapat mengkombinasikan variabel-variabel strategis sehingga dapat menentukan urutan prioritas strategi terbaik. Analisis sensitivitas ditunjukkan pada gambar Grafik *Dynamic Sensitivity Software Expert Choice*.





Gambar 9. Sensitivitas Kriteria Penelitian



Gambar 10. Model Prioritas Sinergitas

KESIMPULAN DAN SARAN

Membuat strategi bersama dalam mengelola selat lombok merupakan hal pokok dari penelitian ini. Sinergitas yang dihasilkan pada penelitian ini menunjukkan bahwa faktor lokasi selat lombok yang strategis menjadi penentu untuk membuat suatu kebijakan. Memanfaatkan peluang yang ada dari eksternal Pangkalan Angkatan Laut seperti bekerjasama dalam mengelola informasi pelayaran. Sehingga informasi tersebut dapat digunakan kembali oleh DPS-NB atau MTR-NB sebagai bagian dari operasi keamanan laut bersama. Strategi S-O atau S-T menjadi prioritas pimpinan Angkatan Laut dalam membentuk sinergitas menjaga keamanan maritim di selat lombok. Setelah penelitian ini selanjutnya diharapkan penelitian di masa depan dapat membuat suatu model sinergitas yang dapat menggambarkan dinamika sistem yang mungkin bisa terjadi dari setiap penggunaan strategi. Sehingga dapat memvisualisasikan perubahan serta nilai yang bisa diperoleh berdasarkan perubahan waktu

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmadi, Zain, D., Soerachman & Santoso, B. (2011). Determination of Naval Based Locations: Strategy to Maximize Performance Monitoring of Defense and Security System in The Sea Study on Maritime Security and Defense System in Indonesia). *Jurnal Aplikasi Manajemen*, pp.254-63.
- Aji, D.R. (2015). *Pembuatan Sistem Informasi Keselamatan dan Keamanan Pelayaran Berbasis Web Menggunakan Data Satelit Altimetri (Studi Kasus : Laut Jawa)*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Gorener, A., Toker, K. & Ulucay, K. (2012). Application of Combined SWOT and AHP: A Case Study for a Manufacturing Firm. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, pp.1525 – 1534.
- Kadarisman, M. (2017). Kebijakan Keselamatan dan Keamanan Maritim Dalam Menunjang Sistem Transportasi Laut. *Jurnal Manajemen Transportasi & Logistik*, IV(2), pp.177-92.
- Kurttila, M., Pesonen, M., Kangas, J. & Kajanus, M. (2000). Utilizing The Analytic Hierarchy Process AHP in SWOT Analysis A Hybrid Method And Its Application To A Forest-Certification Case. *Forest Policy and Economics*, pp.41-52.
- Marboen, A.P. (2012). *Isu Keamanan Perairan Kawasan Picu Konflik*. [Online] Available at: [HYPERLINK "http://id.beritasatu.com" http://id.beritasatu.com](http://id.beritasatu.com) [Accessed 29 February 2012].

- Maulana, R. (2015). *NTB Tawarkan Selat Lombok Untuk Jalur Kapal Super Besar*. [Online] Available at: [HYPERLINK "http://industri.bisnis.com" http://industri.bisnis.com](http://industri.bisnis.com) [Accessed 30 September 2015].
- Negara, S.D. & Das, S.B. (2017). *Challenges for Indonesia to achieve its Maritime Connectivity Plan and Leverage on Regional Initiatives*. Singapore: ISEAS Iseas Yusof Ishak Institute.
- Nikolić, D. et al. (2015). SWOT - AHP Model for Prioritization of Strategies of The Resort Stara Planina. *Serbian Journal of Management*, pp.141-50.
- Pushidrosal. (2017). *Peta Laut Wilayah Negara Republik Indonesia*. Jakarta: Pusat Hidro Oseanografi TNI Angkatan Laut.
- Quirk, S. & Bradford, J. (2015). *Maritime Fulcrum: A New U.S. Opportunity to Engage Indonesia*. Honolulu, Hawaii: Pacific Forum CSIS.
- Rodrigue, J.-P., 2004. Straits, Passages and Chokeypoints A Maritime Geostrategy of Petroleum Distribution. *Cahiers de Géographie du Québec* , 48, pp.357-74.
- Suharyo, O.S., 2017. *Model Penentuan Lokasi Pangkalan Angkatan Laut Berbasis Sustainability*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Suharyo, O.S., Manfaat, D. & Armono, H.D., 2017. Establishing the Location of Naval Base Using Fuzzy MCDM and Covering Technique Methods: A Case Study. *International Journal of Operations and Quantitative Management IJOQM*, 23(1), pp.61-87.
- Wahyudin, Y. & Andrianto, L., 2012. *Analisis Ekonomi Sumber Daya Alam dan Lingkungan di Selat Lombok*. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Wang, K.-c., 2007. *A Process View of SWOT Analysis*. Taipei, Taiwan: Business Management Department National Taipei University, Taipei, Taiwan, R.O.C.
- Wickramasinghe, V. & Takano, S.-e., 2009. Application of Combined SWOT and Analytic Hierarchy Process (AHP) for Tourism Revival Strategic Marketing Planning: A Case of Sri Lanka Tourism. *Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies*, pp.1-16.
- Yogi, P., Rizal, O., Ahmadi & Suharyo, O.S., 2017. Feasibility Analysis of Naval Base Relocation Using SWOT and AHP Method to Support Main Duties Operation. *Journal of Defense Management*, 7(1), pp.1-8.
- Živković, Ž. et al., 2015. Analytical Network Process in the Framework of SWOT Analysis for Strategic Decision Making (Case Study: Technical Faculty in Bor, University of Belgrade, Serbia). *Acta Polytechnica Hungarica* , 12, pp.199-216.

STUDI PROFIL VERTIKAL KECEPATAN ARUS DI PERAIRAN SEKITAR KEPULAUAN DERAWAN, KALIMANTAN TIMUR, INDONESIA

Faisal Hisyam Muhammad ^{1*}, Ayi Tarya¹, Nining Sari Ningsih¹

¹Program Studi Oseanografi, Fakultas Ilmu dan Teknologi Kebumihan, Institut Teknologi Bandung
Jl. Durian II No. 24, Perumnas Bantarkemang, Baranangsiang, Bogor Timur, Bogor, Indonesia 16143
+6281224567427

*Corresponding author e-mail: 4561944@gmail.com

ABSTRAK

Persamaan logaritmik standar sering digunakan untuk mengestimasi kurva profil vertikal kecepatan arus laut secara analitik di suatu perairan. Tujuan dari estimasi kurva suatu profil vertikal kecepatan arus dengan persamaan analitik, yakni logaritmik, berguna untuk mendapatkan konstanta u^ dan z_0 melalui proses curve fitting yang nantinya dapat digunakan sebagai input suatu model. Walaupun persamaan logaritmik cukup baik dalam mendekati kurva profil vertikal kecepatan arus, namun persamaan ini tidak mampu mengestimasi profil vertikal kecepatan arus di beberapa lokasi dan kondisi seperti outer region, sehingga nilai u^* dan z_0 yang didapat menjadi tidak valid. Maka itu perlu digunakan persamaan lain yang diyakini dapat mendekati profil vertikal kecepatan arus lebih baik untuk berbagai lokasi dan kondisi. Pada penelitian ini persamaan logaritmik dan parabolik dasar akan digunakan. Nilai rata-rata panjang kekasaran (z_0) paling besar ditemukan di Karang Masimbung Barat, bernilai 0,36 m (arah timur-barat) dan Karang Masimbung Timur 0,334 m (arah utara-selatan), sedangkan nilai z_0 paling kecil terdapat di Karang Derawan yang hanya bernilai 0,087 m (arah timur-barat) dan Bagan 0,185 m (arah utara-selatan). Nilai kecepatan geser (u^*) lapisan luar dan dalam paling besar terdapat di Bagan untuk arah timur-barat, 0,073 m/s untuk lapisan luar dan 0,017 m/s untuk lapisan dalam. u^* paling kecil terdapat di Karang Derawan untuk arah timur-barat dengan nilai 0,025 m/s (lapisan luar) dan arah utara-selatan 0,006 m/s (lapisan dalam).*

Kata kunci: Kepulauan Derawan, Persamaan Logaritmik, Persamaan Parabolik, u^* , z_0 .

PENDAHULUAN

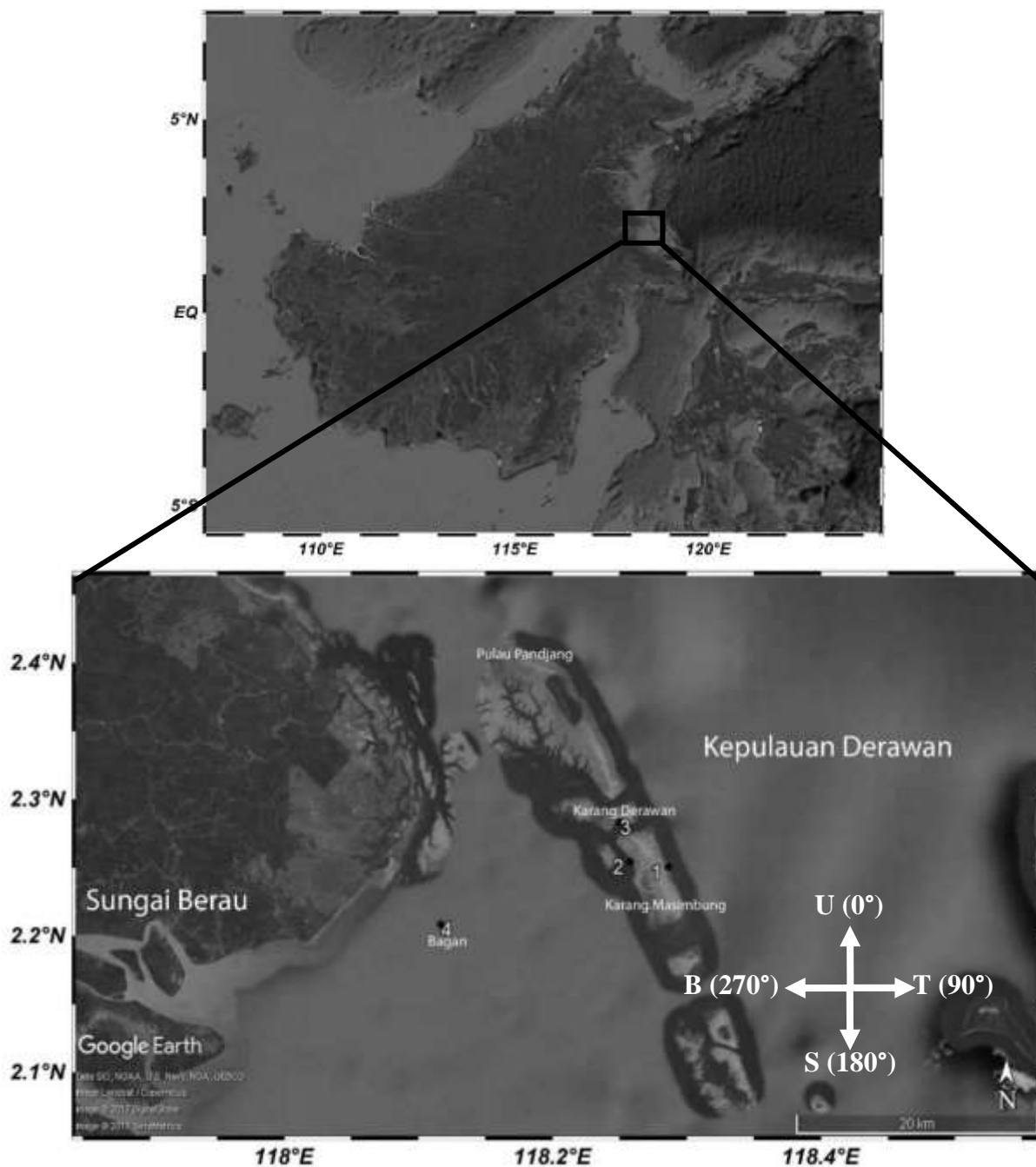
Kepulauan Derawan yang terletak di Provinsi Kalimantan Timur, Indonesia, merupakan objek wisata yang terkenal akan keindahan alam bawah lautnya, susunan terumbu karang dan biota laut dengan bentuk dan warna yang beranekaragam membuat Kepulauan Derawan amat kaya akan sumber daya laut (Marpaung, 2008). Kekayaan sumber daya laut yang melimpah pada ekosistem laut di perairan sekitar Kepulauan Derawan harus mulai dijaga dan dilestarikan, karena beberapa spesies terumbu karang dan biota laut yang ada di ekosistem ini termasuk langka, dan setiap tahunnya kualitas ekosistem turun secara perlahan yang ditunjukkan dengan berkurangnya luasan terumbu karang dan jumlah biota laut (Vermaas, 2006). Tanpa terumbu karang dan biota lautnya, Kepulauan Derawan tidak akan terkenal seperti sekarang, karena keanekaragaman hayati laut yang melimpahlah yang membuat Kepulauan Derawan terkenal dengan titik penyelamannya bagi para wisatawan domestik maupun mancanegara. Pelestarian ekosistem akan lebih mudah dilakukan apabila kondisi perairan di sekitar Kepulauan Derawan diketahui, salah satu faktor yang mempengaruhi dinamika ekosistem adalah kondisi hidro-oseanografi, dan karakteristik aliran arus merupakan salah satu parameternya. Karakteristik aliran arus dapat diidentifikasi melalui bentuk profil vertikal kecepatan arus. Pada umumnya, profil vertikal kecepatan arus pada suatu perairan dapat didekati dengan suatu persamaan analitik, karena bentuk profil seperti mengikuti suatu kurva, yang selama ini didekati oleh kurva logaritmik, hal ini disebabkan karena kecepatan arus berkurang secara logaritmik dengan bertambahnya kedalaman. Walau begitu, perlu ditentukan persamaan yang tepat untuk menggambarkan profil vertikal kecepatan arus dengan korelasi yang baik antara kecepatan arus dengan ketinggian dari dasar. Apabila persamaan profil sudah diketahui, kecepatan arus untuk setiap kedalaman dapat diprediksi secara kontinu, yang nantinya dapat digunakan untuk memahami karakteristik aliran arus di perairan sekitar Kepulauan Derawan. Selain itu, apabila persamaan analitik profil vertikal kecepatan arus diketahui, konstanta kecepatan geser (u^*) dan panjang kekasaran (z_0) juga dapat diketahui. Sejauh ini, profil vertikal kecepatan arus belum banyak dikaji pada perairan terumbu karang, menurut Vermaas (2006) karakteristik aliran arus pada daerah terumbu karang akan berbeda dengan daerah lainnya di laut, sehingga profil kecepatannya pun akan berbeda. Penelitian

mengenai profil vertikal kecepatan arus di daerah terumbu karang dapat menjadi suatu terobosan baru dalam dunia oseanografi.

Seperti yang sudah disebutkan sebelumnya, persamaan paling umum untuk menggambarkan profil vertikal kecepatan arus adalah persamaan logaritma, yakni persamaan logaritma standar (Lueck dan Lu, 1996; Lu *et al.*, 2000; Reidenbach *et al.*, 2006). Namun ada beberapa ekstensi persamaan logaritma seperti *log-linear law* (Gross *et al.*, 1992) dan *log-wake law* (Coles, 1956) yang dapat digunakan untuk meningkatkan kecocokan antara data hasil observasi dengan data analitik, yang nantinya akan berpengaruh terhadap kecocokan antara bentuk kurva persamaan dengan profil vertikal kecepatan arusnya. Namun terdapat beberapa kendala dalam penggunaan persamaan logaritma untuk menggambarkan profil vertikal kecepatan arus. Pada setiap perairan, kolom air laut dapat dibagi menjadi dua lapisan, lapisan dalam (*inner region*) dan lapisan luar (*outer region*). Pada lapisan dalam, hubungan antara data kecepatan arus hasil observasi dengan perhitungan analitik bersifat logaritmik, namun memasuki lapisan luar tidak lagi bersifat logaritmik, walaupun *log-linear* dan *log-wake law* mampu meningkatkan kecocokan bentuk profil, namun persamaan ini masih belum cukup baik untuk menggambarkan profil vertikal kecepatan arus pada lapisan luar (*outer region*). Menurut Keulegan (1938), persamaan parabolik dapat mendekati profil vertikal kecepatan arus pada lapisan luar lebih baik dibandingkan *log-linear* maupun *log-wake law*.

Dalam penelitian ini, persamaan logaritmik dan parabolik akan digunakan keduanya untuk memprediksi profil vertikal kecepatan arus di beberapa titik pada perairan sekitar Kepulauan Derawan, sekaligus sebagai pembanding, dengan harapan persamaan yang lebih cocok untuk mendekati profil pada masing-masing lapisan (*region*) dapat ditentukan. Sebagai tambahan, konstanta panjang kekasaran (z_0) dan kecepatan gesek (u^*) dapat diketahui dari profil vertikal kecepatan arus, kedua konstanta ini dapat digunakan sebagai input dalam pemodelan hidrodinamika di perairan sekitar Kepulauan Derawan. Pemodelan hidrodinamika berguna untuk memahami kondisi hidro-oseanografi di perairan sekitar Kepulauan Derawan, yang nantinya akan mempermudah pelestarian ekosistem. Maka itu, penelitian mengenai profil vertikal kecepatan arus di perairan sekitar Kepulauan Derawan perlu untuk dikaji lebih lanjut.

Tujuan dari penelitian kali ini adalah menentukan karakteristik arus secara vertikal, menentukan persamaan paling sesuai untuk menggambarkan profil vertikal kecepatan arus, serta menghitung nilai konstanta kecepatan geser (u^*) untuk lapisan dalam (*inner region*) dan lapisan luar (*outer region*), serta panjang kekasaran (z_0) dari persamaan analitik yang telah didapatkan melalui *curve fitting*, di perairan sekitar Kepulauan Derawan. Ruang lingkup pembahasan ini mencakup karakteristik arus, koefisien korelasi (R) antara kecepatan arus dengan ketinggian dari dasar perairan, karakteristik ketinggian lapisan logaritmik dan parabolik (h), konstanta u^* dan z_0 , serta kualitas metode logaritmik dan parabolik dalam pendekatan profil vertikal kecepatan arus di perairan sekitar Kepulauan Derawan. Adapun data yang digunakan adalah data kecepatan arus timur-barat (u) dan utara-selatan (v) dari *Acoustic Doppler Current Profiler* (ADCP). Data tersebut merupakan hasil survey *East Kalimantan Project* yang dilakukan oleh Vermaas (2006) yang diambil pada tahun 2006 dan 2007. Faktor-faktor non-linier seperti interaksi arus dan gelombang, percepatan arus karena pasang surut, stratifikasi kolom air karena pengaruh gelombang internal tidak diperhitungkan. Dinding sebagai batas samping diasumsikan berjarak tak hingga sehingga pengaruh gesekan dinding dapat diabaikan, dinamika kecepatan arus yang terjadi hanya dipengaruhi oleh gesekan dasar laut. Maka itu persamaan logaritmik dan parabolik yang digunakan dalam penelitian ini cukup menggunakan persamaan standar tanpa ada penambahan maupun modifikasi.



Gambar 1. Daerah kajian penelitian (Sumber: <https://www.google.com/earth/>, 2018).

MATERI DAN METODE

Penelitian dilakukan di 4 titik pengukuran pada perairan sekitar Kepulauan Derawan, provinsi Kalimantan Timur, Indonesia. Titik-titik pengukuran ditampilkan pada Gambar 1. Nama, kode, dan koordinat lokasi penelitian serta waktu pengukurannya terdapat pada Tabel 1. Secara garis besar daerah kajian penelitian kali ini berada di koordinat 118,11° – 118,3° bujur timur (BT) dan 2,2° – 2,3° lintang utara (LU). Perairan di sekitar Kepulauan Derawan memiliki batimetri, jenis perairan, serta elemen dasar perairan yang beragam, hal tersebut mengakibatkan parameter fisis oseanografi akan berbeda di setiap lokasinya. Metode logaritmik digunakan untuk menghitung panjang kekasaran (z_0) serta kecepatan geser (u^*) di lapisan dalam (*inner region*), sedangkan metode parabolik digunakan untuk menghitung kecepatan geser (u^*) di lapisan luar. Untuk metode logaritmik persamaan yang akan digunakan adalah Persamaan 1.

$$u(z) = \frac{u^*}{k} \ln\left(\frac{z}{z_0}\right) = \frac{u^*}{k} \ln(z) - \frac{u^*}{k} \ln(z_0) \quad (1)$$

Tabel 1. Nama, kode, dan koordinat lokasi penelitian serta waktu pengukurannya di perairan sekitar Kepulauan Derawan.

No.	Nama Lokasi	Kode lokasi	Koordinat	Waktu pengukuran
1.	Karang Masimbung Timur	KMT06	2,25148° LU 118,28648° BT	17 - 27 September 2006
2.	Karang Masimbung Barat	KMB06	2,25495° LU 118,25815° BT	02 - 10 Oktober 2006
3.	Karang Derawan	KD07	2,28229° LU 118,24989° BT	29 Agustus – 7 September 2007
4.	Bagan	BG07	2,21010° LU 118,11772° BT	30 Mei - 16 Juni 2007

Variabel (y) dimisalkan sebagai kecepatan atau u (Persamaan 2), dan (x) merupakan logaritma natural ketinggian dari dasar (z) (Persamaan 3), dan koefisien (a_1) dan (a_0) masing-masing mewakili $\frac{u^*}{k}$ dan $\frac{u^*}{k} \ln z_0$ (Persamaan 4).

$$y = u \quad (2)$$

$$x = \ln(z) \quad (3)$$

Maka persamaan logaritmik yang digunakan dapat ditulis ulang menjadi Persamaan 4.

$$y = a_1 x - a_0 \quad (4)$$

Untuk metode parabolik, persamaan yang digunakan mengikuti Persamaan 5.

$$u(z) = u_{\max} - 6,3 \left(1 - \frac{z}{z_{\max}}\right)^2 u^* \quad (5)$$

Variabel (y) dimisalkan sebagai kecepatan yang dimodifikasi menjadi $(u(z) - u_{\max})$ (Persamaan 6), dan (x) merupakan ketinggian dari dasar yang diubah menjadi $\left(-\left(1 - \frac{z}{z_{\max}}\right)^2\right)$ (Persamaan 7). Koefisien (a_0) akan mewakili $(6,3 u^*)$.

$$y = u(z) - u_{\max} \quad (6)$$

$$x = -\left(1 - \frac{z}{z_{\max}}\right)^2 \quad (7)$$

Maka persamaan parabolik yang digunakan dapat ditulis ulang menjadi Persamaan 8.

$$y = a_1 x - a_0 \quad (8)$$

Modifikasi persamaan logaritmik dan parabolik di atas dilakukan agar proses regresi dapat dilakukan secara mudah, yakni menggunakan metode regresi linier. Kecepatan arus (u atau v) dan ketinggian dari dasar (z) yang dimodifikasi akan diregresi linier dengan menggunakan metode *least square*, dengan x dan y seperti pada Persamaan 2 dan Persamaan 3 untuk metode logaritmik, serta Persamaan 6 dan Persamaan 7 untuk metode parabolik. Pertama-tama 3 kecepatan arus dan ketinggian dari dasar paling bawah, yakni *bin 1*, *bin 2*, dan *bin 3*, dimodifikasi agar menjadi x dan y , kemudian dihitung koefisien korelasi (R) antara x dan y , apabila $R > 0,8$ atau $R < -0,8$ maka selanjutnya kecepatan arus dan ketinggian dari dasar untuk *bin 1* hingga *bin 4* akan dihitung R -nya, dan apabila memenuhi syarat maka ia akan naik ke *bin* selanjutnya hingga *bin* terakhir yang dapat memberikan $R > 0,8$ atau $R < -0,8$. Apabila pada *bin 5* syarat R sudah tidak terpenuhi, proses regresi kecepatan arus dan ketinggian dari dasar akan berhenti pada *bin 5*, dan h atau ketinggian profil dapat dihitung, h merupakan ketinggian *bin 5* dari dasar perairan, dan kecepatan arus serta ketinggian dari dasar dari *bin 1* hingga *bin 5* akan digunakan untuk *curve fitting* sehingga akan didapatkan konstanta a_0 dan a_1 yang merupakan perkalian dari u^* dan z_0 , dan otomatis nilai kedua konstanta tersebut dapat diketahui melalui Persamaan 9 dan Persamaan 10 untuk metode logaritmik, dan Persamaan 11 untuk metode parabolik. Syarat $R > 0,8$ atau $R < -0,8$ digunakan karena angka 0,8 baik itu positif maupun negatif menunjukkan hubungan yang cukup kuat antara kedua variabel, nilai $R > 0,8$ atau R

< -0,8 itu menunjukkan bahwa profil vertikal kecepatan arus bersifat logaritmik atau parabolik tergantung metode yang digunakan.

$$u^* = \kappa a_1 \quad (9)$$

$$z_0 = e^{a_0 \kappa / u^*} \quad (10)$$

$$u^* = \frac{a_0}{6,3} \quad (11)$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kecepatan geser (u^*) dapat didefinisikan sebagai akar dari tegangan geser (τ) dibagi dengan densitas fluida (ρ). Sedangkan tegangan geser sendiri bergantung pada perubahan kecepatan di dasar perairan atau disebut kecepatan turbulensi, apabila suatu perairan memiliki dasar yang halus, maka terdapat kecepatan di dasar perairan dan tentunya akan menimbulkan perubahan kecepatan yang lebih besar, maka itu akan terdapat tegangan geser di dasar. Sebaliknya apabila perairan memiliki dasar yang kasar, maka kecepatan di dasar perairan akan kecil dan bahkan bernilai nol. Pada Tabel 2 terlihat bahwa u^* terbesar terdapat di Bagan, karena dasar perairan Bagan bersifat halus, sedangkan Karang Derawan, Karang Masimbung Timur, dan Karang Masimbung Barat memiliki nilai u^* yang lebih rendah. Menurut Tabel 2 pun u^* untuk lapisan dalam selalu lebih kecil dibandingkan u^* untuk lapisan luar. Hal ini masuk akal karena kecepatan arus di lapisan luar dekat permukaan lebih besar dibandingkan lapisan dalam dekat dasar, dan seperti yang kita ketahui besarnya u^* akan selalu mengikuti kecepatan arus relatif, semakin besar kecepatan arus maka u^* pun akan semakin besar, dan sebaliknya.

Kekasaran dasar (z_0) didefinisikan sebagai level kecepatan nol, yaitu ketinggian dari dasar perairan dengan vektor arus u atau v yang masih bernilai nol. Kekasaran dasar selain bergantung pada ukuran elemen kekasaran, bergantung juga pada batimetri dasar perairan serta kecepatan arus. Pada Tabel 2 terlihat bahwa nilai z_0 bervariasi, baik untuk arah timur-barat maupun utara-selatan. Kekasaran dasar di Karang Derawan, Karang Masimbung Barat, dan Karang Masimbung Timur bernilai sekitar 0,2 – 0,3 m, jauh lebih besar dibandingkan daerah Bagan yang hanya bernilai 0,1 m. Panjang kekasaran akan bernilai besar apabila dasar perairan kasar dan bernilai kecil apabila dasar perairannya halus seperti tersusun dari pasir atau *clay*. Di antara keempat lokasi perairan tersebut, kekasaran dasar rata-rata maksimum terjadi di Karang Masimbung Barat, dan minimum di Bagan. Bagan memang merupakan perairan dengan dasar yang datar dan halus terdiri dari pasir karena letaknya yang dekat dengan Delta Berau. Dasar perairan di Karang Masimbung Barat terbentuk dari sekumpulan karang-karang, yakni Karang Derawan, Karang Masimbung, dan Karang Tababinga, hal ini menyebabkan kekasaran dasar amat besar. Namun selain itu ada hal lain yang mempengaruhi nilai z_0 , bila dilihat nilai z_0 pada Karang Derawan, Karang Masimbung Barat, dan Karang Masimbung Timur, semuanya memberikan nilai yang berbeda-beda walaupun semuanya merupakan perairan terumbu karang. Hal ini dipengaruhi oleh faktor kecepatan arus.

Tabel 2. Nilai kecepatan geser (u^*), panjang kekasaran (z_0), koefisien Chézy (C), dan koefisien Manning (n) rata-rata di setiap lokasi pengukuran di Kepulauan Derawan.

No.	Lokasi	Komponen Kecepatan	u^* (m/s)		\bar{z}_0 (m)	C (m ^{1/2} /s)	n (s/m ^{1/3})
			Inner Region	Outer Region			
1.	BG07	Timur – Barat (u)	0,017	0,073	0,130	28,837	0,053
		Utara- Selatan (v)	0,006	0,049	0,185	26,079	0,059
2.	KD07	Timur – Barat (u)	0,010	0,025	0,087	34,520	0,047
		Utara- Selatan (v)	0,006	0,033	0,296	24,949	0,065
3.	KMB06	Timur – Barat (u)	0,007	0,044	0,360	21,993	0,071
		Utara- Selatan (v)	0,009	0,052	0,216	25,987	0,060
4.	KMT06	Timur – Barat (u)	0,013	0,061	0,159	28,382	0,055
		Utara- Selatan (v)	0,010	0,058	0,334	22,579	0,070

Tabel 3. Nilai koefisien Manning (n) berdasarkan kondisi dasar perairannya.

Kondisi dasar perairan	Koefisien Manning (n) (s/m ^{1/3})
Tidak terdapat batu besar maupun tumbuhan liar	0,028 – 0,033
Lebat akan tumbuhan gulma	0,035 – 0,050

Dasar berbatu kecil dan terdapat beberapa batu besar	0,050 – 0,070
Tersusun oleh lamun dan tumbuhan gulma	0,025 – 0,030
Berbentuk cekung namun halus	0,035 – 0,040
Berbentuk cekung, bergerigi, dan tidak teratur	0,040 – 0,045

(Sumber: Viessman dan Hammer, 1998)

Ketika elemen kekasaran dasar suatu perairan bersifat kasar, dan kecepatan arusnya lambat, maka di dekat dasar arus akan bernilai nol hingga suatu ketinggian, yang nilainya akan besar apabila dibandingkan perairan dengan kecepatan arus yang besar, karena ketika kecepatan arus besar, ia mampu bergerak hingga dekat dasar seperti menyapu keseluruhan kolom air dan nilai z_0 akan menjadi lebih kecil. Nilai z_0 yang kecil di Karang Derawan menandakan kecepatan arus yang besar, dan nilai z_0 yang besar di Karang Masimbung Barat menandakan bahwa dasar perairannya kasar dan kecepatan arus di sana yang relatif lambat. Di daerah Karang Masimbung Timur, hanya terdapat Karang Masimbung saja, dan sisanya merupakan laut lepas dengan batimetri yang dalam hingga 250 m, maka itu kekasaran dasarnya tidak terlalu besar, dan untuk Karang Derawan, walaupun terdapat terumbu karang di dasar perairannya, kecepatan arus yang relatif besar membuat kekasaran dasarnya menjadi kecil.

Penjelasan di atas juga dapat diperkuat oleh Tabel 3. Karang Derawan, Karang Masimbung Barat, dan Karang Masimbung Timur merupakan perairan dengan dasar terumbu karang sehingga bersifat kasar, menurut Tabel 3, ketiga perairan tersebut merupakan jenis perairan dengan dasar berbatu kecil dan juga terdapat beberapa batu besar, karena di dasar perairan terdapat batu-batu kecil serta terumbu karang kecil, dan juga terdapat terumbu karang yang menjulang hingga mendekati permukaan laut yang diasumsikan sebagai batu besar, serta jumlah terumbu karang besar ini berjumlah lebih dari satu. Berdasarkan Tabel 3 nilai koefisien Manning (n) di Karang Derawan, Karang Masimbung Barat, dan Karang Masimbung Timur akan berkisar antara $0,05 - 0,07 \text{ s/m}^{1/3}$, dan menurut hasil penelitian, nilai n di perairan tersebut berkisar antara $0,047 - 0,071 \text{ s/m}^{1/3}$, hal ini menunjukkan kecocokan antara nilai n dari tabel dan hasil penelitian yang memperkuat argumen bahwa perairan dengan dasar berbatu kecil dan terdapat beberapa batu besar akan memiliki rentang n antara $0,05$ hingga $0,07 \text{ s/m}^{1/3}$. Bagan merupakan tipe perairan yang di dasarnya tidak terdapat batu besar maupun tumbuhan liar, karena di Bagan dasar perairannya hanya tersusun oleh pasir halus tanpa batu-batuan maupun tumbuhan, dan berdasarkan Tabel 3 tipe perairan tersebut memiliki nilai n di antara $0,028 - 0,033 \text{ s/m}^{1/3}$. Namun nilai n di Bagan menunjukkan rentang antara $0,053 - 0,059 \text{ s/m}^{1/3}$. Perbedaan antara n di tabel dan hasil penelitian dapat disebabkan oleh beberapa faktor seperti kedalaman perairan, kecepatan arus, serta kondisi dasar perairan sebenarnya. Pada dasarnya setiap perhitungan n melalui penelitian tidak akan memberikan nilai yang persis sama antara satu sama lain, namun nilai n yang didapatkan akan berada pada suatu rentang yang dianggap benar, namun pada kasus ini nilai n hasil penelitian berada di luar rentang, kedalaman perairan dapat menjadi salah satu faktornya karena walaupun Bagan memiliki kriteria dasar perairan yang disebutkan oleh Tabel 3, tetap saja n dipengaruhi oleh kedalaman perairan. Walaupun elemen pengisi dasar perairannya sama, apabila kedalaman perairannya berbeda akan memberikan nilai n yang berbeda juga. Nilai koefisien Manning (n) pada Tabel 3 tidak diketahui diujicoba pada rentang kedalaman berapa sehingga dapat diduga bahwa perbedaan nilai n dipengaruhi oleh kedalaman perairan. Selain itu, kecepatan arus atau aliran juga mempengaruhi nilai n , kecepatan aliran yang tinggi dapat mengurangi nilai n , dan sebaliknya kecepatan aliran yang rendah dapat menambah nilai n , walaupun suatu perairan memiliki dasar yang kasar, namun apabila kecepatan alirannya tinggi ia akan bergerak seperti menyapu elemen kekasaran dasar tersebut dan gesekan antara fluida dengan elemen kekasaran dasar pun berkurang, menyebabkan nilai n berkurang. Pada penelitian ini, nilai n hasil penelitian lebih besar dibandingkan nilai n pada Tabel 3, yang diduga disebabkan karena kecepatan arus di Bagan yang relatif lebih kecil dan menyebabkan nilai n bernilai lebih besar dibandingkan pada tabel. Pada Tabel 3 memang tertera deskripsi jenis kondisi dasar perairan lengkap dengan nilai koefisien Manning-nya, namun deskripsi tersebut hanyalah suatu aproksimasi keadaan, dan keadaan setiap perairan pasti akan berbeda antara satu sama lain, mungkin di Bagan tidak terdapat batu besar maupun tumbuhan liar, namun Bagan dengan dasar perairan berupa pasir pasti akan memberikan nilai n yang berbeda apabila dibandingkan dengan perairan dengan dasar perairan berupa lumpur, dan hal ini tidak dijelaskan dalam tabel koefisien Manning pada umumnya.

Tabel 4. Perbandingan kisaran nilai u^* dan z_0 dengan penelitian sebelumnya.

Lokasi	Studi sebelumnya			Studi saat ini		
	Peneliti (tahun)	u^* (m/s)	\bar{z}_0 (m)	u^* (m/s)		\bar{z}_0 (m)
		Inner Region		Inner Region	Outer Region	
BG07	Vermaas (2006)	-	-	0,012	0,061	0,158
	Marpaung (2008)	0,007	0,340			
KD07	Vermaas (2006)	0,026	0,049	0,008	0,029	0,192
	Marpaung (2008)	0,011	0,680			
KMB06	Vermaas (2006)	0,020	0,387	0,008	0,048	0,288
	Marpaung (2008)	-0,003	0,280			
KMT06	Vermaas (2006)	0,013	0,083	0,012	0,060	0,247
	Marpaung (2008)	-0,001	0,250			

Kurang lebih nilai u^* dan z_0 dari studi sebelumnya dan penelitian kali ini memberikan nilai yang tidak berbeda jauh walaupun ada beberapa yang berbeda cukup signifikan, perlu diingat bahwa nilai u^* menggunakan standar m/s dan z_0 menggunakan standar satuan meter, sehingga perbedaan nilai pada orde 10^{-2} tidak berbeda jauh. Nilai u^* dan z_0 antara studi sebelumnya dengan penelitian kali ini pasti akan berbeda, namun hasilnya berada pada suatu rentang tertentu, salah satu faktor yang menyebabkan hasil u^* dan z_0 berbeda adalah waktu pengukuran, metode perhitungan, serta metode penyaringan data. Contohnya waktu pengukuran kecepatan arus di Karang Derawan yang dilakukan oleh Vermaas (2006) dan Marpaung (2008) adalah tanggal 7 – 17 Agustus 2007, sedangkan pada penelitian kali ini adalah tanggal 29 Agustus – 7 September 2007, data arus yang didapatkan pun pasti akan berbeda dan nilai u^* dan z_0 yang didapat juga akan berbeda, kemudian metode perhitungan antara Vermaas (2006), Marpaung (2008), dan penelitian kali ini pun berbeda. Vermaas (2006) menggunakan data magnitudo kecepatan arus dalam menghitung u^* dan z_0 , Marpaung (2008) menggunakan komponen kecepatan yang dominan di setiap lokasi pengukuran dalam menghitung u^* dan z_0 , sedangkan penelitian kali ini menggunakan kedua komponen kecepatan yakni u dan v dalam menghitung u^* dan z_0 , kemudian u^* dan z_0 yang didapatkan untuk kecepatan u dan v di titik pengukuran akan ditambah dan dibagi dua atau dirata-ratakan, dan dianggap nilai yang didapat mampu merepresentasikan u^* dan z_0 di lokasi tersebut setiap waktunya. Metode penyaringan data, pemilihan data yang akan digunakan dan tidak dalam metode perhitungan pun akan berpengaruh pada nilai u^* dan z_0 yang dihasilkan.

Kembali pada Tabel 4, nilai u^* inner region di Karang Masimbang Timur bernilai 0,013 m/s dari hasil penelitian Vermaas (2006), dan dari penelitian kali ini didapatkan angka 0,012 m/s, z_0 yang bernilai 0,280 m di Karang Masimbang Barat menurut Marpaung (2008), dan dari penelitian didapatkan nilai 0,288 m, z_0 di Karang Masimbang Timur yang bernilai 0,250 m menurut Marpaung (2008), dan dari penelitian kali ini didapatkan nilai 0,247 m sebagai perbandingan, dari cuplikan nilai u^* dan z_0 tersebut dapat disimpulkan bahwa walaupun data arus, metode perhitungan, serta metode penyaringan yang digunakan berbeda-beda pada setiap penelitian, semua berujung pada kesimpulan yang mendekati satu sama lain, karena memang seharusnya akan seperti itu. Walaupun beberapa nilai u^* dan z_0 yang dihasilkan antar peneliti menghasilkan perbedaan yang signifikan, padahal lokasi yang dikaji sama persis, seperti pada Karang Derawan, Marpaung (2008) mendapatkan nilai z_0 sebesar 0,68 m sedangkan penelitian kali ini hanya menghasilkan nilai 0,192 m, walaupun sebenarnya nilai z_0 hingga mencapai 0,68 bisa dikatakan kurang valid, dan juga nilai u^* yang dihasilkan Marpaung (2008) di Karang Masimbang Barat dan Karang Masimbang Timur yang bernilai negatif, seharusnya tidak demikian karena u^* pasti bernilai positif, namun diindikasikan nilai positif negatif ini hanya menentukan orientasi arah gerak arus saja.

KESIMPULAN DAN SARAN

Nilai rata-rata z_0 paling besar ditemukan di Karang Masimbang Barat dan Karang Masimbang Timur, sedangkan paling kecil terdapat di Karang Derawan (arah timur-barat) dan Bagan (arah utara-selatan). Nilai u^* lapisan luar dan dalam paling besar terdapat di Bagan untuk arah timur-barat, dan u^* paling kecil terdapat di Karang Derawan untuk arah timur-barat (lapisan luar) dan arah utara-selatan (lapisan dalam). Faktor-faktor seperti kedalaman perairan, kecepatan arus, serta kondisi dasar perairan dapat menyebabkan perbedaan nilai koefisien Manning hasil penelitian dengan tabel koefisien Manning. Demi mendapatkan hasil pencocokan kurva yang lebih baik, perlu dilakukannya modifikasi persamaan logaritmik dan parabolik standar dengan memperhitungkan faktor-faktor non-

linier yang mempengaruhi profil vertikal kecepatan arus seperti akselerasi arus karena pasang surut, interaksi gelombang dan arus, serta pengaruh stratifikasi perairan karena terdapat gelombang internal, dengan memasukkan parameter tambahan ke dalam persamaan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Tanpa maksud mengurangi rasa rendah hati, penulis merasa puas dan bahagia karena pada akhirnya karya ilmiah yang berjudul "Studi Profil Vertikal Kecepatan Arus di Perairan Sekitar Kepulauan Derawan, Kalimantan Timur, Indonesia" dapat diselesaikan, tentunya dengan segala bantuan fisik dan moral dari berbagai pihak, khususnya bantuan dari Ibu Dr. Eng. Nining Sari Ningsih, MS serta Bapak Ayi Tarya, S.Si., M.Si. selaku penulis pembimbing, dan tak lupa bantuan tak kasat mata dari Tuhan Yang Maha Esa. Penulis berharap karya ilmiah ini dapat memberikan manfaat dalam segala bentuk bagi siapapun yang membacanya. Profil vertikal kecepatan arus laut sejauh ini masih jarang diteliti lebih lanjut dalam dunia oseanografi, padahal dibaliknya terdapat banyak hal yang dapat dipelajari dan diaplikasikan dalam bidang oseanografi fisis. Semoga dengan adanya karya ilmiah ini dapat menginisiasi penelitian lebih dalam mengenai profil vertikal kecepatan arus khusus bidang oseanografi.

DAFTAR PUSTAKA

- Coles, D. (1956). The Law of the Wake in Turbulent Boundary Layer, *Journal of Fluid Mechanics*, 1(2), 191-226.
- Gross, T. F., A. E. Isley, dan C. R. Sherwood. (1992). Estimation of Stress and Bed Roughness During Storms on the Northern California Shelf, *Continental Shelf Research*, 12(2), 389-413.
- Keulegan, G. H. (1938). Laws of Turbulent Flow in Open Channels, *Research Paper RP1151 Journal of Research of the National Bureau Standards*, 121(6):707-741.
- Lu, Y., R. G. Lueck, dan D. Huang. (2000). Turbulence Characteristics in a Tidal Channel, *Journal of Physical Oceanography*, 30(5), 855-867.
- Lueck, R. G., dan Y. Lu. (1996). The Logarithmic Layer in a Tidal Channel, *Continental Shelf Research*, 17(14), 1785-1801.
- Marpaung, T. (2008). Studi Profil Logaritmik Arus di Perairan Sekitar Pulau Derawan, Kalimantan Timur, Tugas Akhir, Program Studi Oseanografi, FITB-ITB, Bandung.
- Reidenbach, M. A., J. R. Koseff, G. Yahel, dan A. Genin. (2006). Boundary Layer Turbulence and Flow Structure over a Fringing Coral Reef, *Limnology and Oceanography*, 51(5), 1956-1968.
- Vermaas, D. (2006). *Laporan Penelitian East Kalimantan Project Chapter 5 Boundary Layer Profiles*, Tesis, Institute for Marine and Atmospheric Research, University of Utrecht, Utrecht.
- Viessman, W., dan M. J. Hammer. (1998). *Water Supply and Pollution Control*, Addison Wesley, Boston. <http://www.google.com/earth> (diakses 27 Juni 2018)

STRATEGI PENGEMBANGAN SISTEM PENDIDIKAN DAN LATIHAN TNI AL DALAM MENDUKUNG PENGUASAAN TEKNOLOGI KEANGKATANLAUTAN 2030

Ahmadi *, I Nengah Putra A, Okol Sri Suharyo, Harun B. Ariyoko, A. K. Susilo

Sekolah Tinggi Teknologi Angkatan Laut, STTAL, Bumimoro, Morokrembangan,
Surabaya 60187, Jawa Timur.

*Corresponding author e-mail: okolsrisuharyo@sttal.ac.id

ABSTRAK

Penyelenggaraan strategi pertahanan negara yang dilaksanakan di laut bersandar pada infrastruktur dan penguasaan Naval Technology, khususnya pada Sistem Senjata Armada Terpadu (SSAT). Salah satu program prioritas Kasal tahun 2018 adalah Penguasaan Teknologi Keangkatanlautan (Naval Technology Mastership). Penguasaan teknologi keangkatanlautan sendiri terdiri dari 3 (tiga) aspek yaitu aspek penggunaan teknologi, aspek sumberdaya manusia dan aspek pengembangan sistem pendidikan dan pelatihan. Penelitian ini bertujuan untuk merumuskan strategi pengembangan sistem pendidikan dan latihan TNI AL dalam mendukung penguasaan teknologi keangkatanlautan 2030. Pada penelitian ini digunakan pendekatan metode analisis SWOT untuk merumuskan strategi pengembangan serta metode Borda untuk memberikan bobot prioritas strategi terpilih. Penelitian ini merumuskan 7 (tujuh) strategi, yaitu 1) Meningkatkan kemampuan Dikbangiptek hingga level Doktoral serta menambah beberapa prodi tingkat Magister (0,229); 2) Upgrade Alins dan Alongins pada Lembaga pendidikan TNI AL (0,214); 3) Melaksanakan sertifikasi profesi bagi personel TNI AL sesuai bidang keahlian bagi Perwira, Bintara, Tamtama (0,196); 4) Memperbaiki kurikulum pendidikan yang selaras dengan teknologi generasi 4 dan program kemandirian KKIP (0,125); 5) Mengarahkan sistem pendidikan dengan sasaran kebutuhan teknologi keangkatanlautan serta kemandirian KKIP (0,118); 6) Mensinergikan seluruh laboratorium TNI AL dan Industri pertahanan terkait dengan Lembaga pendidikan TNI AL (0,064); 7) Menyelaraskan antara sistem Dikbangum dengan sistem Diknas/Dikti dan KKNi (0,054). Manfaat dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan gambaran tentang Program Prioritas Kepala Staf TNI AL, khususnya bidang Penguasaan Teknologi Keangkatanlautan (Naval Technology Mastership) aspek sistem pendidikan dan latihan.

Kata kunci : *Teknologi Keangkatanlautan, Analisis Strategi; Analisis SWOT, Metode Borda.*

PENDAHULUAN

Penyelenggaraan strategi pertahanan negara yang dilaksanakan di laut bersandar pada infrastruktur dan penguasaan *Naval Technology*, khususnya pada Sistem Senjata Armada Terpadu (SSAT), dimana dalam strategi militer keunggulan sistem persenjataan dan informasi yang didukung dengan teknologi yang handal merupakan aset yang strategis untuk memenangkan suatu pertempuran. Dengan demikian, peranan penguasaan teknologi keangkatanlautan sangat berpengaruh terhadap terlaksananya strategi pertahanan negara termasuk strategi pertahanan negara di laut.

Pelaksanaan strategi pertahanan negara di laut perlu didukung dengan teknologi keangkatanlautan yang tepat sehingga mampu melakukan pengendalian wilayah laut (*sea control*), bila SSAT kuat dan handal maka akan mampu meminimalisir risiko dan terbebas dari segala ancaman yang selama ini ada sehingga stabilitas dan keseimbangan serta keamanan laut menjadi terjaga. Salah satu program prioritas Kasal tahun 2018 adalah Penguasaan Teknologi Keangkatanlautan (*Naval Technology Mastership*). Penguasaan teknologi keangkatanlautan sendiri terdiri dari 3 (tiga) aspek yaitu aspek penggunaan teknologi, aspek sumberdaya manusia dan aspek pengembangan sistem pendidikan dan pelatihan.

Penelitian ini bertujuan untuk merumuskan strategi pengembangan sistem pendidikan dan latihan TNI AL dalam mendukung penguasaan teknologi keangkatanlautan 2030. Sehingga, penelitian ini dibatasi apda aspek sistem pendidikan dan latihan TNI AL. Pada penelitian ini digunakan pendekatan metode analisis SWOT untuk merumuskan strategi pengembangan serta metode Borda untuk memberikan bobot prioritas strategi terpilih. Penelitian ini memberikan kontribusi dalam pengembangan sistem pendidikan dan latihan TNI AL dalam rangka mendukung penguasaan teknologi keangkatanlautan serta memberikan gambaran sebagai konsep pengembangan strategi.

Terdapat beberapa penelitian terdahulu dalam mendukung penelitian. Ahmadi *et al.*, (2011) menerangkan tentang strategi monitoring sistem pertahanan dalam pemilihan pangkalan Angkatan Laut. Cahyaningrum & Rukmi (2014) menggunakan metode analisis SWOT dan AHP dalam perencanaan strategi penjualan. Zivkovic *et al.*, (2015) menggunakan metode SWOT dan ANP dalam prioritas strategi pengembangan Fakultas Teknik. Lumaksono (2014) menggunakan metode SWOT-AHP sebagai strategi pengembangan industri galangan kapal. Yogi *et al.*, (2014) menggunakan pendekatan analisis SWOT untuk memberikan analisis, strategi yang tepat yang dapat digunakan untuk merencanakan relokasi pangkalan angkatan laut. Oreski (2012) menggunakan pendekatan analisis SWOT mengidentifikasi faktor internal dan eksternal yang diprioritaskan oleh ahli dalam domain pariwisata serta memformulasikan strategi dengan menggunakan matrix SWOT.

Hamka *et al.*, (2014) menggunakan metode Borda dalam penentuan bakal calon haji. Apriliani dkk (2015), metode Borda digunakan sebagai perankingan dalam penentuan lokasi pembukaan cabang baru. Oei (2013), Borda digunakan untuk menggabungkan perhitungan peringkat pemilihan rumah dari setiap persepsi keluarga. Sari *et al.*, (2014) menggunakan Borda untuk evaluasi kegiatan penanganan infrastruktur jalan. Duha (2016) menggunakan metode Borda untuk voting hasil penilaian masing-masing pengambil keputusan program restrukturisasi kredit macet.

MATERI DAN METODE

Teknologi Keangkatanlautan

Dalam melakukan operasi angkatan laut di masa depan, terdapat kebutuhan untuk personil yang sangat terampil dengan respon kemampuan secara efektif terhadap sebuah kejutan. Dalam merancang sistem dan peralatan baru, diperlukan fleksibilitas dan kemampuan beradaptasi untuk mengelola peningkatan teknologi dan pemusatan kembali secara berkala. Dalam menguji kemampuan dan memberikan pelatihan, perlu ada hubungan yang lebih dekat antara personel angkatan laut dan industri pertahanan untuk memberi umpan balik pada efektivitas dan pengembangan kemampuan baru.

Kecenderungan umum menuju kru yang lebih kecil akan mendorong penerapan potensi teknologi untuk meningkatkan kapabilitas kru. Peran kapal perang pada tahun 2030 akan mulai berubah dengan penggunaan sistem tanpa awak dan sistem yang dikendalikan dari jauh, memberikan efek pada kisaran yang lebih besar dengan risiko yang lebih kecil ke kapal induk. Selain itu, kebutuhan untuk fleksibilitas misi yang lebih besar dan efisiensi energi di kapal angkatan laut adalah penerapan teknologi yang terkait dengan penyimpanan energi, produksi, pengiriman dan penggunaan ulang atau 'manajemen energi.

Dalam *Global Marine Technology Trends 2030*, akan terfokus secara khusus pada 8 (delapan) bidang teknologi dengan potensi untuk mengubah operasi angkatan laut di masa depan. Kedelapan teknologi ini akan memainkan peran penting dalam pertarungan perang di masa depan (GMTT, 2015). Kedelapan teknologi tersebut antara lain 1) *Advanced Material*; 2) *Autonomous System*; 3) *Big Data Analytic*; 4) *Advanced Manufacturing*; 5) *Energy Management*; 6) *Cyber and Electronic Warfare*; 7) *Human Computer Interaction*; 8) *Human Augmentation*.

Penguasaan Teknologi

Penguasaan teknologi adalah salah satu bagian terpenting dari disiplin "Manajemen Teknologi", dan mewakili proses yang harus dikelola dalam pendekatan sistematis dari awal hingga akhir. Ada berbagai cara untuk mendapatkan dan memilih teknologi yang dibutuhkan untuk mendapatkan kompetensi dan kemampuan teknologi yang diperlukan, baik untuk negara (pada tingkat makro) dan perusahaan & organisasi (pada tingkat mikro).

Terdapat empat komponen teknologi yaitu (Wahyuni, *et al.*, 2016) : (1) *humanware*; (2) *infoware*; (3) *orgaware*; dan (4) *technoware*. *Technoware* adalah obyek yang mencakup fasilitas fisik seperti mesin, dan peralatan yang dapat meningkatkan kekuatan fisik manusia dan mengontrol jalannya operasi. *Humanware* merupakan kemampuan manusia itu sendiri seperti keterampilan, pengetahuan, keahlian, dan kreativitas yang berperan untuk mewujudkan kegunaan sumberdaya alam dan sumberdaya teknologi yang tersedia untuk tujuan produktif. *Infoware* merupakan kumpulan dokumen fakta seperti design, spesifikasi, blue print, manual operasi, pemeliharaan, dan perbaikan yang berfungsi untuk mempercepat proses belajar serta menghemat sumberdaya dan waktu. *Orgaware* adalah lembaga atau institusi yang mengkoordinasikan seluruh aktivitas produktif perusahaan untuk

mencapai tujuan organisasi seperti jaringan kerja, grouping, *linkages*, dan teknik-teknik pengorganisasian lainnya.

Tugas dan peran TNI AL

Tugas dan peran TNI Angkatan Laut ke depan akibat dari dinamika perkembangan lingkungan strategis global, regional maupun nasional akan semakin kompleks.

1. Peran TNI AL.

Secara universal Angkatan Laut memiliki tiga peran, yakni peran militer, peran diplomasi dan peran konstabulari (polisionil) yang dikenal dengan "Trinitas Peran Universal Angkatan Laut". Ketiga peran ini juga menjadi tanggung jawab TNI AL.

- a. Peran Militer.
- b. Peran Diplomatik.
- c. Peran Polisionil.

2. Tugas TNI AL.

Sesuai Pasal 9 Undang-Undang Nomor 34 Tahun 2004 tentang TNI, tugas TNI Angkatan Laut adalah sebagai berikut:

- a. Melaksanakan tugas-tugas TNI Matra Laut di bidang pertahanan.
- b. Menegakkan hukum dan menjaga keamanan di wilayah laut yurisdiksi nasional sesuai dengan ketentuan hukum nasional, hukum internasional yang telah diratifikasi.
- c. Melaksanakan tugas diplomasi Angkatan Laut dalam rangka mendukung kebijakan politik luar negeri yang ditetapkan oleh pemerintah.
- d. Melaksanakan tugas TNI dalam pembangunan dan pengembangan kekuatan matra laut.
- e. Melaksanakan pemberdayaan wilayah pertahanan.

Sistem Pendidikan dan Latihan TNI AL

Pembinaan pendidikan sumber daya manusia TNI AL dilakukan melalui proses pembinaan personel yang berwujud Siklus Pembinaan melalui Pendidikan, Penugasan, Pelatihan yang berlangsung terus-menerus dan disesuaikan dengan kebutuhan. Adapun pendidikan di TNI AL terdiri atas: Pendidikan Pertama (Dikma) pada strata Perwira, Bintara, Tamtama; Pendidikan Reguler untuk menghasilkan dan membentuk Perwira dari strata Bintara menuju Perwira; serta pendidikan Lanjutan pada strata Perwira, Bintara, Tamtama. Pada pendidikan Lanjutan untuk Perwira di akomodasikan atas Pendidikan Pengembangan Umum (Dikbangum) yakni mendidik dan meluluskan perwira dalam menguasai ilmu ditingkat teknis yakni melalui jalur Pendidikan Spesifikasi Perwira (Dikspespa), menguasai ilmu ditingkat taktis yakni Pendidikan Lanjutan Perwira (Diklapa) dan menguasai ilmu ditingkat Strategis yakni Sekolah Staf dan Komando Angkatan Laut (Seskoal), adapun yang lain pada tingkatan Pengembangan Ilmu Pengetahuan dan Teknologi dimana menguasai keilmuan ditingkat taktis dan strategis yang menghasilkan lulusan pada Strata 1 (Sarjana), Strata 2 (Magister) dan Strata 3 (Doktoral).

Pembinaan latihan TNI AL merupakan suatu upaya atau kegiatan dalam membentuk, meningkatkan, memelihara dan menguji kemampuan dan keterampilan prajurit serta satuan jajaran TNI AL dalam rangka mencapai kesiapan dan kesiagaan operasional TNI AL baik dalam upaya Pembinaan Kekuatan (Binkuat), Penggunaan Kekuatan (Gunkuat), Latihan Gabungan (Latgab) dengan matra lain dan Latihan Bersama dengan Angkatan Laut negara lain. Adapun tujuan latihan diantaranya dalam rangka pembinaan, menguji doktrin, integratif. Dengan sasaran meliputi terwujudnya kemampuan intelijen TNI Angkatan Laut, terwujudnya kemampuan pertahanan, terwujudnya kemampuan keamanan, terwujudnya kemampuan Dawilhanla, terwujudnya kemampuan dukungan.

Menyadari pentingnya penyelenggaraan latihan dalam rangka meningkatkan kemampuan dan profesionalitas prajurit TNI AL dalam tataran lingkup latihan yang dilaksanakan oleh Sumber Daya Manusia di TNI Angkatan Laut mulai dari strata Perwira, Bintara dan Tamtama. Adapun beberapa latihan yang dilaksanakan berupa LDD, Kursus, sampai dengan Geladi Tugas Tempur (Glagaspor). Dimana fungsi pembinaan dan operasional nya dilakukan di tingkat Kolatarmada, Kolat Pesud dan Kolatmar. Dalam penyelenggaraannya kegiatan latihan dilaksanakan secara berulang dan secara sistematis dalam praktek untuk memperoleh kemahiran dan keterampilan maksimal, ditekankan kepada keteraturan dan pengulangan (drill), untuk membentuk dan memelihara kondisi jasmani seseorang serta meningkatkan prestasi.

Adapun dalam pembinaan latihan meliputi siklus latihan yang merupakan suatu daur latihan atau tahapan latihan TNI AL yang dirancang dalam periode tiap triwulan dalam satu tahun disesuaikan dengan rencana strategi pembangunan kekuatan TNI AL yang dilaksanakan secara bertahap, bertingkat dan berlanjut dimulai dengan melaksanakan Geladi Tugas Tempur (Glagaspur) sampai Latihan Armada Jaya yang merupakan latihan puncak TNI AL dilanjutkan Latgab TNI sebagai puncak latihan antar angkatan, sekaligus dilaksanakan dalam menilai penguasaan teknologi pada SSAT (KRI, KAL dan Patkamla, Pesud, Marinir dan Pangkalan) terhadap personil TNI AL.

Analisis SWOT

Analisis SWOT adalah alat perencanaan strategis yang efektif untuk menganalisis pengaruh internal dan eksternal organisasi (Learnred, *et al.*, 1965). Analisis SWOT terdiri dari faktor internal dan eksternal. Faktor internal (kekuatan, kelemahan) digunakan untuk menguji aset dalam suatu organisasi. Faktor eksternal digunakan (peluang, ancaman) untuk menyelidiki faktor-faktor lingkungan strategis yang berhadapan diluar kontrol dan mempengaruhi kinerja organisasi (Wheelen & Hunger, 1995), (Hill & Westbrook, 1997). Suatu informasi yang diperoleh dapat diintegrasikan dalam kombinasi matriks yang berbeda dari empat faktor guna menentukan strategi untuk kemajuan jangka panjang (Yuksel & Dagdeviren, 2007).

Analisis SWOT menunjukkan strategi yang tepat dalam empat kategori (SO, ST, WO dan WT) (Lumaksono, 2014). Strength-Opportunity (SO), strategi ini memanfaatkan peluang dengan menggunakan kekuatan yang ada. Strength-Threat (ST), strategi ini menggunakan kekuatan untuk menghilangkan atau mengurangi efek dari ancaman. Strategi Weakness-Opportunity (WO) digunakan untuk mengambil manfaat dari peluang oleh faktor lingkungan eksternal dengan memperbaiki kelemahan. Terakhir, strategi Weakness-Threat (WT) digunakan untuk mengurangi dampak dari ancaman dengan memperbaiki kelemahan (Yuksel & Dagdeviren, 2007).

Tabel 17. Matriks Analisis SWOT **Invalid source specified.**

INTERNAL/EXTERNAL FAKTOR	STRENGTH (S) (Maximal)	WEAKNESS (W) (Minimal)
OPPORTUNITIES (O) (maximal)	S-O Strategy (Maximal-Maximal)	S-T Strategy (Minimal-Minimal)
THREATS (T) (Minimal)	S-T Strategy (Maximal-Minimal)	W-O Strategy (Minimal-Minimal)

Metode Borda

Peraturan Borda (Borda, 1781) termasuk dalam kelas aturan peringkat di mana poin diberikan kepada masing-masing kandidat atau alternatif sesuai dengan peringkat dalam preferensi pemilih (Caillaux, *et al.*, 2011). Setiap pembuat keputusan harus memesan opsi alternatif sesuai dengan preferensi yang ditentukan. Satu poin diberikan kepada alternatif pilihan tertinggi; yang kedua menerima dua poin dan seterusnya (Mohajan, 2012).

Dalam metode ini jika ada n alternatif, pilihan pertama pemilih diberikan (m -1) poin, titik kedua (m-2) dan seterusnya ke opsi terakhir, yaitu 0 poin. Kemudian, di setiap alternatif, ringkasan semua poin diberikan dari semua pengambil keputusan (atau berdasarkan kriteria). Alternatifnya adalah peringkat dalam urutan sesuai dengan nomor, semakin sedikit poin yang diperoleh, semakin baik alternatif dalam peringkat.

Rumus Borda digambarkan sebagai berikut (Junior *et al.*, 2014):

$$P_a = \sum_{i=1}^n r_{ai}$$

Di mana Pa adalah jumlah poin yang diperoleh dengan alternatif a dan rai adalah pangkat dari alternatif a pada kriteria i.

Tabel 18. Contoh Pembobotan Metode Borda.

Proyek	Peringkat			Score Akhir	Bobot Setelah Normalisasi	Rangking
	1	2	3			
A	0	4	3	4	0.2	3
B	5	1	1	11	0.55	1
C	1	3	3	5	0.25	2
Bobot Peringkat	2	1	0			

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bagian ini dijelaskan hasil penulisan yang dilakukan untuk merumuskan dan mengembangkan strategi penguasaan teknologi keangktanlautan dengan pendekatan analisis SWOT. Analisis SWOT digunakan untuk menangkap penilaian ahli pada faktor internal dan eksternal, kemudian faktor kekuatan, kelemahan, peluang, dan ancaman ditemukan.

Pada penelitian ini pengumpulan data diambil dari 10 (enam) ahli/*expert* yang telah ditentukan. Sebelum diberi kuisisioner, responden diberi informasi tentang gambaran isi kuisisioner. Responden diminta untuk mengisi kuisisioner yang dibantu oleh peneliti. Jika ada pertanyaan yang kurang jelas maka peneliti memberikan penjelasan kepada responden. Responden diberikan waktu secukupnya untuk mengisi kuisisioner. Setelah kuisisioner diisi oleh responden maka peneliti mengambil hasil kuisisioner dan segera dilakukan pengecekan. Tahap terakhir bilamana jawaban responden ada yang belum terisi maka meminta responden untuk melengkapinya kembali.

Tabel 19. Expert Kuisisioner

d.	No	e.	Responden	f.	Satuan Kerja
g.	1.	q.	Staf Mabes TNI AL.	aa.	Mabes TNI AL
h.	2.	r.	Staf Armada.	bb.	Kotama Armada
i.	3.	s.	Dan KRI dan Staf.	cc.	Armada
j.	4.	t.	Staf Puspenerbang.	dd.	Puspenerbang
k.	5.	u.	Staf Pushidrosal.	ee.	Pushidrosal.
l.	6.	v.	Staf Dissenlekal.	ff.	Dissenlekal.
m.	7.	w.	Staf Diskomlekal.	gg.	Diskomlekal.
n.	8.	x.	Staf Dislitbangal.	hh.	Dislitbangal.
o.	9.	y.	Staf Disinfolahthal.	ii.	Disinfolahthal.
p.	10.	z.	Staf Dismatal.	jj.	Dismatal.

Identifikasi Faktor Internal.

Berdasarkan hasil penilaian responden, ada beberapa faktor internal yang menjadi kekuatan dan kelemahan sebagaimana tercantum dalam tabel dibawah ini.

Tabel 20. Hasil Identifikasi Faktor Internal.

kk. Faktor Internal	
ll. Kekuatan	mm. Kelemahan
1. Memiliki sistem pendidikan ilpengtek hingga level magister.	1. Tenaga pendidik belum memiliki tunjangan fungsional.
2. Memiliki sistem pendidikan yang berjenjang dan sistematis pada pendidikan Umum (Ta/Ba/Pa).	2. Tenaga pendidik yang belum tersertifikasi.
3. Sarana laboratorium yang cukup ditingkat TNI AL.	3. Pendanaan penelitian yang masih terbatas.
4. Memiliki beberapa hasil penelitian berupa prototite.	4. Alins/alongins penelitian yang masih teknologi lama.
5. Memiliki hubungan interaksi dengan Institusi Pendidikan Luar Negeri (NPS, dsb).	5. Anggaran litbang masih bersifat parsial.
6. Memiliki tenaga pendidik hingga level Doktoral.	6. Belum memiliki kualifikasi profesi pada jenjang akademik dan vokasi.
nn.	7. Belum terdapat sertifikasi profesi bagi trainer.
oo.	8. Belum memiliki lembaga sertifikasi mandiri.
	9. Penelitian belum sinergi dengan Litbang nasional dan KKIP.
	10. Kurikulum Diklat masih pada penggunaan teknologi lama.

Berdasarkan tabel diatas, terdapat 6 (enam) poin untuk faktor analisis kekuatan dan 10 (sepuluh) poin untuk faktor analisis kelemahan yang teridentifikasi pada faktor Internal. Faktor eksternal dipengaruhi oleh kebijakan pemerintah, Lingkungan Global, Standar Dikti/Diknas, Teknologi keangatanlautan 2030.

Identifikasi Faktor Eksternal.

Tahap selanjutnya adalah mengidentifikasi elemen pada faktor-faktor yang mempengaruhi dari faktor eksternal, kemudian dijabarkan dalam elemen ancaman dan peluang. Berdasarkan hasil penilaian responden, terdapat beberapa faktor eksternal yang menjadi ancaman dan peluang sebagaimana tercantum dalam tabel dibawah ini.

Tabel 21. Hasil Identifikasi Faktor Eksternal.

pp. Faktor Eksternal	
qq. Ancaman/Hambatan	rr. Peluang
<ol style="list-style-type: none"> 1. Ancaman serangan siber. 2. Ancaman peretasan data. 3. Ancaman sebagai pangsa pasar senjata. 4. Kesenjangan sosial. 5. Konflik komunal. 6. HCI sebagai media baru untuk propaganda. 7. Ancaman ambil alih personel expert. 8. Penjualan produk penelitian ke pihak lain. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Pertumbuhan ekonomi nasional diatas pertumbuhan global. 2. Tingkat upah rendah. 3. Transfer teknologi dari negara maju. 4. Perkembangan internet cukup pesat. 5. Sistem internet mendukung kecepatan pengambilan putusan. 6. Kebijakan PMD pemerintah. 7. Bonus demografi penduduk. 8. Adanya payung hukum dan standarisasi pengembangan pendidikan, penelitian dan profesi. 9. Kerjasama dengan instansi pendidikan militer luar negeri.

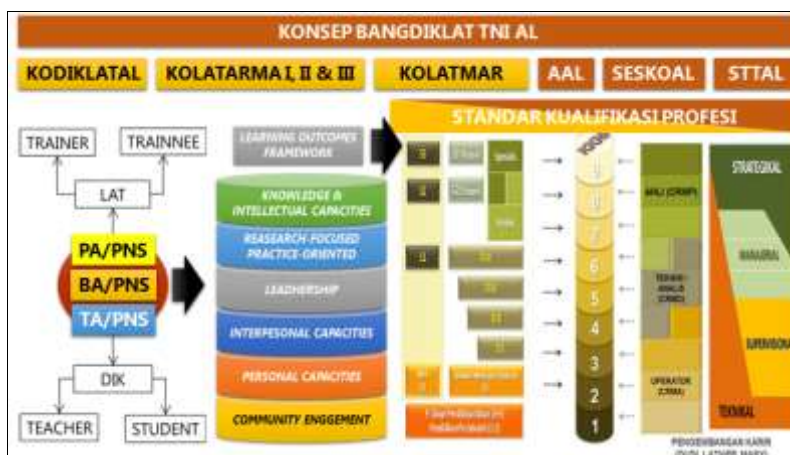
Berdasarkan tabel diatas, terdapat 8 (delapan) poin untuk faktor analisis ancaman/hambatan dan 9 (sembilan) poin untuk faktor analisis peluang yang teridentifikasi pada faktor eksternal.

Konsep Strategi Pengembangan Sistem Pendidikan dan Latihan TNI AL.

Pendidikan dan pelatihan adalah suatu proses pembinaan pengertian dan pengetahuan terhadap kelompok fakta, aturan serta metode yang terorganisasikan dengan mengutamakan pembinaan, kejujuran dan ketrampilan. Pendidikan adalah keseluruhan proses, teknik dan metode mengajar dalam rangka mengalihkan sesuatu pengetahuan dari seseorang kepada orang yang lain dengan standart yang telah ditetapkan sebelumnya. Sedangkan pelatihan adalah juga proses belajar mengajar dengan menggunakan teknik dan metode tertentu.

Peningkatan kualitas, efektifitas dan efisiensi tidak hanya tergantung pada teknologi mesin-mesin modern, modal yang cukup dan adanya bahan baku yang bermutu saja. Namun semua faktor tersebut tidak akan terjadi apa-apa tanpa adanya dukungan dari sumber daya manusia yang baik dan bisa mengembangkan kemampuan dan keahlian mereka serta dapat menunjukkannya dalam peningkatan grafik produktivitas kerja.

Menguraikan sumber daya manusia, tidak lepas dari manajemen sumber daya manusia itu sendiri. Manajemen sumber daya manusia merupakan aktivitas-aktivitas atau kegiatan-kegiatan yang dilaksanakan agar sumber daya manusia di dalam suatu organisasi dapat digunakan untuk mencapai tujuan. Salah satu hal yang kongkrit untuk mendorong peningkatan produktivitas sumber daya manusia adalah pendidikan dan pelatihan agar mampu mengemban tugas dan pekerjaan dengan sebaik mungkin.



Gambar 11. Pola Pengembangan Sistem Pendidikan dan Latihan TNI AL.

Tabel 22. Analisis Matriks SWOT Pengembangan Sisdiknas.

ss. Strategi (SO)	tt. Strategi (ST)
<ol style="list-style-type: none"> Melaksanakan sertifikasi profesi bagi personel TNI AL sesuai bidang keahlian bagi Pa, Ba, Ta. Meningkatkan kemampuan Dikbangiptek hingga level Doktoral serta menambah beberapa prodi tingkat Magister. 	<ol style="list-style-type: none"> Upgrade Alins dan Alongins pada Lembaga pendidikan. Mensinergikan seluruh laboratorium TNI AL dan Inhan terkait dengan Lembaga pendidikan.
uu.	uu.
vv. Strategi (WO)	ww. Strategi (WT)
<ol style="list-style-type: none"> Memperbaiki kurikulum pendidikan dan menyesuaikan dengan teknologi generasi 4 dan program kemandirian KKIP. Mengarahkan sistem pendidikan dengan sasaran kebutuhan teknologi keangatanlautan serta kemandirian KKIP. 	<ol style="list-style-type: none"> Menyelaraskan antara Dik bang Um dan sistem Diknas/Dikti sesuai KKNI.

Tabel 23. Kompilasi Hasil Matrik Strategi.

xx. Kompilasi Strategi	
yy. Kode	zz. Langkah Strategi
aaa. SO-1	bbb. Melaksanakan sertifikasi profesi bagi personel TNI AL sesuai bidang keahlian bagi Pa, Ba, Ta.
ccc. SO-2	ddd. Meningkatkan kemampuan Dikbang hingga level Doktoral serta menambah beberapa prodi tingkat Magister.
eee. ST-1	fff. Upgrade Alins dan Alongins pada Lembaga pendidikan.
ggg. ST-2	hhh. Mensinergikan seluruh laboratorium TNI AL dan Inhan terkait dengan Lembaga pendidikan.
iii. WO-1	jjj. Memperbaiki kurikulum pendidikan dan menyesuaikan dengan teknologi generasi 4 dan program kemandirian KKIP.
kkk. WO-2	lll. Mengarahkan sistem pendidikan dengan sasaran kebutuhan teknologi keangatanlautan serta kemandirian KKIP.
mmm. WT-1	nnn. Menyelaraskan antara Dik bang Um dan sistem Diknas/Dikti sesuai KKNI.

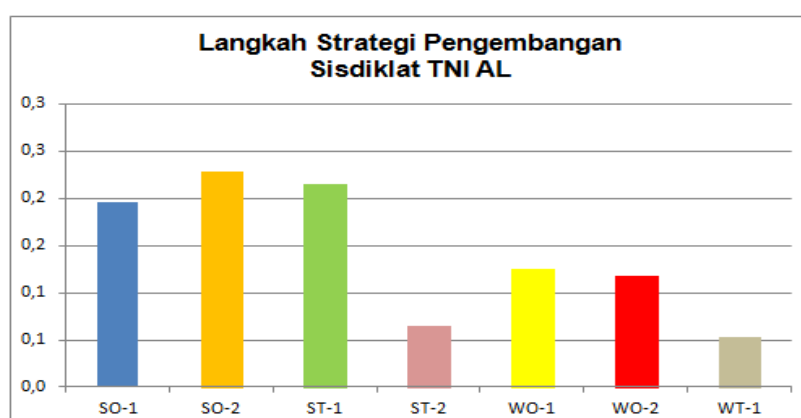
Berdasarkan analisis SWOT diatas, didapatkan 7 (tujuh) langkah strategi pengembangan sistem pendidikan dan latihan TNI AL. Ketujuh langkah strategi tersebut didapatkan dari kuisioner dan wawancara dengan para expert terpilih berjumlah 10 orang.

Metode Borda

Pada metode Borda, dilaksanakan kuisioner pembobotan langkah strategi kepada sepuluh pendapat ahli terpilih. Para ahli memberikan penilaian berdasarkan prioritas dari tahapan langkah strategi yang telah ditentukan sebelumnya pada metode analisis SWOT. Hasil dari kuisioner pembobotan digambarkan pada tabel dibawah ini.

Tabel 24. Hasil Pembobotan Metode Borda.

Kode	Langkah Strategi	Bobot	Prioritas
SO-1	Melaksanakan sertifikasi profesi bagi personel TNI AL sesuai bidang keahlian bagi Pa, Ba, Ta.	0,196	3
SO-2	Meningkatkan kemampuan Dikbang hingga level Doktoral serta menambah beberapa prodi tingkat Magister.	0,229	1
ST-1	Upgrade Alins dan Alongins pada Lembaga pendidikan.	0,214	2
ST-2	Mensinergikan seluruh laboratorium TNI AL dan Inhan terkait dengan Lembaga pendidikan.	0,064	6
WO-1	Memperbaiki kurikulum pendidikan dan menyesuaikan dengan teknologi generasi 4 dan program kemandirian KKIP.	0,125	4
WO-2	Mengarahkan sistem pendidikan dengan sasaran kebutuhan teknologi keangkatanlautan serta kemandirian KKIP.	0,118	5
WT-1	Menyelaraskan antara Dik bang Um dan sistem Diknas/Dikti sesuai KKNl.	0,054	7



Gambar 12. Grafik Pemobotan Metode Borda.

Berdasarkan analisis metode Borda sesuai gambar dan tabel diatas, didapat bobot dan prioritas antara lain : 1) Meningkatkan kemampuan Dikbangiptek hingga level Doktoral serta menambah beberapa prodi tingkat Magister dengan bobot 0,229; 2) Upgrade Alins dan Alongins pada Lembaga pendidikan TNI AL dengan bobot 0,214; 3) Melaksanakan sertifikasi profesi bagi personel TNI AL sesuai bidang keahlian bagi Perwira, Bintara, Tamtama dengan bobot 0,196; 4) Memperbaiki kurikulum pendidikan yang selaras dengan teknologi generasi 4 dan program kemandirian KKIP dengan bobot 0,125; 5) Mengarahkan sistem pendidikan dengan sasaran kebutuhan teknologi keangkatanlautan serta kemandirian KKIP dengan bobot 0,118; 6) Mensinergikan seluruh laboratorium TNI AL dan Industri pertahanan terkait dengan Lembaga pendidikan TNI AL dengan bobot 0,064; 7) Menyelaraskan antara sistem Dikbangum dengan sistem Diknas/Dikti dan KKNl dengan bobot 0,054.

Pembahasan

Penguasaan teknologi keangkatanlautan aspek pengembangan sistem pendidikan dan latihan terdiri dari 7 (tujuh) langkah strategi. Langkah pertama dengan meningkatkan kemampuan Dikbangiptek hingga level Doktoral serta menambah beberapa prodi tingkat Magister. Program Doktoral dan Magister serta Sarjana yang akan dibuka ini diharapkan menghasilkan lulusan yang memiliki kompetensi sebagai pakar pada skala nasional dan internasional. Hal tersebut tentunya akan

menambah percepatan kemajuan organisasi, dan tentu program ini akan meningkatkan kualifikasi penguasaan teknologi sehingga diharapkan mampu mengembangkan dengan lebih baik.

Langkah kedua yaitu *Upgrade* Alins dan Alongins pada Lembaga pendidikan TNI AL. Alat peraga pendidikan (Alins/Alongins) merupakan segala sesuatu yang dapat digunakan untuk menyalurkan pesan dan dapat merangsang pikiran, perasaan, perhatian dan kemauan siswa sehingga dapat mendorong terjadinya proses belajar pada diri siswa. Dalam sistem pendidikan, menyiapkan SDM TNI AL perlu dilakukan dengan memperbaharui alat atau instrumen dan sarana pendukung lainnya. Alins/Alongins yang ada tentunya harus disesuaikan dengan tingkat penguasaan teknologi yang telah digunakan pada sistem alutsista.

Langkah ketiga, melaksanakan sertifikasi profesi bagi personel TNI AL sesuai bidang keahlian bagi Perwira, Bintara, Tamtama. Sertifikasi tenaga pendidik menjadi landasan menjamin keberadaan tenaga pendidik yang profesional dengan kemampuan kerja yang maksimal. Dan ini merupakan tujuan nasional bagi pendidikan di Indonesia. Pelaksanaan sertifikasi tenaga pendidik diharapkan mampu menjadi solusi bagi kemajuan pendidikan dan peningkatan kesejahteraan tenaga pendidik dan penguasaan teknologi keangktanlautan.

Langkah keempat, Memperbaiki kurikulum pendidikan yang selaras dengan teknologi generasi 4 dan program kemandirian KKIP. Kurikulum sebagai bagian dari proses pembelajaran memegang peran kunci atas keberhasilan suatu diklat. Diklat merupakan proses sistematis untuk meningkatkan kemampuan personel TNI/TNI AL secara holistik yang memungkinkan potensi diri (afektif, kognitif, psikomotor) berkembang secara optimal. Sejalan dengan itu, kurikulum disusun dengan menjalankan prinsip efisien, efektif, relevan, dan fleksibel.

Langkah kelima, Mengarahkan sistem pendidikan dengan sasaran kebutuhan teknologi keangktanlautan serta kemandirian KKIP. Sistem pendidikan yang diharapkan diselaraskan dengan program pemerintah dalam hal ini Komite Kebijakan Industri Pertahanan. Hal tersebut dimaksudkan agar Alutsista yang diproduksi oleh Industri pertahanan dapat digunakan oleh TNI AL sebagai konsumen.

Langkah keenam, Mensinergikan seluruh laboratorium TNI AL dan Industri pertahanan terkait dengan Lembaga pendidikan TNI AL. Sebagai upaya untuk efisiensi dan efektifitas penggunaan, maka perlu adanya sinergitas antara komponen pendidikan TNI AL, Laboratorium TNI AL dan Industri pertahanan (Inhan) untuk memanfaatkan peralatan laboratorium. Sinergitas dapat dilakukan melalui integrasi manajemen pengelolaan laboratorium dengan pembentukan laboratorium terpadu (*integrated laboratory*). Salah satu fungsi yang dapat dilakukan oleh laboratorium terpadu adalah melakukan inventarisasi dan pemetaan terhadap semua peralatan/instrumentasi yang masih tersebar diberbagai laboratorium yang dikelola oleh TNI AL dan Inhan.

Langkah ketujuh, Menyelaraskan antara sistem Dikbangum dengan sistem Diknas/Dikti dan kerangka kualifikasi Nasional Indonesia (KKNI). Keadaan ini membutuhkan adanya perubahan penyelenggaraan pendidikan di Kotama pendidikan TNI AL untuk menghasilkan lulusan yang memiliki kompetensi sesuai dengan tuntutan perkembangan ilmu, teknologi keangktanlautan. Keselarasan antara sistem pendidikan umum (dikbangum) TNI AL dengan Sistem Diknas/Dikti diharapkan dapat menjawab jurang pemisah saat ini antara lulusan lembaga pendidikan TNI AL dan level KKNI.

KESIMPULAN DAN SARAN

Penguasaan teknologi keangktanlautan terdiri dari tiga aspek. Salah satunya aspek pengembangan sistem pendidikan dan latihan TNI AL. Strategi pengembangan sistem pendidikan TNI AL merumuskan 7 (tujuh) langkah strategi dengan menggunakan analisis SWOT dan penentuan prioritas dengan metode Borda. Berdasarkan analisis SWOT dan Borda didapatkan prioritas bobot langkah strategi sebagai berikut, antara lain : 1) Meningkatkan kemampuan Dikbangiptek hingga level Doktoral serta menambah beberapa prodi tingkat Magister dengan bobot 0,229; 2) *Upgrade* Alins dan Alongins pada Lembaga pendidikan TNI AL dengan bobot 0,214; 3) Melaksanakan sertifikasi profesi bagi personel TNI AL sesuai bidang keahlian bagi Perwira, Bintara, Tamtama dengan bobot 0,196; 4) Memperbaiki kurikulum pendidikan yang selaras dengan teknologi generasi 4 dan program kemandirian KKIP dengan bobot 0,125; 5) Mengarahkan sistem pendidikan dengan sasaran kebutuhan teknologi keangktanlautan serta kemandirian KKIP dengan bobot 0,118; 6) Mensinergikan seluruh laboratorium TNI AL dan Industri pertahanan terkait dengan Lembaga

pendidikan TNI AL dengan bobot 0,064; 7) Menyelaraskan antara sistem Dikbangum dengan sistem Diknas/Dikti dan KKNi dengan bobot 0,054.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmadi, Zain, D., & Santoso, B. (2011). Determination of Naval Based Locations: Strategy to Maximize Performance Monitoring of defense and Security System in the Sea (Study on Maritime Security and Defense Sistem in Indonesia). *Jurnal Aplikasi Manajemen*, 9, 254-263.
- Cahyaningrum, G., & Rukmi, A. M. (2014). Usulan Perencanaan Strategis Divisi Penjualan dengan Metode Analisa SWOT dan AHP (Studi Kasus: P.T. Telekomunikasi Indonesia Divisi Telkom Timur Witel Suramadu). *Jurnal Sains dan Seni POMITS*, 1(1), 1-7.
- Caillaux, M. A., Sant'anna, A. P., Angulo-Meza, L., & Mello, J. C. (2011). Container Logistics in Mercosur: Choice of a Transshipment Port Using Ordinal Copeland Method, Data Envelopment Analysis and Probabilistic Composition. *Maritime Economics and Logistics*, 13, 355-370.
- Duha, Y. (2016). Rancang Bangun Sistem Pendukung Keputusan Kelompok Dalam Seleksi Penerima Program Restrukturisasi Kredit Macet dengan Metode Weighted Product dan Metode Borda. *Riau Journal Of Computer Science*, 2(1), 23-38.
- GMTT. (2015). *Global Marine Technology trend 2030*. Southampton: Lloyd's Register; QinetiQ; University of Southampton.
- Hamka, M., Utami, E., & Amborowati, A. (2014). Sistem Pendukung Keputusan Kelompok Metode TOPSIS dan Borda untuk Menentukan Calon Haji. Yogyakarta: Seminar Nasional Teknologi Informasi dan Multimedia .
- Hill, T., & Westbrook, R. (1997). SWOT Analysis: It's Time for a Product Recall. *Long Range Planning*, 30(1), 46-52.
- Junior, S. G., de-Melo, J. B., & Meza, L. D. (2014). Sequential Use of Ordinal Multicriteria Methods to Obtain a Ranking for the 2012 Summer Olympic Games. *WSEAS Transactions on Systems*, 13, 223-230.
- Learned, A., Christensen, C., Andrews, R., & Guth, D. (1965). *Business policy: Text and cases*. Irwin.
- Lumaksono, H. (2014). Implementation of SWOT-FAHP Method To Determine The Best Strategy on Development of Traditional Shipyard in Sumenep. *Academic Research International*, 5(5), 56-67.
- Mohajan, H. (2012). Majority Judgment in an Election with Borda Majority Count . *International Journal of Management and Transformation*, 6(1), 19-31.
- Oei, S. (2013). Group Decision Support System untuk Pembelian Rumah Menggunakan Analytical Hierarchy Process (AHP) dan Borda. Yogyakarta: Seminar Nasional Informatika.
- Oreski, D. (2012). Strategy development by using SWOT - AHP. *TEM Journal*, 1(4), 283-290.
- Sari, R. P., Santoso, A. J., & Ernawati. (2014). Perancangan Sistem Pendukung Keputusan Kelompok Metode TOPSIS dan BORDA untuk Evaluasi Kegiatan Penanganan Infrastruktur Jalan. Yogyakarta: Seminar Nasional Teknologi Informasi dan Komunikasi.
- Wahyuni, H. C., Hartati, V., & Astuti, M. (2016). Model Adopsi Teknologi dalam Rangka Peningkatan Kualitas Produk pada Usaha Kecil dan Menengah (UKM) di Kabupaten Sidoarjo . *Spektrum Industri*, 14(2), 109-230.
- Wang, X. P., Zhang, J., & Yang, T. (2014). Hybrid SWOT Approach for Strategic Planning and Formulation in China Worldwide Express Mail Service. *Journal of Applied Research and Technology*, 12, 230-238.
- Wheelen, T., & Hunger, J. (1995). *Strategic Management and Business Policy*. Reading: Addison-Wesley.
- Yogi, P., Rizal, O., Ahmadi, & Suharyo, O. S. (2017). Feasibility Analysis of Naval Base Relocation Using SWOT and AHP Method to Support Main Duties Operation. *Journal of Defense Management*, 7(1), 1-8.
- Yuksel, I., & Dagdeviren, M. (2007). Using the Analytic Network Process (ANP) in a SWOT Analysis – A Case Study for a Textile Firm. *Information Sciences*, 177, 3364–3382.
- Živković, Ž., Nikolić, D., Djordjević, P., Mihajlović, I., & Savić, M. (2015). Analytical Network Process in the Framework of SWOT Analysis for Strategic Decision Making (Case Study: Technical Faculty in Bor, University of Belgrade, Serbia). *Acta Polytechnica Hungarica*, 12(7), 199-216.

ANALISIS KANDUNGAN LOGAM BERAT Cu, Pb, Hg DAN Sn TERLARUT DI PESISIR KABUPATEN BANYUWANGI

Ervina Wahyu Setyaningrum^{1*}, Agustina Tri Kusuma Dewi¹, Mega Yuniartik¹, Endang Dewi Masithah²

¹Prodi Pemanfaatan Sumberdaya Perikanan Universitas 17 Agustus 1945 Banyuwangi

²Fakultas Perikanan dan Kelautan Universitas Airlangga Surabaya

*Corresponding author e-mail: ervinawahyu@untag-banyuwangi.ac.id; 085236893621

ABSTRAK

Kabupaten Banyuwangi mempunyai pesisir terpanjang di Jawa Timur dengan pantai berpasir maupun karang dan terdapat berbagai macam jenis sumberdaya pesisir dan lautan yang bisa dimanfaatkan baik dari segi ekonomis maupun lingkungan. Namun dalam era industrialisasi saat ini, wilayah pesisir di Banyuwangi menjadi sebagai prioritas utama untuk pengembangan industri, agribisnis, agroindustri, pemukiman, transportasi, pelabuhan dan pariwisata. Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis kandungan logam berat jenis tembaga (Cu), timbal (Pb) dan timah (Sn) dan pengaruhnya kualitas perairan terhadap kandungan logam berat di pesisir Kabupaten Banyuwangi. Metode dalam penelitian ini menggunakan deskriptif. Data diambil di sepanjang pesisir Kabupaten Banyuwangi meliputi kualitas air (alkalinitas, NH₄, PO₄, DO, pH, NO₃, suhu air dan salinitas), logam berat jenis tembaga (Cu), timbal (Pb) dan timah (Sn). Analisa data menggunakan analisa regresi linier berganda, dilanjutkan uji F dan uji t. Hasil penelitian menunjukkan terdapat pengaruh antara kualitas perairan terhadap nilai logam berat tembaga (Cu), dengan nilai R-Square 0,681 yang artinya memiliki proporsi pengaruh terhadap nilai tembaga (Cu) sebesar 68,1%. Begitu juga untuk kualitas perairan terhadap logam berat jenis timah (Sn), terdapat pengaruh dengan nilai R-Square sebesar 0,700 yang artinya pengaruh sebesar 70%. Sedangkan kualitas perairan terhadap logam berat timbal (Pb) tidak terdapat pengaruh signifikan.

Kata Kunci: Logam Berat, Kualitas Perairan, Pesisir Banyuwangi

PENDAHULUAN

Pesisir Kabupaten Banyuwangi bagian dari pantai yang berada di Selat Bali hingga Pantai Selatan Pulau Jawa yang mempunyai potensi pesisir dan kelautan yang cukup tinggi. Sisi lain, potensi pesisir dan kelautan yang besar tersebut belum sepenuhnya dimanfaatkan secara optimal namun terjadi beberapa kerusakan. Kerusakan lingkungan laut dan pesisir yang terjadi karena fenomena alam itu sendiri dan juga karena beberapa kegiatan manusia. Sikap yang arif dan bijak dari berbagai lintas sektor yang mempunyai kepentingan dan kewenangan di kawasan ini.

Seperti halnya perairan pesisir lainnya, Pesisir Kabupaten Banyuwangi berpotensi mengakumulasi beban antropogenik yang dibawa dari beberapa aliran sungai. Hal ini diperparah dengan adanya penyalahgunaan sungai sebagai tempat pembuangan limbah sehingga beban pencemar akan terdistribusi sampai ke muara sungai hingga laut. Masukan limbah dari darat menuju ke muara umumnya berasal dari kegiatan manusia seperti seperti industri, perkapalan, antropogenik dan lain-lain (Bengen, 2001). Hal tersebut menjadikan daerah muara dan pesisir merupakan kawasan yang rentan tercemar (Sari *et al.*, 2017).

Seperti air tawar, air laut juga mempunyai kemampuan yang besar untuk melarutkan bermacam-macam zat, baik yang berupa gas, cairan, maupun padatan. Laut merupakan tempat bermuaranya sungai-sungai yang mengangkut berbagai macam zat, dapat berupa zat hara yang bermanfaat bagi ikan dan organisme perairan, dapat pula berupa bahan yang tidak bermanfaat, bahkan mengganggu pertumbuhan dan perkembangan ikan dan organisme perairan atau dapat mengakibatkan penurunan kualitas air (Cahyadi, 2000).

Penurunan kualitas air ini diakibatkan oleh adanya zat pencemar, baik berupa komponen-komponen organik maupun anorganik. Komponen-komponen anorganik diantaranya adalah logam berat yang berbahaya. Darmono (1995) menjelaskan pengertian logam berat adalah unsur logam dengan berat molekul tinggi, yaitu berat jenis lebih besar dari 5 g/cm³. Namun unsur-unsur metaloid yang

mempunyai sifat berbahaya juga dimasukkan ke dalam kelompok tersebut. Dengan demikian, yang termasuk ke dalam logam berat saat ini mencapai lebih kurang 40 jenis unsur.

Salah satu bahan pencemar yang berpotensi ditemukan di Pesisir Kabupaten Banyuwangi adalah logam berat. Pencemaran logam berat dikategorikan sebagai pencemaran yang menimbulkan dampak berbahaya terhadap lingkungan dan organisme di dalamnya. Logam berat mempunyai sifat non-degradable. Selain itu, logam berat akan terakumulasi di dalam lingkungan seperti kolom air dan sedimen serta terabsorpsi ke dalam biota laut (Effendi, 2003).

Logam berat dapat masuk ke lingkungan hidup dengan berbagai cara, seperti pelapukan batu-batuan yang mengandung logam berat, aktivitas gunung berapi dan pembuangan limbah yang berasal dari pertambangan, industri dan transportasi. Sumber utama kontaminan logam berat bersal dari udara dan air yang mencemari tanah. Logam-logam tertentu dalam konsentrasi tinggi akan sangat berbahaya bila ditemukan di dalam lingkungan. Penyebab utama logam berat menjadi bahan pencemar berbahaya adalah karena sifatnya yang tidak dapat dihancurkan (*nondegradable*) oleh organisme hidup yang ada di lingkungan. Akibatnya logam-logam tersebut terakumulasi ke lingkungan. Logam berat membahayakan apabila masuk ke dalam sistem metabolisme dalam jumlah melebihi ambang batas. Ambang batas untuk tiap jenis logam berat berbeda-beda (Darmono, 1995).

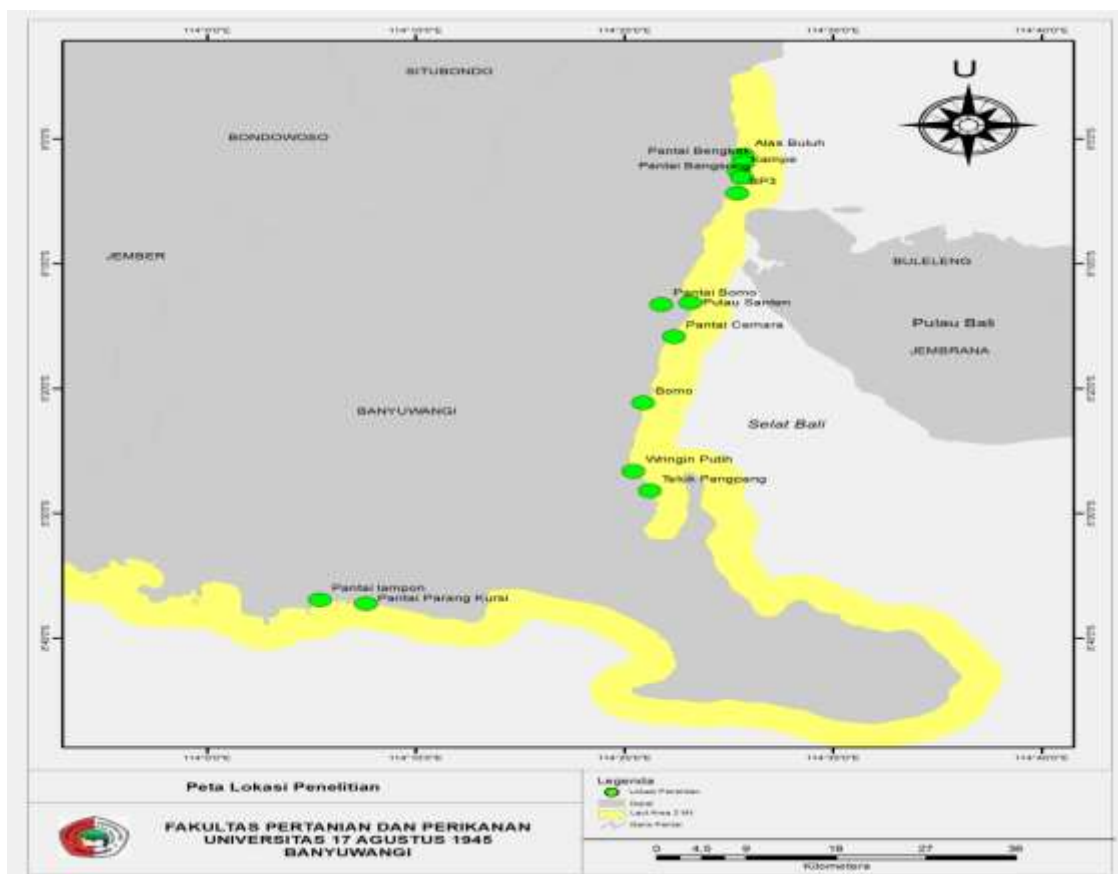
Beberapa logam berat tersebut banyak digunakan dalam berbagai keperluan sehari-hari, oleh karena itu diproduksi secara rutin dalam skala industri. Penggunaan logam-logam berat tersebut dalam berbagai keperluan sehari-hari, baik secara langsung maupun tidak langsung, atau sengaja maupun tidak sengaja, telah mencemari lingkungan. Beberapa logam berat yang berbahaya dan sering mencemari lingkungan terutama adalah merkuri (Hg), timbal/timah hitam (Pb), arsenik (As), tembaga (Cu), kadmium (Cd), khromium (Cr), dan nikel (Ni) (Fardiaz, 1992).

Cu merupakan elemen mikro yang sangat dibutuhkan oleh organisme, baik darat maupun perairan, namun dalam jumlah yang sedikit. Keberadaan Cu di suatu perairan umum dapat berasal dari daerah industri yang berada di sekitar perairan tersebut. Logam ini akan terserap oleh biota perairan secara berkelanjutan apabila keberadaannya dalam perairan selalu tersedia. Terlebih lagi bagi biota perairan dengan mobilitas yang rendah seperti kerang (Cahyani *et al.*, 2012). Timbal (Pb) merupakan logam berwarna abu-abu, dapat ditempa dan dapat dibentuk. Mempunyai sifat kimia yang aktif sehingga dapat digunakan untuk melapisi logam untuk mencegah perkartan. Bila dicampur dengan logam lain, timbal dapat membentuk logam campuran yang lebih bagus daripada logam murninya. Selain itu timbal juga mempunyai kepadatan melebihi logam lain. Logam ini banyak digunakan pada industri baterai, kabel, cat (sebagai zat pewarna), penyepuhan, pestisida dan yang paling banyak digunakan sebagai zat antiletup pada bensin. Timbal juga digunakan sebagai zat penyusun pateri dan sebagai formulasi penyambung pipa (Darmono, 1995). Timah (Sn) merupakan logam berwarna putih keperakan, berkilau, dapat ditempa dan dapat dibentuk. Timah memiliki titik lebur 231,93°C. Logam ini tidak mudah teroksidasi dalam udara sehingga sering digunakan sebagai pelapis logam lainnya untuk mencegah karat. Timah juga sering digunakan sebagai pelapis logam lainnya untuk mencegah karat. Timah juga sering digunakan sebagai campuran dengan logam lain seperti pada solder lunak (Winter, 2010).

Kehadiran logam berat pada konsentrasi yang tinggi di kolom perairan akan membahayakan organisme perairan laut mulai dari menghambat proses metabolisme hingga menyebabkan kematian biota (Vangronsveld and Clijsters, 1994). Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk memantau konsentrasi logam berat terlarut di sepanjang Pesisir Kabupaten Banyuwangi dan menganalisis keterkaitannya dengan faktor lingkungan perairan.

MATERI DAN METODE

Penelitian ini dilakukan pada bulan Maret – Juni 2018. Metode pengambilan data menggunakan purposive sampling di sepanjang pesisir Kabupaten Banyuwangi. Lokasi penelitian bisa dilihat pada gambar 1 berikut.



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian Pesisir Banyuwangi.

Metode penelitian menggunakan metode deskriptif yaitu data disajikan dengan menjelaskan dan menggambarkan keadaan yang sesungguhnya. Pengukuran kualitas air yang meliputi suhu, salinitas, pH, DO diukur secara langsung di lokasi penelitian sementara untuk pengamatan alkalinitas, NH₄, PO₄, NO₃ dilakukan di Laboratorium Fakultas Pertanian dan Perikanan Universitas 17 Agustus 1945 Banyuwangi. Sedangkan pengambilan sampel air untuk logam berat menggunakan botol kaca gelap di setiap titik lokasi penelitian sepanjang pesisir Kabupaten Banyuwangi, kemudian dibawa ke Balai Riset Dan Standarisasi Industri Surabaya untuk dilakukan pengukuran kadar logam berat. Prosedur kerja untuk analisis kandungan logam berat Tembaga (Cu) metode uji menggunakan SNI 6989.6 : 2009, Raksa (Hg) menggunakan uji SNI 6989.78 : 2011, Timbal (Pb) menggunakan metode uji [SNI 6989.46:2009](#), sedangkan Timah (Sn) menggunakan metode uji APHA Ed.21.311 B,2005.

Analisa data menggunakan analisa regresi linier berganda. Untuk menentukan derajat pengaruh antara variabel kualitas air dan logam berat. Hasil uji statistik disajikan dalam bentuk persamaan matematis, yaitu persamaan regresi linier berganda sebagai berikut:

$$Y = a + b_1X_1 + b_2X_2 + \dots + b_nX_n$$

Keterangan:

- Y : Variabel terikat
- a : Konstanta
- b₁, b₂ : Koefisien regresi
- X₁, X₂ : Variabel bebas

HASIL DAN PEMBAHASAN

Parameter Kualitas Air

Data kualitas air yang diambil berupa suhu, salinitas, pH, DO dan NH₄ di perairan pantai Banyuwangi dengan lokasi pengamdiilan data di sembilan titik mewakili seluruh kecamatan sepanjang pesisir Banyuwangi dengan ulangan sebanyak dua kali.

Tabel 1. Data Kualitas Air Perairan Pantai Banyuwangi tahun 2018.

Kualitas Air Lokasi Penelitian	DO	Suhu Air	pH Air	Salinitas	NH4 (ppm)	NO3 (ppm)	PO4 (ppm)	Alkalinitas	
								CO3 (ppm)	HCO3 (ppm)
Alas Buluh	6,7	30,3	7,6	26	0	1	0	12	116
	6,5	29,7	7,3	25	0	0	0	36	112
Kampe	7,1	30,1	7,3	22	0	0	0	24	100
	7	28,8	7	23	0	0	0,1	12	144
BP3	8	27,3	7,2	20	0	0	0	24	116
	6,1	27,5	7,1	20	0	0	0,1	16	136
Pantai Cemara	7,5	31	9	25	0	0	0,1	80	88
	6,4	29,3	8	25	0	0	0	32	100
Pakem Kertosari	7,7	31,6	7,2	24	0	0	0	12	112
	7,4	29,3	7,4	27	0	0	0	16	124
Pulau Santen	7,2	29,7	7,2	26	0	0	0	36	92
	6,5	29,2	7,4	26	0	0	0	36	100
Blimbingsari	6,1	30,3	8,9	27	0	0	0,1	12	120
	6,4	30,1	8,4	27	0	0	0,1	12	140
Teluk Pangpang	7,04	30,3	6,9	23	0,7	0	0	24	98
	0,9	29,17		18	0,8	0	0	24	116
Lampon	6,9	30,6	7,1	25	0	0	3	44	84
	6,8	30,7	6,9	26	0	0	0	44	80

Sebagian besar parameter kualitas air tersebut dapat mempengaruhi konsentrasi, sebaran dan toksisitas logam berat di perairan merujuk Hutagaol (2012) yang menyatakan bahwa suhu, kekeruhan, pH, salinitas dan DO merupakan parameter yang mempengaruhi toksisitas logam berat perairan.

Parameter lingkungan diduga berpengaruh pada konsentrasi logam berat seperti suhu, pH dan salinitas. Kenaikan suhu akan mengurangi adsorpsi senyawa logam berat pada partikulat untuk mengendap ke dasar. Kenaikan pH dapat menurunkan kelarutan logam berat dalam air karena adanya perubahan dari bentuk karbonat menjadi hidroksida yang membentuk ikatan dengan partikel pada perairan. Kenaikan salinitas menyebabkan penurunan daya toksik logam berat karena terjadinya proses desalinasi. Jadi senyawa logam berat yang ada dapat terjadi proses sedimentasi (Aminah *et al.*, 2016).

Logam Berat Cu, Hg, Pb dan Sn di Pesisir Kabupaten Banyuwangi

Logam berat yang dianalisa dalam penelitian ini adalah jenis Tembaga (Cu), Raksa (Hg), Timbal (Pb) dan timah (Sn). Berikut hasil uji logam berat yang dilakukan di laboratorium Balai Riset Dan Standarisasi Industri Surabaya.

Tabel 2. Hasil Uji Logam Berat Cu, Hg, Pb dan Sn Pesisir Kabupaten Banyuwangi Tahun 2018.

Parameter	Satuan	Hasil Uji						Metode Uji
		P. 2169 Alas buluh (Surut)	P. 2170 Alas buluh (Pasang)	P. 2171 Kampe (Pasang)	P. 2172 Kampe (Surut)	P. 2173 BP 3 (Pasang)	P. 2174 BP 3 (Surut)	
Tembaga (Cu)	mg/L	<0.0223	0,026	0,032	<0.0223	0,026	0,026	SNI 6989.6 : 2009
Raksa (Hg)	mg/L	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	SNI 6989.78 : 2011
Timbal (Pb)	mg/L	0,012	0,015	0,015	0,016	0,017	0,015	SNI 6989.46:2009
Timah (Sn)*	mg/L	<0.1050	<0.1050	0,469	<0.1050	<0.1050	<0.1050	APHA Ed.21.311 B,2005

Parameter	Satuan	Hasil Uji						Metode Uji
		P. 2175 P. Santen (Pasang)	P. 2176 P. Santen (Surut)	P. 2177 P. Pakem (Pasang)	P. 2178 P. Pakem (Surut)	P. 2179 P. Cemara (Pasang)	P. 2180 P. Cemara (Surut)	

Tembaga (Cu)	mg/L	<0.0223	<0.0223	0,026	<0.0223	0,03	<0.0223	SNI 6989.6 : 2009
Raksa (Hg)	mg/L	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	SNI 6989.78 : 2011
Timbal (Pb)	mg/L	0,017	0,018	0,017	0,022	0,018	0,018	SNI 6989.46:2009
Timah (Sn)*	mg/L	<0.1050	<0.1050	<0.1050	<0.1050	<0.1050	4,136	APHA Ed.21.311 B,2005

Parameter	Satuan	Hasil Uji				Metode Uji
		P. 2181 Teluk Pampang (Pasang)	P. 2182 Lampiran (Pasang)	P. 2183 Lampiran (Surut)	P. 2184 P. Blimbing Sari (Pasang)	
Tembaga (Cu)	mg/L	<0.0223	<0.0223	<0.0223	<0.0223	SNI 6989.6 : 2009
Raksa (Hg)	mg/L	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	SNI 6989.78 : 2011
Timbal (Pb)	mg/L	0,018	0,019	0,021	0,018	SNI 6989.46:2009
Timah (Sn)*	mg/L	4,703	4,791	3,743	3,656	APHA Ed.21.311 B,2005

Catatan:

- Parameter di uji sesuai dengan parameter
- Tanda "<" menunjukkan nilai Limit Of Quantity dari pengujian

Secara umum, kisaran konsentrasi Cu 0,0104 mg/L, Hg 0 mg/L, Pb 0,0173 mg/L dan Sn 1,3436 mg/L yang diperoleh di perairan pesisir Kabupaten Banyuwangi. Jika merujuk Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No. 51 Tahun 2004 tentang Baku Mutu Air Laut, Raksa (Hg) 0,001 mg/l, Tembaga (Cu) dan Timbal (Pb) 0,008 mg/l, dan Timah (Sn) 2 mg/l, maka nilai logam berat Hg dan Sn masih di bawah ambang batas sedangkan Cu dan Pb sudah di atas ambang batas.

Secara umum sumber logam berat di pesisir laut dapat dibagi menjadi dua yaitu sumber yang masuk ke perairan laut secara alami dan buatan. Sedangkan logam berat yang masuk ke perairan laut bisa berasal dari tiga sumber yaitu:

- asukan dari daerah pantai yang berasal dari sungai dan hasil abrasi pantai oleh aktivitas gelombang. M
- asukan dari laut dalam meliputi logam-logam yang dibebaskan oleh aktivitas gunung berapi di laut yang dalam dan logam-logam yang dibebaskan dari partikel melalui proses kimiawi. M
- asukan dari lingkungan dekat daratan pantai, termasuk logam-logam yang berasal dari atmosfer sebagai partikel debu. M

Sedangkan sumber logam yang bersifat buatan adalah logam yang dibebaskan selama proses industri logam dan batu-batuan. Beberapa industri hanya menggunakan logam berat tertentu untuk aktivitas produksinya. Namun pada umumnya kebanyakan industri menggunakan berbagai jenis unsur logam berat sehingga sulit untuk melacak asal sumber pencemaran.

Dari keempat logam berat tersebut di atas, di air laut diperoleh konsentrasi logam berat yang berbeda. Perbedaan konsentrasi ini dimungkinkan akibat variabilitas logam dalam air yang disebabkan oleh arus, adsorpsi, pasang surut, ataupun deposisi (Sagala *et al.*, 2014).

Pengaruh Kualitas Air Terhadap Logam Berat

Berdasarkan hasil analisa regresi, dari empat jenis logam berat yaitu Tembaga (Cu), Timbal (Pb), Raksa (Hg) dan Timbal (Pb) di pesisir Kabupaten Banyuwangi, menunjukkan untuk kualitas air tidak ada pengaruh terhadap logam berat jenis Timbal (Pb) dan Raksa (Hg). Sedangkan dua jenis logam berat lainnya yaitu Tembaga (Cu) dan Timah (Sn) terdapat pengaruh.

Berkaitan dengan ini maka walaupun nilai Pb berada di ambang batas tapi tidak disebabkan oleh nilai kualitas air, melainkan adanya limbah yang masuk ke kawasan pesisir. Sedangkan jenis Hg nilainya memang di bawah ambang batas dan limbah yang masuk ke kawasan pesisir berarti masih minim mengandung Hg. Menurut Anggoro (2011) logam berat merupakan salah satu parameter limbah sebagai sumber dampak di perairan pesisir.

Tabel 3. Uji F: Kualitas Air terhadap Logam Berat Tembaga (Cu).

ANOVA^a

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	,000	8	,000	8,265	,000 ^b
	Residual	,000	31	,000		
	Total	,000	39			

a. Dependent Variable: Tembaga Cu

b. Predictors: (Constant), Alkalinitas, NH₄, PO₄, DO, pH, NO₃, Suhu Air, Salinitas

Nilai prob. F hitung (sig.) pada tabel di atas nilainya 0,000 lebih kecil dari tingkat signifikansi 0,05 sehingga dapat disimpulkan bahwa model regresi linier yang diestimasi layak digunakan untuk menjelaskan pengaruh nilai logam berat tembaga (Cu) terhadap alkalinitas, NH₄, PO₄, DO, pH, NO₃, suhu air, dan salinitas.

Tembaga (Cu) merupakan salah satu logam berat yang dapat ditemukan pada lingkungan perairan maupun dalam sedimen (Anazawa *et al.*, 2004). Logam berat secara alami memiliki konsentrasi yang rendah pada perairan. Tinggi rendahnya konsentrasi logam berat disebabkan oleh jumlah maksimum limbah logam berat ke perairan. Logam Berat yang masuk perairan akan mengalami pengendapan, pengenceran dan dispersi, kemudian diserap oleh organisme yang hidup di perairan.

Maslukah (2006) menyatakan bahwa proses masuknya Cu di perairan selanjutnya mengalami proses adsorpsi yang diikuti dengan proses flokulasi dan desorpsi. Adanya proses adsorpsi oleh partikel menyebabkan terjadinya pengendapan materi pada sedimen dan membuat konsentrasi di dekat dasar kolom air menjadi tinggi kembali.

Tabel 4. Nilai R Square: Logam Berat Tembaga (Cu) Terhadap Kualitas Air.

Model Summary^b

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate	Durbin-Watson
1	,825 ^a	,681	,598	,0017955	2,587

a. Predictors: (Constant), Alkalinitas, NH₄, PO₄, DO, pH, NO₃, Suhu Air, Salinitas

b. Dependent Variable: Tembaga Cu

Jika dilihat dari nilai R-Square yang besarnya 0,681 menunjukkan bahwa proporsi pengaruh variabel tembaga (Cu) terhadap variabel alkalinitas, NH₄, PO₄, DO, pH, NO₃, suhu air, dan salinitas sebesar 68,1%. Artinya, nilai variabel bebas memiliki proporsi pengaruh terhadap nilai tembaga (Cu) sebesar 68,1% sedangkan sisanya 31,9% (100% – 68,1%) dipengaruhi oleh variabel lain yang tidak ada di dalam model regresi linier.

Tabel 5. Uji t: Logam Berat Tembaga (Cu) Terhadap Kualitas Air.

Coefficients^a

Model	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.	Collinearity Statistics	
	B	Std. Error	Beta			Tolerance	VIF
(Constant)	-,014	,011		-1,289	,207		
DO	,000	,001	,079	,683	,500	,762	1,312
Suhu Air	,002	,000	,620	4,258	,000	,485	2,060
pH	,001	,001	,182	1,496	,145	,692	1,445
1 Salinitas	-,001	,000	-,928	-5,907	,000	,417	2,396
NH ₄	-,011	,002	-,688	-5,193	,000	,586	1,707
NO ₃	-,004	,001	-,445	-3,387	,002	,597	1,674
PO ₄	-,001	,000	-,202	-1,882	,069	,895	1,118
Alkalinitas	4,021E-005	,000	,231	1,711	,097	,567	1,764

a. Dependent Variable: Tembaga Cu

Nilai probabilitas t hitung dari variabel bebas oksigen terlarut (DO) sebesar 0,50, pH sebesar 1,45, PO₄ sebesar 0,069, dan alkalinitas sebesar 0,097 (lebih besar dari Sig. 0,05) menunjukkan bahwa variabel bebas oksigen terlarut (DO), pH, PO₄, dan alkalinitas tidak berpengaruh signifikan terhadap

variabel terikat tembaga (Cu). Nilai probabilitas t hitung variabel bebas suhu air sebesar 0,00, salinitas sebesar 0,00, NH₄ sebesar 0,00 dan NO₃ sebesar 0,02 (lebih kecil dari nilai Sig. 0,05), menunjukkan bahwa variabel bebas suhu air, salinitas, NH₄, dan NO₃ berpengaruh signifikan terhadap variabel terikat tembaga (Cu).

Berdasarkan nilai di atas, maka interpretasi model alkalinitas, NH₄, PO₄, DO, pH, NO₃, Suhu Air, dan Salinitas Terhadap Logam Berat Tembaga (Cu) adalah sebagai berikut:

$$\text{Tembaga Cu} = -0,14 + 0,00 \text{ DO} + 0,002 \text{ Suhu Air} + 0,001 \text{ pH} - 0,001 \text{ salinitas} - 0,011 \text{ NH}_4 - 0,004 \text{ NO}_3 - 0,001 \text{ PO}_4 + 4,021 \text{ alkalinitas}$$

Koefisien regresi oksigen terlarut (DO) bernilai positif artinya pada saat nilai oksigen terlarut (DO) naik, maka nilai logam berat Tembaga (Cu) juga akan mengalami kenaikan. Apabila nilai oksigen terlarut (DO) turun maka nilai logam berat Tembaga (Cu) akan mengalami penurunan. Apabila nilai oksigen terlarut (DO) naik sebesar 1 mg/L maka akan meningkatkan nilai tembaga (Cu) total sebesar 0,000 mg/L dan sebaliknya penurunan oksigen terlarut (DO) sebesar 1 mg/L akan menurunkan nilai tembaga (Cu) sebesar 0,000 mg/L.

Koefisien regresi suhu air bernilai positif artinya pada saat nilai suhu air naik, maka nilai tembaga (Cu) juga akan mengalami kenaikan. Apabila nilai suhu air turun maka nilai tembaga (Cu) akan mengalami penurunan. Apabila nilai suhu air naik sebesar 1 °C, maka akan meningkatkan nilai tembaga (Cu) sebesar 0,002 mg/L dan sebaliknya penurunan suhu air sebesar 1 °C akan menurunkan nilai tembaga (Cu) sebesar 0,002 mg/L.

Koefisien regresi pH bernilai positif artinya pada saat nilai pH naik, maka nilai tembaga (Cu) juga akan mengalami kenaikan. Apabila nilai pH turun maka nilai tembaga (Cu) akan mengalami penurunan. Apabila nilai pH naik sebesar 1, maka akan meningkatkan nilai tembaga (Cu) sebesar 0,001 mg/L dan sebaliknya penurunan pH sebesar 1 akan menurunkan nilai tembaga (Cu) sebesar 0,001 mg/L.

Koefisien regresi alkalinitas bernilai positif artinya pada saat nilai alkalinitas naik, maka nilai tembaga (Cu) juga akan mengalami kenaikan. Apabila nilai alkalinitas turun maka nilai tembaga (Cu) akan mengalami penurunan. Apabila nilai alkalinitas naik sebesar 1, maka akan meningkatkan nilai tembaga (Cu) sebesar 4,021 mg/L dan sebaliknya penurunan alkalinitas sebesar 1 akan menurunkan nilai tembaga (Cu) sebesar 4,021 mg/L.

Koefisien regresi salinitas bernilai negatif artinya pada saat nilai salinitas naik maka nilai tembaga (Cu) akan mengalami penurunan, sebaliknya pada saat nilai salinitas turun, nilai tembaga (Cu) akan mengalami kenaikan. Apabila nilai salinitas mengalami peningkatan sebesar 1 maka akan menurunkan nilai tembaga (Cu) sebesar 0,001 mg/L dan sebaliknya penurunan nilai salinitas sebesar 1 akan meningkatkan nilai tembaga (Cu) sebesar 0,001 mg/L.

Koefisien regresi NH₄ bernilai negatif artinya pada saat nilai NH₄ naik maka nilai tembaga (Cu) akan mengalami penurunan, sebaliknya pada saat nilai NH₄ turun, maka nilai tembaga (Cu) akan mengalami kenaikan. Apabila nilai NH₄ mengalami peningkatan sebesar 1 mg/L maka akan menurunkan nilai tembaga (Cu) sebesar 0,011 mg/L dan sebaliknya penurunan nilai NH₄ sebesar 1 mg/L akan meningkatkan nilai tembaga (Cu) sebesar 0,011 mg/L.

Koefisien regresi NO₃ bernilai negatif artinya pada saat nilai NO₃ naik maka nilai tembaga (Cu) akan mengalami penurunan, sebaliknya pada saat nilai NO₃ turun, maka nilai tembaga (Cu) akan mengalami kenaikan. Apabila nilai NO₃ mengalami peningkatan sebesar 1 mg/L maka akan menurunkan nilai tembaga (Cu) sebesar 0,004 mg/L dan sebaliknya penurunan nilai NO₃ sebesar 1 mg/L akan meningkatkan nilai tembaga (Cu) sebesar 0,004 mg/L.

Koefisien regresi PO₄ bernilai negatif artinya pada saat nilai PO₄ naik maka nilai tembaga (Cu) akan mengalami penurunan, sebaliknya pada saat nilai PO₄ turun, maka nilai tembaga (Cu) akan mengalami kenaikan. Apabila nilai PO₄ mengalami peningkatan sebesar 1 mg/L maka akan menurunkan nilai tembaga (Cu) sebesar 0,001 mg/L dan sebaliknya penurunan nilai PO₄ sebesar 1 mg/L akan meningkatkan nilai tembaga (Cu) sebesar 0,001 mg/L.

Tabel 7. Uji F: Logam Berat Timah (Sn) Terhadap Kualitas Air.

ANOVA ^a						
Model		Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	113,151	8	14,144	9,049	,000 ^b
	Residual	48,452	31	1,563		
	Total	161,603	39			

a. Dependent Variable: Timah Sn

b. Predictors: (Constant), Alkalinitas, NH₄, PO₄, DO, pH, NO₃, Suhu Air, Salinitas

Nilai probabilitas F hitung (Sig.) pada Tabel di atas nilainya 0,00 lebih kecil dari tingkat signifikansi 0,05 sehingga dapat disimpulkan bahwa model regresi linier berganda yang diestimasi layak digunakan untuk menjelaskan pengaruh nilai Timah (Sn) terhadap Alkalinitas, NH₄, PO₄, DO, pH, NO₃, Suhu Air, dan salinitas.

Tabel 8. Nilai R Square: Logam Berat Timah (Sn) Terhadap Kualitas Air.

Model Summary ^b					
Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate	Durbin-Watson
1	,837 ^a	,700	,623	1,2501901	1,453

a. Predictors: (Constant), Alkalinitas, NH₄, PO₄, DO, pH, NO₃, Suhu Air, Salinitas

b. Dependent Variable: Timah Sn

Jika dilihat dari nilai R-Square yang besarnya 0,700 menunjukkan bahwa proporsi pengaruh variabel timah (Sn) terhadap variabel Alkalinitas, NH₄, PO₄, DO, pH, NO₃, Suhu Air, dan salinitas sebesar 70 %. Artinya, nilai nilai timah (Sn) memiliki proporsi pengaruh terhadap Alkalinitas, NH₄, PO₄, DO, pH, NO₃, Suhu Air, dan salinitas sebesar 70% sedangkan sisanya 30% (100% - 70%) dipengaruhi oleh variabel lain yang tidak ada di dalam model regresi linier.

Tabel 9. Uji t: Logam Berat Timah (Sn) Terhadap Kualitas Air.

Coefficients ^a								
Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.	Collinearity Statistics	
		B	Std. Error	Beta			Tolerance	VIF
1	(Constant)	7,143	7,425		,962	,343		
	DO	-1,147	,454	-,285	-2,527	,017	,762	1,312
	Suhu Air	,264	,264	,141	,998	,326	,485	2,060
	pH	,527	,388	,160	1,356	,185	,692	1,445
	Salinitas	-,056	,115	-,074	-,483	,632	,417	2,396
	NH ₄	4,329	1,520	,366	2,848	,008	,586	1,707
	NO ₃	-1,352	,773	-,222	-1,748	,090	,597	1,674
	PO ₄	,904	,322	,292	2,806	,009	,895	1,118
	Alkalinitas	-,063	,016	-,499	-3,822	,001	,567	1,764

a. Dependent Variable: Timah Sn

Nilai probabilitas t hitung dari variabel bebas suhu air sebesar 0,326, pH sebesar 0,185, salinitas sebesar 0,632, dan NO₃ sebesar 0,09 (lebih besar dari Sig. 0,05) menunjukkan bahwa variabel bebas suhu air, pH, salinitas, dan NO₃ tidak berpengaruh signifikan terhadap variabel terikat timah (Sn). Nilai probabilitas t hitung variabel oksigen terlarut (DO) sebesar 0,017, NH₄ sebesar 0,08, PO₄ sebesar 0,009, dan alkalinitas sebesar 0,01 (lebih kecil dari nilai Sig. 0,05), menunjukkan bahwa variabel bebas oksigen terlarut (DO), NH₄, PO₄, dan alkalinitas berpengaruh signifikan terhadap variabel terikat timah (Sn).

Berdasarkan nilai di atas, maka interpretasi model alkalinitas, NH₄, PO₄, DO, pH, NO₃, Suhu Air, dan Salinitas terhadap Logam Berat Timah (Sn) adalah sebagai berikut:

$$\text{Timah (Sn)} = 7,143 - 1,147 \text{ DO} + 0,264 \text{ Suhu Air} + 0,527 \text{ pH} - 0,56 \text{ salinitas} + 4,329 \text{ NH}_4 - 1,352 \text{ NO}_3 + 0,904 \text{ PO}_4 - 0,063 \text{ alkalinitas}$$

Koefisien regresi suhu air bernilai positif artinya pada saat nilai suhu air naik, maka nilai timah (Sn) juga akan mengalami kenaikan. Apabila nilai suhu air turun maka nilai timah (Sn) akan mengalami penurunan. Apabila nilai suhu air naik sebesar 1 °C, maka akan meningkatkan nilai timah (Sn) sebesar 0,264 mg/L dan sebaliknya penurunan suhu air sebesar 1 °C akan menurunkan nilai timah (Sn) sebesar 0,264 mg/L.

Koefisien regresi pH bernilai positif artinya pada saat nilai pH naik, maka nilai timah (Sn) juga akan mengalami kenaikan. Apabila nilai pH turun maka nilai timah (Sn) akan mengalami penurunan. Apabila nilai pH naik sebesar 1, maka akan meningkatkan nilai timah (Sn) sebesar 0,527 mg/L dan sebaliknya penurunan pH sebesar 1 akan menurunkan nilai timah (Sn) sebesar 0,527 mg/L.

Koefisien regresi NH₄ bernilai positif artinya pada saat nilai NH₄ naik, maka nilai timah (Sn) juga akan mengalami kenaikan. Apabila nilai NH₄ turun maka nilai timah (Sn) akan mengalami penurunan. Apabila nilai NH₄ naik sebesar 1 mg/L, maka akan meningkatkan nilai timah (Sn) sebesar 4,329 mg/L dan sebaliknya penurunan NH₄ sebesar 1 mg/L akan menurunkan nilai timah (Sn) sebesar 4,329 mg/L.

Koefisien regresi PO₄ bernilai positif artinya pada saat nilai PO₄ naik, maka nilai timah (Sn) juga akan mengalami kenaikan. Apabila nilai PO₄ turun maka nilai timah (Sn) akan mengalami penurunan. Apabila nilai PO₄ naik sebesar 1 mg/L, maka akan meningkatkan nilai timah (Sn) sebesar 0,904 mg/L dan sebaliknya penurunan PO₄ sebesar 1 mg/L akan menurunkan nilai timah (Sn) sebesar 0,904 mg/L.

Koefisien regresi oksigen terlarut (DO) bernilai negatif artinya pada saat nilai oksigen terlarut naik maka nilai timah (Sn) akan mengalami penurunan, sebaliknya pada saat nilai oksigen terlarut (DO) turun, nilai timah (Sn) akan mengalami kenaikan. Apabila nilai oksigen terlarut (DO) mengalami peningkatan sebesar 1 mg/L maka akan menurunkan nilai timah (Sn) sebesar 1,147 mg/L dan sebaliknya penurunan nilai oksigen terlarut (DO) sebesar 1 mg/L akan meningkatkan nilai timah (Sn) sebesar 1,147 mg/L.

Koefisien regresi salinitas bernilai negatif artinya pada saat nilai salinitas naik maka nilai timah (Sn) akan mengalami penurunan, sebaliknya pada saat nilai salinitas turun, maka nilai timah (Sn) akan mengalami kenaikan. Apabila nilai salinitas mengalami peningkatan sebesar 1 ppt maka akan menurunkan nilai timah (Sn) sebesar 0,056 mg/L dan sebaliknya penurunan nilai salinitas sebesar 1 ppt akan meningkatkan nilai timah (Sn) sebesar 0,056 mg/L.

Koefisien regresi NO₃ bernilai negatif artinya pada saat nilai NO₃ naik maka nilai timah (Sn) akan mengalami penurunan, sebaliknya pada saat nilai NO₃ turun, maka nilai timah (Sn) akan mengalami kenaikan. Apabila nilai NO₃ mengalami peningkatan sebesar 1 mg/L maka akan menurunkan nilai timah (Sn) sebesar 1,352 mg/L dan sebaliknya penurunan nilai NO₃ sebesar 1 mg/L akan meningkatkan nilai timah (Sn) sebesar 1,352 mg/L.

Koefisien regresi alkalinitas bernilai negatif artinya pada saat nilai alkalinitas naik maka nilai timah (Sn) akan mengalami penurunan, sebaliknya pada saat nilai alkalinitas turun, maka nilai timah (Sn) akan mengalami kenaikan. Apabila nilai alkalinitas mengalami peningkatan sebesar 1 mg/L maka akan menurunkan nilai timah (Sn) sebesar 0,063 mg/L dan sebaliknya penurunan nilai alkalinitas sebesar 1 mg/L akan meningkatkan nilai timah (Sn) sebesar 0,063 mg/L.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Konsentrasi Cu, Hg, Pb dan Sn yang diperoleh di perairan pesisir Kabupaten Banyuwangi adalah Cu 0,0104 mg/L, Hg 0 mg/L, Pb 0,0173 mg/L dan Sn 1,3436 mg/L. Jika merujuk Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No. 51 Tahun 2004 tentang Baku Mutu Air Laut, Raksa (Hg) 0,001 mg/l, Tembaga (Cu) dan Timbal (Pb) 0,008 mg/l, dan Timah (Sn) 2 mg/l, maka nilai logam berat Hg dan Sn masih di bawah ambang batas sedangkan Cu dan Pb sudah di atas ambang batas. Sedangkan berdasarkan

hasil analisa regresi, dari empat jenis logam berat yaitu Tembaga (Cu), Timbal (Pb), Raksa (Hg) dan Timbal (Pb) di pesisir Kabupaten Banyuwangi, menunjukkan untuk kualitas air tidak ada pengaruh terhadap logam berat jenis Timbal (Pb) dan Raksa (Hg). Sedangkan dua jenis logam berat lainnya yaitu Tembaga (Cu) dan Timah (Sn) terdapat pengaruh.

Saran

Analisa logam berat perlu dilakukan lebih lanjut terhadap biota laut maupun standart untuk wisata bahari yang ada di pesisir Kabupaten Banyuwangi, mengingat buangan limbah dari usaha tambak, pabrik pengolahan ikan, perhotelan, perkapalan dan lain sebagainya mendominasi pesisir Banyuwangi. Di lain sisi juga terdapat explore wisata bahari di sepanjang pesisir Kabupaten Banyuwangi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih ditujukan kepada Kementerian Ristekdikti yang memberikan dana hibah melalui penelitian kerjasama Perguruan Tinggi, sehingga terbit salah satu luaran berupa artikel ini. Serta teria kasih pula kepda Fakultas Perikanan Universitas Airlangga Surabaya yang bersedia bekerjasama dalam fasilitasi penelitian ini melalui hibah PKPT.

DAFTAR PUSTAKA

- Anazawa, K., Kaida, Y., Shinomura, Y. Tomiyasu, T., and Sakamoto, H. (2004). Heavy-Metal Distribution in River Waters and Sediments Around a "Firefly Village", Shihoku, Japan: Application of Multivariate Analysis. *Analytical Sciences*, Januari Vol. 20, 79-84.
- Anggoro, S. (2011). *Pengelolaan Dan Pemantauan Pencemaran Dan Kerusakan Laut*. Penerbit PT. Sains Plus Kemala Rahmadika.
- Aminah, S, Defri Yona, Rarasrum Dyah K. (2016). Seminar Nasional Perikanan dan Kelautan VI, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan. Universitas Brawijaya Malang.
- Bengen, D. (2001). *Pedoman Teknis Pengenalan dan Pengelolaan Ekosistem Mangrove*. Pusat Kajian Sumberdaya Pesisir dan Lautan. IPB. Bogor.
- Cahyadi, A. G. (2000). *Bioavailability dan Spesiasi Logam Pb dan Cu pada Sedimen di Pelabuhan Bena*, Skripsi, Jurusan Kimia FMIPA UNUD, Denpasar.
- Cahyani, M. D., Ria Azizah TN, Bambang Yulianto. (2012). *Journal Of Marine Research*. Volume 1, Nomor 2, Tahun 2012, Halaman 73-79.
- Darmono. (1995). *Logam dalam Sistem Biologi Makhluk Hidup*. UI Press, Jakarta.
- Effendi, H. (2003). *Telaah Kualitas Air Bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan*. Kanisius: Yogyakarta.
- Fardiaz, S. (1992). *Polusi Air dan Udara*, Penerbit Kanisius, Yogyakarta.
- Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Nomor: 51 Tahun 2004 Tentang Baku Mutu Air Laut.
- Maslukah, Lilik. (2013). Konsentrasi Logam Berat (Pb, Cd, Cu, Zn) Terlarut, dalam Seston, dan dalam Sedimen di Estuari Banjir Kanal Barat, Semarang. *Akuatik-J. Sbdy. Perairan*, 2(1), 1-4.
- Sagala, S.L., R. Bramawanto, A.R.T.D. Kuswardani dan W.S. Pranowo. (2014). Distribusi Logam Berat di Perairan Natuna. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*, 6(2), 297 – 310.
- Syarifah, Hikmah Julinda Sari, Jessica Feibe Ambar Kirana, Guntur. (2017). *Jurnal Pendidikan Geografi: Kajian, Teori, dan Praktek dalam Bidang Pendidikan dan Ilmu Geografi Tahun 22*, No. 1, Januari 2017 Halaman: 1-9.
- Vangronsveld, J., Clijsters, H. (1994). *Toxic effects of metals, in: Plants and the Chemical Elements: Biochemistry, Uptake, Tolerance and Toxicity*. VCH Publishers, Weinheim, pp. 150–177.

INOVASI BUMDES DALAM PENGELOLAAN POTENSI KEWIRAUSAHAAN MASYARAKAT PESISIR

Abul Haris Suryo Negoro*

*Staf Pengajar Adm Negara UNEJ Dan Peneliti Institute For Maritime Studies UNEJ

*Corresponding author e-mail: haris.fisip@unej.ac.id

ABSTRAK

Otonomi desa yang digulirkan melalui Undang-undang desa Nomor 6 tahun 2014 membawa implikasi yang besar dalam perubahan bagi desa disekitar wilayah pesisir terutama dalam hal inovasi. Diimplementasikan undang-undang desa dengan perolehan anggaran kurang lebih satu milyar pertahun yang diterima oleh pemerintah desa yang berkaitan dengan kewenangan dan mengatur dalam pengelolaan potensi desa demi kesejahteraan masyarakat. Pentingnya inovasi yang dilakukan pemerintah desa untuk pengelolaan potensi desa yang berada di sekitar wilayah pesisir melalui BUMDes. Kemampuan BUMDes dalam mengidentifikasi dan memanfaatkan potensi desa di sekitar pesisir. Peluang BUMDes dan masyarakat dalam berinovasi dan kreatifitas untuk mengubah potensi desa menjadi daya tarik bagi wisatawan. wisatawan yang mengunjungi obyek-objek unggulan mendorong terbukanya lapangan kerja dan perluasan kesempatan berusaha bagi masyarakat pesisir. Kemampuan BUMDes mengembangkan Usaha Kecil Menengah melalui kewirausahaan dalam berbagai bidang akan mendorong munculnya anggota masyarakat disekitar wilayah pesisir seperti nelayan untuk berperan sebagai penggerak dan pemberdayaan ekonomi disekitar desa. Bentuk pemberdayaan yang dilakukan BUMDes pada anggota masyarakat seperti pemberian pelatihan, peminjaman alat produksi, pembangunan destinasi wisata, permodalan lunak dan pengetahuan dalam pemasaran produk. Rendahnya pengetahuan dan pendidikan masyarakat pesisir menjadi kendala yang substansi dalam mengimplementasikan inovasi yang sudah direncanakan oleh BUMDes. Kehidupan masyarakat di sekitar daerah pesisir yang terbatas secara kemapanaan dan kesejahteraan ekonomi. Selain itu, budaya masyarakat pesisir yang masih berpikir konservatif dan konvensional menjadi permasalahan tersendiri. Inovasi yang tepat guna dan bernilai jual akan menjadi solusi permasalahan yang muncul di masyarakat pesisir.

Kata Kunci: Inovasi BUMDes, Kewirausahaan, Masyarakat pesisir

PENDAHULUAN

Pesisir dilihat dari segi lingkungan fisik pemerintahan, menunjukkan bentuk daratan dan bentuk perairan. Bentuk daratan berhubungan dengan pemanfaatan sumberdaya alam, kemampuan perhubungan untuk interaksi antara warga negara/penduduk atau antar pengelola negara/pemerintahan, dan untuk pertahanan negara. Pemanfaatan sumber daya alam berkaitan dengan aktivitas ekonomi yang *resource based*, terutama berbasis sumberdaya alam pertanian, dengan agrobisnis dan agroindustri sebagai *leading sector* dalam kaitannya dengan pemberdayaan ekonomi rakyat (Bobo, 2003). Bentuk perairan laut pada umumnya adalah berkait erat dengan produksi perikanan laut, dan ekowisata khususnya wisata perairan atau wisata bahari. Dilihat dari skala usahanya, agribisnis secara struktural ada agribisnis skala besar, menengah dan agribisnis skala kecil.

Menurut Saragih (2001), secara mikro, kendala utama yang dihadapi agribisnis kecil adalah keterbatasan dalam orientasi dan kemampuan kewirausahaan (*entrepreneurship*) serta keterbatasan dalam permodalan. Dalam pandangan Saragih (2001) orientasi dan kemampuan kewirausahaan dinilai merupakan kendala yang terbesar, sedangkan hal tersebut, merupakan salah satu unsur paling penting dalam pengembangan kegiatan yang berorientasi pasar dan membutuhkan penanganan manajerial yang memadai seperti kegiatan agroindustri. Dalam makalah ini lebih fokus pada bentuk perairan dengan agribisnis berbasis perikanan. Daya saing agribisnis berbasis pertanian dan perikanan laut, dapat ditumbuhkan kembangkan manakala masyarakat pesisir berjiwa wirausaha. Dengan kewirausahaan dapat dihasilkan produk perikanan laut berkualitas dan berdaya saing. Seorang *entrepreneur* adalah seseorang yang "*moving forward*" maju terus kedepan (Suyaman, 2015). Siapapun bisa menjadi apa yang disebut *entrepreneur* asalkan bertumpu pada fondasi pertumbuhan yakni usahanya tumbuh dari waktu ke waktu. Persoalannya secara

kelembagaan adalah organisasi bisnis apa yang secara inovatif bisa mengembangkan jiwa jiwa kewirausahaan masyarakat pesisir itu terkait dengan usaha agribisnis berbasis perikanan laut. Karena itu dalam tulisan yang dimaksud dengan perikanan adalah perikanan laut.

Organisasi usaha yang efektif dalam mewirausahakan masyarakat pesisir adalah Badan Usaha Milik Desa (BUMDesa). Mengapa BUMDesa ? Secara normatif menurut Permendesa No. 4 Tahun 2015, pendirian BUMDesa diantaranya bertujuan : meningkatkan usaha masyarakat dalam pengelolaan potensi ekonomi desa, menciptakan peluang dan jaringan pasar yang mendukung layanan umum warga, dan membuka lapangan kerja serta meningkatkan kesejahteraan masyarakat. Dengan landasan normatif tersebut, dapat dikatakan bahwa inovasi BUMDesa dapat mewujudkan jiwa kewirausahaan masyarakat pesisir terkait dengan usaha agribisnis berbasis perikanan. Wirausaha yang dimaksudkan adalah apa yang didefinisikan oleh Zimmerer (1997) seorang wirausaha sebagai "*the application of creativity and innovation in solving problems and finding opportunities*". Dalam definisi tersebut, ada tiga hal pokok pada diri *entrepreneur* yaitu kreativitas, inovasi dan peluang khususnya adalah peluang pasar. Sedang inovasi adalah suatu kemampuan untuk memindahkan sumberdaya yang kurang produktif menjadi sumberdaya yang produktif sehingga memberikan nilai ekonomis (Sukmadi, 2016).

Masyarakat Pesisir Dalam Konteks Agribisnis Berbasis Perikanan

Untuk memberdayakan ekonomi nelayan, perlu terlebih dahulu mengubah politik pembangunan pertanian ke masa depan yaitu perubahan dari politik pembangunan pertanian yang berorientasi peningkatan produksi ke politik pembangunan pertanian dengan pendekatan agribisnis. Menurut Saragih (2001) pendekatan agribisnis merupakan paradigma baru pembangunan ekonomi (wilayah, nasional) yang berbasis pertanian (*as a new way to seeing agriculture*). Suatu sistem agribisnis dapat dibagi menjadi empat subsistem, yaitu : (1) subsistem agribisnis hulu (*down-stream agribusiness*), (2) subsistem agribisnis usaha tani (*on-farm agribusiness*, yang dimasa lalu kita kenal sebagai usaha tani (*farming system*), (3) subsistem agribisnis hilir (*upstream agribusiness*), dan (4) subsistem jasa layanan pendukung agribisnis (*supporting institution*). Pada sektor agribisnis dimana subsistem agribisnis hulu, subsistem usaha tani, subsistem agribisnis hilir merupakan suatu kesatuan kegiatan ekonomi yang integral (Saragih, 2001)

Mengapa agribisnis ? Karena Indonesia memiliki sumberdaya dasar agribisnis seperti iklim tropis, keanekaragaman hayati (*biodiversity*) baik yang ada di daratan maupun di perairan. Hal tersebut, mengandung arti bahwa kekayaan keanekaragaman hayati itu, dapat menghasilkan komoditas dan produk agribisnis yang besar jumlahnya. Jika sumberdaya agribisnis perikanan dikaitkan dengan ekosistem laut (sistem ekologi kelautan), Indonesia meliputi wilayah laut seluas 3,1 juta km² yang merupakan 62 % luas wilayah Indonesia yang luas totanya 5 juta km². Wilayah laut Indonesia terdiri dari perairan pedalaman/kepulauan seluas 2,8 juta km² dan perairan teritorial adalah wilayah perairan laut dengan lebar jalur 12 mil laut sepanjang pantai pulau-pulau Indonesia (Tanjung, 1995). Sumberdaya hayati lautan terdapat dua habitat yaitu dilaut dan di pantai, Tidak kurang dari 2000 jenis ikan terdapat dilaut kita, disamping itu terdapat berbagai macam ikan hias yang hidup pada ekosistem terumbu karang. Disamping itu masyarakat pesisir juga memiliki sumberdaya lain yaitu rumput laut sebagai komoditi ekspor. Angka-angka tersebut, menunjukkan bahwa sumberdaya agribisnis berbasis perikanan demikian banyak dan beragam.

Agribisnis Perikanan dan Ekonomi Kerakyatan

Berbicara masyarakat pesisir dalam konteks agribisnis, hakiknya berbicara mengenai ekonomi kerakyatan. Menurut Saragih (2001) yang dimaksud dengan sektor ekonomi rakyat adalah sektor ekonomi yang melibatkan dan menghidupi sebagian besar rakyat Indonesia, yakni sektor agribisnis. Besar-kecilnya skala usaha sangat menentukan besar-kecilnya modal yang dipakai, makin besar skala usaha makin besar pula modal yang dipakai. Demikian pula komoditas tertentu dalam proses produksi perikanan, juga menentukan besar-kecilnya modal yang dipakai. Usaha tani asparagus akan memerlukan biaya yang relatif tinggi bila dibandingkan dengan usaha tani padi pada luas lahan yang sama. Skala usaha disamping berkaitan dengan besar-kecilnya modal usaha, juga dengan faktor produksi lain yaitu lahan pertanian yang diartikan sebagai tanah yang disiapkan untuk diusahakan usaha tani misalnya sawah, tagal dan pekarangan (Soekartawi, 1990).

Dalam pandangan Scott (1981) kelebihan yang penting dari petani pemilik kecil adalah bahwa ia memiliki sendiri sarana subsistensinya. Kemudian terkait kekuatan ekonomi rakyat, Mubyarto (1997)

mengatakan bahwa kekuatan dan daya tahan ekonomi rakyat terletak pada kemampuannya untuk berswadaya, yaitu mengandalkan pada kekuatan “modal” sendiri. Artinya “pengusaha” ekonomi rakyat atau ekonomi lemah tidak membayar bunga modal dan upah buruh yang tinggi kepada pihak ketiga. Menurut Mubyarto (2001) ekonomi rakyat adalah ekonomi yang mandiri, tidak tergantung pada bahan baku dari luar negeri, dan melayani pasar cukup besar di dalam negeri.

Terkait dengan sektor agribisnis berbasis perikanan yang mencakup empat subsistem yaitu pertama membangun dan mengembangkan subsistem industri hulu perikanan (pembenihan, industri peralatan penangkapan ikan, industri pakan ikan), kedua subistem agribisnis ketiga budidaya atau panangkapan ikan, dan penanganan pasca penangkapan, subsistem agribisnis hilir yakni kegiatan industri yang mengolah komoditas perikanan primer menjadi produk olahan (industri pengolahan ikan) serta perdagangannya, keempat subsistem jasa peuinjang yakni kegiatan yang menyediakan jasa bagi agribisnis (perbankan, penelitian dan pengembangan, kebijakan pemerintah, transportasi) secara terintegrasi dalam suatu sistem baik sistem nilai maupun pengelolaannya (Saragih, 2001). Dalam perspektif agribisnis perikanan, masyarakat pesisir memiliki akses terhadap keempat subsistem agribisnis tersebut dari hulu hingga hilir. Dengan demikian agribisnis perikanan membuka kesempatan kerja dan berusaha bagi masyarakat pesisir khususnya golongan ekonomi rakyat.

Masyarakat Pesisir Dituntut Berjiwa Wirausaha

Persoalannya adalah mengapa masyarakat pesisir harus berjiwa wirausaha? Setidaknya tantangan yang dihadapi oleh agribisnis perikanan yaitu : pertama, era globalisasi ditandai oleh gejala ekonomi global sebagai pengenantan satu pasar. Globalisasi dibidang ekonomi bermakna liberalisasi ekonomi berarti pasar bebas dan perdagangan bebas (Kaloh, 2002); kedua pergeseran paradigma pembangunan pertanian dari orientasi produksi keberorientasi pasar (Saragih, 2003). Pasar bebas dalam konteks globalisasi ekonomi menuntut agribisnis berorientasi pasar. Percepatan globalisasi didorong oleh apa yang disebut Kimiechi Ohmae (1991) sebagai *four “Is”*, yaitu industrialisasi, investasi, informasi, dan *individual consumer*. Pada pasar bebas harus memperhatikan perubahan preferensi konsumen yang semakin menuntut atribut produk yang lebih rinci dan lengkap, maka motor penggerak sektor agribisnis harus berubah dari usaha tani kepada industri pengolahan (agroindustri) (Saragih, 2001). Tuntutan pasar berimplikasi pada produk/komoditas agribisnis yang berkualitas dan berdaya saing tinggi.

Sistem pasar bebas yang dimodifikasi banyak contoh tentang apa yang dinamakan persaingan monopolistik (*monopolistic competition*), oligopoli dan persaingan murni (persingn sempurna), *pure competition – pepect competition*. Terdapat kondisi persaingn murni, apabila aa anyak produsen atau penjualan barang dan jasa yang membawa produk-produk identik ke pasar, dan dimana harga (tinggi rendah harga) merupakan bentuk utama persaingan (Winardi, 2017). Para *entrepreneur* yang bekerja dalam lingkugan dan struktur pasar yang berbeda-beda, perlu menyesuaikan diri dengan kondisi-kondisi pasar yang berlaku disana. Masyarakat pesisir dalam konteks agribisnis berbasis perikanan, yaitu membangun dan mengembangkan subsistem industri hulu perikanan (pembenihan, industri peralatan penangkapan ikan, industri pakan ikan), subistem budidaya atau panangkapan ikan, dan penanganan pasca penangkapan, subsistem pengolahan hasil perikanan, dan perdagangan, subsistem jasa penunjang (terutama kegiatan penelitian dan pengembangan) secara terintegrasi dalam suatu sistem baik sistem nilai maupun pengelolaannya (Saragih, 2001).

Melalui sistem agribisnis perikanan, terbuka peluang kerja dan berusaha bagi masyarakat pesisir. Contohnya masyarakat pesisir memiliki kesempatan kerja dan berusaha dalam peralatan penangkapan ikan (subsisten hulu), Dalam subsisten budidaya, masyarakat pesisir berpeluang besar terkait dengan penangkapan ikan dan penanganan pasca penangkapan baik sebagai pemilik usaha (pengusaha) maupun sebagai pekerja/nelayan. Demikian pula terbuka kesempatan kerja dan berusaha masyarakat pesisir dalam subsisten pengolahan (agroindustri) hasil laut, dan perdagangan, serta terbukanya akses permodalan mealui lembaga keuangan bank dan non bank. Dalam globalisasi yang akan bersaing adalah barang sekunder yaitu produk agroindustri. Agroindustri berbasis perikanan laut memiliki peluang yang baik dipasar global, karena bahan baku untuk industri tersedia cukup besar yakni ikan yang merupakan komoditas yang mempunyai peluang besar untuk ekspor.

Ketersedian bahan baku ikan merupakan daya saing yang kita miliki. Pada masa kini dan kedepan, kesempatan agribisnis berbasis perikanan untuk tumbuh dan berkembang lebih cepat masih terbuka luas, baik ditinjau dari segi penawaran maupun segi permintaan. Pada segi penawaran, Indonesia

memiliki perairan laut seluas 5,8 juta km² (perairan nusantara dan teritorial 3,1 juta km², perairan Zona Ekonomi Eksklusif (ZEE) 2,7 km²) dan garis pantai sekitar 90 ribu km (terpanjang di dunia) yang merupakan basis kegiatan ekonomi perikanan (Saragih, 2001). Pada segi penawaran tersebut, menunjukkan bahwa agribisnis perikanan laut memiliki prospek yang cerah. Dalam konteks ini masyarakat pesisir memiliki prospek yang cerah dalam mengembangkan usahanya berkaitan dengan sistem agribisnis berbasis perikanan laut. Karena itu adalah *reasonable* jika agribisnis berbasis perikanan menjadi salah satu agribisnis unggulan yang berdaya saing di pasar internasional. Kesempatan kerja dan berusaha masyarakat pesisir dalam sistem agribisnis berbasis perikanan laut dapat diwujudkan secara efektif manakala baik sebagai pengusaha, produsen maupun sebagai pembisnis berjiwa wirausaha. Dalam usaha mendorong terbangunnya produk/komoditas agribisnis perikanan yang berkualitas dan berdaya saing, maka pengembangan masyarakat pesisir berjiwa wirausaha merupakan sebuah keniscayaan, dan inovasi BUMDesa untuk mewujudkan keniscayaan itu.

Wirausaha dan Kewirausahaan

Di negara kita, konsep *entrepreneur* sejak lama dialihbahasakan dengan padanan kata :wiraswastawan – wirausahawan – wiraniagawan (Winardi, 2017). Istilah kewirausahaan berasal dari terjemahan “*Entrepreneurship*”, yang dapat diartikan sebagai “*the backbone of economy*” yaitu syaraf pusat perekonomian atau sebagai “*tailbone economy*”, yaitu pengendali perekonomian suatu bangsa (Suryana, 2001). *Entrepreneur* menurut Schumpeter (dalam Winardi, 2017) adalah “...*Durchsetzer Neue Kombinationen*”, hasilnya dapat berupa : produk atau jasa baru, metode kerja baru (yang lebih efisien), teknologi baru, dan pasar baru. Terkait dengan *entrepreneur* Richard Cantillon (dalam Winardi, 2017) mengatakan seorang *entrepreneur* sebagai seorang yang membayar harga tertentu untuk produk tertentu, untuk kemudian dijualnya dengan harga yang tidak pasti (*an Uncertain Price*), sambil membuat keputusan-keputusan tentang upaya mencapai dan memanfaatkan sumber-sumber daya, dan menerima risiko berusaha (*The Risk of Entreprouse*).

Pengertian *entrepreneurship* diperjelas oleh Daid H. Holt (dalam Winardi, 2017) adalah proses penciptaan sebuah usaha baru sebagai tindakan bisnis independen yang diposisikan untuk tumbuh dan yang menguntungkan bagi para pendiri. Berikutnya Holt mengatakan bahwa *entrepreneurship* menurut Holt adalah sebuah istilah yang diterapkan terhadap corporate entrepreneurship (*intra corporate entrepreneurship*) yang menekankan penciptaan inovasi dan usaha baru dari dalam batas-batas keorganisasian yang ada (*the process of constructive change through inovation within an established organization*). Oleh karena itu *entrepreneurship* sebagai penerimaan sebuah ide dan menginvensi sebuah organisasi guna mengembangkan ide tersebut. Dengan demikian kewirausahaan merupakan gabungan dari kreativitas, keinovasian, dan keberanian menghadapi risiko yang dilakukan dengan cara kerja keras untuk membentuk dan memelihara usaha baru (Suyaman, 2015).

Ada sejumlah karakteristik tipikal *entrepreneur* yang antara lain

- Lokus pengendalian internal : para *entrepreneur* bertanggung bahwa mereka berkemampuan untuk mengendalikan nasib mereka sendiri, mereka mampu mengarahkan diri mereka, dan mereka menyukai otonomi.
- Tingkat energi tinggi : para *entrepreneur* merupakan manusia yang persisten yang bersedia bekerja keras, dan mereka bersedia untuk berupaya ekstra untuk meraih keberhasilan.
- Kebutuhan akan prestasi tinggi : para *entrepreneur* termotivasi untuk bertindak secara individual untuk melaksanakan pencapaian tujuan-tujuan yang menantang.
- Toleransi terhadap ambiguitas : para *entrepreneur* merupakan manusia yang bersedia menerima risiko; mereka mentoleransi situasi yang menunjukkan tingkat ketidakpastian tinggi.
- Kepercayaan diri : para *entrepreneur* merasa diri kompeten, dan mereka yakin akan diri mereka sendiri, dan mereka bersedia mengambil keputusan-keputusan.
- Berorientasi pada *action* : para *entrepreneur* berupaya agar mereka bertindak mendahului munculnya masalah-masalah , mereka ingin menyelesaikan tugas-tugas mereka secepat mungkin dan mereka tidak bersedia menghamburkan waktu yang berharga (Winardi, 2017).

Kreativitas dan Inovasi

Inovasi terkait dengan proses mewujudkan gagasan baru, produk baru, kelembagaan dan praktik-praktik baru yang berbeda dan belum banyak diketahui dan digunakan atau diterapkan oleh sebagaimana warga masyarakat dalam suatu lokalitas tertentu yang dapat mendorong perubahan-

perubahan bagi terwujudnya perbaikan mutu warga masyarakat yang bersangkutan. Inovasi berkaitan erat dengan ide baru, produk atau jasa baru dan sebagai upaya perbaikan yang terus menerus. Robbins (dalam Sukmadi, 2016) mendefinisikan inovasi sebagai suatu gagasan baru yang diterapkan untuk memprakarsai atau memperbaiki suatu produk atau proses dan jasa. Sedang menurut Rogers (dalam Sukmadi, 2016) inovasi adalah suatu ide, gagasan, praktek atau obyek/benda yang disadari dan diterima sebagai suatu hal yang baru oleh seseorang atau kelompok untuk diadopsi. Mengacu pada definisi Robbins dan Rogers tersebut, inovasi terkait dengan gagasan baru atau penemuan terbaru untuk perbaikan terus menerus atas produk, proses, dan jasa.

Dalam pandangan Sukmadi (2016) seseorang yang inovatif akan selalu berupaya melakukan perbaikan, menyajikan sesuatu yang baru/unik yang berbeda dengan yang sudah ada. Lebih lanjut Sukmadi (2016) mengatakan bahwa kreativitas dan inovasi adalah suatu kemampuan untuk memindahkan sumberdaya yang kurang produktif menjadi sumberdaya yang produktif sehingga memberikan nilai ekonomis, baik langsung maupun tidak langsung. Terkait dengan proses inovasi De Jong & Den Hartog (dalam Sukmadi, 2016) mengatakan inovasi sebagai suatu proses digambarkan sebagai proses yang siklus dan berlangsung terus menerus, meliputi fase kesadaran, penghargaan, adopsi, difusi dan implementasi.

Berikutnya De Jon Den Hartog (dalam Sukmadi, 2016) menyebutkan ada empat tahap proses inovasi yaitu : 1) melihat peluang, 2) mengeluarkan ide, 3) mengkaji ide 4) implementasi. Sedang menurut Ahmed dan Shepherd (2010) inovasi yang terjadi di dalam organisasi itu sendiri, yaitu : (1) inovasi produk, (2) inovasi proses, dan (3) inovasi strategi. Persoalannya adalah apa kriteria suatu inovasi, menurut Widodo (2017) ada empat kriteria inovasi, yaitu Pertama, ada tidaknya dampak positif atau kemanfaatan dari suatu inisiatif perubahan. Kedua, mampukah inisiasi perubahan mampu memberi solusi terhadap masalah. Tututan pengelolaan obyek wisata alam yang profesional dan berdaya saing tinggi, ditengah dukungan anggaran yang sangat terbatas. Ketiga, inovasi haruslah berkesinambungan Keempat, inovasi seyogyanya juga memiliki kompatibilitas dengan sistem di luar dirinya. Inovasi haruslah bisa berjalan harmonis bersama dengan aturan dan instansi lain.

Menurut Christiansen (dalam Budiati, 2010) komponen dalam mengukur kinerja inovasi, mencakup :

1. *Fit with customer need* (kecocokan dengan kebutuhan publik)
2. *Fit either current customer needs or with future customer needs* (cocok tidak saja dengan kebutuhan publik dimasa sekarang, tetapi juga di masa yang akan datang)
3. *Speed refer to market or time to implementation* (kecepatan mengacu pada pasar atau waktu implementasi) yang dilakukan oleh aparatur birokrasi pemerintah daerah
4. *Cost refers to cost for innovation itself* (biaya yang mengacu kepada biaya inovasi itu sendiri).

Inovasi BUMDesa dan Kewirausahaan Dalam Agribisnis Perikanan

Inovasi sebagai suatu gagasan baru yang diterapkan untuk memprakarsai atau memperbaiki suatu produk atau proses dan jasa. Jadi inovasi sebagai suatu gagasan baru dilakukan oleh BUMDesa adalah dalam usaha memprakarsai atau memperbaiki serta meningkatkan semangat kewirausahaan masyarakat pesisir. Karena jiwa wirausaha atau semangat kewirausahaan merupakan kelemahan dari ekonomi rakyat. Dengan begitu inovasi BUMDesa untuk memperbaiki kewirausahaan ekonomi rakyat dalam hal ini masyarakat pesisir. Dalam berinovasi setidaknya harus memperhatikan empat tahap proses inovasi yaitu : 1) melihat peluang, 2) mengeluarkan ide, 3) mengkaji ide 4) implementasi. Demikian pula inovasi yang dilakukan dapat berkaitan dengan inovasi produk, dan inovasi proses, dan (3) inovasi strategi.

Kendatipun telah memperhatikan tahapan berinovasi, yang tak kalah pentingnya dalam berinovasi adalah juga memperhatikan kriteria suatu inovasi yakni : ada tidaknya dampak positif atau kemanfaatan dari inovasi, mampukah inovasi memberi solusi terhadap masalah, inovasi haruslah berkesinambungan, dan inovasi seyogyanya juga memiliki kompatibilitas dengan sistem di luar dirinya. Oleh karena itu hal yang relevan untuk dikaji adalah *entrepreneur* dan *entrepreneurship* dalam agribisnis perikanan laut, inovasi BUMDesa mewirausahakan masyarakat pesisir, serta kaitannya dengan pemberdayaan ekonomi rakyat dalam sistem ekonomi kerakyatan.

Entrepreneur dan Entrepreneurship Dalam Agribisnis Perikanan Laut

Mewirausahakan masyarakat pesisir mengandung makna transformasi wirausaha dan kewirausahaan kedalam masyarakat pesisir menjadi pengusaha atau produsen maupun pembisnis

berjiwa wirausaha. Masyarakat pesisir berjiwa akan mampu mengubah pola produksi peralatan tangkapan ikan, pola baru penangkapan ikan, dan pola baru pengolahan ikan (industri hasil perikanan) dengan jalan memanfaatkan sebuah penemuan baru atau atau pola lama dengan cara baru, membuka sebuah sumber suplai bahan-bahan baru, atau suau cara penyaluran baru, atau mereorganisasi sebuah industri pengolahan ikan yang baru. Artinya dengan jiwa kewirausahaan masyarakat pesisir akan bisa menggunakan pola baru pembuatan peralatan penangkapan ikan yang menyebabkan diaplikasikan metode kerja baru dalam penangkapan ikan dengan hasil yang lebih banyak, dan membuka pasar baru serta pangsa pasar baru.

Banyaknya tangkapan ikan banyak berkelanjutan berarti juga penyediaan ikan hasil tangkapan pola baru akan meningkat kualitas maupun jumlahnya, berimplikasi terhadap industri pengolahan ikan menjadi memiliki daya saing tinggi pada pasar nasional maupun internasional, dengan saluran distribusi baru dalam kegiatan pemasaran. Tumbuh berkembangnya industri pengolahan ikan, menuntut modal usaha yang mencukupi dan pengusaha dan pekerja yang profesional. Dengan demikian masyarakat dan pengusaha yang berjiwa wirausaha berdampak luas terhadap perekonomian pedesaan dan lingkungan masyarakat pesisir. Karena dengan jiwa wirausaha, para pengusaha dapat menumbuh kembangkan usahanya, produsen mampu menghasilkan produk barang/jasa yang berkualitas dan berdaya saing tinggi, dan pembisnis memperdagangkan dagangannya dengan jaringan penjualan atau pemasaran yang luas. Luasnya jaringan bisnis yang dilakukan oleh pengusaha dan pedagang, karena dukungan teknologi informasi dan komunikasi sebagaimana dikatakan oleh Kimiechi Ohmae (1991) sebagai *four "Is"*, yaitu industrialisasi, investasi, informasi, dan *individual consumer*. Melalui teknologi komunikasi dan informasi, pengusaha atau pembisnis dibelahan benua, dengan mudah melakukan percakapan bisnis dengan mitra usahanya di belahan benua lain.

Aplikasi *four "Is"*, dari Kimeichi Ohmae tersebut, dalam membangun jaringan pemasaran produk pengolahan agribisnis perikanan laut dengan menggunakan teknologi komunikasi dan informasi baru terkait dengan bisnis jarak jauh tersebut, adalah sejalan dengan apa yang dikatakan oleh Schumpeter (dalam Winardi, 2017) bahwa fungsi para *entrepreneur* adalah mengubah atau merevolusionerkan pola produksi dengan jalan memanfaatkan sebuah penemuan baru (*invention*) atau secara lebih umum, sebuah kemungkinan teknologikal untuk memproduksi sebuah komoditi baru, atau memproduksi sebuah komoditi lama dengan cara baru, membuka sebuah sumber suplai bahan-bahan baru, atau suau cara penyaluran baru (ingat saluran distribusi dalam kegiatan pemasaran) atau mereorganisasi sebuah industri baru.

Dengan jiwa kewirausahaannya yang trengginas dalam mengelola usahanya yakni agribisnis berbasis perikanan laut, maka muncullah sosok wirausaha yang dilukiskan oleh Jean Baptiste Say (dalam Winardi, 2017) bahwa seorang *entrepreneur* sebagai seorang yang memiliki seni serta keterampilan untuk menciptakan perusahaan-perusahaan baru, dan memiliki pemahaman tentang kebutuhan masyarakat. Apa yang dilukiskan Say tersebut, seorang *entrepreneur* mempengaruhi masyarakat melalui penciptaan perusahaan-perusahaan barunya, dan pada saat bersamaan dipengaruhi oleh masyarakat untuk memenuhi tuntutan-tuntutan akan produk-produk inovatifnya. Dengan demikian wirausaha bekerja untuk meningkatkan tingkat hidup orang lain dan memperbaiki kehidupan mereka, berarti wirausaha akan melayani kebutuhan-kebutuhan masyarakat dan inilah yang oleh Meredith et al (1992) makna menjadi seorang wirausaha. Dengan kata lain seorang *entrepreneur* sebagai inovator pencipta perusahaan-perusahaan baru dengan menghasilkan produk-produk baru untuk melayani kebutuhan-kebutuhan masyarakat, dan memiliki pemahaman tentang kebutuhan masyarakat. Pemenuhan kebutuhan masyarakat oleh *entrepreneur* yakni berupa produk/komoditas baru sebagai wujud dari kreativitas dan inovasi. Hal tersebut, sesuai dengan Zimmerer (dalam Sukmadi, 2016) mendefinisikan seorang wirausaha sebagai "*the application of creativity and innoation in soling problems and finding opportunity*". Definisi Zimmerer tersebut, terdapat tiga unsur *entrepreneur* yaitu kreatifitas, inovasi, dan peluang pasar.

Kesuksesan pada lingkungan-lingkungan bisnis yang sangat kompetitif, terutama tergantung pada apa yang dinamakan "*entrepreneurship*", istilah ini digunakan untuk menerangkan pemikiran strategis, serta perilaku menerima risiko yang menyebabkan timbulnya peluang-peluang baru bagi para individu dan untuk organisasi-organisasi (Winardi, 2017). Sehubungan dengan *entrepreneurship*, Robert C. Ronstadt (dalam Winardi, 2017) memandang *entrepreneurship* adalah proses dinamik, dimana diciptakan kekayaan inkremental, dan kekayaan tersebut diciptakan oleh para individu, yang menanggung risiko utama, yang berkaitan dengan modal, waktu dan atau komitmen karier, atau yang memberikan nilai bagi produk atau service tertentu. Sedang Hisrich dan Brush (dalam Winardi,

2017) mendefinisikan *entrepreneurship* adalah proses dimana diciptakan sesuatu yang berbeda yang bernilai, dengan jalan mengorbankan waktu dan upaya yang diperlukan, dimana orang menanggung risiko finansial, psikologikal, serta sosial, dan orang yang bersangkutan menerima hasil-hasil berupa imbalan moneter, dan kepuasan pribadi sebagai dampak kegiatan itu.

Inovasi BUMDesa Mewirauahakan Masyarakat Pesisir Dalam Agribisnis Perikanan Laut

Keberadaan BUMDesa sebenarnya adalah sama dengan keberadaan BUMD pada daerah propinsi, kabupaten dan kota dan BUMN sebagai penunjang pembangunan khususnya dibidang perekonomian. Perusahaan negara adalah suatu organisasi, baik secara keseluruhan maupun sebagian dimiliki oleh negara, terlibat dalam kegiatan ekonomi dalam bidang industri, pertanian, perdagangan dan jasa, terlibat dalam kegiatan investasi dan pengembangan investasi, melakukan penjualan barang dan jasa dan seluruh kegiatan yang dilakukan dapat dinyatakan dalam neraca dan perhitungan laba rugi (Irwin, 1998). BUMN mempunyai peranan utama yaitu : pertama sebagai unit ekonomi (*business entity*) harus mampu memupuk dana untuk membiayai aktivitsnya baik bersifat rutin maupun pengembangan; kedua, melaksanakan fungsi non-komersial, BUMN yang merupakan bagian dari aparaturnegara bertindak sebagai wahana pembangunan (*agent of development*) (Westra, 2002).

Pengertian BUMDesa menurut UU No. 6 Tahun 2014 tentang Desa adalah badan usaha seluruh atau sebagian besar modalnya dimiliki oleh Desa melalui penyertaan secara langsung yang berasal dari kekayaan Desa yang dipisahkan guna mengelola aset, jasa pelayanan, dan usaha lainnya untuk sebesar-besarnya kesejahteraan masyarakat desa. Agar BUMDesa dapat melaksanakan tugas pokoknya, sebagai organisasi usaha atau *business entity* dituntut kreatif mendorong gerak ekonomi desa melalui kewirausahaan yang dilakukan dengan cara-cara inovatif. Artinya BUMDesa senantiasa mencari terobosan secara inovatif mentransformasi kewirausahaan agribisnis perikanan laut kepada masyarakat pesisir, dan kemudian tercipta pengusaha, produsen dan pembisnis agribisnis perikanan yang berjiwa wirausaha.

Ditransformasikan inovasi kedalam diri pengusaha, produsen dan pembisnis dilingkungan masyarakat pesisir, maka jiwa wirausaha yang dimilikinya adalah *entrepreneur* sebagaimana didefinisikan oleh Zimmerer (dalam Sukmadi, 2016) yakni seorang wirausaha sebagai "*the application of creatiity and innoation in soling problems and finding opportunity*". Terdapat tiga unsur *entrepreneur* dalam definisi Zimmerer tersebut, yaitu kreatiitas, inovasi, dan peluang pasar. Artinya para pengusaha dalam melakukan kegiatan usahanya, baik pada subsistem hulu, budidaya dan hilir menggunakan pola baru atau metode baru yang kreatif dan inovatif guna mencari pangsa pasar baru dengan pasar yang baru pula. Apabila hal itu terwujud, maka usaha atau perusahaan yang dimiliki menjadi berdaya saing tinggi dengan pertumbuhan dan perkembangan tinggi yang pula.

Jikalau transformasi inovasi BUMDesa baik melalui Diklat, pertemuan-pertemuan, komunikasi dialogis dan pemecahan masalah itu berhasil, maka subsistem agroindustri perikanan menjadi pendorong ekonomi rakyat berkembang dalam sisten ekonomi kerakyatan yang berdaya saing dipasar nasional, regional dan internasional. Karena produk industri perikanan yang dihasilkan sejalan dengan preferensi konsumen dengan segala macam atributnya. Dengan kreativitas, inovasi dan pasar, pengusaha, produsen dan pembisnis, dapat menggunakan peralatan alat tangkap ikan yang diinginkan pasar, sehingga ketika penangkapan ikan dilakukan, akan terpilah dan terpilih ikan-ikan untuk kebutuhan pasar lokal, regional dan internasional. Artinya ketika ikan-ikan hasil tangkapan telah terpilih, maka pada subsistem pengolahan (agroindustri) kualitas dan daya saing produknya telah terjamin sesuai dengan preaferensi komsumennya.

Terwujudnya daya saing produk sesuai preferensi konsumen, adalah sejalan dengan apa yang dikatakan oleh Schumpeter (dalam Suyaman, 2015), bahwa seorang wirausaha adalah inovator dalam mengkombinasikan sumber-sumber bahan, teknologi, metode produksi, akses pasar dan pangsa pasar baru. Dalam konteks ini menurut pandangan Suyaman (2015) wirausaha berperan dalam mencari kombinasi-kombinasi baru yang merupakan gabungan dari lima proses inovasi, yaitu menemukan pasar baru, mengenal barang-barang baru, metode produksi baru, sumber penyediaan bahan mentah baru, serta organisasi industri baru. Kemampuan kreatif mengkombinasikan menjadi baru yang inovatif, mendorong tumbuh berkembangnya subsistem pengolahan ikan (agroindustri) menjadi industri kreatif yang berdaya saing dipasar yang membukan lapangan kerja dan kesempatan berusaha baru.

Berhasilnya transformasi inovasi pada pengusaha, produsen dan pembisnis, maka akan terbentuk dan terwujudlah sosok usahawan atau wirausahawan yang mandiri, berkreasi menciptakan nilai tambah, selalu mencari peluang pasar dan pangsa pasar baru, dan keberanian menghadapi risiko. Hal tersebut sesuai pandangan Winardi (2017) yang menyebut *entrepreneur* adalah seorang yang menciptakan bisnis baru, dengan menghadapi risiko dan ketidakpastian, dan yang bertujuan untuk mencapai laba serta pertumbuhan melalui pengidentifikasian peluang-peluang melalui kombinasi sumber-sumber daya yang diperlukan untuk mendapatkan manfaatnya. Karena itu seorang *entrepreneur* berani sebagai pengambil risiko karena memiliki rasa percaya diri, atinya dengan percaya diri, ia menjadi optimis menghadapi risiko dan ketidakpastian. Hal tersebut, menunjukkan bahwa seorang *entrepreneur* adalah suka pada tantangan..

Inovasi BUMDesa Memberdayakan Ekonomi Rakyat Sektor Agribisnis Perikanan

Pemberdayaan (*empowerment*) adalah upaya untuk membangun daya (masyarakat) dengan mendorong, memotivasi, dan membangkitkan kesadaran akan potensi yang dimilikinya serta berupaya mengembangkannya (Mubyarto, 2000). Keberdayaan masyarakat berarti upaya untuk meningkatkan harkat dan martabat lapisan masyarakat yang dalam kondisi tidak mampu melepaskan dari perangkap kemiskinan dan keterbelakannya. Memberdayakan berarti memampukan dan memandirikan masyarakat. Mengapa ekonomi rakyat sektor agribisnis perikanan perlu diberdayakan? Dalam sistem agribisnis, nilai tambah (*added value*) yang terbesar berada pada subsistem agribisnis hulu dan hilir (Saragih, 2001). Impikasinya petani/nelayan yang berada pada subsistem agribisnis budidaya dan penangkapan ikan, menerima pendapatan yang relatif rendah.

Inovasi BUMDesa hakikinya adalah pemberdayaan ekonomi rakyat dilingkungan masyarakat pesisir yang berusaha dalam agribisnis berbasis perikanan laut. Karena itu pemberdayaan menyangkut pelaku usaha maupun sistem agribisnisnya. Pemberdayaan pelaku usaha ekonomi rakyat yang dikembangkan pemerintah dalam bentuk membantu ekonomi rakyat sebagai kegiatan produksi bukan kegiatan konsumsi. Tujuannya jelas untuk memenuhi akan permodalan kecil yang mudah dan murah tanpa jaminan fisik seperti hal Perum Pegadaian (Mubyarto, 2000). Pemberdayaan ekonomi rakyat di lingkungan masyarakat pesisir diharapkan para pengusaha, produsen dan pembisnis agribisnis perikanan laut dapat memenuhi tuntutan sosok pertanian milenium ketiga yaitu sosok yang mampu mengambil keputusan-keputusan yang rasional dan inovatif, jiwa kewirausahaan yang tinggi, mempunyai kemampuan manajemen modern dan profesional, mempunyai networking yang luas dan mempunyai akses informasi ke pasar global; mampu dalam menghadapinya posisi tawar (*bargaining position*) yang kuat (Napitupulu, 2000). Sosok usaha yang dimiliki oleh pengusaha, produsen dan pembisnis yang berdaya adalah usaha atau perusahaan agribisnis perikanan yang memenuhi skala ekonomi (*economies of scale*), menerapkan teknologi maju, menghasilkan produk olahan yang dapat bersaing di pasar lokal dan internasional yang dikelola secara profesional, dan mampu tumbuh berkembang secara berkelanjutan.

Pemberdayaan agribisnis perikanan terkait dengan agribisnis yang integratif, mendorong ekonomi rakyat lebih mampu menciptakan nilai tambah atas produk agribisnis berwawasan perikanan laut'

KESIMPULAN DAN SARAN

Ketika orientasi sektor agribisnis telah berubah kepada orientasi pasar, maka perhatian terhadap preferensi konsumen yang semakin menuntut atribut produk yang lebih rinci dan lengkap sebagai keniscayaan. Dalam menghadapi konsumen yang semakin pintar (*knowledge based society*) dan yang semakin banyakuntutannya (*demanding community*), maka *maximizing customers' satisfaction* menjadi hal yang makin kritical. Untuk merespons dinamika tuntutan konsumen itu, maka semangat kewirausahaan yang dimiliki masyarakat pesisir khususnya para pengusaha, produsen dan pembisnis agribisnis perikanan laut dapat memberikan *maximizing customers' satisfaction* yang merupakan prasyarat untuk mencapai sasaran terminal yaitu *maximizing stakeholders' satisfaction*.

Dengan berjiwa wirausaha, para pengusaha, produsen dan pembisnis agribisnis perikanan laut mampu menciptakan dan menahan nilai tambah (*added value*) sebesar mungkin didalam negeri, mendeversifikasi produk yang mengakomodir preferensi konsumen, untuk memanfaatkan segmen-segmen pasar yang berkembang baik di dalam negeri maupun di pasar internasional. Karena itu sebagai gagasan baru, inovasi diterapkan untuk memprakarsai atau memperbaiki suatu produk atau proses dan jasa terus menerus. Dalam konteks ini BUMDesa diharapkan melakukan inovasi dalam

mewirauahakan masyarakat pesisir. Inovasi BUMDesa itu merupakan transpormasi kewirausahaan menjadikan masyarakat pesisir berjiwa wirausaha.

Mewirauahakan masyarakat pesisir hakikinya merupakan ikhtiar pemberdayaan ekonomi rakyat. Pemberdayaan ekonomi rakyat melalui transpormasi kewirausahaan, maka semangat kewirausahaan yang dimilikinya mampu hasilkan produk baru yang belum pernah diketemukan (*Invention* atau *Innovation*), metode kerja baru yang lebih efisien dan lebih efektif, lapangan kerja baru dan daerah penjualan (pasar) baru.

DAFTAR PUSTAKA

- Alma, Buchari. (1993). *Pengantar Bisnis*. Jakarta Alfabeta
- Eggertsson, Thrainn. (1990). *Economic Behavior and Institutions*, Cambri University Press
- Kaloh, J. (2002). *Mencari Bentuk Otonomi Daerah : Suatu Solusi Dalam Menjawab Kebutuhan Lokal dan Tantangan Global*. Jakarta : PT Rineka Cipta
- Meredith, Geoffrey G, et al (1992) *Kewirausahaan : Teori dan Praktek*. Dti Andre Asparsayogi, Jakarta : PT Pustaka Binaman Pressindo
- Meidan, Arthur. (1986). *Business Strategies of Small vs Large Firm, Handbook of Business Policy*. MBC University Press
- Mubyarto. (2001). *Prospek Otonomi Daerah dan Perekonomian Indonesia Pasca Krisis Ekonomi*. Yogyakarta : BPF
- Mubyarto. (1997). *Ekonomi Rakyat, Program IDT dan Demokrasi Ekonomi Indonesia*. Yogyakarta : Aditya Media
- Napitupulu, Tom Edward Marasi. (2000). *Pembangunan Pertanian dan Pengembanga Agroindustri. Dalam Rudi Wibowo (Ed) Pertanian dan Pangan : Bunga Rampai Pemikiran Menuju Ketahanan Pangan*. Jakarta : Pustaka Sinar Harapan
- Ohmae, Kenichi. (1991). *Dunia Tanpa Batas, Kekuatan dan Stratgi di Dalam Ekonomi yang Saling Megikat*. (Terjemahan), Jakarta : Bina Rupa Aksara
- Saragih, Bungaran. (2001). *Agribisnis :Paradigma Baru Pembangnan Ekonomi Berbasis Pertanian*. Jakarta : PT Surveyor Indonesia
- Scott, James C. 981. *Moral Ekonomi Petani : Pergolakan dan Subsistensi di Asia Tenggara*. Dti oleh Hasan Basari, Jakarta : LP3ES
- Soekartawi. (1990). *Teori Ekonomi Produski Dengan Pokok-Pokok Bahasan Analisis Fungsi Cobb-Douglas*. Jakarta : Rajawali
- Suyaman, Dede Jajang. (2015). *Kewirausahaan Dan Industri Kreatif*. Bandung : CV Alfabeta
- Suryana. (2001). *Kewirausahaan*. Jakarta : Salemba Empat
- Steinhoff and Burgess, John F. (1989). *Small Business Management Fundamentalis*, Singapore McGraw-Hill Book Co.
- Winardi, J. (2017). *Entrepreneur dan Entrepreneurship*. Cimanggis Depok : Kencana
- Westra, Pariata. (2003). *Administrasi Perusahaan Negara Perkembangan dan Permasalahan*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press

METODE SEDERHANA UNTUK PENANAMAN BAMBU LAUT DI DARAT

Ari Kuncoro*¹, Nanda Radhitia P.² Dan Susilo Wisnugroho³

*Loka Perekayasaan Teknologi Kelautan, Badan Riset dan Sumber Daya Manusia Kelautan dan Perikanan

Kementerian Kelautan dan Perikanan Republik Indonesia

Jl. Ir. Soekarno No. 3 Km. 20 Patuno, Wangi-wangi, Wakatobi, Sulawesi Tenggara 93791

*Corresponding author e-mail : arikuncoro.21@gmail.com; 08122779557

ABSTRAK

Bambu Laut banyak diambil nelayan karena memiliki nilai ekonomis tinggi, sehingga menyebabkan berkurangnya populasi Bambu Laut di alam. Pemanenan Bambu Laut tanpa penanaman kembali oleh nelayan, membuat Bambu Laut semakin sedikit. Ini membuat Kementerian Kelautan dan Perikanan mengeluarkan Permen KP No. 46 tahun 2014 tentang Penetapan Status Perlindungan Terbatas Bambu Laut (Isis hippuris Linnaeus 1758). Agar nelayan tetap dapat memanfaatkan dan menjual Bambu Laut, maka dibuatlah alternatif tanpa melanggar Permen KP, dengan menyusun media tanam Bambu Laut menggunakan metode akuarium air laut yang digunakan di darat. Akuarium air laut biasanya berharga mahal, sehingga memberatkan nelayan. Untuk mengatasi biaya yang mahal dalam membuat akuarium air laut, maka dibuatlah akuarium sederhana menggunakan bahan-bahan yang tersedia di pasaran. Akuarium utama menggunakan wadah plastik yang diisi substrat alami pasir laut, karang mati serta krat telur yang dipasang selang ukuran pxd, 10x1 cm atau pipa PVC ukuran pxd, 10x1,6 cm yang dipasang pada krat telur. Selang dan pipa PVC digunakan untuk menempatkan fragmen Bambu Laut, dengan diikat kabel ties dan diberi perekat. Fragmen Bambu Laut diambil dari daerah dengan populasi Bambu Laut dalam jumlah besar. Diharapkan akuarium sederhana Bambu Laut bisa membantu nelayan memproduksi Bambu Laut secara mandiri.

Kata Kunci : *Akuarium, Bambu Laut, Ekonomis, Mandiri*

PENDAHULUAN

Bambu Laut (Isis Hippuris Linnaeus 1758) adalah oktokoral yang termasuk sub ordo calcaxonia banyak ditemukan di perairan tropis Indo-Pasifik (BPSPL Makassar, 2013). Bambu Laut menjadi unsur utama penyusun terumbu karang. Ciri-ciri tampilan Bambu Laut adalah warna cenderung keemasan, kuning terang kehijauan atau coklat serta memiliki cabang beruas, pertumbuhannya seperti semak dan permukaan koloni halus. Percabangan Bambu Laut cenderung menghadap ke kanan, dan ujung atas melengkung seperti busur. Bambu Laut memiliki cabang pendek dengan ujung lebih bulat. Tekstur tubuh agak kaku dan sedikit bergoyang (BPSPL Makassar, 2016).

Bambu Laut ditemukan di bermacam-macam habitat dan kawasan dengan komposisi jenis dan kelimpahan yang berbeda-beda pada setiap daerah. Bambu Laut banyak ditemukan di perairan dangkal dan jernih pada bagian mid-shelf terumbu karang, serta aman dari gelombang. namun tidak ditemukan di perairan yang keruh. Bambu Laut tersebar di sekitar Lautan Pasifik dan daerah tropis. Daerah tersebut antara lain di perairan Andaman, Filipina, Papua Nugini, Indonesia, Taiwan, Palau, Ryukyu Islands, Sulawesi dan Nusa Tenggara (BPSPL Makassar, 2016).

Para pakar telah melakukan penelitian tentang Bambu Laut. Ternyata Bambu Laut mempunyai manfaat yang sangat baik untuk manusia dibidang farmasi dengan kandungan senyawa kimia yang dapat digunakan untuk bahan obat-obatan, zat antibiotik dan antitumor (Fabricius & Alderslade, 2001). Kandungan ini dapat diambil dari hasil ekstrak bahan kimiawi yang dihasilkan oleh Bambu Laut. Selain itu, Bambu Laut juga mengandung senyawa spesifik hippuristanol yang memiliki sifat antivirus karena dapat mencegah proses replikasi virus (Anna E. W. Manuputty, 2008). Selain potensi dibidang farmasi, Bambu Laut juga banyak Selain itu Bambu Laut juga digunakan untuk perhiasan dan campuran keramik porselin. Berbagai manfaat ini menyebabkan Bambu Laut banyak dieksploitasi oleh masyarakat terutama untuk tujuan ekspor.

Manfaat ekonomi dari Bambu Laut, meningkatkan pengambilan Bambu Laut di alam oleh masyarakat, menyebabkan keberadaannya sedikit. Sehingga pada Tahun 2014 Kementerian Kelautan dan Perikanan (KKP) mengeluarkan Permen KP No. 46 tahun 2014 tentang Penetapan

Status Perlindungan Terbatas Bambu Laut (*Isis hippuris* Linnaeus 1758) selama 5 tahun sampai dengan tahun 2019. Padahal dapat diketahui bahwa Bambu Laut memiliki berbagai macam manfaat yang bisa meningkatkan taraf hidup masyarakat terutama nelayan. Keputusan KKP yang untuk sementara melakukan perlindungan terbatas terhadap Bambu Laut perlu disikapi dengan mencari solusi untuk masyarakat yang selama ini telah ikut merasakan hasil dari Bambu Laut.

Salah satu solusi yang dapat dilakukan adalah dengan membuat penanaman Bambu Laut di darat dengan metode akuarium air laut. Beberapa jenis koral diketahui telah berhasil dibudidayakan di akuarium, sehingga Bambu Laut pun kemungkinan bisa dibudidayakan di akuarium. Namun karena akuarium air laut dianggap mahal, sehingga tidak banyak nelayan yang membudidayakan Bambu Laut dengan metode akuarium air laut, dan memilih mengambil secara langsung di alam.

Akuarium air laut yang digunakan untuk menanam Bambu Laut, merupakan sistem resirkulasi tertutup untuk air laut. Sistem akuarium menggunakan bak filter terpisah yang saling terhubung melalui sistem pemipaan. Filter yang digunakan berupa filter fisik (busa penyaring), mekanis (protein skimmer) dan biologis (bioball & bioring). Air dari bak-bak filtrasi dikembalikan ke bak pemeliharaan dengan bantuan pompa air. Sistem akuarium dilengkapi dengan chiller untuk mendinginkan suhu air laut. Selain itu akuarium ditunjang dengan wave maker sebagai penghasil arus dan pencahayaan buatan yang diperlukan bambu laut.

Dari sistem tersebut, akuarium air laut bisa dibuat dengan murah, dengan kreatifitas dalam memilih dan mencari informasi agar akuarium air laut dapat terwujud dengan murah walaupun sederhana. Peralatan akuarium mempunyai kisaran harga bervariasi, hal ini menjadi penyebab membuat akuarium air laut menjadi mahal. Namun jika bisa merakit dan membuat peralatan sendiri, maka biaya bisa ditekan. Saat memulai pembuatan akuarium sederhana Bambu Laut, perlu dimulai dengan perancangan, pemilihan dan pengadaan segala sesuatunya dengan baik. Pertama kali perlu merancang skema yang akan digunakan dalam menyusun akuarium sederhana Bambu Laut. Setelah menentukan skema akuarium dan melakukan pengadaan bahan, maka dilanjutkan dengan menyusunnya. Akuarium sederhana Bambu Laut yang sudah disusun kemudian diisi dengan air laut dan dibiarkan selama 1 hingga 4 minggu, agar air menjadi normal serta membentuk ekosistem yang seimbang dan stabil, setelah itu baru dilakukan penanaman fragmen Bambu Laut. Hal ini untuk menghindari terjadinya new tank syndrome.

Saat melakukan penanaman Bambu Laut dengan akuarium sederhana Bambu Laut di darat, perlu diperhatikan faktor-faktor yang dapat mempengaruhi pertumbuhannya, seperti suhu, salinitas, cahaya, kedalaman, kecerahan, gelombang, arus dan sedimen (BPSPL Makassar, 2016). Bambu Laut dapat ditanam dengan melakukan transplantasi fragmen Bambu Laut. Beberapa metode transplantasi Bambu Laut antara lain metode substrat beton (Bachtiar, 2003; Johan, 2012), jaring dan pecahan (Fadli, 2008), metode rak dan jaring (Subhan, 2003), substrat alami (A. Haris, 2011), serta modifikasi dengan biorock karang Hawis et al., 2007; Zamani et al., 2009). Sedangkan metode yang mudah dan tepat untuk menanam fragmen Bambu Laut di akuarium sederhana Bambu Laut adalah metode substrat alami, dengan material pasir laut dan dideploy selang ataupun pipa PVC. Setelah Bambu Laut berhasil ditanam di akuarium sederhana Bambu Laut, tidak lupa rutinitas merawat Bambu laut, dengan pengetahuan tentang sifat kimia air laut dan waktu untuk merawat akuarium sederhana Bambu laut, sehingga Bambu Laut dapat hidup dan dibudidayakan.

Tujuan dari kegiatan ini adalah untuk memberikan alternatif penanaman Bambu Laut yang saat ini tidak bisa diambil dari alam secara besar-besaran, sehingga perlu adanya metode penanaman yang mudah dalam aplikasinya. Metode penanaman diharapkan tidak merusak populasi Bambu Laut di alam. Dan Hasil dari penanaman Bambu Laut dengan metode ini, dapat dirasakan oleh nelayan untuk memproduksi Bambu Laut secara mandiri, agar dapat mengambil manfaat ekonomis Bambu Laut sehingga meningkatkan taraf hidupnya. Solusi tentang akuarium sederhana Bambu laut dapat membantu stakeholder yang berkepentingan untuk melakukan konservasi Bambu Laut di alam.

MATERI DAN METODE

A. Tempat Dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan membuat akuarium sederhana air laut dan kemudian di tanami fragmen Bambu Laut. Akuarium sederhana ini diharapkan bisa menjadi tempat fragmen Bambu Laut untuk tumbuh dan berkembang, sehingga akuarium sederhana ini bisa digunakan menanam Bambu

Laut di darat. Lokasi penelitian di Desa Patuno, Desa Sousu dan Desa Matahora, pulau Wangi-Wangi Kabupaten Wakatobi. Kegiatan penelitian dilakukan pada tanggal 05 Desember – 29 April 2018.

B. Cara Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode penelitian kualitatif dan melakukan pembuatan akuarium sederhana untuk tempat menanam fragmen Bambu Laut di lokasi darat. Data primer diperoleh dari pembuatan akuarium sederhana untuk tempat menanam fragmen Bambu Laut di lokasi darat, sedangkan data sekunder berasal dari hasil observasi dan literatur.

C. Sumber Data

1. Observasi
Observasi dilakukan dengan melakukan survey lokasi Bambu Laut yang masih melimpah untuk pengambilan fragmen Bambu laut sebagai bibit, serta melakukan survey terhadap kebutuhan pembuatan akuarium air laut sederhana.
2. Perakitan akuarium sederhana
Menyusun bahan-bahan yang ada menjadi suatu sistem akuarium air laut sederhana dan melakukan penanaman fragmen Bambu Laut.
3. Literatur
Mencari data pendukung dengan membaca literatur yang berhubungan dengan objek Bambu Laut.
4. Arsip dan Dokumentasi
Arsip dan dokumentasi sumber data yang diperoleh saat melakukan observasi, pembuatan dan pencarian literature, untuk mendukung hasil kegiatan.

D. Menetapkan alat kerja dan bahan

Alat kerja dan bahan untuk membuat akuarium sederhana Bambu Laut ditunjukkan pada tabel 1.

Tabel 1. Alat kerja dan bahan untuk membuat akuarium air laut untuk Bambu Laut

Alat dan Bahan	Kegunaan
Tanki air 450 Liter anti karat	Penampungan
Kontainer box 97 Liter	Akuarium
Lampu 50 watt untuk akuarium 50 Watt	Pencahayaan buatan
Lampu LED 34,56 watt untuk akuarium	Pencahayaan buatan
Wavemaker untuk akuarium dengan 8 kecepatan	Penghasil arus
Akuarium skimmer debit 520 Liter/jam	Filter
Fluidizer untuk akuarium kapasitas 300 s/d 800 Liter	Filter
Pompa air laut debit 3000 Liter/jam	Menyedot air
Akuarium Chiller kapasitas >2000 Liter	Mendinginkan air
Wadah telur	Penanaman bambu laut
Thermometer akuarium (analog) 0 s/d 50°C	Mengukur suhu
Filter biofoam/spon biofill	Filter
Bioball diameter 38 mm	Filter
Kantong filter sock 4"	Filter
Selang 1 cm	Pemipaan dan deploy Bambu Laut
Pipa PVC 3/4"	Pemipaan dan deploy Bambu Laut
Pipa PVC 1"	Pemipaan
Elbow PVC 3/4"	Pemipaan
Elbow PVC 1"	Pemipaan
Socket (watermur) PVC 3/4"	Pemipaan

Socket (watermur) PVC 1"	Pemipaan
Socket drat luar PVC 3/4"	Pemipaan
Socket drat luar PVC 1"	Pemipaan
Socket drat dalam PVC 3/4"	Pemipaan
Socket drat dalam PVC 1"	Pemipaan
Bulkhead fitting PVC drat luar dalam 3/4"	Pemipaan
Bulkhead PVC drat luar dalam 1"	Pemipaan
Tee PVC 3/4"	Pemipaan
Tee PVC 1"	Pemipaan
Check valve PVC 3/4"	Pemipaan
Lem PVC	Pemipaan
Seal tape PVC	Pemipaan
Lem karang	Perekat
Aerator/Air pump debit 500 Liter/menit	Aerasi
Selang aerator	Aerasi
Batu aerator	Aerasi
Tandon air 500 Liter anti karat	Penampungan air
Pompa air laut debit 17 m ³ /jam	Menyedot air
Selang air 1,5"	Tempat air mengalir
Klem selang 1,5"	Mengikat selang
Handle gergaji sengkang	Memotong
Mata gergaji besi	Memotong
Alat pelobang logam	Melubangi
Mesin bor tangan	Melubangi
Mata bor	Melubangi
Kabel reel	Kelistrikan
Kabel ties panjang 300 mm	Mengikat
Semen	Membuat substrat
Additive perekat semen	Membuat substrat

E. Cara Kerja

1. Survey lokasi pengambilan bibit fragmen Bambu laut
2. Membuat skema akuarium
3. Survey alat dan bahan kerja
4. Pengadaan alat dan bahan kerja
5. Membuat akuarium sesuai skema yang sudah dibuat
6. Mengambil fragmen Bambu Laut
7. Penanaman fragmen Bambu Laut pada akuarium yang sudah dibuat
8. Mengolah data yang telah didapat

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

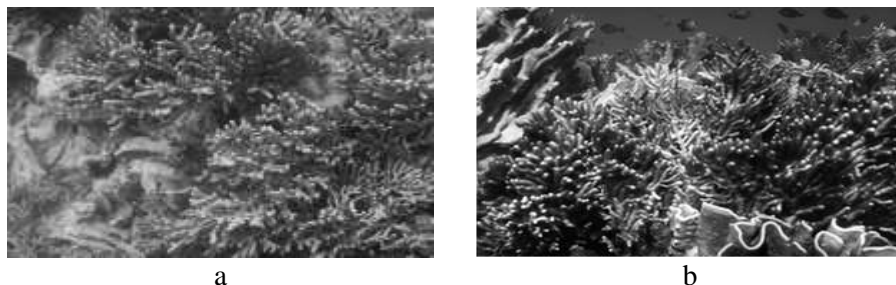
Penanaman Bambu Laut di akuarium sederhana Bambu Laut, dimulai dengan survey populasi Bambu Laut, agar pengambilan fragmen Bambu Laut untuk di tanam di akuarium tidak merusak populasi yang ada di alam. Bambu laut hidup secara alami dan dapat ditemui pada beberapa bagian perairan pulau Wangi-Wangi. Dari hasil survey menggunakan peralatan snorkeling dan perahu di daerah pantai Matahora dan pantai Sousu Kabupaten Wakatobi terdapat populasi Bambu Laut dalam jumlah besar,

maka Bambu Laut untuk ditanam di akuarium sederhana Bambu Laut akan diambil di pantai Matahora dan pantai Sousu. Bambu Laut yang berhasil disurvey di pantai Matahora ditunjukkan pada gambar 1a dan di pantai Sousu ditunjukkan pada gambar 1b.

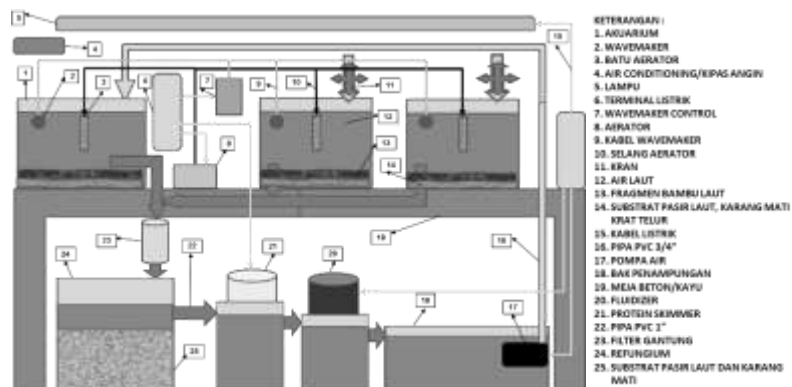
Setelah survey populasi Bambu Laut, maka dilanjutkan dengan melakukan survey kebutuhan alat dan bahan untuk membuat akuarium sederhana Bambu Laut. Dalam melakukan survey dilapangan dan internet, alat kerja dan bahan untuk membuat akuarium sederhana Bambu Laut harus memiliki kriteria mudah didapat, murah, mudah dirakit dan anti karat. Kemudian dilanjutkan dengan membuat skema akuarium sederhana untuk Bambu Laut. Skema yang telah dibuat ditunjukkan pada gambar 2. Dari skema yang sudah dibuat, maka dapat ditentukan alat kerja dan bahan yang akan digunakan. Dengan berpedoman pada alat dan bahan untuk membuat akuarium air laut. Namun, biasanya alat kerja dan bahan yang ada di pasaran membutuhkan biaya yang mahal, sehingga perlu kreatifitas untuk menekan biaya pembuatan akuarium sederhana Bambu Laut. Seperti akuarium utama agar tidak mengeluarkan biaya yang mahal untuk pengadaannya, dengan sedikit rekayasa akuarium utama yang biasa dibuat dengan bahan kaca, diganti dengan wadah berbahan plastik supaya murah.

Dari hasil survey alat kerja dan bahan yang telah dilakukan serta pembuatan skema akuarium sederhana Bambu Laut, dilanjutkan dengan melakukan pengadaan. Dari alat kerja dan bahan yang sudah disiapkan, kemudian dirakit menjadi akuarium air laut sederhana yang dilakukan di ruang gudang dan ruang workshop. Perakitan berbagai alat kerja dan bahan yang ada disesuaikan dengan skema yang sudah dibuat dengan tahapan sebagai berikut :

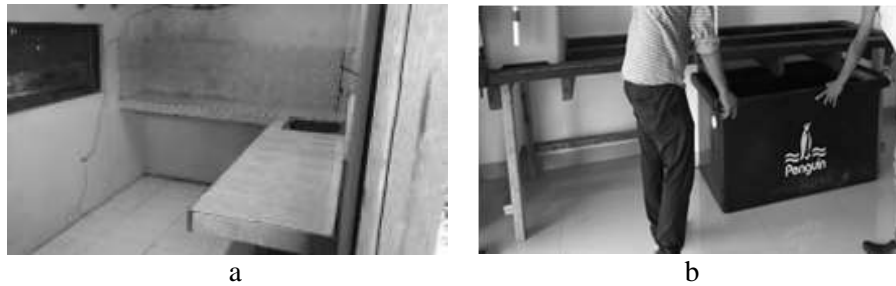
1. Menyiapkan meja akuarium untuk dudukan perangkat akuarium sederhana Bambu Laut, dengan menggunakan meja beton yang ada di ruang gudang kantor LPTK, sedangkan meja dari kayu kuat untuk dudukan perangkat akuarium sederhana Bambu Laut dibuat sendiri dengan baik dan presisi sesuai ukuran akuarium, agar keseimbangan akuarium sederhana Bambu Laut dapat terjaga akan dipasang di ruang workshop. Gambar meja akuarium ditunjukkan pada gambar 3.
2. Menyusun akuarium sebagai wadah air laut tempat penanaman fragmen Bambu laut. Akuarium dimodifikasi sendiri dengan menggunakan wadah plastik serta mudah didapat dan murah. Kali ini akuarium yang digunakan berupa kontainer box berbahan plastik, dengan ukuran 60 Cm x 42 Cm x 38 Cm. Gambar akuarium ditunjukkan pada gambar 4.



Gambar 1. Bambu Laut di alam, a) Pantai Matahora dan b) Pantai Sousu



Gambar 2. Skema akuarium sederhana Bambu Laut



Gambar 3. Meja akuarium, a) Bahan beton dan b) Bahan kayu



Gambar 4. Akuarium

3. Memasang peralatan pendukung :

- a. Pompa air laut yang digunakan untuk mengalirkan air laut dalam sistem akuarium sederhana Bambu Laut. Dengan menyalurkan air dari akuarium sump ke akuarium utama, maupun sebaliknya untuk bersirkulasi. Gambar pompa air laut ditunjukkan pada gambar 5.
- b. Lampu digunakan untuk menggantikan sinar matahari. Panjang lampu disesuaikan dengan panjang akuarium (Hoby-akuarium.blogspot.com, 2012). Lampu akuarium yang digunakan adalah lampu neon 50 watt dan lampu LED 34,56 watt. Lampu neon dan LED ada yang model celup maupun gantung. Jika menggunakan lampu celup, jangan dicelupkan langsung ke air karena suhu akuarium menjadi panas (Bangfajars.wordpress.com, 2015). Lampu diletakkan secara melintang diatas akuarium. Gambar lampu neon ditunjukkan pada gambar 6a dan gambar lampu LED ditunjukkan pada gambar 6b.
- c. Memasang akuarium sump dibawah akuarium utama. Akuarium sump, digunakan untuk tempat penampungan air laut dan pembersihan air laut. Akuarium sump terdiri dari refungium, protein skimmer dan fluidizer. Wadah penampungan air laut menggunakan wadah dari bahan plastik. Gambar akuarium sump ditunjukkan pada gambar 7. Akuarium sump disusun oleh beberapa perangkat dan fungsi utama sebagai berikut :
 - Refungium untuk tempat penampungan sementara dan juga untuk memperbaiki kualitas air (Hoby-akuarium.blogspot.com, 2012), agar stabilitas air akuarium sederhana Bambu Laut bisa terjaga. Refugium terdiri dari bioball, karang mati dan pasir laut.
 - Protein skimmer berfungsi untuk memisahkan bahan padat yang larut di air laut dengan mengapungkan gelembung. Protein skimmer mempunyai bermacam-macam teknik seperti teknik ventury dan needlewheeler. Penggunaan teknik diperlukan untuk mengetahui skimmer yang cocok untuk akuarium sederhana Bambu Laut.
 - Fluidizer berfungsi untuk supply kadar kalsium ke air laut didalam akuarium sederhana Bambu Laut, karena Bambu Laut butuh kadar kalsium yg tinggi untuk pertumbuhan.
- d. Menyiapkan pengatur suhu yang bisa berupa chiller, air conditioning atau kipas angin. Air conditioning dan kipas angin berguna untuk mengatur suhu ruangan, tempat akuarium sederhana Bambu Laut sehingga berpengaruh pada suhu air laut di akuarium, sedangkan chiller langsung menurunkan suhu pada air laut di akuarium. Bambu Laut membutuhkan suhu yang cukup dingin dan stabil untuk pertumbuhannya. Standar suhu air akuarium adalah antara 22-28 derajat celcius Gambar pengatur suhu ditunjukkan pada gambar 8.
- e. Memasang filter akuarium dengan menggunakan model gantung. Filter gantung dapat membuang kotoran akuarium dengan menyerapnya di spoon filter. Filter gantung membantu kinerja akuarium sump untuk menyaring air laut dari akuarium utama ke akuarium sump. Gambar filter gantung ditunjukkan pada gambar 9.
- f. Menghubungkan akuarium utama, akuarium sump dan peralatan pendukung menggunakan pipa PVC dan perlengkapan perpipaan. Pipa PVC 3/4" digunakan untuk menghubungkan dan menyalurkan air laut dari bak penampungan ke akuarium utama, sedangkan pipa PVC 1" digunakan untuk menghubungkan akuarium utama ke akuarium sump.

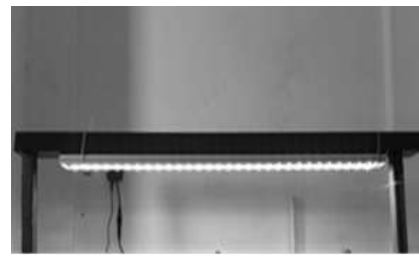
- g. Memasukkan substrat media tanam fragmen Bambu Laut berupa pasir laut, yang bisa diambil langsung dipantai, dimana untuk akuarium ukuran 60 cm³, dibutuhkan pasir sekitar 5 kg. Karang mati, digunakan untuk substrat alami Bambu Laut yang bisa diambil langsung dipantai, dimana jumlah karang mati disesuaikan saja banyaknya karena akan dicampur dengan pasir laut menjadi satu membentuk ketebalan 3 s/d 6 cm di dasar akuarium. Krat telur digunakan untuk memasang selang ukuran panjang 10 cm dan diameter 1 cm atau pipa PVC ukuran panjang 10 cm dan diameter 1,6 cm sebagai tempat penanaman fragmen Bambu Laut. Satu akuarium diisi minimal 18 selang ataupun pipa PVC. Gambar pasir laut, karang mati, krat telur, selang dan pipa PVC ditunjukkan pada gambar 10.
- h. Memasang aerator dan batu aerator yang berguna untuk menyalurkan udara ke dalam akuarium. Gambar aerator ditunjukkan pada gambar 11.
- i. Memasang wavemaker yang memiliki beberapa pilihan kecepatan. Wavemaker digunakan untuk membuat gelombang buatan, supaya dihasilkan suasana laut alami di dalam akuarium. Gambar wavemaker ditunjukkan pada gambar 12.
- j. Menyiapkan terminal listrik untuk digunakan mengalirkan listrik ke peralatan seperti lampu, pengatur suhu ruangan, aerator, pompa air, protein skimmer, fluidizer dan wavemaker.



Gambar 5. Pompa air Laut



a



b

Gambar 6. Lampu, a) Lampu Neon dan b) Lampu LED



a

b

Gambar 7. Akuarium sump, a) Refungium, b) Protein Skimmer dan Fluidizer



a

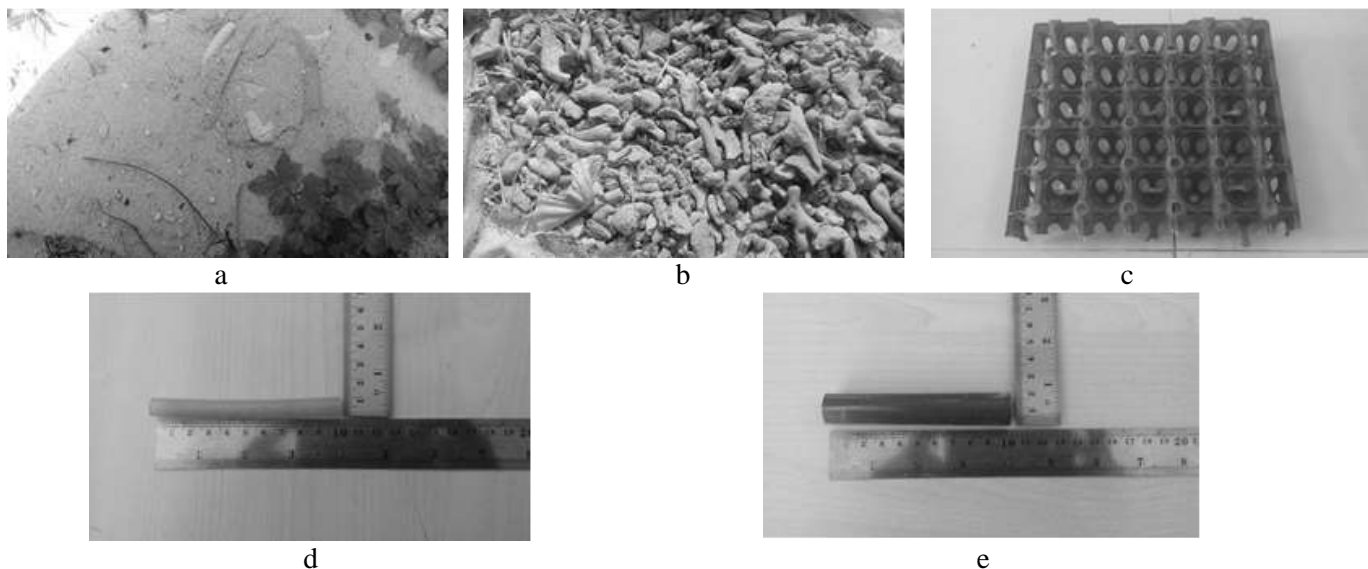
b

c

Gambar 8. Pengatur suhu, a) Chiller, b) Air Conditioning dan c) Kipas Angin



Gambar 9. Filter gantung



Gambar 10. Substrat media tanam fragmen Bambu Laut, a) Pasir laut, b) Karang mati, c) Krat telur, d) Selang dan e) Pipa PVC



Gambar 11. Aerator

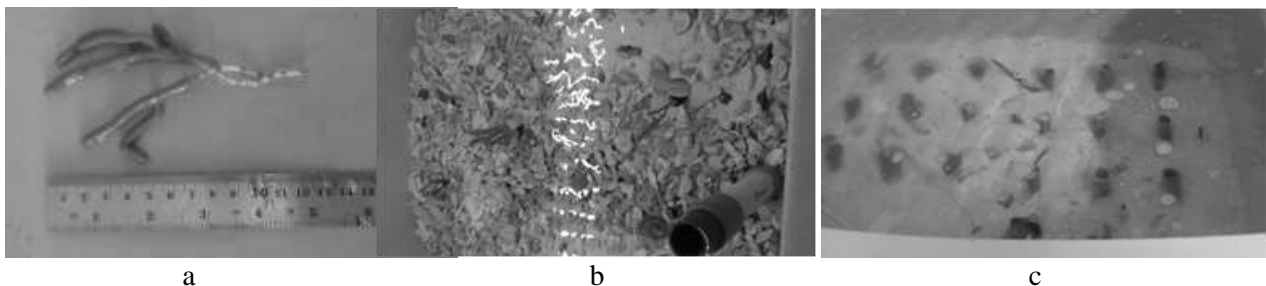


Gambar 12. Wavemaker

- Akuarium yang sudah dirakit kemudian diisi air laut. Air laut yang digunakan diambil dari perairan pulau Wangi-Wangi. Air diambil dengan bantuan pompa celup ke tandon penampungan yang kemudian ditransportasikan ke lokasi instalasi akuarium. Salah satu kriteria air laut untuk akuarium bagi Bambu Laut adalah kondisi yang bersih. Oleh karenanya air laut yang akan digunakan disaring terlebih dahulu dengan filter fisik dan dicek kualitas airnya. Saat mengisi akuarium dengan air laut dilakukan perlahan-lahan agar substrat tidak rusak berhamburan. Air laut diisi sampai hampir bibir akuarium, atau sejumlah 3 galon untuk akuarium ukuran 60 cm³. Kemudian dilakukan pengecekan pada instalasinya untuk menghindari kebocoran, keseimbangan sirkulasi air laut serta adanya malfungsi dari peralatannya.
- Menyiapkan alat ukur, yang terdiri dari:
 - Hydrometer/salinity tester, digunakan untuk berat jenis cairan/kadar garam.
 - PH/KH tester, digunakan untuk mengukur kadar keasaman atau kebasahan cairan.
 - Calcium tester, digunakan untuk mengukur kadar kalsium pada cairan.
 - Amoniak/nitrit dan nitrat tester, digunakan untuk mengukur kandungan nitrit dan nitrat.
 - Thermometer, digunakan untuk mengukur suhu akuarium.
- Melakukan treatment recycling (Hoby-akuarium.blogspot.com, 2012) dengan membiarkan semua perangkat akuarium sederhana Bambu Laut yang sudah siap difungsikan tanpa ditanami fragmen Bambu Laut selama 1 s/d 4 minggu, agar air laut menjadi normal dan membentuk ekosistem yang

stabil sehingga mampu menyangga kehidupan Bambu Laut. Recycling dilakukan dengan cara menjalankan aliran air menggunakan pompa air dari akuarium sump ke akuarium utama disertai dgn menjalankan peralatan lainnya seperti lampu, pengatur suhu ruangan, aerator, pompa air, protein skimmer, fluidizer, dan wave maker. Setelah berjalan waktu antara 1 s/d 4 minggu, dilakukan pengecekan air laut akuarium menggunakan alat Hydrometer, dengan cara menyelupkan alat tersebut ke dalam akuarium air laut sampai penuh. Jika salinitas air laut diatas 1024, maka air laut terlalu asin, hal ini bisa mengakibatkan Bambu Laut cepat mati. Sebaiknya kandungan garam akuarium antara 1021 s/d 1024. Jika salinitas lebih dari 1024, maka kurangi air akuarium sekitar 10 % dan tambahkan air tawar. Kemudian cek lagi dengan hydrometer hingga salinitas sesuai, sehingga akuarium siap untuk ditanami Bambu Laut. Jika salinitas kurang dari 1021, maka air laut ditambah garam khusus hingga salinitas sesuai.

7. Menempatkan fragmen Bambu Laut dengan panjang kira-kira 13 cm, ke selang dan pipa PVC yang sudah di siapkan kedalam akuarium dengan mengikat menggunakan kabel ties dan direkatkan menggunakan lem perekat, sehingga Bambu Laut stabil dan tidak terjatuh. Bambu Laut yang ditanam pada akuarium sederhana Bambu Laut diperoleh dengan cara fragmentasi terhadap koloni yang terdapat di alam tersebut. Pemotongan dilakukan tidak melebihi 20 % dari bagian tubuh agar koloni tetap hidup dan dapat tumbuh serta berkembang kembali. Fragmen bambu laut dibawa dalam wadah berisi air laut untuk segera ditanam pada akuarium yang telah dipersiapkan sebelumnya. Gambar fragmen Bambu Laut serta hasil penanaman fragmen Bambu Laut pada selang dan pipa PVC ditunjukkan pada gambar 13.
8. Hasil dari bentuk susunan akuarium sederhana Bambu Laut setelah selesai dirakit dan sesuai skema yang dibuat ditunjukkan pada gambar 14a berada di ruang gudang dan 14b berada di ruang workshop.



Gambar 13. Penanaman Bambu Laut, a) Fragmen Bambu Laut, b) Selang dan c) Pipa PVC



Gambar 14. Hasil Susunan akuarium, a) Gudang dan b) Workshop

Pembahasan

Proses perakitan akuarium sederhana Bambu Laut dapat dilakukan dengan baik dan mudah dengan adanya perencanaan bahan sampai penyelesaian akhir penanaman fragmen Bambu Laut. Paling penting tersedianya populasi Bambu Laut yang akan diambil menjadi bibit fragmen Bambu Laut, tanpa merusak populasinya. Populasi Bambu Laut di pantai Sousu dan pantai Matahora masih sangat melimpah, sehingga jika diambil untuk bibit tidak akan mengganggu populasi yang ada.

Lampu berguna untuk tumbuh dan berkembang Bambu Laut berfotosintesis, karena memiliki fungsi seperti sinar matahari. Sebaiknya lampu yang digunakan untuk akuarium sederhana Bambu Laut adalah lampu dengan ukuran 10 ribu sampai 20 ribu derajat Kelvin, namun disesuaikan dengan kemampuan dan ketersediaan di pasaran. Lampu yang mampu menghasilkan panas seperti matahari adalah Metal Halide (MH) 75-150 watt, 20 ribu Kelvin (Hoby-akuarium.blogspot.com, 2012). Jika

menggunakan lampu metal halide, maka air akuarium akan menjadi panas dan dibutuhkan chiller untuk mendinginkan suhu air. Sehingga apabila menggunakan lampu MH maka juga harus dipasang chiller.

Protein skimmer bisa dibeli maupun dibuat sendiri dari bahan pipa PVC dan pompa air celup. Fungsi umum dari protein skimmer adalah untuk memisahkan partikel ringan dan partikel berat serta memisahkan bahan padat yang larut dalam air laut. Protein skimmer akan membawa partikel ringan seperti lendir ke atas melalui busa dengan cara pengapungan gelembung, prosesnya seperti busa yang terdampar dipantai dan membawa kotoran yang larut (Bangfajars.wordpress.com, 2015). Protein skimmer akan mengangkat lemak dan kotoran yg terkandung di dalam air laut akuarium yang bisa membuat kadar amoniak, nitrit dan nitrat naik, dengan membuat air laut tersebut berbusa, sehingga kotoran akan terperangkap didalamnya dan mudah terbuang ke penampungan. Filter akuarium bisa digunakan untuk membantu fungsi dari akuarium sump. Filter akuarium yang digunakan harus bebas dari makhluk hidup apapun, agar bakteri dapat bertumbuh dengan baik.

Treatment recycling yang dilakukan terhadap akuarium sederhana Bambu Laut berguna untuk membersihkan air laut dari kotoran dan zat kimia berbahaya, serta menumbuhkan kehidupan seperti plankton dan bakteri-bakteri diekosistem air laut. Agar proses pertumbuhan bakteri lebih cepat, saat recycling ditambahkan bakteri starter ke dalam akuarium sump pada bagian refungium, karena terdapat bioball sebagai tempat berkumpulnya bakteri pengurai. Proses recycling juga untuk proses penguraian amoniak, nitrit dan nitrat oleh bakteri pengurai (Hoby-akuarium.blogspot.com, 2012). Selama proses recycling tidak boleh memasukkan Bambu Laut. Proses recycling selesai ditandai dengan munculnya kutu air berwarna putih permukaan akuarium.

Fragmen Bambu Laut diambil dari pantai Sousu dan pantai Matahora dilakukan dengan memilih koloni Bambu laut yang masih banyak, sehat, menggunakan alat yang tajam, mengambil dibagian ujung tengah koloni, maksimal 20 % dari koloni dan mengambil fragmen yang sudah patah. Cara penanaman fragmen Bambu Laut pada selang dan pipa PVC di substrat pasir laut dilakukan dengan memasukan fragmen Bambu Laut ke selang dan pipa PVC, dan segera menutup celah yang ada dengan lem perekat. Fragmen Bambu Laut yang sudah ditanam jangan disentuh agar posisi tidak berubah. Ketinggian fragmen Bambu Laut yang ditanam pada selang dan pipa PVC yang disusun dan diatur agar selalu terendam di air serta menghadap ke lampu. Fragmen Bambu Laut yang selesai ditanam tidak boleh disentuh untuk menjaga posisi agar tetap stabil. Uji kekuatan penanaman di lakukan dengan memberikan arus kecil dengan sapuan tangan. Jika Bambu Laut bergerak, segera di lakukan penambahan perekat.

Hasil akhir dari penanaman Fragmen Bambu Laut di akuarium sederhana Bambu laut agar berhasil, akan ditentukan juga dari cara perawatan, pemeliharaan dan pemantauan yang dilakukan. Perawatan dapat dilakukan dengan hal-hal berikut ini:

1. Mengecek PH tester.
Saat PH tester menunjukkan PH yg rendah, ditambahkan calcium ke dalam air akuarium sederhana Bambu Laut hingga PH naik kembali. PH yang rendah yang diakibatkan kadar amoniak yang tinggi bisa membuat Bambu Laut mati.
2. Mengecek thermometer.
Suhu akuarium sederhana Bambu Laut harus stabil pada suhu 22-28°C karena Bambu Laut hanya bisa hidup tersebut. Apabila suhu turun pendingin dimatikan, apabila suhu naik lampu dimatikan dan menambahkan atau mengganti air lautnya.
3. Memberi calcium dan makanan secukupnya ke dalam akuarium. Bambu Laut hidup sehat dengan mendapat cukup calcium dan makanan. Jika berlebihan akan mengakibatkan kotoran di akuarium, sehingga menyebabkan kadar amoniak tinggi. Mengguras air laut secara rutin.
4. Air laut harus dikuras dan diganti baru. Apalagi saat keseimbangan ekosistem tidak bisa terbentuk, maka pergantian air laut harus segera dilakukan tanpa menunggu lama. Untuk menjaga ekosistem tetap baik, air laut diganti minimal 10 % setiap minggu dan tiap 2 bulan mengganti 25 %. Saat air laut berkurang karena penguapan sehingga kandungan garam tetap, tambahkan saja air tawar yang tidak mengandung kaporit. Kualitas air laut di akuarium sederhana Bambu laut sangat mempengaruhi kehidupan Bambu Laut. Air laut yang buruk membuat Bambu Laut mudah mati. Bambu Laut yang mati dapat terlihat saat air laut keruh dan bewarna kuning.

5. Memberikan coral suplemen.

Pemberian coral suplemen yang ditambahkan kedalam akuarium sederhana Bambu Laut untuk meningkatkan kecepatan pertumbuhan, namun jangan berlebihan karena akan mengakibatkan kotoran di akuarium, sehingga menyebabkan kadar amoniak tinggi.

Supaya kondisi fragmen Bambu Laut yang ditanam di akuarium sederhana Bambu laut terjaga untuk mengurangi kematian serta pertumbuhan Bambu laut optimal, maka dilakukan pemeliharaan dengan cara-cara berikut ini:

1. Menjaga kualitas air pada sistem akuarium.
2. Air pada akuarium tetap dijaga suhunya dibawah 28°C dengan bantuan pendingin.
3. Beberapa parameter dijaga agar memenuhi kriteria seperti pada Tabel 2.
4. Membersihkan alga yang tumbuh pada substrat ataupun bak pemeliharaan. Pembersihan diharapkan dilakukan dengan rutin seminggu sekali, apalagi jika pertumbuhan alga yang cepat.
5. Mengambil Bambu laut yang mati dan dikeluarkan dari akuarium.
6. Pengecekan dan pembersihan penampungan pada protein skimmer dan filter lain dilakukan secara rutin.
7. Pergantian air laut secara partial juga dilakukan secara rutin.
8. Fragmen Bambu Laut yang miring ditegakkan kembali dan yang terlepas dipasang kembali.

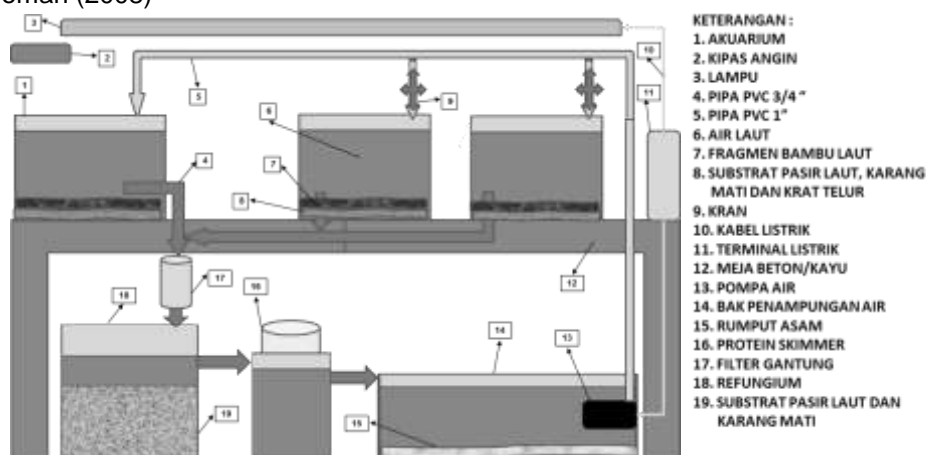
Pemantauan dilakukan supaya dapat mengetahui kondisi Bambu Laut yang ditanam di akuarium sederhana Bambu laut, mengetahui tingkat kelangsungan hidup dan laju pertumbuhan Bambu Laut yang ditanam. Pemantauan pertumbuhan dimulai minggu pertama penanaman dengan mencatat ukuran panjang vertikal, panjang horisontal, lebar diameter koloni dan jumlah cabang, yang dilanjutkan tiap 2 bulan sekali (BPSPL Makassar, 2016).

Dari pembahasan diatas, akuarium sederhana Bambu Laut bisa lebih disederhanakan atau dimodifikasi dengan mengurangi beberapa peralatan. Peralatan seperti fluidizer, pendingin dan lain-lain untuk akuarium sederhana Bambu Laut bisa tidak digunakan, dengan syarat air laut di akuarium sederhana Bambu laut rutin diganti, minimal 1 minggu sekali. Kadar nitrat dapat diturunkan dengan menggunakan bakteri, dan juga bak penampungan dapat ditambah rumput asam yang berfungsi untuk menurunkan amoniak/nitrat secara alami. Skema akuarium sederhana Bambu Laut modifikasi ditunjukkan pada gambar 15. Dengan beberapa pengurangan peralatan yang dirasa tidak diperlukan dan mahal, diharapkan nelayan dapat membuat akuarium sederhana Bambu Laut secara mandiri.

Tabel 2. Beberapa rentang parameter kualitas air laut untuk air laut, akuarium dan pemeliharaan karang

Parameter	Seawater range	Acceptable range	Ideal range
Temperature (°C)	21-30	24-28	26-28
Salinity (ppt)	23-40	33-38	34-36
pH	7,4-8,4	7,8-8,8	8,2-8,6
NO ₃	0,0-3,34 µmol/L	0-10 mg/L	0-1 mg/L
PO ₄	0,0-0,54 µmol/L	0-1.0 mg/L	0-0.03 mg/L

Sumber: Borneman (2008)



Gambar 15. Skema akuarium sederhana Bambu Laut modifikasi

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

- Akuarium sederhana Bambu Laut dapat dibuat dengan mudah dan terjangkau.
- Akuarium sederhana Bambu Laut dapat ditempatkan di berbagai tempat di darat, namun diusahakan kondisi udara tidak panas.
- Akuarium sederhana Bambu Laut diharapkan dapat memberikan solusi bagi nelayan untuk mendapatkan manfaat ekonomi dari Bambu Laut.

Saran

- Akuarium sederhana Bambu Laut mudah penggunaannya oleh masyarakat untuk usaha produksi, sehingga bisa diambil manfaatnya secara ekonomi.
- Akuarium sederhana Bambu Laut dapat digunakan oleh stakeholder untuk melestarikan Bambu Laut.
- Pengurangan beberapa peralatan akuarium air laut, supaya akuarium sederhana Bambu Laut lebih sederhana dan praktis dalam pembuatannya

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terimakasih kami ucapkan kepada LPTK dan Universitas Halu Oleo, serta pihak-pihak yang tidak dapat disebutkan satu-persatu, atas bantuan dan kontribusinya dalam penulisan makalah ini, sehingga makalah ini dapat diselesaikan dengan baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Anna E. W. Manuputty. (2008). Isis hippuris LINNAEUS 1758 : OKTOKORAL PENGHASIL ANTI VIRUS. *Oseana*, 33(1), 19–24.
- Bachtiar, I. (2003). Promoting coral reef recovery by using artificial substrate : the stability of the substrate and population structure of coral recruits. *Journal of Indonesian Marine Science*, 8(1), 58–63.
- BPSPL Makassar. (2013). *Usulan Inisiatif Status Perlindungan Bambu Laut (Isis hippuris)*. Makassar.
- BPSPL Makassar. (2016). *Pedoman Rehabilitasi Bambu Laut (Isis hippuris) Dengan Metode Transplantasi*. Makassar.
- Borneman, E. (2008). Introduction to the Husbandry of Corals in Aquarium: A Review. *Public Aquarium Husbandry Series*, 2: 3-14.
- Fabricius, K., & Alderslade, P. (2001). *Soft corals and sea fans: a comprehensive guide to the tropical shallow water genera of the central-west Pacific, the Indian Ocean and the Red Sea*. Townsville: Australian Institute of Marine Science.
- Fadli, N. (2008). Tingkat kelangsungan hidup fragmen karang *Acropora formosa* yang ditransplantasikan pada media buatan yang terbuat dari pecahan karang (rubble). *Berita Biologi*, 9(3), 265–273.
- Haris, A. (2011). Transplantasi Karang Acroporidae pada substrat alami. *Omni-Akuatika*, 10(12), 32–42.
- Hawis, M., Subhan, B., Bachtiar, R., Ismet, meutia S., Budikatini, Y., & Bria, D. (2007). Prospek Terumbu Buatan Biorock Dalam Peningkatan Sumberdaya Ikan di Kepulauan Seribu. In *Munas Terumbu Karang I Program Rehabilitasi Terumbu Karang COREMAP II* (pp. 68–75). Jakarta: Departemen Kelautan dan Perikanan.
- Johan, O. (2012). The Survival of Transplanted Coral on Pyramid-shape Fish Shelter on the Coastal Water of Kelapa and Harapan Islands, Kepulauan Seribu Jakarta. *Indonesian Aquaculture Journal*, 7, 7(1), 79–85.
- Membangun Akuarium Sederhana Dirumah. Diambil dari bangfajars.wordpress.com website : <https://www.google.co.id/amp/s/bangfajars.wordpress.com/2015/05/07/membangun-akuarium-sederhana-dirumah/amp/>
- Panduan Membuat Akuarium Untuk Pemula. Diambil dari hoby-akuarium.blogspot.com website : <http://hoby-akuarium.blogspot.com/2012/09/panduan-membuat-akuarium-untuk.html?m=1>
- Setting Awal Akuarium Air Laut Untuk Pemula. Diambil dari hoby-akuarium.blogspot.com website : <http://hoby-akuarium.blogspot.com/2012/09/setting-awal-akuarium-air-laut-untuk.html?m=1>

- Subhan, B. (2003). *Tingkat Kelangsungan Hidup dan Laju Pertumbuhan Karang Jenis Euphyllia sp (Dana, 1846), Plerogyra sinuosa (Dana, 1846), dan Cynarina lacrymalis (Edwards & Haime, 1848) yang ditransplantasikan di Perairan Pulau Pari, Jakarta*. Institut Pertanian Bogor.
- Zamani, N. P., Subhan, B., Madduppa, H. H., Bachtiar, R., Desistiano, M., & Maulina, T. (2009). Pengaruh Biorock Terhadap Keragaman Dan Kelimpahan Ikan Karang Di Tanjung Lesung, Banten. *In Prosiding Simposium Nasional Terumbu Karang II* (pp. 158–163).

PERAN DAN PARTISIPASI STAKEHOLDER DALAM PENGEMBANGAN KONSERVASI MANGROVE MENJADI ECO-WISATA

(STUDI KASUS DI DESA BANYUURIP, KECAMATAN UJUNG PANGKAH, KABUPATEN GRESIK)

Ir Didik Trisbiantoro, M.P¹*, Ir A. Kusyairi MSi²

¹Dosen Agrobisnis Perikanan, Fak Pertanian, Unitomo

²Dosen Pemanfaatan Sumberdaya Perikanan, Fak Pertanian, Unitomo

*Corresponding author e-mail: diktistoro@yahoo.com

ABSTRAK

Kelembagaan dan partisipasi masyarakat merupakan aspek penting yang menjadi pilar utama dalam pelaksanaan rehabilitasi mangrove. Tidak jarang kegagalan dalam setiap rehabilitasi mangrove karena tidak didukung oleh peran kelembagaan secara maksimal. Penelitian ini bertujuan untuk menginventarisasi peran lembaga dan partisipasi masyarakat dalam konservasi mangrove di wilayah pesisir Desa Banyuurip, Ujung Pangkah Gresik. Pemilihan desa penelitian dan responden dilakukan secara purposive sampling. Pengumpulan data dilakukan dengan observasi dan wawancara secara terstruktur terhadap responden kunci dengan menggunakan metode snow ball. Hasil penelitian menunjukkan bahwa beberapa stakeholder yang berkontribusi besar dalam menginisiasi konservasi mangrove di Desa Banyuurip, Ujung Pangkah Gresik. Partisipasi masyarakat dan beberapa peran stakeholder seperti SKK Migas, PT Bharata, Perguruan Tinggi dan lainnya merupakan aspek penting yang menjadi pilar utama dan kunci keberhasilan dalam konservasi hutan mangrove di Desa Banyuurip, terutama diarahkan ke Banyuurip Mangrove Centre (BMC). Beberapa partisipasi dan peran stakeholder terhadap pengelolaan tersebut diharapkan dapat menjadi inspirasi bagi para stakeholders untuk dapat mengembangkan sistem pengelolaan hutan mangrove ditempat berbeda yang memiliki karakteristik serupa. Mengingat besarnya potensi mangrove yang ada sehingga perlunya peningkatan pengelolaan mangrove berbasis eco-wisata.

Kata kunci: peran dan partisipasi, lembaga masyarakat, mangrove, stakeholder dan BMC

PENDAHULUAN

Latar Belakang Sebagai wilayah pesisir utara Jawa Timur dan sebagai hilir dari Sungai Bengawan Solo, kecamatan Ujungpangkah didominasi oleh pertambakan yang memanfaatkan system tradisional dan teknologi semi intensive. Hanya sebagian kecil, wilayah pesisir tertutup oleh mangrove. Dari 62,17 km² luas wilayah desa pesisir, hanya 84,1 Ha mangrove yang tersisa dengan kerapatan yang rendah. Tiga jenis mangrove sejati yang dominan melingkupi pesisir Ujungpangkah, yakni: Api-api (*Avicennia alba*), Pedada (*Sonneratia caseolaris*), dan Bakau (*Rhizophora mucronata*). Dari 13 desa di Ujungpangkah, terdapat 4 desa di wilayah pesisir, yaitu Pangkah Wetan, Pangkah Kulon, Banyuurip dan Ngemboh dimana wilayah tersebut sebagian besar masyarakatnya bekerja sebagai nelayan dan terkena dampak langsung (ring 1) dari kegiatan HESS (Indonesia-Pangkah) Ltd, sebuah kontraktor kontrak kerjasama (KKKS) BPMIGAS yang beroperasi di perairan Ujungpangkah. Oleh sebab itu HESS wajib bekerjasama dengan masyarakat di 4 desa pesisir tersebut dan melakukan kegiatan pengembangan masyarakat yang dilakukan melalui proses perencanaan secara partisipatif yang dilakukan sejak tahun 2006. Masalah di Ujungpangkah pada perencanaan program bersama masyarakat, sering diungkapkan bahwa semakin tahun Ujungpangkah mengalami degradasi alam, hasil tangkapan nelayan dan hasil panen tambak semakin menurun baik secara kualitas maupun kuantitas. Berdasarkan permasalahan tersebut, Maka pada tahun 2008 HESS bekerjasama dengan IPB memfasilitasi sebuah tilik-kaji (assessment) untuk program pemulihan kawasan pesisir di Ujungpangkah. Permasalahan yang teridentifikasi di Ujungpangkah antara lain pencemaran; akibat pembukaan lahan pertanian di daerah hulu, limbah industri di daerah aliran sungan (DAS). Sektor industri yang menghasilkan limbah kimiawi (hidrokarbon, logam berat, dll) yang masuk melalui aliran sungai sangat potensial mencemari perairan pesisir dan laut. Degradasi Fisik Habitat kawasan pesisir Ujungpangkah akan mengakibatkan penurunan kualitas ekosistem pesisir; mangrove dan terumbu karang. Habitat yang mengalami kerusakan seperti konversi hutan mangrove untuk kepentingan pembukaan lahan tambak, penambangan batu karang untuk bahan bangunan, pengendapan dan peningkatan beban sediment akibat erosi tanah, eksploitasi berlebihan sumberdaya ikan.

Degradasi hutan mangrove merupakan problematika sektor kehutanan yang saat ini menjadi isu penting lingkungan dan pembahasan para Mangrove banyak dijumpai di wilayah pesisir yang terlindung dari terpaan ombak dan daerah yang landai di daerah tropis dan sub tropis (FAO, 2007). Tumbuhan yang hidup disepanjang khatulistiwa ini merupakan ekosistem terpenting dalam menyangga kehidupan di wilayah pesisir. Mangrove berfungsi sebagai penyedia nutrisi berbagai biota laut, penahan laju abrasi, angin taupan, tsunami, habitat satwa liar, tempat singgah migrasi burung, penyerap polutan, pencegah intrusi air laut, penyedia kayu bakar, obat tradisional serta digunakan sebagai bahan baku pembuatan kertas dan obat-obatan.

Sebagai wilayah pesisir, Ujungpangkah didominasi oleh pertambakan yang memanfaatkan system tradisional dan teknologi semi intensive. Hanya sebagian kecil garis pantai dan wilayah pertambakan tertutup oleh mangrove. Ekosistem mangrove merupakan sumberdaya alam yang unik untuk mendukung kehidupan manusia; sebagai daerah pembiakan ikan (spawning ground), lahan pembibitan (nursery ground) dan lokasi makanan (feeding ground) bagi banyak biota laut, penahan erosi, mengurangi/ pemecah ombak, penghalang intrusi air laut, penyaring polusi air/ udara. Untuk mengembalikan fungsi mangrove, terutama untuk penyediaan sumberdaya alam dan penghalang kerusakan alam, dibutuhkan tindakan untuk melindungi dan merehabilitasi ekosistem mangrove tersebut.

Kondisi kritis hutan mangrove di pesisir laut Banyuurip sangat memprihatinkan dan hutan mangrove rusak akan berimbas pada kehidupan warga setempat serta aktivitas para nelayan juga kerap terganggu. Dari kondisi yang memprihatinkan itu para tokoh sepakat untuk membenahi hutan mangrove. Tidak hanya dibenahi, melainkan juga dijadikan wahana wisata. Dengan melihat kondisi eksisting seperti itu, maka perlu dilihat bagaimana partisipasi dan peran *stakeholder* dalam membantu sekaligus memfasilitasi mengembangkan BMC sebagai eco-wisata.

Tujuan Penelitian

Mengidentifikasi partisipasi dan peran *stakeholder* dalam pengelolaan konservasi mangrove dan menganalisis partisipasi dan peran *stakeholder* dalam pengelolaan konservasi mangrove.

MATERI DAN METODE

Penelitian ini menggunakan metode kualitatif dimana melalui pendekatan ini, peneliti berusaha untuk menggambarkan bentuk-bentuk partisipasi masyarakat dalam pengelolaan konservasi mangrove, khususnya kawasan mangrove di Desa Banyuurip, Ujungpangkah Kabupaten Gresik, menganalisis derajat kesesuaian antara aturan institusi pemerintah dan masyarakat, serta menganalisis konflik-konflik yang terjadi, baik antar masyarakat maupun antara masyarakat dengan pemerintah. Penelitian ini menggunakan strategi studi kasus, yang dimaknai oleh Baedhowi (2001) sebagai suatu pendekatan untuk mempelajari, menerangkan, menginterpretasikan suatu kasus (*case*) dalam konteksnya secara natural tanpa adanya intervensi dari pihak luar. Melalui strategi studi kasus, peneliti akan berusaha menemukan realita sosial secara holistik mengenai partisipasi masyarakat dalam pengelolaan konservasi mangrove. Diharapkan dengan strategi tersebut, peneliti dapat lebih mudah untuk memahami permasalahan penelitian secara lebih mendalam dan menyeluruh.

Penelitian ini mengharuskan adanya interaksi langsung antara peneliti dengan subyek penelitian dalam suatu komunitas. Hal ini dikarenakan dalam penelitian ini ingin diketahui dan dipahami hal-hal yang terkait dengan pola perilaku, tindakan, dan interaksi sosial yang dilakukan oleh individu-individu dalam komunitas. Untuk itu, peneliti akan melakukan pengamatan langsung di lapangan.

Penelitian akan dilaksanakan di Desa Banyuurip, Kecamatan Ujungpangkah, Kabupaten Gresik, dengan fokus pada tahapan dan level partisipasi masyarakat dalam pengelolaan konservasi mangrove, sehingga memerlukan waktu yang lebih lama untuk melihat dan menganalisis realita yang terjadi pada masyarakat. Untuk mendapatkan data pendukung, penelitian juga dilakukan melalui koordinasi dengan dinas terkait.

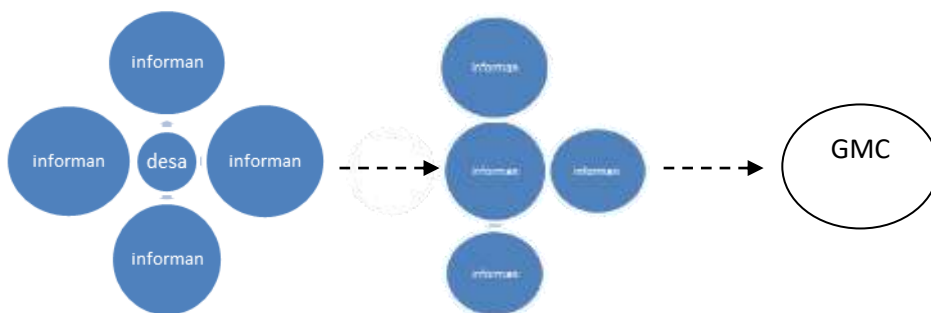
Pemilihan lokasi penelitian dilakukan secara sengaja (*purposive*) dengan pertimbangan bahwa pengelolaan konservasi mangrove Desa Banyuurip yang memiliki keunikan. Penelitian akan dilaksanakan pada Bulan Desember sampai dengan Bulan Mei 2017 dimaksudkan mencakup waktu sejak peneliti intensif di daerah penelitian, pengumpulan dan pengolahan data.

Penentuan Informan

Informan merupakan pihak yang akan memberikan keterangan tentang diri, keluarga, pihak lain, dan lingkungannya. Informan diharapkan dapat membantu peneliti dalam mendapatkan informasi yang valid atau memberikan keterangan tambahan tentang topik kajian. Informan dipilih secara *purposive* yaitu memilih orang-orang yang dianggap mengetahui secara detail tentang pengelolaan mangrove, partisipasi masyarakat, aturan-aturan institusi pemerintah dan masyarakat, serta konflik-konflik yang pernah atau sedang terjadi dalam pengelolaan konservasi mangrove, baik yang berasal dari masyarakat desa setempat, pemda, maupun dinas terkait.

Alur *Snowball* Dalam Penelitian.

Surveyor datang ke Kantor Desa untuk mendapatkan informasi dan data sekunder tentang siapa saja yang terlibat dalam pengelolaan konservasi mangrove untuk mencari responden sesuai dengan kriteria yang telah ditentukan.



Gambar 1. Alur *Snowball* Dalam Penelitian

Surveyor datang ke Kantor Kepala Desa (pengumpulan data sekunder) (a) Kantor Desa, meminta informasi siapa saja penggiat BMC sehingga dimungkinkan ditemukan responden yang dimaksud. apabila tidak ditemukan responden dengan kriteria yang telah ditentukan, maka surveyor selanjutnya menggunakan metode yang sama untuk pencarian responden berikutnya. jumlah responden belum mencukupi sesuai data yang diperoleh.

Teknik Pengumpulan Data

Data yang dikumpulkan terdiri dari data primer dan data sekunder. Pengumpulan data dilakukan dengan metode triangulasi data (kombinasi dari berbagai sumber data). Data primer diperoleh dari hasil wawancara mendalam dan pengamatan berperan serta di lapangan. Sedangkan data sekunder diperoleh melalui analisis dokumen-dokumen tentang gambaran umum kawasan pengelolaan mangrove.

Teknik pengambilan data dengan wawancara mendalam dilakukan melalui interaksi dua arah dengan prinsip kesetaraan antara peneliti dengan informan dalam suasana yang akrab dan informal. Sedangkan yang dimaksudkan dengan pengamatan berperan serta adalah proses penelitian dengan melakukan interaksi sosial antara peneliti dengan tineliti dalam lingkungan sosial tineliti. Dalam pengamatan berperan serta, peneliti akan mengamati tentang partisipasi masyarakat, pola perilaku masyarakat, reaksi masyarakat terhadap aturan institusi, serta bentuk-bentuk konflik yang terjadi dalam pengelolaan mangrove. Pengamatan ini dilakukan agar peneliti dapat melihat secara langsung mengenai keadaan masyarakat setempat, merasakan, dan melihat beragam fenomena/peristiwa yang diharapkan dapat diperoleh pemaknaan yang sama antara peneliti dan tineliti.

Teknik Analisis Data

Analisis data kualitatif dilakukan secara berlanjut, berulang, dan terus menerus yang terdiri dari pengumpulan data, analisis data, reduksi data, penyajian data, dan penarikan kesimpulan. Pengumpulan data dan analisis data dilakukan secara bersamaan. Kemudian data-data tersebut direduksi melalui proses pemilihan dan pengkategorian data-data yang sesuai. Data-data yang akan direduksi adalah data-data yang diperoleh dari hasil wawancara mendalam, pengamatan

berperanserta, dan analisis dokumen serta literatur. Reduksi data bertujuan untuk menajamkan, menggolongkan, mengarahkan, membuang yang tidak perlu, dan mengorganisasikan data.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Lokasi Desa

Desa Banyuurip merupakan salah satu desa yang terdapat di Kecamatan Ujungpangkah Kabupaten Gresik Jawa Timur. Dilihat dari kondisi geografis ketinggian tanah desa mencapai kurang lebih 2 meter diatas permukaan laut. Desa Banyuurip termasuk daerah swasembada. Adapun batas-batas wilayah Desa Banyuurip antara lain sebagai berikut:

Sebelah Barat berbatasan dengan Desa Ngimbo
Sebelah Timur berbatasan dengan Desa Pangkah Kulon
Sebelah Utara berbatasan dengan laut jawa
Sebelah Selatan berbatasan dengan Desa Gosari.

Desa Banyuurip merupakan suatu desa yang wilayah desanya terdiri dari lima dusun yaitu Dusun Bangsal Sari, Dusun Mulyosari, Dusun Banyulegi, Dusun Klakak dan Dusun Bondot. Luas wilayah desa Banyuurip adalah kurang lebih 5,35 Km² dengan memiliki ketinggian dari permukaan air laut 2 meter. Sedangkan banyaknya curah hujan adalah 2000 mm/th. dan suhu udara adalah 29 C.

Masyarakat Nelayan Desa Banyuurip

Upaya masyarakat nelayan mengelola hutan mangrove di pesisir desa Banyuurip dimulai sejak tahun 2011. Berbagai lembaga telah membantu pengembangan dan konservasi hutan mangrove Banyuurip, seperti PT PGN Saka, PT Barata Gresik, TNI, perguruan tinggi untuk memberikan penyuluhan, dan sebagainya. Dari lembaga-lembaga tersebut, PGN Saka yang sering membantu secara terus-menerus, tidak hanya untuk masyarakat nelayan tetapi juga untuk masyarakat desa-desa lain di Kecamatan Ujungpangkah. Dana bantuan diambillkan dari dana CSR PGN Saka. Khusus untuk bantuan kepada masyarakat nelayan Banyuurip, PGN Saka tidak hanya membantu usaha konservasi mangrove tetapi juga membantu pemberdayaan ekonomi masyarakat, pemberian bantuan beasiswa pendidikan, dan pembangunan infrastruktur desa seperti pos kamling dan mushola.

Pada dasarnya masyarakat terlibat aktif melakukan konservasi mangrove karena mereka berkeinginan mewariskan kondisi lingkungan pesisir yang lestari kepada anak cucunya kelak. Masyarakat nelayan berharap, konservasi mangrove dapat menyelamatkan pantai dari abrasi dan memanfaatkan berbagai potensi ekosistem mangrove untuk kepentingan ekonomi warga, seperti mengambil udang, kepiting bakau, dan mengolah buah tanaman mangrove untuk berbagai produk yang bernilai ekonomis. Sampai sekarang aspek pengolahan mangrove masih belum bisa dikembangkan karena pohon mangrove yang berbuah masih sedikit.

Sebagian masyarakat nelayan kurang respek terhadap kepemimpinan Ketua Rukun Nelayan Tirta Buana, H. Makful. Sebagian nelayan itu keberatan dengan adanya pembuatan kolam pemancingan yang menghabiskan tempat terbuka untuk menaruh bambu-bambu nelayan yang digunakan sebagai rumpon kerang. Mereka menyoroti kepemimpinan ketua rukun nelayan yang dianggapnya kurang transparan kepada anggota-anggotanya. Misalnya saja soal bantuan yang diberikan oleh pihak-pihak mitra kepada masyarakat nelayan terkait dengan konservasi mangrove. Selain itu, masyarakat menyoroti tentang masa jabatan yang sudah sangat lama bagi ketua rukun nelayan, yakni sudah sekitar 20 tahun menjabat.

Meskipun demikian, ketika sedang ada kegiatan konservasi mangrove yang dibiayai oleh mitra, sebagian nelayan dilibatkan dalam kegiatan tersebut dan diberi upah. Namun hal demikian tidaklah berlangsung secara terus-menerus. Menurut sebagian nelayan yang lain, setiap ada kegiatan konservasi dan jika ada masalah di dalam warga masyarakat, rukun nelayan juga rapat untuk membahasnya. Meskipun demikian tidaklah semua masalah yang ada bisa diatasi bersama. Kondisi demikian yang menimbulkan ketidakpuasan pada sebagian nelayan yang lain, seperti pada kasus pemanfaatan ruang terbuka publik untuk kolam pancing yang dianggap mengganggu tempat nelayan menaruh barang-barangnya, seperti bambu-bambu untuk membuat rumpon kerang.

Informasi lain, soal pembibitan mangrove dan cemara udang menurut nelayan merupakan usaha pribadi Bapak Abdul Mugni. Keterlibatan nelayan sangat minim. Menurut Pak Mugni mengajak nelayan untuk secara tekun melakukan pembibitan tidak mudah. Katanya, nelayan itu memiliki sifat

keras kepala, sehingga tidak banyak yang mau ikut pengembangan usaha pembibitan. Bibit-bit mangrove dan cemara udang itu dijual kepada konsumen publik yang membutuhkan.

Cikal Bakal Banyuurib Mangrove Center (BMC)

Dari hasil wawancara dengan pak Abdul Mughni sebagai anggota nelayan sekaligus penggiat BMC menjelaskan bahwa cikal bakal BMC dari kepedulian Kelompok Nelayan Tirta Buana Banyuurib yang melihat adanya abrasi pantai yang semakin lama semakin masuk kedalam, keprihatinan kondisi lingkungan yang ada membuat kelompok nelayan berupaya perlunya menanam mangrove sebagai penghambat terjadinya abrasi pantai, hasil wawancara yang telah dirangkum berikut ini;

Upaya masyarakat nelayan mengelola hutan mangrove di pesisir desa Banyuurip dimulai sejak tahun 2011. Berbagai lembaga telah membantu pengembangan dan konservasi hutan mangrove Banyuurip, seperti PT PGN Saka, PT Barata Gresik, TNI, perguruan tinggi untuk memberikan penyuluhan, dan sebagainya. Dari lembaga-lembaga tersebut, PGN Saka yang sering membantu secara terus-menerus, tidak hanya untuk masyarakat nelayan tetapi juga untuk masyarakat desa-desa lain di Kecamatan Ujungpangkah. Dana bantuan diambilkan dari dana CSR PGN Saka. Khusus untuk bantuan kepada masyarakat nelayan Banyuurip, PGN Saka tidak hanya membantu usaha konservasi mangrove tetapi juga membantu pemberdayaan ekonomi masyarakat, pemberian bantuan beasiswa pendidikan, dan pembangunan infrastruktur desa seperti pos kamling dan mushola.

Informasi lain, soal pembibitan mangrove dan cemara udang menurut nelayan merupakan usaha pribadi Bapak Abdul Mugni. Keterlibatan nelayan sangat minim. Menurut Pak Mugni mengajak nelayan untuk secara tekun melakukan pembibitan tidak mudah. Katanya, nelayan itu memiliki sifat keras kepala, sehingga tidak banyak yang mau ikut pengembangan usaha pembibitan. Bibit-bit mangrove dan cemara udang itu dijual kepada konsumen publik yang membutuhkan.

Persoalan pendidikan di kalangan masyarakat nelayan Banyuurip merupakan persoalan yang serius karena sebagian besar mereka berpendidikan SD. Anak-anak nelayan yang lulus pendidikan SMA sangat jarang. Kemampuan ekonomi untuk membiayai pendidikan anak-anaknya sangat terbatas. Selain itu, tantangan ekonomi yang dihadapi oleh nelayan juga berat karena masa musim ikan yang baik dalam setiap tahun hanya berlangsung 4 bulan, yaitu sejak bulan Agustus a.d. November, sedangkan bulan-bulan Mei s.d. Juli, kondisi penghasilan lumayan. Bulan-bulan yang lain, yaitu Desember s.d. April adalah bulan-bulan paceklik. Pada saat bulan paceklik nelayan bekerja apa saja di darat untuk memperoleh penghasilan, seperti menggiling batu, membuat bata merah, dan buruh jasa lainnya. Pada saat paceklik, nelayan sangat mengharapkan bantuan pemerintah.

Dari pemantauan singkat di lokasi, tampaknya penguatan organisasi Rukun Nelayan Tirta Abadi perlu dilakukan. Pembinaan penguatan itu dapat dilakukan dengan upaya-upaya sebagai berikut.

1. Melakukan regenerasi kepemimpinan dan penyegaran organisasi dengan menampilkan orang-orang baru yang potensial sebagai pengurus.
2. Tidak menunggu dan mengharap saja bantuan konservasi dari pihak-pihak lain tetapi juga aktif mengembangkan usaha ekonomi alternatif bagi anggotanya, seperti membuka warung kuliner khas kerang, industri kreatif berbasis kerang, dan sebagainya.
3. Organisasi nelayan juga harus mengembangkan jejaring kemitraan yang luas dengan berbagai pihak untuk akses informasi, penyuluhan life skill, dan sebagainya.

Kemudian sumber lain yang merupakan kepala Desa Banyuurip menambahkan dimana beliau mulai terlibat dalam pengelolaan Hutan Mangrove sebagai berikut;

Ikhsanul Haris adalah Kepala Desa Banyuurip, Kecamatan Ujungpangkah menceritakan kawasan wisata di pesisir laut Ujungpangkah, dia menjelaskan situasi di kawasan ekowisata mulai kondisi jogging track dari kayu yang mengelilingi area konservasi mangrove hingga gazebo yang dipakai wisatawan untuk beristirahat. Rasa puas sekaligus penasaran masih menggelayuti pikiran Ikhsan. Sebab, hasil ekowisata tersebut mulai terlihat, dan wahana 1 hektare itu kini mulai ramai dikunjungi masyarakat. Beliau mengatakan bahwa tidak mudah untuk merealisasikan wahana tersebut, sejak terpilih sebagai Kades pada 2013, mantan pendidik di salah satu ponpes ternama di Kecamatan Dukun itu punya mimpi agar Banyuurip memiliki ikon wisata baru. Dipilihlah kawasan hutan mangrove di desa tersebut. Punya alasan kuat apabila kondisi kritis hutan mangrove di pesisir laut rusak, hal tersebut akan berimbas pada kehidupan warga setempat," paparnya. Tak hanya abrasi yang makin parah, aktivitas para nelayan juga kerap terganggu.

Dari situ, saya bersama para tokoh sepakat untuk membenahi hutan mangrove dan tidak hanya dibenahi, melainkan juga dijadikan wahana wisata. Namun, realisasi misi tersebut ternyata tidak mudah, sejumlah penolakan bermunculan pada awal persiapan pembangunan. Yang paling sering terdengar adalah rasan-rasan” paling-paling iki ngenakno petinggi. Maksudnya, program itu hanya bermanfaat bagi petinggi di desa. Ditambah, muncul penolakan dari sebagian nelayan di sana. Nelayan khawatir wahana baru tersebut berpengaruh pada kelangsungan mata pencaharian mereka.

Rasan-rasan itu dijawab Ikhsan dengan rutin keliling bersama tokoh setempat dan mereka membeberkan tujuan dan manfaat pembenahan hutan mangrove. Awalnya tidak mudah dan akhirnya luluh dengan konsep yang ditawarkan sang Kades. Bahkan, warga dan nelayan ikut terlibat tidak hanya pembangunan, tapi juga pengelolaan. Ditambahkan tempat ini bisa menjadi alternatif bagi nelayan ketika mengalami barapan (paceklik bagi para nelayan) dan para nelayan serta warga akhirnya membentuk komunitas bernama Pelestari Mangrove Tirta Buana Banyuurip. Lewat program corporate social responsibility (CSR) sebuah perusahaan migas, hutan mangrove itu mulai ditata mulai dilakukan pembibitan mangrove, sejumlah fasilitas dibangun di sana seperti jogging track dan gazebo untuk para wisatawan.

Pada pintu masuk wahana wisata, terdapat kawasan edukasi dan pembibitan mangrove. Lebih dari 60 ribu bibit mangrove ditanam.” Ke depan seluruh kawasan bibir pantai kami tanam untuk mencegah abrasi, sejumlah program pemerintah juga dipakai untuk mempercepat pembangunan kawasan wisata dan konservasi tersebut. Termasuk, dana desa diarahkan ke sana. Sebab, lanjut dia, pembangunan kawasan wisata itu belum selesai. Salah satu mimpi yang ingin diwujudkan bersama warga adalah wisata mangrove yang dipadu dengan pasir putih.

Organisasi BMC

Penasehat	:	Kepala Desa Banyuurip, Kecamatan Ujungpangkah, Kab Gresik
Ketua	:	Ihsanul Haris S.Pd
Wakil Ketua	:	Abdul Mughni
Seksi Ketertiban dan Keamanan	:	Slamet
Seksi Kebersihan dan Keindahan	:	Soradi
Seksi Daya Tarik Wisata dan Keindahan	:	Fauzi
Seksi Humas dan Pengembangan SDM	:	Muh. Tholib
Seksi Pengembangan Usaha	:	Zulis Faroh, S.Pdi

Sumber: Pengolahan Data Primer

Dari penelusuran yang dilakukan tim dan atas informasi dari informan pertama dilanjutkan ke informan ke-dua yang sekaligus sebagai Kepala Desa Banyuurip, Kecamatan Ujungpangkah, Kabupaten Gresik yang merupakan innovator dalam perkembangan organisasi Banyuurip Mangrove Centre (BMC), berikut ini hasil wawancara:

1. Banyuurip Mangrove Centre (BMC) masuk dalam dusun Banyulegi, dimana banyuurip terdidiri dari 5 (lima) dusun yaitu dusun Bandat, dusun Kabeh, dusun Banyulegi, dusun Mulyosari dan Bangsilsari.
2. Penghasil utama dari masyarakat Desa Banyuurip adalah sebagai nelayan dan pada umumnya penghasil dari budidaya Kerang Hijau dan Kerang Darah. Oleh karena itu tidak heran kalau di Desa Banyuurip terdapat gundukan-gundukan cangkang kerang yang saat ini sudah mengganggu lingkungan.
3. Dalam membantu mewujudkan eco-wisata di Banyuurip. Kepala Desa juga menganggarkan dana desa untuk perbaikan lingkungan dengan meningkatkan konservasi.
4. Kepala Desa punya target Banyuurip Mangrove Centre sebagai daerah konservasi dan eco-wisata dan menjadi salah satu tujuan wisata di Jawa Timur.
5. Upaya untuk mencari dana pengembangan BMC, kepala desa juga menggandeng pihak luar antara lain : Dinas DKP kabupaten, bupati, Dinas LH, SKK Migas, PT Bharata dan dengan perguruan tinggi.

Dari informasi ketua BMC ada beberapa masalah yang belum bisa diatasi dan butuh bantuan pihak luar diantaranya:

1. Prasarana dan sarana eco-wisata
 - Toilet kurang memadai
 - Fasilitas kantor BMC
 - Tempat untuk istirahat wisatawan
 - Penataan kuliner
 - Kapal wisatawan.
2. SDM
 - Pemandu wisata
 - Sistem informasi
 - Pemahaman tentang konservasi dan eco-wisata
 - Pengelolaan limbah cangkang kerang.
3. Kelembagaan
 - Studi banding perlu dilakukan seperti di Sendang Biru Malang
 - Pengelolaan mangrove di Probolinggo

Peran serta masyarakat

Peran serta masyarakat adalah rangkaian kegiatan masyarakat yang dilakukan berdasarkan gotongroyong dan swadaya masyarakat dalam rangka menolong mereka sendiri mengenal, memecahkan masalah, dan kebutuhan yang dirasakan masyarakat, baik dalam bidang kesehatan maupun dalam bidang yang berkaitan.

Bentuk Aktivitas

1. Pembibitan dan penanaman Mangrove lebih dari 30 jenis Mangrove dan pengembangan ekowisata.
2. Untuk meningkatkan pendapatan nelayan melakukan budidaya Kerang hijau;
3. Mempercantik kawasan mangrove terutama pada pintu masuk dilakukan Penanaman Cemara Udang;
4. Membentuk Kelompok Usaha Bersama (KUB) untuk menampung dan mengelola bersama usaha-usaha baik dalam bidang perikanan dan kelautan maupun handicraft
5. Membentuk lembaga Kelompok Lingkungan dalam rang menyebarkan dan mensosialisasikan pentingnya lingkungan dalam pengelolaan mangrove.
6. Kelompok Pengelola yang dimaksud untuk menangani dan mengembangkan eko-wisata BMC agar semakin tertata dan dikenal diluar Kabupaten Gresik;
7. POKDARWIS dibentuk dalam rangka ikut serta mengembangkan eco-wisata pada aspek penanganan jasa pelayanan wisata.

Peran Stakeholder

Stakeholder adalah sekelompok masyarakat yang memiliki hubungan dengan sebuah perusahaan baik sebagai pihak yang mempengaruhi atau terpengaruh. Jadi kunci dari kelompok ini harus memiliki hubungan dengan instansi baik yang berhubungan dengan bidang ekonomi, sosial, dan lain-lain. Secara tidak langsung posisinya sangat mempengaruhi hasil dari sebuah usaha baik secara keseluruhan atau beberapa bagian saja.

Peran Pemprov Jatim dan Pemkab Gresik

Pemerintah Propinsi Jawa Timur dari informasi yang didapat dari Dinas Kelautan dan Perikanan Jawa Timur baru sebatas diperdakannya Kawasan Zonasi daerah Pesisir dan Pulau-pulau Kecil. Dan dari kegiatan field trip HAPPI Jawa Timur belum banyak yang dilakukan oleh Penprov Jatim dalam ikut serta dalam mengembangkan eco-wisata mangrove, berikut ini kontribusi yang dilaksanakan;

Tabel 1. Peran Pemprov Jatim dan Pemkab Gresik

No	Stakeholders Kunci	Kontribusi	Analisis Penilaian
1	Pemkab/Pemprov	Penetapan status hukum kawasan (RTRW)	Sudah dilakukan optimal
		Mengembangkan kelembagaan	Sudah dilakukan belum

		masyarakat	optimal
		Penataan zonasi kawasan (papan peta, penunjuk lokasi)	Sudah dilakukan belum optimal
		Promosi wisata	Sudah dilakukan belum optimal
		Peningkatan SDM	Sudah dilakukan belum optimal
		Peningkatan sarana prasarana pendukung wisata	Belum dilakukan
		Penyusunan rencana pengelolaan jangka menengah dan panjang	Sudah dilakukan belum optimal

Sumber: Pengolahan Data Primer

Peran Pemerintah Propinsi Jatim yaitu sudah ditetapkannya atau sudah diterbikannya RTRW yang baru, sehingga lokasi peruntukan untuk lokasi budidaya dan peruntukan yang lain sudah lebih jelas. Sedangkan untuk penetapan daerah konservasi dan eco-wisata sedang diupayakan minimal melalui SK Bupati untuk dipakai sebagai dasar pengelolaan Banyuurip Mangrove Centre. Adapun untuk penataan zonasi belum dilakukan karena hal tersebut perlu dilakukan studi lebih mendalam sehingga tidak menimbulkan konflik antara penggiat BMC dengan masyarakat yang menggunakan laut sebagai sumber penghidupan.

Peran Pemerintah Desa

Dari informasi yang diperoleh dari kepala desa menyebutkan bahwa misi utama untuk meningkatkan gairah ekonomi selain penghasilan dari nelayan adalah dengan meningkatkan pengelolaan BMC sebagai sumber penghasilan masyarakat Desa Banyuurip, Kecamatan Ujungpangkah. Berikut ini di tampilkan peran desa dalam meningkatkan kemampuan BMC dalam mengelola destinasi eco-wisata, termasuk didalamnya dalam bentuk fisik.

Tabel 2. Peran Pemerintah Desa

No	Stakeholders Kunci	Kontribusi	Analisis Penilaian
1	Pemerintah Desa	Pengelolaan kawasan wisata (pelaku ekowisata)	Sudah dilakukan optimal
		Pemberdayaan masyarakat	Sudah dilakukan belum optimal
		Pelestarian lingkungan	Sudah dilakukan belum optimal
		Promosi dan diversifikasi wisata	Sudah dilakukan belum optimal
		Inisiasi kebijakan lokal	Sudah dilakukan belum optimal
		Monitoring Kelestarian lingkungan	Belum dilakukan
		Pengawasan dan pencegahan kerusakan	Sudah dilakukan belum optimal

Sumber: Pengolahan Data Primer

Peran Industri dan Perguruan Tinggi

Banyak yang sudah dilakukan oleh industry dan perguruan tinggi dalam ikut serta mengembangkan disniasi eco-wisata BMC, dari hasil wawancara dengan suffi staf Desa Banyuurip dan Pak Mughni, perguruan tinggi yang sudah terlibat antara lain UB, UTM, Unair, UNMUH Gresik, berikut ini kegiatan yang dilakukan baik industry dan perguruan tinggi;

Tabel 3. Peran Industri dan Perguruan Tinggi

No	Stakeholders Kunci	Kontribusi	Analisis Penilaian
1	Industri (PGN SAKA)	CSR pembangunan fasilitas pendukung ekowisata	Sudah dilakukan optimal
		Pemberdayaan ekonomi masyarakat	Sudah dilakukan belum optimal

2	Akademisi/Peneliti	Studi keanekaragaman hayati	Sudah dilakukan belum optimal
		Studi daya dukung lingkungan untuk ekowisata	Belum dilakukan
		Rekayasa social pengembangan ekonomi masyarakat	Belum dilakukan
		Menemukan solusi-solusi pengelolaan berinovasi pada kelestarian keanekaragaman hayati dan budaya	Belum dilakukan
		Pendampingan masyarakat	Sudah dilakukan belum optimal

Sumber: Pengolahan Data Primer

Upaya masyarakat nelayan mengelola hutan mangrove di pesisir desa Banyuurip dimulai sejak tahun 2011. Berbagai lembaga telah membantu pengembangan dan konservasi hutan mangrove Banyuurip, seperti PT PGN Saka, PT Barata Gresik, TNI, perguruan tinggi untuk memberikan penyuluhan, dan sebagainya. Dari lembaga-lembaga tersebut, PGN Saka yang sering membantu secara terus-menerus, tidak hanya untuk masyarakat nelayan tetapi juga untuk masyarakat desa-desa lain di Kecamatan Ujungpangkah. Dana bantuan diambilkan dari dana CSR PGN Saka. Khusus untuk bantuan kepada masyarakat nelayan Banyuurip, PGN Saka tidak hanya membantu usaha konservasi mangrove tetapi juga membantu pemberdayaan ekonomi masyarakat, pemberian bantuan beasiswa pendidikan, dan pembangunan infrastruktur desa seperti pos kamling dan mushola.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Partisipasi masyarakat dan beberapa peran stakeholder seperti SKK Migas, PT Bharata, Perguruan Tinggi dan lainnya merupakan aspek penting yang menjadi pilar utama dan kunci keberhasilan dalam konservasi hutan mangrove di Desa Banyuurip, Kecamatan Ujungpangkah, Kabupaten Gresik terutama diarahkan ke Banyuurip Mangrove Centre (BMC). Kesadaran dan partisipasi masyarakat serta peran para stakeholder dalam pengelolaan secara benar konservasi mangrove di Desa Banyuurip merupakan bentuk partisipasi positif.

Stakeholders yang terlibat di dalam pengembangan BMC eco-wisata stakeholders fasilitator yang bersifat memfasilitasi dan mencukupi kebutuhan dalam mengembangkan BMC. Pola kerjasama stakeholders dalam pengembangan objek wisata BMC bersifat sukarela dan "give and take", sedangkan faktor-faktor yang menghambat para stakeholders dalam upaya mengembangkan objek wisata pantai karang jahe ialah kepastian status zonasi mangrove, anggaran, sumber daya manusia, pola pikir, regulasi, promosi pariwisata, dan kerjasama antar *stakeholders*

Saran

Mengingat besarnya potensi mangrove yang ada sehingga perlunya peningkatan pengelolaan mangrove berbasis eco-wisata. Oleh karena itu, penataan dan pengelolaan eco-wisata perlu ditingkatkan seperti;

1. Perlu ditingkatkan kerjasama antar *stakeholders* dalam rangka mewujudkan BMC sebagai salah satu destinasi eco-wisata di Jawa Timur yang lebih dikenal dan menjadikan paket wisata dengan destinasi wisata lainnya;
2. Penataan kelembagaan yang professional dan modern untuk menyongsong destinasi eco-wisata khususnya dalam menarik wisatawan yang lebih luas dan sebagai pundi-pundi penghasilan masyarakat lokal dan kesejahteraan pada umumnya;
3. Penataan dan pengembangan destinasi eco-wisata untuk lebih nyaman dan informatif seperti: penataan PKL, Lay out wisata dan fasilitas lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

Prastowo, Andi. (2012). *Metode Penelitian Kualitatif dalam Prespektif Rancangan Penelitian*. Yogyakarta: ISBN Damanik, Janianton dan Helmut F. Weber. Perencanaan Ekowisata Dari Teori ke Aplikasi. Yogyakarta:

- Yosevita Th. (2015). "Implementasi Peran Stakeholder dalam Pengembangan Ekowisata di Taman Nasional Manusela (TNM) di Kabupaten Maluku Tengah." *Jurnal Agroforestri X* Nomor 1 ISSN: 1907-7556.
- Wakka, Kadir. Analisis Stakeholders Pengelolaan Kawasan Hutan dengan Tujuan Khusus (KHDTK) Mengkendek, Kabupaten Tana Toraja, Provinsi Sulawesi Selatan. *Jurnal Penelitian Kehutanan Wallacea*, 3(1), April 2014: 47-55 Internet: Dedy Susilawati. *Republika* (Jum'at, 2 September 2016),
- MaHFud, Ali Zuhri, Muhammad, Bambang Santoso Haryono dan Niken Lastiti Veri Anggraeni. Peran dan Koordinasi Stakeholder dalam Pengembangan Kawasan Minapolitan di Kecamatan Nglegok, Kabupaten Blitar. *Jurnal Administrasi Publik (JAP)*, 3(12), 2070-2076.
- Ritzer, George. (2011). *Teori Sosiologi (Dari Teori Sosiologi Klasik Sampai Perbandingan Mutakhir Teori Sosial Postmodern)*. Yogyakarta: Kreasi Wacana.
- _____. (2012). *Teori Sosiologi*. Yogyakarta: Pustaka Pelajar.
- Yoeti, Oka A. dkk. (2016). *Pariwisata Budaya: Masalah dan Solusinya*. Jakarta: Balai Pustaka.

STRATEGI PENGEMBANGAN PULAU-PULAU KECIL SEBAGAI DESTINASI WISATA BERKELANJUTAN

Djoko Poernomo*, Maulana Surya Kusuma, Hari Karyadi, Suhartono

Anggota Institute for Maritime Studies (Imas)
Lembaga Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat (LP2M) Universitas Jember

*Corresponding author e-mail: djoko-poernomo.fisip@unej.ac.id

ABSTRAK

Setiap jengkal tanah di wilayah Indonesia seharusnya dapat dimanfaatkan secara optimal untuk sebesar-besarnya kesejahteraan rakyat. Memang, ada wilayah Indonesia yang potensi wisatanya sangat kuat sehingga disentuh sedikit saja sudah dapat berkembang pesat namun ada daratan yang membutuhkan perhatian khusus agar potensi wisata yang selama ini “tidur” dapat “bangun” dan kemudian layak menjadi destinasi wisata. Pulau Mandangin adalah salah satu pulau kecil yang terletak di Kabupaten Sampang Pulau Madura Provinsi Jawa Timur yang dapat dikatakan memiliki potensi wisata yang cukup kuat untuk dikembangkan menjadi daerah tujuan wisata berkelanjutan. Oleh sebab itu, dibutuhkan strategi yang tepat untuk menjadikan pulau Mandangin sebagai tujuan wisata. Tujuan paper berbasis penelitian ini adalah menawarkan model strategi pengembangan pulau Mandangin sebagai destinasi wisata berkelanjutan. Metode penelitian yang digunakan adalah penelitian kualitatif dengan strategi pendekatan fenomenologis. Informan penelitian adalah perangkat desa, tokoh masyarakat, sejumlah masyarakat lokal, turis domestik, dan dinas-dinas pemerintah yang terkait dengan kepariwisataan. Analisis data menggunakan analisis domain dan taksonomis. Hasil penelitian memperlihatkan dibutuhkan komitmen, keberpihakan, dan kerjasama yang cukup kuat dari berbagai pihak yang berkaitan langsung (misalnya pemerintahan desa, pemerintahan kabupaten, dinas pariwisata, masyarakat lokal, dan tokoh masyarakat) maupun tidak langsung (misalnya turis domestik) dengan pulau Mandangin. Adapun model strategi pengembangan pulau Mandangin sebagai destinasi wisata berkelanjutan akan dibahas lebih detil di paper ini.

Kata Kunci: Destinasi Wisata Berkelanjutan, Pulau-pulau Kecil, Strategi Pengembangan, Pulau Mandangin.

PENDAHULUAN

Setiap jengkal tanah di wilayah Indonesia seharusnya dapat dimanfaatkan secara optimal untuk sebesar-besarnya kesejahteraan rakyat. Memang, ada wilayah di Indonesia yang potensi wisatanya sangat kuat sehingga disentuh sedikit saja sudah dapat berkembang pesat namun ada daratan yang membutuhkan perhatian khusus agar potensi wisata yang selama ini “tidur” dapat “bangun” dan kemudian layak menjadi destinasi wisata.

Pulau Mandangin menurut Undang-undang Nomor 27 Tahun 2007 tentang Pengelolaan Pulau-pulau Kecil telah memenuhi syarat sebagai Pulau Kecil. Pulau Mandangin adalah salah satu pulau kecil yang terletak di Kabupaten Sampang Pulau Madura Provinsi Jawa Timur yang dapat dikatakan memiliki potensi wisata yang cukup kuat untuk dikembangkan menjadi daerah tujuan wisata berkelanjutan selain masih terdapat sejumlah persoalan yang perlu penanganan lebih lanjut. Persoalan tersebut misalnya masih terdapat tumpukan sampah yang cukup banyak di pintu gerbang masuk Pulau Mandangin, infrastruktur transportasi keluar masuk pulau yang sangat terbatas, kelestarian pesisir dan pantai yang cukup rusak akibat eksploitasi para penambang pasir dan terumbu karang. Oleh sebab itu, dibutuhkan strategi pengembangan yang komprehensif untuk menjadikan pulau Mandangin sebagai tujuan wisata. Tujuan paper berbasis penelitian ini adalah menawarkan model strategi pengembangan pulau Mandangin sebagai destinasi wisata berkelanjutan.

MATERI DAN METODE

Metode penelitian yang digunakan adalah penelitian kualitatif. Pada hakekatnya substansi penelitian kualitatif berpijak pada fenomena lapangan dalam menggali data, jadi tidak menguji teori sebagaimana penelitian kuantitatif dengan menggunakan statistik. Teori yang ada pada penelitian

kualitatif hanya dipakai untuk menganalisis data yang berhasil dihimpun. Strategi pendekatan penelitian kualitatif yang digunakan pada penelitian ini ialah fenomenologi. Strategi ini cocok digunakan karena informan penelitian ini cukup tersebar dalam rangka memperoleh kecukupan data atau informasi yang dibutuhkan (Denzin & Lincoln, 2009; Neuman, 2013) mulai dari pejabat di lingkungan pemerintahan desa, masyarakat, tokoh informal, sampai kepada pemerintahan kabupaten. Teknik pengumpulan data menggunakan wawancara mendalam (*indepth interview*). Analisis data menggunakan domain dan taksonomis. Waktu penelitian (pengumpulan data) sekitar bulan April sampai dengan Juni 2018.



Gambar 1: Foto dengan Informan, 2018

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kondisi obyektif Pulau Mandangin

Pulau Mandangin memiliki luas areal sekitar 9,79 Km². Pulau Mandangin memenuhi pengertian sebagai pulau kecil yang dimiliki Indonesia berdasarkan Undang-undang Nomor 27 Tahun 2007. Pengertian pulau kecil berdasarkan undang-undang tersebut adalah pulau dengan luas lebih kecil atau sama dengan 2.000 km² beserta kesatuan ekosistemnya.

Memasuki pintu gerbang Pulau Mandangin, masyarakat akan disugahi oleh tumpukan sampah yang cukup banyak. Sampai paper ini dibuat, tumpukan sampah tersebut diyakini masih terhampar diujung dermaga Pulau Mandangin.



Gambar 2. Tumpukan Sampah dan Gerbang Masuk Pulau Mandangin, 2018.

Pulau Mandangin secara geografis masuk di wilayah Kabupaten Sampang Provinsi Jawa Timur. Pulau Mandangin adalah satu-satunya pulau kecil yang dimiliki Kabupaten Sampang. Pemerintahan Kabupaten Sampang telah menetapkan Pulau Mandangin sebagai kawasan cagar alam laut berupa kawasan perlindungan terumbu karang dan oleh sebab itu tidak diijinkan segala aktivitas budidaya perairan laut (misalnya rumput laut maupun mutiara). Namun, untuk kegiatan wisata seperti berenang, *diving*, *snorkelling*, selama tidak mengganggu kelangsungan hidup terumbu karang diperbolehkan.

Pulau Mandangin hanya memiliki satu desa saja yakni Desa Mandangin. Desa Mandangin terdiri atas 3 dusun yakni Dusun Candin (terletak di bagian timur), Dusun Keramat (di bagian tengah), Dusun Barat (di bagian barat). Keadaan Pulau Mandangin dapat dicermati melalui gambar-gambar di bawah.



Gambar 3. Kondisi Jalan di Pulau Mandangin

Kondisi jalan umumnya belum beraspal namun cukup keras sehingga relatif mudah dilewati mobil seperti *pick-up*. Lebar jalan kira-kira 1,5 meter sampai dengan 3 meter. Di musim kemarau, jalan-jalan cukup berdebu dan berwarna putih seperti bercampur dengan kapur.



Gambar 4. Pesisir yang di eksploitasi dan seorang penambang pasir pantai

Pesisir Pulau Mandangin dewasa ini juga mengalami eksploitasi. Eksploitasi pesisir dilakukan untuk mendapatkan pasir yang dapat dijual atau untuk kebutuhan sendiri. Sampai sekarang belum ada larangan resmi dari pemerintahan desa terhadap para penambang pasir pantai.

Pulau Mandangin hanya dapat ditempuh melalui perjalanan laut. Perjalanan ke (pelabuhan) Pulau Mandangin dapat ditempuh selama kira-kira 1,5 jam dari Pelabuhan Tanglok Kabupaten Sampang.



Gambar 5. Pelabuhan Pulau Mandangin

Pada umumnya wilayah di sekitar Pulau Mandangin mengalami musim barat yang berlangsung pada bulan Desember sampai dengan Januari, Musim tersebut cukup berpengaruh pada seluruh aktivitas wilayah pertanian dan wilayah pesisir yang pada akhirnya berpengaruh juga terhadap kesejahteraan masyarakat. Musim tersebut ditandai oleh adanya terpaan angin yang kencang, disertai hujan lebat dan ombak besar yang senantiasa dihadapi oleh kaum nelayan, sehingga pada musim seperti itu kebanyakan para nelayan tidak melaut. Hal tersebut disebabkan sangat sukar melakukan penangkapan ikan. Oleh sebab itu pada masyarakat nelayan terdapat karakteristik yang mencolok yaitu ketergantungan pada musim. Pada musim penangkapan ikan, para nelayan sangat sibuk melaut. Sebaliknya, pada musim paceklik kegiatan melaut menjadi berkurang sehingga banyak nelayan yang terpaksa menganggur sementara kebutuhan hidup sehari-hari terus tidak pernah berhenti.



Gambar 6. Perahu Nelayan di Pulau Mandangin

Pulau Mandangin sampai sekarang belum memiliki jaringan air bersih untuk memenuhi kebutuhan air bersih (makan dan minum). Masyarakat memanfaatkan air hujan yang ditampung untuk kebutuhan sehari-hari (mandi, masak, mencuci). Sebenarnya pada tahun 2012 PU Cipta Karya membangun sistem SWRO yang berfungsi untuk menyuling air laut agar bisa dikonsumsi oleh masyarakat dan sekaligus mengatasi kelangkaan air di Pulau Mandangin.

Saat ini di Pulau Mandangin belum ada jaringan distribusi air bersih untuk memenuhi kebutuhan air bersih. Masyarakat memanfaatkan air hujan yang ditampung untuk mandi, mencuci dan penduduk

juga memasak air hujan untuk diminum. Semenjak tahun 2012, PU Cipta karya membangun sistem SWRO yang berfungsi untuk menyuling air laut agar bisa dikonsumsi oleh masyarakat dan mengatasi kelangkaan air di Pulau Mandangin. Volume tampungan reservoir optimal adalah 50 m³. Jumlah penduduk Pulau Mandangin tahun 2015 adalah 20.076 orang dan kebutuhan air bersih 2279,03 m³/hari. Kebutuhan air bersih tersebut akan terus bertambah seiring dengan bertambahnya jumlah penduduk setiap tahunnya. Namun penyulingan air laut ini sekarang sudah tidak beroperasi karena masyarakat merasa terbebani oleh biaya yang menurut mereka cukup mahal. Disisi lain, ketersediaan air seringkali tidak lancar.

Pelabuhan yang terdapat di Pulau Mandangin berfungsi juga sebagai pintu penyeberangan masyarakat di luar pulau maupun yang bertempat tinggal di pulau tersebut. Moda transportasi yang digunakan adalah perahu motor cepat (*speedboat*).



Gambar 7. Moda Transportasi Utama

Perahu tersebut beroperasi setiap hari mulai jam 05.00 sampai dengan jam 12.00 dalam melayani masyarakat dari pelabuhan Tanglok ke Pulau Mandangin dan dari Pulau Mandangin ke pelabuhan Tanglok. *Speedboat* tersebut beroperasi mulai jam 05.00 dari pelabuhan Tanglok Kabupaten Sampang yang umumnya digunakan untuk mengantarkan (kebanyakan) guru-guru ke Pulau Mandangin dan jam 12.00 mengantarkan pulang guru-guru ke pelabuhan Tanglok. Biaya sekali berangkat menyebrang Rp 2.000 – Rp. 2.500,- demikian pula ketika pulang. Di luar jam tersebut, para penyebrang harus menggunakan carteran dengan tarif Rp. 500.000 sampai Rp. 750.000. Ketika laut sedang surut di wilayah pesisir Tanglok maka perahu dari Pulau Mandangin agak kesulitan merapat sehingga para pengguna moda ini harus turun di pelabuhan lain yang jaraknya cukup jauh dari Tanglok (sekitar 4 km).

Selain dari semua hal di atas, Pulau Mandangin memiliki sejumlah potensi sosial-ekonomi dan ekologis yang belum sepenuhnya dikelola. Masyarakat di Pulau Mandangin hampir semuanya etnis Madura dan bahasa yang digunakan berkomunikasi sehari-hari adalah bahasa Madura. Sebagian besar pria di Pulau Mandangin adalah nelayan yang menggantungkan pendapatannya pada hasil tangkapan ikan di laut. Sedangkan para wanitanya mengembangkan industri pengolahan hasil tangkapan. Potensi pertanian di pulau ini dapat dikatakan tidak ada. Selain menjadi nelayan tangkap, banyak masyarakat yang bekerja di luar pulau bahkan tidak sedikit yang menjadi TKI.

Pembahasan

Dalam perspektif penulis, Pulau Mandangin meskipun di beberapa bagian terdapat persoalan seperti sampah yang cukup banyak, moda transportasi yang sangat terbatas, sumber air bersih yang belum ada, serta persoalan lainnya, ternyata menyimpan potensi alam dan sosial budaya yang dapat dikembangkan untuk tujuan wisata. Persoalan yang masih ada sebagaimana telah dideskripsikan secara singkat di atas relatif mudah untuk dirubah menjadi potensi, misalnya tumpukan sampah bisa di daur ulang dan dapat dikomersialkan. Moda transportasi dapat ditambah ketika mobilitas dan atau kebutuhan masyarakat makin meningkat, demikian pula persoalan-persoalan lainnya dapat dicarikan solusinya. Potensi alam Pulau Mandangin dan sekitarnya sangat mungkin untuk dikembangkan, laut yang cukup dalam yang memisahkan pelabuhan Tanglok dengan Pulau Mandangin, deburan ombak yang cukup tinggi, perjalanan yang cukup lama (kira-kira 75 menit) akan memberi kesempatan kepada para penumpang *speedboat* menikmati panorama alam disekitar perjalanan. Namun semua itu butuh sentuhan orang-orang yang visioner, strategis, dan memiliki jiwa kewirausahaan untuk menyulap Pulau Mandangin dan sekitarnya sebagai tempat tujuan wisata yang menyenangkan. Dengan kata lain dibutuhkan pendekatan strategi yang komprehensif untuk mempersiapkan Pulau Mandangin sebagai destinasi wisata berkelanjutan. Tanpa visi, strategi, dan jiwa yang berorientasi kewirausahaan maka niscaya sangat sulit menjadikan Pulau Mandangin sebagai destinasi wisata

yang dapat dibanggakan. Dari hasil wawancara tim peneliti dengan kepala desa maupun kaur kesra, dapat disimpulkan bahwa mereka cukup visioner dalam konteks pengembangan Pulau Mandangin sedangkan masyarakat yang diwawancarai pada umumnya mengikuti apa yang dipikirkan dan dikerjakan oleh pimpinan pemerintahan desa.

Destinasi wisata dapat dimengerti sebagai tempat atau lokasi dimana segala aspek kegiatan kepariwisataan dengan tersedianya segala fasilitas dan atraksi wisata yang diperuntukkan bagi para wisatawan. Pengertian tersebut memiliki makna harus terdapat objek & daya tarik wisata, prasarana wisata, sarana wisata, infrastruktur/tata laksana, masyarakat atau lingkungan. Oleh sebab itu sebuah tempat atau lokasi layak disebut memenuhi tujuan atau destinasi wisata jika memenuhi syarat ada yang dilihat (*something to see*), ada yang dikerjakan (*something to do*), ada yang dibeli (*something to by*), ada yang dinikmati (*something enjoyed*), dan ada yang berkesan (*something memorable*).

Visi adalah mimpi-mimpi kita dimasa depan hendak menjadi apa (Hunger & Wheelen, 2003). Visi harus jelas karena ia dapat dijadikan pegangan untuk bekerja di saat sekarang. Contoh visi ialah Pulau Mandangin harus menjadi destinasi wisata yang dapat diandalkan di Pulau Madura oleh Kabupaten Sampang pada tahun 2030. Strategi pada dasarnya dapat didefinisikan sebagai rencana aksi (*action plan*) atau cara-cara untuk mewujudkan tujuan. Namun pengertian tersebut belum bisa mengarahkan kita ke lebih fokus. Pengertian strategi yang lebih baik adalah sebagai berikut: strategi adalah serangkaian rencana yang luas namun terintegrasi, yang dipersiapkan matang dan dilakukan secara sistematis, yang menghubungkan keunggulan kompetitif (wilayah/daerah/organisasi) ke lingkungan diluarnya dan dalam hubungan tersebut wilayah/daerah/organisasi menerima manfaat (ekonomi dan atau non-ekonomi) (Pearce II & Robinson JR., 1997; Hunger & Wheelen, 2003; Leiblod et al., 2005). Berpijak dari pengertian tersebut, rencana bisa lebih dari satu namun harus terintegrasi menjadi satu kesatuan rencana besar. Hanya orang-orang yang mempunyai visi yang dapat menyusun banyak rencana dan melakukannya secara cermat dan hati-hati. Keunggulan kompetitif dimaksudkan ialah apa yang dapat dijadikan sebagai basis penciptaan keunggulan kompetitifnya. Pada konteks Pulau Mandangin, apakah laut dengan deburan ombaknya, pantainya, panorama, budaya masyarakat sebagai pijakan membangun keunggulan kompetitif. Sedangkan yang dimaksud dengan orientasi kewirausahaan ialah adanya kecenderungan untuk menghadirkan atau menghasilkan sesuatu yang baru. Untuk menciptakan sesuatu yang baru, terdapat sejumlah elemen yang terkandung pada orientasi kewirausahaan yakni *proactiveness* (proaktif), *innovativeness* (inovatif), *risk taking* (pengambilan risiko), *competing aggressiveness* (agresif berkompetisi), *autonomy* (mandiri).

Perumusan strategi yang baik harus melalui serangkaian analisis lingkungan internal dan lingkungan eksternal. Analisis lingkungan internal perlu dilakukan agar diperoleh profil kekuatan dan kelemahan sedangkan analisis lingkungan eksternal dilakukan adar didapatkan profil ancaman dan peluang. Dari kedua profi tersebut kemudian disusun strategi. Pada konteks Pulau Mandangin, analisis lingkungan internal dilakukan terhadap segala apa yang terdapat di pulau tersebut, misalnya apa yang menarik untuk dilihat (pesona laut, terumbu karang, pesisir, teluk, atraksi masyarakat), apa yang dikerjakan (atraksi lomba mancing di teluk, atraksi daur ulang sampah dengan pendekatan unik, atraksi kerajinan tangan berbasis hasil laut), ada yang dibeli (produk-produk kerajinan hasil inovasi masyarakat setempat), ada yang dinikmati (lomba mancing, ikan bakar khas masyarakat, infrastruktur yang baik), ada yang berkesan (buat semua yang diselenggarakan/dihidangkan di pulau tersebut memberi kesan mendalam yang baik). Pada aspek lingkungan eksternal yang perlu mendapat perhatian serius misalnya moda transportasi.

Berdasarkan analisis singkat terhadap (terutama) lingkungan internal Pulau Mandangin serta memperhatikan syarat menjadikannya sebagai destinasi wisata yang berkelanjutan maka tim peneliti menawarkan sejumlah hal penting yang perlu dilakukan yakni:

- a. Teluk yang menghubungkan pelabuhan Tanglok ke laut Pulau Mandangin perlu diciptakan atraksi mancing bersama atau lomba memancing atau bentuk atraksi lainnya yang direncanakan secara periodik.
- b. Atraksi yang berbasis pada budaya masyarakat Pulau Mandangin perlu digali, direkayasa, dan ditampilkan secara berkala.
- c. Perlu diciptakan gerakan keterlibatan aktif masyarakat dalam mendaur ulang tumpukan sampah di pintu gerbang masuk Pulau Mandangin. Jadikan kegiatan tersebut sebagai atraksi mendaur ulang sampah yang mengundang minat wisatawan untuk melihatnya.
- d. Pantai atau pesisir Pulau Mandangin harus bersih, terbebas dari eksploitasi penambang pasir dan dikelola dengan baik sehingga bisa menarik minat wisatawan. Akan lebih baik lagi jika

ada semacam *home stay* dan tempat duduk yang artistik di pinggir pantai sebagaimana seperti yang ada di Pantai Sembilan Kabupaten Sumenep.

- e. Kegiatan seperti *diving*, *snorkelling* perlu ciptakan.
- f. Perlu juga didirikan beberapa warung makan yang menghadirkan ikan bakar atau makanan khas Pulau Mandangin berbasis hasil-hasil laut.

Atraksi maupun aktivitas lain sebagaimana butir a sampai dengan butir f akan menjadi sumber keunggulan kompetitif berkelanjutan apabila memenuhi syarat *valuable*, *rare*, *inimitable*, *non-substitutable* (Poernomo & Suhartono, 2017). Mengembangkan Pulau Mandangin sebagai destinasi wisata berkelanjutan tidak dapat dilakukan sendiri oleh masyarakat setempat/lokal ataupun pemerintahan desa Pulau Mandangin melainkan dibutuhkan kerjasama semua pihak-pihak yang berkepentingan (misalnya pemerintahan kabupaten) termasuk investor.

KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan pembahasan di atas, kesimpulan yang dapat ditarik: Pertama Pulau Mandangin dapat menjadi tujuan wisata yang menarik dan berkelanjutan (destinasi wisata berkelanjutan) apabila masalah serta potensi yang ada dapat dirubah menjadi atraksi-atraksi yang menarik bagi wisatawan dan di kelola secara profesional. Hal tersebut harus menjadi bagian dari satrategi pengembangan. Kedua, dibutuhkan kerjasama dan komitmen semua pihak-pihak yang berkepentingan (*stakeholders*) untuk menjadikan Pulau Mandangin sebagai destinasi wisata. Sedangkan saran yang penting untuk diperhatikan ialah masyarakat Pulau Mandangin harus memiliki orientasi sadar wisata. Oleh sebab itu perlu dibentuk kelompok-kelompok sadar wisata pada masyarakat Pulau Mandangin dan adanya pelatihan-pelatihan kepariwisataan secara berkala.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih kami sampaikan kepada ketua Lembaga Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat (LP2M) Universitas Jember yang telah memberikan dukungan materiel maupun non-materiel sehingga kami bisa mengikuti kegiatan seminar nasional dengan lancar.

DAFTAR PUSTAKA

- David, Fred R. (2010). *Strategic Management*, terjemahan, Penerbit Salemba Empat, Jakarta.
- Denzin, Norman K., Lincoln, Yvonna S. (2009). *Handbook of Qualitative Research*, terjemahan, Penerbit Pustaka Pelajar, Yogyakarta.
- Hunger, J. David. & Wheelen, Thomas L. (2003). *Manajemen Strategis*, terjemahan, Penerbit Andi, Yogyakarta.
- Leibold, Marius., Probst, Gilbert., Gibbert, Michael. (2005). *Strategic Management in the Knowledge Management*, A joint publication of public is Corporate Publishing and Wiley-VCH-Verlag GmbH & Co KG Aa
- Neuman, W. Lawrence. (2013). *Metode Penelitian Sosial: Pendekatan Kualitatif dan Kuantitatif*, terjemahan, Penerbit PT. Indeks, Jakarta.
- Pearce II, Jhon A., & Robinson JR., Richard B. (1997). *Manajemen Strategik: Formulasi, Implementasi, dan Pengendalian*, terjemahan, Penerbit Binarupa Aksara, Jakarta (pendukung)
- Poernomo, Djoko., Suhartono. (2017). *Strategi Penerapan Konsep VRIN dan Orientasi Kewirausahaan Dalam Pengembangan Operasi Bisnis Pariwisata*, Prosiding Seminar Nasional Pariwisata, Penyelenggara Diploma III Usaha Perjalanan Wisata FISIP Universitas Jember.

PASANG SURUT KESEJAHTERAAN NELAYAN TRADISIONAL DI PESISIR SELAT MADURA: PERSPEKTIF ANTROHISTORI

Studi Kasus di Desa Pesisir, Kecamatan Besuki, Kabupaten Situbondo

Kusnadi*

Antropolog/Pengajar di FIB-UNEJ
dan Peneliti *Institute for Maritime Studies* LP2M-UNEJ

*Corresponding author e-mail: welfarestate@yahoo.co.id

ABSTRAK

Modernisasi perikanan yang dilakukan pemerintah pada awal tahun 1970-an merupakan tonggak yang bersejarah untuk menggenjot produktivitas hasil tangkap dan meningkatkan kesejahteraan masyarakat nelayan. Akan tetapi, setelah berjalan hampir setengah abad (1970-2018), modernisasi perikanan tersebut telah meninggalkan residu, berupa kelangkaan sumberdaya perikanan yang berdampak pada kemerosotan produktivitas tangkapan, penurunan pendapatan nelayan, dan kelestarian kemiskinan. Bagi nelayan tradisional di Desa Pesisir, Kecamatan Besuki, Kabupaten Situbondo, residu itu menjadi belenggu eksistensi mereka untuk meraih hak-hak atas kesejahteraan sosial. Selama dua dekade terakhir (1997-2016), tidak terjadi perkembangan kesejahteraan yang signifikan dalam kehidupan rumah tangga nelayan tradisional. Mereka harus berjuang sendiri mempertahankan kelangsungan hidup di tengah-tengah keterbatasan intervensi pembangunan pemerintah/negara. Karena itu harus ada upaya-upaya menjaga stabilitas sumberdaya perikanan, mengurangi ketergantungan dari pendapatan melaut, dan mengembangkan sumber-sumber pendapatan ganda melalui keragaman kegiatan ekonomi di darat. Dalam hal ini pemerintah kabupaten dan masyarakat nelayan setempat dapat bersinergi untuk meningkatkan kesejahteraan mereka.

Kata kunci: *nelayan tradisional, modernisasi perikanan, kelangkaan sumberdaya dan kesejahteraan.*

Pengantar

Perairan Selat Madura merupakan lahan kehidupan bagi puluhan ribu nelayan yang bermukim di kawasan pesisirnya. Mereka tersebar di sejumlah kabupaten/kota yang berbatasan langsung dengan Pesisir Selat Madura, yakni Situbondo, Probolinggo, Pasuruan, Sidoarjo, Surabaya, Gresik, Bangkalan, Sampang, Pamekasan, dan Sumenep. Sebagian besar Perairan Selat Madura dieksploitasi potensi perikanan tangkapnya, ditambang pasir lautnya untuk bahan bangunan, dikonversi lahan pesisirnya dan dibabat hutan mangrovenya untuk perumahan dan pertambakan, serta di beberapa tempat diambil terumbu karangnya untuk bahan material pembangunan rumah. Kontribusi kawasan Selat Madura tidak hanya berupa perikanan tangkap, tetapi juga berupa sumberdaya alam yang lain dalam rangka memenuhi kebutuhan masyarakat pesisirnya. Selain itu, kawasan Selat Madura juga diposisikan sebagai "bejana yang luas" untuk menampung berbagai jenis limbah yang dihasilkan oleh kegiatan warga dan industri atau pabrik, dari yang berskala kecil sampai dengan industri besar. Kawasan Selat Madura juga dimanfaatkan sebagai penampung luapan bencana lumpur lapindo (Kusnadi, 2009:115-124).

Kontras dengan hal-hal di atas, sampai hari ini belum banyak upaya-upaya intensif dari berbagai pihak untuk melakukan merehabilitasi sumberdaya alam yang rusak. Kalaupun ada upaya konservasi pesisir dengan hutan mangrove dan rehabilitasi ekosistem laut dengan terumbu karang buatan, dan penghentian eksploitasi pasir laut, khususnya di kawasan pulau-pulau kecil, Madura Timur, sifatnya sangat terbatas. Di beberapa kawasan pesisir juga ditemukan lahan-lahan tambak yang mangkrak, tidak beroperasi lagi dan telah mengakibatkan kerusakan ekosistem pesisir. Upaya-upaya mengatasi kerusakan sumberdaya lingkungan itu sangat tidak sebanding dengan laju kerusakan yang terjadi. Dampak kerusakan sumber daya alam di kawasan Pesisir Selat Madura, tidak hanya menimbulkan abrasi pesisir, pencemaran laut, dan kehancuran habitat ikan, tetapi juga berakibat negatif terhadap kondisi stok perikanan laut yang menjadi basis material kehidupan masyarakat nelayan.

Artinya, masa depan kesejahteraan masyarakat nelayan di sepanjang Pesisir Selat Madura dipertaruhkan. Kondisi stagnan kesejahteraan masyarakat nelayan di Desa Pesisir, Kecamatan

Besuki, Kabupaten Situbondo, merupakan contoh yang representatif. Perjalanan dua dekade terakhir (1997-2016) dari masyarakat nelayan di Desa Pesisir menunjukkan bahwa sektor perikanan tangkap tidak banyak berkontribusi terhadap peningkatan kualitas kesejahteraan mereka (Kusnadi, 1997; Kusnadi dan Sumarijono, 2016). Kawasan Selat Madura yang berada dalam ancaman kerusakan lingkungan dan kemiskinan masyarakatnya, saat ini sedang menuju ke *the tragedy of the commons*. Ketidakberdayaan masyarakat nelayan di Pesisir Selat Madura menandai berakhirnya masa emas dalam kegiatan perikanan tangkap, seperti yang terjadi pada dekade 1970-an.

Musibah Kehidupan

Teori-teori modernisasi merupakan dasar terpenting dalam perumusan kebijakan pembangunan nasional era Orde Baru pada awal tahun 1970-an. Asumsi dasar teori ini adalah bahwa pembangunan di negara-negara berkembang, termasuk di Indonesia, hanya dapat dilaksanakan secara efektif jika tercipta stabilitas politik. Dengan stabilitas politik yang berkelanjutan pembangunan ekonomi yang dilaksanakan dengan baik, sehingga dapat mencapai angka produktivitas dan pertumbuhan yang tinggi. Untuk mencapai produktivitas dan pertumbuhan yang tinggi, industrialisasi adalah instrumen yang penting. Dengan produktivitas dan pertumbuhan ekonomi yang tinggi, kue ekonomi pembangunan dapat menetes ke bawah (*trickle down effect*), sehingga kesejahteraan masyarakat meningkat (Moertopo, 1973).

Asumsi teoritis di atas diterjemahkan secara teknis dan disesuaikan dengan tupoksi masing-masing departemen. Departemen Pertanian yang membawahi Direktorat Jenderal Perikanan menerjemahkan arah pembangunan nasional di atas dengan mengeluarkan kebijakan modernisasi perikanan pada awal tahun 1970-an. Realisasi kebijakan tersebut diwujudkan dalam bentuk motorisasi perahu (mesin perahu) dan modernisasi alat tangkap. Tujuan utama kebijakan ini adalah meningkatkan produktivitas hasil tangkap perikanan rakyat, sehingga diharapkan kesejahteraan nelayan meningkat (Kusnadi, 2000:2). Jadi, orientasi produktivitas sangat dominan. Untuk mencapai hal tersebut, pemerintah mendirikan KUD-KUD Mina di seluruh desa-desa nelayan yang potensial agar memudahkan nelayan memperoleh pinjaman modal usaha. Akan tetapi, nasib akhir KUD Mina tersebut tidak seindah cita-cita pada saat awal pendiriannya.

Di Kabupaten Situbondo, motorisasi perahu dilakukan pada tahun 1970-an. Nelayan payang (atau disebut *glatheth*, jaring paling canggih ketika itu) dan nelayan-nelayan tradisional (nelayan pancingan ikan pelagis dan nelayan jaring udang/ikan dasar) di Desa Pesisir, Kecamatan Besuki mulai mengadopsi teknologi tersebut untuk melajukan perahu. Sebelumnya, mereka secara dominan menggunakan dayung dan layar agar perahu melaju. Jaring atau pancing yang mereka gunakan adalah yang tradisional. Menurut nelayan setempat, sebelum menggunakan mesin, tingkat pendapatan mereka dalam sekali melaut sudah lumayan, sehingga tidak perlu sampai ke tengah laut. Ketika perahu sudah menggunakan mesin, tingkat penghasilannya juga semakin besar. Mereka cukup melaut di perairan pantai (*majeng dhereq*) saja dan penghasilan yang didapat sudah lebih dari cukup.

Masa emas produksi ikan di Desa Pesisir berlangsung sepanjang dekade 1960-1970-an, meskipun mereka menggunakan alat tangkap tradisional. Baik nelayan payang, maupun nelayan-nelayan tradisional merasakan kondisi tersebut. Memasuki dekade 1980-an, meski penghasilan masih ada, tetapi kuantitasnya berangsur-angsur mulai merosot. Awal 1980-an merupakan titik tolak untuk memahami penurunan kesejahteraan masyarakat nelayan di Desa Pesisir. Hasil riset Sawit (1988) menunjukkan bahwa pada tahun 1970-an, Pantai Utara Jawa dan Selat Madura sudah dalam keadaan lebih tangkap (*overfishing*). Bagaimanapun disadari bahwa ketika semua jenis perahu/jukung dan alat tangkap di Desa Pesisir sudah mengadopsi mesin untuk kegiatan melaut, orientasi produktivitas nelayan meningkat. Kemudian, operasi melaut tidak hanya berlangsung di perairan pantai, tetapi juga di perairan lepas pantai. Kalau mereka harus melaut cukup jauh, hal ini tidak menjadi persoalan karena perahu sudah menggunakan mesin. Akibatnya, pemerataan eksploitasi perikanan tangkap meluas dan tentu saja produktivitasnya juga meningkat.

Pada tahun 1990, jaring *sleret* (*purse seine*) mulai beroperasi di perairan Kabupaten Situbondo. Perahu *sleret* ini menggantikan posisi perahu payang. Pada awal tahun 1990-an, di Desa Pesisir hanya beberapa orang memiliki perahu *sleret* yang dibeli dari Muncar. Jumlah itu terus bertambah dan pada tahun 1996 mencapai 87 unit. Penambahan jumlah tersebut menunjukkan bahwa pengoperasian jaring *sleret* telah membantu nelayan meningkatkan produktivitas tangkapan. Secara keseluruhan, produktivitas tangkapan di Kabupaten Situbondo meningkat berkat pengoperasian

perahu *sleret*. Akan tetapi, seiring dengan eksploitasi yang intensif melalui operasi perahu *sleret*, pengurusan sumberdaya perikanan di perairan Kabupaten Situbondo, terus berlangsung akseleratif. Tekanan penduduk terhadap sumberdaya perikanan meningkat karena “menjadi nelayan” adalah akses pekerjaan yang mudah dimasuki oleh angkatan kerja di desa-desa nelayan.

Akibat yang dirasakan dari kegiatan penangkapan yang eksploitatif adalah timbulnya persaingan yang meningkat antarnelayan tradisional dan antara nelayan tradisional dengan nelayan modern. Akibat lain adalah semakin langkanya sumberdaya perikanan di perairan Desa Pesisir dan kondisi demikian sangat terasa sejak awal tahun 2000-an yang terus berlangsung sampai dengan dekade 2010-an. Kelangkaan sumberdaya perikanan menjadikan persaingan yang ketat untuk memperoleh hasil tangkapan. Untuk memenangi persaingan itu, sebagian nelayan tradisional mengoperasikan alat tangkap yang merusak ekosistem laut, seperti jaring *eret* (*minitrawl*), dengan harapan dapat memperoleh hasil tangkapan yang banyak. Penangkapan demikian telah mengundang konflik sosial dengan nelayan-nelayan yang mengoperasikan alat tangkap tradisional. Akibatnya, sejak paroh pertama dekade 1990-an hingga dekade 2000-an, konflik antarnelayan tradisional terjadi di berbagai wilayah Perairan Selat Madura hingga ke Pantai Utara Gresik, Lamongan, dan Tuban.

Akibat berikutnya dari kelangkaan sumberdaya perikanan adalah terjadinya penurunan pendapatan nelayan. Nelayan-nelayan tradisional (pancingan dan jaring) di perairan Desa Pesisir harus melaut hingga ke tengah, bahkan mendekati kawasan perairan Pantai Selatan Pulau Madura untuk memperoleh hasil tangkapan. Konsekuensinya, biaya melaut semakin besar. Kegiatan melaut di sekitar perairan pantai memiliki spekulasi yang tinggi. Artinya, risiko tidak akan memperoleh hasil tangkapan sangat besar. Penurunan pendapatan berakibat kepada pembatasan akses rumah tangga nelayan terhadap pemenuhan kebutuhan dasar sehari-hari, seperti pangan-sandang-perumahan, kesehatan, dan pendidikan. Pergulatan nelayan untuk memenuhi kebutuhan subsistensi terus berlangsung hingga sekarang. Musibah kehidupan ini berawal dari kebijakan nasional tentang modernisasi perikanan dan berakhir dengan kesulitan hidup yang melilit masyarakat nelayan secara berkepanjangan.

Respons Terbatas

Sebenarnya, kesulitan memperoleh hasil tangkap tidak hanya dialami oleh nelayan-nelayan tradisional, tetapi juga oleh nelayan perahu *sleret*. Sekarang ini, dalam sehari sangat sedikit perahu *sleret* yang melaut dan walaupun melaut, belum tentu memperoleh hasil tangkapan. Sebagian besar perahu *sleret* tidak bekerja. Keberangkatan melaut bagi perahu *sleret* sangat ditentukan oleh kepastian informasi tentang kondisi potensi perikanan. Jika belum ada kejelasan informasi tentang kondisi perikanan secara meyakinkan, pemilik perahu *sleret* tidak akan memerintahkan juragan perahu berangkat melaut. Untuk memutuskan melaut diperlukan pasokan informasi yang akurat bahwa ketika perahu melaut, penghasilan akan diperoleh. Prinsip kehati-hatian ini diterapkan karena sekali melaut biaya yang dikeluarkan pemilik perahu *sleret* sekitar Rp 1.000.000. Kalau tidak, nelayan akan menanggung kerugian karena ternyata operasi itu tidak mendapat hasil tangkapan.

Jika sebagian besar perahu *sleret* tidak melaut setiap hari, baik pemilik perahu, maupun nelayan yang menjadi awak perahu *sleret* tidak memperoleh penghasilan. Ini artinya sebagai suatu kerugian karena biaya investasi dan pemeliharaan perahu *sleret* itu sangat mahal. Kalau sering tidak melaut, maka besaran kerugian semakin berlipat ganda karena tiadanya pemasukan. Untuk mempertahankan pemilihan dan pemeliharaan, pemilik perahu *sleret* akan menggunakan sumber-sumber lain karena perahu tidak memberi pemasukan. Bagi awak perahu, jika tidak melaut berarti mereka tidak memperoleh penghasilan. Kondisi demikian sangat menyulitkan nelayan memenuhi kebutuhan dasar kehidupan. Nelayan perahu *sleret* umumnya hanya bermodal jasa tenaga dan tidak memiliki alat-alat produksi, seperti halnya nelayan tradisional. Jika mereka tidak bekerja di sektor *off-fishing* kondisi kesejahteraan rumah tangganya lebih berat daripada nelayan tradisional.

Bagi nelayan-nelayan tradisional, dampak yang kini dirasakan akibat kelangkaan sumberdaya perikanan adalah ketidakpastian pendapatan dan fluktuasi nilai rupiah yang diperoleh semakin tinggi. Pengertian “ketidakpastian” adalah bahwa pendapatan yang diperoleh setiap kali melaut belum tentu ada. Hari ini melaut tidak ada jaminan bakal memperoleh hasil tangkapan. Pengertian “fluktuasi” terkait dengan nilai pendapatan yang diterima sekali melaut bisa berubah-ubah. Jika hari ini melaut memperoleh penghasilan Rp 75.000, besok pagi melaut lagi hanya memperoleh pendapatan Rp 50.000. Sifat pendapatan yang demikian dirasakan oleh semua nelayan. Pada masa lalu, sebelum

adanya kebijakan modernisasi perikanan sifat pendapatan nelayan juga seperti itu, tetapi untuk masa sekarang keadaannya lebih spekulatif dan intensif.

Tabel 1. Contoh ketidakpastian dan fluktuasi pendapatan seorang nelayan tradisional, Pak Udin (56) di Desa Pesisir, Kecamatan Besuki, yang mengoperasikan jaring udang adalah sebagai berikut (Kusnadi dan Sumarijono, 2016:58-59).

No.	Hari/tanggal	Aktivitas	Pendapatan bersih (Rp)
1.	Senin, 8-8-2016	Libur melaut karena angin kencang dan gelombang tinggi, berbahaya bagi nelayan.	0
2.	Selasa, 9-8-2016	s.d.a	0
3.	Rabu, 10-8-2016	s.d.a	0
4.	Kamis, 11-8-2016	s.d.a	0
5.	Jumat, 12-8-2016	s.d.a	0
6.	Sabtu, 13-8-2016	s.d.a	0
7.	Minggu, 14-8-2016	Melaut	50.000
8.	Senin, 15-8-2016	Melaut	90.000
9.	Selasa, 16-8-2016	Melaut	0

Sumber: Data Lapangan, Agustus 2016

Dari sembilan hari kerja itu, Pak Udin hanya memperoleh penghasilan Rp 140.000. Menurut Bu Udin (51), sebagian dari penghasilan itu dipotong untuk membayar utang ketika tidak melaut dan untuk konsumsi keluarganya pada hari itu. Padahal, rata-rata biaya konsumsi setiap hari untuk keluarga Pak Udin sekitar Rp 50.000. Jika dihitung secara cermat, pendapatan Rp 140.000 tidak mencukupi untuk memenuhi kebutuhan hidup selama 9 hari, sehingga Bu Udin harus memutar otak untuk mencari utangan. Tabel di atas juga menunjukkan adanya karakteristik pendapatan pada nelayan, yaitu tidak pasti dan fluktuatif. Nelayan-nelayan tradisional di Desa Pesisir mengalami hal serupa. Akibat lanjutannya adalah beban kehidupan meningkat dan kesejahteraan semakin menjauh.

Dalam mengatasi perolehan pendapatan yang menurun dan tidak pasti, sebagian isteri-isteri nelayan tradisional bekerja di sektor publik agar pemenuhan kebutuhan hidup rumah tangganya terjaga. Mereka bekerja apa saja yang bisa dilakukan asalkan dapat memperoleh pemasukan. Pekerjaan-pekerjaan yang sering dijalani adalah membuka warung makanan, toko sembako, pedagang ikan, pemilik usaha kecil menengah, pekerja di industri pengolahan, dan pembantu rumah tangga. Pekerjaan-pekerjaan itu dilakukan dengan mengurus rumah tangganya. Sebagian istri nelayan yang tidak bekerja lebih berkonsentrasi mengurus tanggung jawab domestik. Para istri nelayan juga menyiapkan segala perbekalan yang dibutuhkan suaminya ketika melaut.

Baik istri yang bekerja di sektor publik, maupun yang tidak, jika penghasilan suaminya sebagai nelayan tidak mencukupi untuk memenuhi kebutuhan rumah tangga, ia akan meminjam uang kepada kerabat atau tetangga yang memiliki kemampuan ekonomi. Istri nelayan juga *ngebon* barang natura ke pemilik warung/toko sembako dan jika suaminya mendapatkan penghasilan, utang-utang tersebut akan dibayar. Menjadi istri nelayan harus kreatif pikirannya dan melakukan suatu tindakan ekonomi yang diperlukan untuk mengatasi kesulitan-kesulitan rumah tangga. Dalam hal ini, istri nelayan memiliki peran yang penting sebagai tulang punggung atau penanggung jawab kelangsungan hidup rumah tangga nelayan.

Secara umum, pilihan-pilihan pekerjaan bagi istri nelayan sangat terbatas. Meskipun Desa Pesisir dekat dengan Pasar Besuki, tetapi peluang kerja di sektor perdagangan yang dapat dimasuki oleh istri nelayan juga tidak mudah. Pekerjaan demikian membutuhkan modal, ketrampilan kewirausahaan, dan jaringan sosial. Hal yang sama juga menghadang nelayan jika mereka berusaha mencari pekerjaan di luar sektor kenelayanan ketika tidak melaut dalam beberapa hari. Peluang-peluang kerja yang tersedia di lingkungannya belum tentu dimanfaatkan nelayan sebagai sumber-sumber penghasilan yang baru selain menangkap ikan. Hal ini terkait dengan ketidakmudahan bagi nelayan menekuni pekerjaan baru selain melaut. Proses penyesuaian memasuki pekerjaan baru membutuhkan keseriusan, pengetahuan, dan keyakinan bahwa pekerjaan itu memberikan sumbangan positif terhadap pemenuhan kebutuhan dasar rumah tangga nelayan.

Bagi istri nelayan yang memiliki pekerjaan sampingan yang sudah mapan dan memberikan pendapatan tambahan bagi rumah tangganya setidaknya-tidaknya hal ini dapat mengatasi atau

meringankan beban kehidupannya. Sekurang-kurangnya dapat memenuhi kebutuhan subsistensi harian. Rumah tangga nelayan yang demikian atau yang sejahtera hidupnya karena bertambahnya sumber-sumber pendapatan rumah tangga tidaklah banyak. Sumber-sumber pendapatan ganda merupakan kunci stabilitas ekonomi rumah tangga nelayan. Dengan memperhatikan kondisi rumah dan fasilitas yang dimiliki, secara umum, rumah tangga nelayan tradisional dalam keadaan terbatas di segala hal. Selama dua dekade terakhir tidak banyak kontribusi sektor perikanan tangkap untuk mengangkat kesejahteraan masyarakat nelayan. Dengan kata lain, masyarakat nelayan tradisional di Desa Pesisir dalam dua dekade terakhir mengalami kemerosotan kesejahteraan.

Peran Pemerintah Kabupaten

Penurunan kesejahteraan yang menimpa masyarakat nelayan tidak dapat diabaikan begitu saja. Negara, dalam hal ini Pemerintah Kabupaten Situbondo, harus berperan untuk ikut mengatasinya. Jika kemerosotan kesejahteraan itu sudah berlangsung cukup lama, hal ini menunjukkan kurang adanya perhatian (dan kebijakan) pembangunan yang diberikan oleh pemerintah kabupaten kepada masyarakat nelayan setempat. Strategi mengatasi penurunan kesejahteraan nelayan harus bertumpu pada program-program: (1) perbaikan manajemen sumberdaya perikanan dan menjaga eksistensinya, (2) peragaman sektor usaha di kawasan pesisir, dan (3) peningkatan pengetahuan dan kemampuan berusaha masyarakat pesisir. Ketiga hal tersebut akan diuraikan sebagai berikut.

Pertama, di sektor hulu terkait dengan tujuan menjaga stabilitas potensi sumberdaya perikanan tangkap dan dikelola secara berkelanjutan, sehingga dapat menghidupi masyarakat nelayan dalam jangka panjang. Kegiatan-kegiatan yang dilakukan di sektor ini adalah melakukan rehabilitasi ekosistem terumbu karang yang rusak, reboisasi hutan mangrove, melarang penggunaan alat tangkap yang merusak lingkungan (*destructive fishing*), pelarangan pembusukan ikan, penghormatan terhadap aturan-aturan lokal yang terkait dengan pemanfaatan sumberdaya perikanan tangkap, dan sosialisasi tentang hukum laut/perikanan.

Kedua, peragaman sektor usaha merupakan rekayasa sosial-ekonomi yang dapat dilakukan oleh rumah tangga nelayan sehingga terbangun sumber-sumber pendapat ganda. Tujuannya untuk mengurangi ketergantungan rumah tangga nelayan dari pendapatan melaut dan mengembangkan ketrampilan berusaha dalam menghasilkan suatu produk ekonomi. Kegiatan-kegiatan yang dilakukan adalah pelatihan pengembangan produk olahan berbasis ikan, pelatihan pengemasan produk yang higienis, pelatihan pembuatan kuliner khas pesisir, pelatihan ekonomi kreatif berbasis kerajinan rakyat, dan pelatihan pengembangan keahlian jasa-jasa kelautan.

Ketiga, peningkatan pengetahuan dan kemampuan manajemen usaha masyarakat pesisir. Program ketiga ini diwujudkan dengan kegiatan-kegiatan sebagai berikut: pelatihan pengelolaan keuangan usaha ekonomi, pengurangan dan antisipasi risiko usaha, manajemen simpan-pinjam/lembaga keuangan mikro, mengembangkan strategi pemasaran produk usaha yang efektif, dan peningkatan kapasitas kewirausahaan.

Berbagai ragam kegiatan pada ketiga program di atas dapat direalisasikan dalam kebijakan pembangunan kabupaten pada setiap tahunnya. Instansi teknis yang tupoksinya terkait dengan kegiatan-kegiatan di atas dapat mengusulkan ke dalam APBD. Pemerintah kabupaten memiliki kewenangan kebijakan, penganggaran, eksekusi, dan pelaksanaan kegiatan. Karena itu, pemerintah kabupaten memegang peranan yang besar untuk membangun masyarakat dan wilayahnya. Program dan kegiatan tersebut dapat terealisasi secara efektif jika kontekstual dengan kebutuhan nyata warga masyarakat. Hal akan mempermudah nelayan memperluas sumber-sumber pendapatan tambahan.

Memotong ketergantungan masyarakat nelayan pada pendapatan "dari melaut" memiliki relevansi dengan kondisi sumberdaya perikanan yang semakin langka. Ini tidak berarti menjauhkan masyarakat nelayan dari "laut". Laut dan ekosistemnya sebagai habitat sumberdaya perikanan dan lahan kehidupan masyarakat nelayan tetap harus dipelihara dan diinvestasi dengan tindakan-tindakan nyata yang konstruktif. Mengelola potensi laut secara baik dan tepat merupakan penghormatan terhadap para leluhur yang telah meletakkan dasar-dasar kehidupan bahari bagi masyarakat nelayan. Dengan mengelola laut secara baik, nelayan memiliki tugas penting dalam kehidupan berbangsa, yaitu menyediakan kebutuhan pangan (protein hewani ikan) bagi peningkatan kualitas sumberdaya manusia. Tugas penting itu tidak boleh terputus oleh kelangkaan sumberdaya perikanan.

Oleh sebab itu, eksistensi laut harus menyatu dengan aktivitas nelayan. Sumberdaya laut dan pesisir harus diposisikan sebagai basis kegiatan ekonomi masyarakat pesisir. Biasanya jika usaha-usaha tersebut masih berkaitan dengan laut tidak ada hambatan dimasuki oleh nelayan. Misalnya, budidaya rumput laut yang bisa ditangani oleh nelayan dan istrinya. Demikian juga, jasa-jasa kelautan dalam kegiatan wisata bahari, seperti pemancingan dan menyelam untuk menikmati pemandangan bawah laut, nelayan bisa mengantar dan melatih warga yang memiliki hobi memancing atau menyelam ke suatu tempat di tengah laut. Tentu saja jika menjadi pemandu wisata, nelayan harus menambah pengetahuan keahliannya itu secara profesional. Dalam hal ini menjadi penting untuk dilaksanakan pelatihan bagi nelayan yang terlibat dalam kegiatan ekonomi wisata bahari.

Pekerjaan-pekerjaan yang berbasis potensi sumberdaya kelautan di luar menangkap ikan perlu dikembangkan untuk menciptakan sumber-sumber pendapatan ganda bagi masyarakat pesisir, dengan alasan sebagai berikut. Pertama, dapat membuka lapangan kerja yang luas bagi masyarakat pesisir. Jenis-jenis pekerjaan yang diciptakan juga beragam sehingga mampu menampung banyak tenaga kerja. Kedua, memiliki prospek pasar yang baik karena produk-produk itu berbasis sumberdaya laut yang bersifat khas, seperti krupuk ikan, krupuk rumput laut, krupuk cumi-cumi, rengginang ikan laut, abon ikan, trasi, dan petis khas. Ketiga, mudah dijangkau oleh warga pesisir karena adanya ikatan emosional dengan bahan baku produk dan pengetahuan sehingga memudahkan mereka mengembangkan produk usahanya.

Selama ini sebagian warga masyarakat di Desa Pesisir sudah mengembangkan usaha-usaha seperti di atas, seperti krupuk ikan dan petis. Beberapa warga juga memiliki usaha produk rengginang, tetapi belum dikembangkan menjadi "rengginang ikan laut". Yang kurang dari produk-produk tersebut dan harus ditingkatkan agar memiliki kompetisi pasar adalah aspek kualitasnya, tingkat higienitasnya, dan desain pengemasan yang menarik. Usaha-usaha kecil seperti ini belum dibina secara intensif oleh pemerintah kabupaten atau lembaga-lembaga swasta yang lain. Selain itu, program-program CSR perusahaan besar juga belum secara intensif membantu pengembangan usaha-usaha ekonomi kerakyatan yang berbasis sumberdaya laut tersebut, sehingga produk yang dihasilkan memiliki daya saing pasar. Semestinya, pemerintah kabupaten dengan kewenangan kebijakan yang dimiliki sangat bisa membantu pengembangan ekonomi kerakyatan di kawasan pesisir dalam rangka mengatasi penurunan kesejahteraan masyarakatnya yang sudah berlangsung cukup lama.

Kesimpulan

Kebijakan modernisasi perikanan yang dimulai pada awal 1970-an di Desa Pesisir, Kecamatan Besuki, telah menuai hasil akhir berupa: kemerosotan kesejahteraan masyarakat nelayan. Kemerosotan kesejahteraan ini sudah berlangsung hampir setengah abad (awal 1980-an s.d. 2018). Pengenalan motorisasi perahu dan modernisasi alat tangkap telah mendorong peningkatan secara intensif dan ekstensif eksploitasi sumberdaya perikanan di Perairan Selat Madura. Akibat yang ditimbulkan adalah kelangkaan sumberdaya perikanan dan penurunan pendapatan, sehingga membatasi mobilitas rumah tangga nelayan memperoleh kesejahteraan. Kasus ini memberi pelajaran kepada kita bahwa penggunaan teknologi untuk mengeksploitasi sumberdaya perikanan yang lamban pemulihannya karena kondisi ekosistem yang kurang mendukung dan disertai dengan meningkatnya tekanan penduduk terhadap sumberdaya tersebut justru akan menghancurkan sumberdaya perikanan dan menghambat kesejahteraan para pengguna sumberdaya tersebut, khususnya masyarakat nelayan.

Di Perairan Desa Pesisir yang kondisi sumberdaya perikanan sudah terbatas tidak dapat lagi dioperasikan teknologi penangkapan yang lebih canggih dari alat tangkap *purse seine* untuk meningkatkan kesejahteraan masyarakat nelayan. Kecanggihan alat tangkap justru akan mempercepat kerusakan sumberdaya. Yang harus dilakukan adalah mengurangi eksploitasi, menstabilkan kondisi stok perikanan dengan menggalakkan konservasi ekosistem laut dan pesisir, melegalisasi sistem norma lokal yang menjamin pemanfaatan sumberdaya perikanan secara berkelanjutan melalui peraturan desa, dan mengembangkan kegiatan ekonomi lokal berbasis sumberdaya laut untuk memotong ketergantungan dari pendapatan melaut. Penciptaan sumber-sumber pendapatan ganda rumah tangga nelayan akan berperan penting untuk memperkuat basis ekonomi sehingga tidak menyulitkan mereka memenuhi kebutuhan dasar kehidupan sehari-hari.

Dengan kondisi sumberdaya perikanan yang semakin langka, matapencaharian sebagai nelayan sudah tidak dapat lagi diharapkan sebagai satu-satunya sumber pendapatan untuk mencapai kesejahteraan. Sebagai upaya mengatasi kemerosotan kesejahteraan masyarakat nelayan, sinergi peran antara Pemerintah Kabupaten Situbondo dan masyarakat nelayan setempat sangat besar.

Pemerintah kabupaten dengan kewenangan politik yang dimiliki dan pemilikan anggaran pembangunan daerah yang memadai dapat merancang program dan berbagai kegiatan yang diarahkan untuk menciptakan lapangan kerja baru dan mengembangkan sumber-sumber pendapatan ganda bagi rumah tangga nelayan sehingga berdampak positif terhadap kesejahteraan masyarakat nelayan. Upaya-upaya tersebut juga untuk menjaga agar laut tetap menjadi sumber kehidupan yang bermakna dalam kehidupan masyarakat pesisir.

DAFTAR PUSTAKA

- Kusnadi. (1997). "Diversifikasi Pekerjaan di Kalangan Nelayan", dalam *Prisma*, 26(7), 65-77, Juli-Agustus.
- Kusnadi. (2000). "Redefinisi Kebijakan Pengelolaan Sumber Daya Laut di Perairan Selat Madura: Perspektif dari Situbondo, Jawa Timur", dalam *Jurnal Masyarakat, Kebudayaan, dan Politik* 13(2), 1-10.
- Kusnadi. (2009). *Keberdayaan Nelayan dan Dinamika Ekonomi Pesisir*. Yogyakarta: ArruzMedia
- Kusnadi dan Sumarijono. (2016). "Paradoks Revolusi Biru: Perspektif Teori Involusi Clifford Geertz". Jember: Laporan Akhir Penelitian Fundamental, DP2M, Kemenristekdikti.
- Moertopo, Ali. (1973). *Akselerasi Modernisasi Pembangunan 25 Tahun*. Jakarta: Centre for Strategic and International Studies.
- Sawit, Husein. (1988). "Nelayan Tradisional Pantai Jawa: Dilemma Milik Bersama", dalam *Jurnal Masyarakat Indonesia*, 15, 67-87.

KUASA NELAYAN ATAS LAUT: TANTANGAN PENGELOLAAN LAUT BERKELANJUTAN

Maulana S. Kusumah^{1*}, Djoko Poernomo², Hari Karyadi², Suhartono²

¹Sosiologi, FISIP Universitas Jember, Peneliti IMA S (Institute For Maritime Studies),

²Administrasi Bisnis, FISIP Universitas Jember, Peneliti IMA S (Institute For Maritime Studies),

*Corresponding author e-mail: maulana.fisip@unej.ac.id; 081239896003

ABSTRAK

Paradigma pemahaman nelayan selama ini mendefinisikan laut sebagai milik bersama. Laut masih dianggap memiliki kapasitas penyediaan produk laut. Paradigma bahwa potensi laut memiliki kemampuan memberi kesejahteraan bagi nelayan. Namun saat ini perlu upaya untuk merubah paradigma dalam menggunakan dan memanfaatkan sumber daya laut yang tersedia bagi kesejahteraan dan keberlanjutan masyarakat pesisir. Sumber daya laut dan ruang laut adalah masalah yang signifikan bagi banyak nelayan tradisional karena meningkatnya aktivitas dan persaingan di lingkungan laut serta degradasi sumber ekologi laut. Bahkan terjadi kecenderungan semakin hilangnya akses. Akses nelayan untuk lautan harus menjadi pertimbangan prioritas di semua kebijakan dan proses pengambilan keputusan terkait dengan perikanan dan lautan di Indonesia. Makalah ini bertujuan untuk menampilkan model akses yang mampu mempengaruhi kesejahteraan nelayan. Narasi argumentasi yang ditawarkan dalam model ini adalah relasi peran bersama negara dan nelayan dalam memastikan akses secara transparan terutama terkait keberpihakan dalam setiap kebijakan kelautan; peningkatan kemampuan nelayan untuk mengakses dan mendapat manfaat dari lingkungan laut harus menjadi yang terdepan dalam semua pembahasan terkait dengan lautan.

Kata Kunci: *Paradigma, milik bersama, akses, kesejahteraan, berkelanjutan*

PENDAHULUAN

Pekembangan pengetahuan dan pemahaman nelayan tentang laut telah berkembang sesuai perubahan ekologis (Kusumah, 2016). Paradigma pemahaman klasik sangat kuat dengan pandangan bahwa laut adalah common property atau milik bersama. Masalah utama dari manajemen perikanan adalah tidak adanya yang membatasi hak akses atas sumber daya. Semua manusia memiliki hak untuk menjadi nelayan. Akses sumber daya terbuka, bebas tersedia untuk siapa saja.

Sektor kelautan seolah menjadi katup penyelamat ekonomi alternatif, yang menyerap surplus tenaga kerja dari sektor lain. Masalahnya adalah bahwa, sebagai tekanan pada peningkatan sumber daya, penangkapan menjadi pertarungan kompetitif yang sering menyebabkan eksploitasi berlebihan dan konsentrasi kekuasaan wilayah penangkapan ke tangan orang-orang relatif sedikit. Tata kelola perikanan laut menampilkan eksploitasi sumber daya biologis yang pada tingkat tertentu tidak berdampak buruk pada persediaan (stok). Kehadiran kapal dan alat tangkap yang melebihi kapasitas daya tampung alam tidak akan menghasilkan apapun terhadap peningkatan penangkapan, sebaliknya yang terjadi adalah persediaan (stok) menjadi semakin habis atau mengalami kelangkaan (Kusumah, 2014).

Kusumah (2014) dalam studinya menemukan bahwa kerusakan lingkungan dipahami nelayan disebabkan oleh pengelolaan perikanan yang tidak ramah lingkungan, rendahnya pengelolaan ekologis pesisir dan pencemaran lingkungan laut yang telah sangat memprihatinkan. Pengelolaan sumber daya yang buruk dengan tidak memperhatikan sustainability sumber daya alam dan sumber daya ikan banyak dilakukan oleh nelayan. Penangkapan yang bersifat overfishing dan bahkan illegal fishing yang mengarah pada kerusakan lingkungan menjadi fenomena yang terus berlangsung dalam eksploitasi hasil laut. Pencemaran lingkungan laut dan kebiasaan dalam pembuangan limbah baik limbah domestik maupun industri menjadi keresahan melalui kesepakatan perlunya regulasi dan pengaturan dalam pengendalian limbah domestik dan limbah industri.

Pertanyaan yang kemudian mengedepan adalah terkait pengelolaan laut ini dimana dan bagaimana posisi daya tawar dan kekuasaan nelayan dalam menjalankan usaha penangkapan. Apakah nelayan

memiliki daya kekuatan untuk menampilkan dirinya sebagai pemilik lautan? Ataukah akan berlanjut terus kekalahan demi kekalahan dan aktifitas produksi kelautan bagi nelayan? Dengan demikian artikel ini bertujuan lebih untuk mengungkap narasi tekstual posisi kuasa nelayan ini dalam pengelolaan sistem produksi kenelayanan. Kuasa nelayan atas laut harus mampu pula menumbuhkan kepedulian nelayan akan keberlanjutan potensi SDA dan SDI. Pengelolaan laut yang berkeadilan adalah sebuah ideologi yang berbasis pada hadirnya kepedulian dan rasa tanggung jawab dari para pelaku.

MATERI DAN METODE

Penelitian untuk artikel ini merupakan kelanjutan dari riset disertasi yang dilakukan di Muncar Banyuwangi. Dengan tetap menggunakan lokasi yang sama tetapi penelitian lanjutan ini diarahkan pada produksi pengetahuan tentang kuasa atas laut. Adapun penelitian tersebut mempergunakan metode PO (participant observation).

Penelitian menggunakan tiga sumber informasi yang bertujuan untuk melakukan pengujian data atau komparasi informasi tiga sumber (metode triangulasi), yaitu data primer yang berasal dari Masyarakat Pesisir Pantai, informasi dari Pemerintah Daerah serta data-data sekunder pendukung. Sejalan dengan itu maka Masyarakat Pesisir Pantai menjadi sumber data utama dari penelitian ini. Penelusuran sumber data (informan) mempergunakan teknik snowball. Teknik "bola salju" dipakai untuk melakukan identifikasi-identifikasi atas kasus-kasus yang diminati atau permasalahan yang tengah dikaji dari informan kunci untuk menelusuri tentang Masyarakat Pesisir Pantai (yang kemudian dijadikan informan juga) yang kaya informasi tentang kasus-kasus yang tengah dikaji. Informasi dari pemerintah daerah dipakai sebagai upaya melakukan cross-check dengan informasi dari Masyarakat Pesisir Pantai.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Indonesia memiliki pantai terpanjang di dunia, dengan garis pantai lebih 81.000km. dari desa di Indonesia, kurang lebih 9.261 desa di kategorikan sebagai desa pesisir. Sebagian besar penduduknya miskin, desa-desa pesisir adalah kantong-kantong kemiskinan struktural yang potensial. Hal ini juga tidak terlepas dari kurangnya perhatian pemerintah terhadap potensi laut, pemerintah lebih banyak terfokus pada hasil pertanian selama ini, namun seiring dengan terbentuknya Departemen Kelautan dan Perikanan dan dilaksanakannya otonomi daerah, semakin terbaca secara luas berbagai persoalan serius yang terkait dengan kehidupan masyarakat nelayan atau masyarakat pesisir, mulai dari kemiskinan yang menimpa masyarakat nelayan, konflik yang terjadi dan masih banyak hal lainnya.

Kemiskinan merupakan kata yang melekat dengan kehidupan nelayan, kesulitan mengatasi masalah kemiskinan di desa-desa pesisir telah menjadikan penduduk di kawasan ini harus menanggung beban kehidupan yang tidak dapat di pastikan kapan masa berakhirnya kerawanan di bidang sosial ekonomi dapat menjadi subur bagi timbulnya kerawanan-kerawanan di bidang kehidupan lain.

Pada dasarnya, penggolongan sosial dalam masyarakat nelayan dapat di tinjau dari tiga sudut pandang. Pertama, dari segi penguasaan alat-alat produksi atau peralatan tangkap, struktur masyarakat nelayan terbagi kedalam kategori nelayan pemilik dan nelayan buruh. Kedua di tinjau dari skala investasi modal usahanya struktur masyarakat nelayan terbagi ke dalam investasi modal usahanya struktur masyarakat nelayan terbagi kedalam kategori nelayan besar dan nelayan kecil. Ketiga di pandang dari tingkat teknologi peralatan tangkap yang di gunakan masyarakat nelayan terbagi kedalam kategori nelayan modern dan nelayan tradisional.

Adanya ketimpangan-ketimpangan di atas kemudian memunculkan ketergantungan yang di sebabkan adanya ketimpangan kepemilikan alat produksi tu sendiri. Ketimpangan bagi hasil antara pemilik dengan nelayan buruh lebih besar terjadi pada unit-unit penangkapan lebih canggih sehingga kecenderungan ini sangat merugikan nelayan buruh.

Dengan demikian, nelayan selama ini selalu dihadapkan pada kekalahan terhadap alam laut, atau dalam bahasa lebih sederhana, nelayan mengenal musim. Di masa paceklik nelayan relatif tidak memiliki tambahan pendapatan sebagai akibat dari tidak bisa melaut. Kehadiran industri yang mampu mengangkat sumber daya alam lokal dan bersifat kontinum (tidak mengenal musim) sangatlah dibutuhkan. Industri yang dikembangkanpun haruslah tidak terikat pada pengolahan

hasil laut semata. Hal lain yang tak kalah menarik adalah daerah pesisir (wilayah tempat tinggal nelayan) dikenal dengan tingkat kemiskinan sosial ekonomi menghadapi tantangan yang kuat untuk melakukan restrukturisasi (self helping propecey). Indikasinya terlihat dalam pola bagaimana kemampuan nelayan untuk mencukupi kebutuhannya. Research ini ditujukan untuk menghasilkan penerapan teknologi tepat guna bagi masyarakat pesisir khususnya nelayan melalui pengembangan pengembangan teknologi bagi industri rumah tangga yang masih tradisional selama ini yang berkelanjutan dan lebih ramah lingkungan.

Indonesia adalah negara kepulauan dengan luas lautan melebihi daratan. Secara geografis, Indonesia terletak diantara dua benua dan dua samudera dengan memiliki kekayaan sumberdaya alam yang besar. Sebagai negara kepulauan, harusnya Indonesia juga disebut sebagai negara maritim. Namun sayangnya, julukan Indonesia sebagai negara maritim dipandang belum tepat. Alasan mendasar yaitu mengenai hal ini dikarenakan paradigma pembangunan di Indonesia selama beberapa dekade bias. Akibatnya ketimpangan pembangunan antara daratan dan lautan begitu terlihat.

Menurut Konvensi Perserikatan Bangsa-Bangsa tentang Hukum Laut (UNCLOS), negara adalah satu-satunya pemilik properti di laut dan pemerintah yang memiliki hak dan tanggung jawab hukum untuk menerbitkan lisensi dan izin terkait dengan penggunaan serta perlindungan laut dibawah kedaulatan nasional dan yurisdiksi (Jacobsson, 2009). Kebanyakan negara, tanggung jawab ini dimulai dari garis pantai terutama masyarakat pesisir yang terkait dengan penangkapan ikan, mengacu pada hak tradisional atas sumber daya kelautan yang hidup adalah hal biasa (Kearney *et al.*, 2012). Protes oleh masyarakat nelayan setempat terhadap pelanggaran hak-hak ini sering terjadi dan kuat, misalnya terhadap pembatasan penangkapan ikan di kawasan lindung laut atau taman angin (Redpath *et al.*, 2015).

Kemaritiman adalah peradaban dunia karena kepentingan negara-negara di dunia akan sangat ditentukan bagaimana pengelolaan dan pemanfaatan laut untuk kemakmuran maupun keberlanjutan bangsa-bangsa di dunia. Demikian pula Indonesia yang 70% wilayahnya berupa laut dan lautan perlu meletakkan arah pembangunan sebagai negara maritim. Nenek moyang bangsa Indonesia pernah mencapai abad keemasan sebagai negara maritim pada saat kerajaan Mataram dan Sriwijaya serta kerajaan lainnya di nusantara yang menguasai laut dari berbagai belahan bumi sehingga mendapatkan kemakmuran bagi rakyatnya dari laut melalui aktivitas ekonomi maupun perdagangan global dengan memanfaatkan laut. Zaman kejayaan maritim tersebut pudar pada masa penjajahan dan berimbas sampai sekarang, akhirnya orientasi pembangunan kurang mengintegrasikan pembangunan darat dan laut sebagai sebuah kekuatan pembangunan yang sejahtera.

Negara maritim adalah negara yang memanfaatkan secara optimal wilayah lautnya dalam konteks pelayaran secara umum. Contoh negara-negara maritim diantaranya: Inggris, Amerika Serikat, Singapura, Cina dan Panama. Negara-negara tersebut dikategorikan sebagai negara maritim, karena melakukan manajemen pembangunan wilayah perairan lautnya secara sungguh-sungguh, komprehensif, terencana dan berkesinambungan.

Disamping itu, negara kepulauan (archipelagic state) terbesar di dunia, hal ini menjadikan Indonesia didukung oleh 17.000 pulau yang tersebar dari sabang hingga merauke dengan panjang pantai sekitar 95.181 km yang menempati urutan ke 4 di dunia setelah Kanada (265.523 km), Amerika Serikat (133.312 km) dan Rusia (110.310 km) (WRI, 2001). Wajar apabila konstitusi menyebutkan bahwa Indonesia adalah negara kepulauan. Hal ini sebagaimana dituangkan dalam Pasal 25 Amandemen ke 2 UUD 1945 bahwa: "Negara Kesatuan Republik Indonesia adalah sebuah negara kepulauan yang berciri nusantara dengan wilayah batas-batas dan hak-haknya ditetapkan dengan undang-undang". Posisi strategis Indonesia juga terletak diantara dua benua yaitu, Asia dan Australia dan dua samudera, Hindia dan Pasifik tersebut menempatkan Indonesia memiliki keunggulan sekaligus ketergantungan yang tinggi terhadap bidang kelautan dan sangat logis jika ekonomi kelautan dijadikan tumpuan bagi pembangunan ekonomi nasional.

Fungsi dan peran negara dalam tata kelola kelautan tidak dapat dilepaskan dari pengaturan kelembagaan, karena pengelolaan kelautan merupakan multi sektor dan multi disiplin. Hal ini sebagaimana yang disarankan Nichols dan Monahan (2003), bahwa dalam "menunjang" mekanisme kerja kebijakan kelautan dan tata kelola kelautan, maka diperlukan pengaturan kelembagaan

(institutional arrangement) yang lingkungannya mencakup dua domein dalam suatu sistem pemerintahan, yakni legislatif dan eksekutif. Pada level legislatif, dengan fungsi yang dimilikinya berdasarkan undang-undang seperti fungsi legislasi, fungsi budgeting dan fungsi controlling, diharapkan lembaga ini mampu menciptakan instrumen kelembagaan berupa (peraturan perundang-undangan) pada level pusat maupun daerah untuk mendukung kebijakan pembangunan kelautan. Sedangkan pada level eksekutif, diharapkan institusi kelembagaan yang terkait dengan lautan dapat melaksanakan kerjasama membangun sinergi dalam rangka pencapaian tujuan pembangunan sektor kelautan (Tridoyo Kusumastanto, 2004:13).

Sebagaimana wilayah kedaulatan Negara Kesatuan Republik Indonesia dalam kelautan mempunyai empat fungsi vital, pertama, laut sebagai faktor integrasi teritorial wilayah nasional, yaitu integrasi antara matra wilayah darat, laut dan udara. Tanpa matra wilayah laut, Indonesia bukan negara kepulauan. Matra wilayah laut merupakan faktor eksistensial bagi negara kepulauan Indonesia, *without sea there is no archipelagic state*. Kedua, laut merupakan fungsi vital bagi sarana transportasi laut, ketiga; laut sebagai deposit sumber daya alam, keempat; laut sebagai pertahanan dan keamanan negara (Subandono Diposaptono, 2017:174).

Lautan Indonesia juga terkandung potensi ekonomi kelautan yang sangat besar dan beragam. Sedikitnya terdapat 13 (tiga belas) sektor yang ada di lautan dapat dikembangkan serta memberikan kontribusi bagi perekonomian dan kemakmuran masyarakat Indonesia, antara lain: a. perikanan tangkap, b. perikanan budidaya, c. industri pengolahan hasil budidaya, d. industri bioteknologi kelautan, e. pertambangan dan energi, f. pariwisata bahari, g. transportasi laut, h. industri dan jasa maritim, i. pulau-pulau kecil, j. sumber daya non konvensional, k. bangunan kelautan, l. benda-benda berharga dan warisan budaya, m. jasa lingkungan konversi dan biodiversitas.

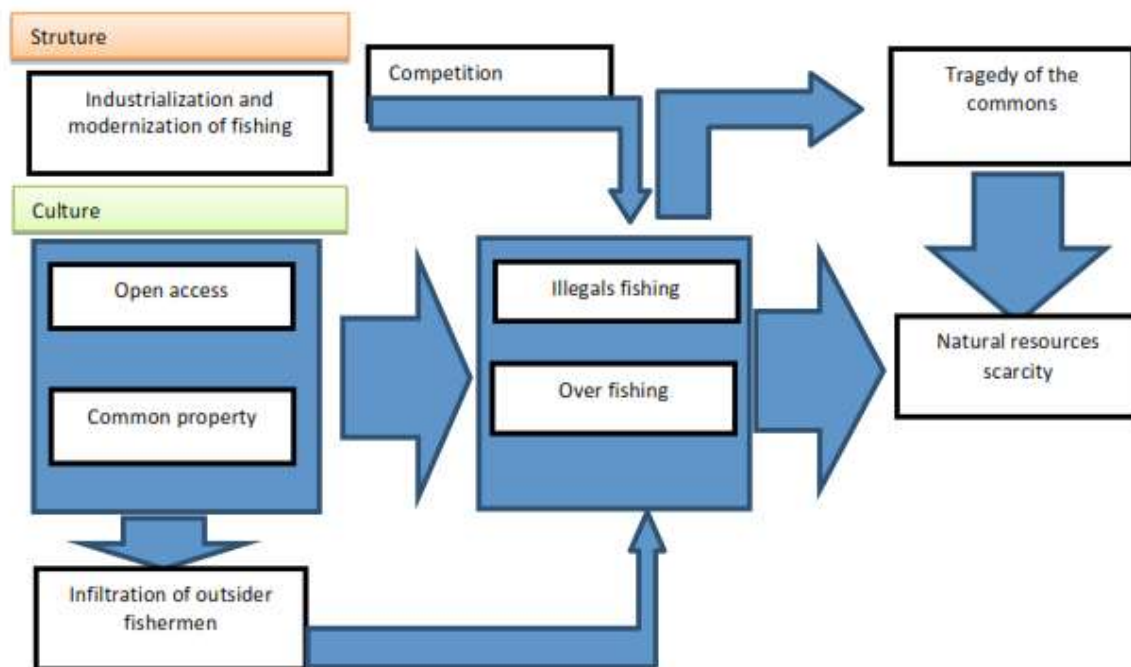
Kondisi geografis Indonesia yang merupakan negara maritim sangat menguntungkan bagi bangsa dan negara Indonesia karena didukung adanya potensi atau kekayaan yang berupa Sumber Daya Alam (SDA) yang ada di wilayah tersebut. Sumber Daya Alam (SDA) yang merupakan kekayaan alam Indonesia meliputi bentuk modal alam (natural resources stock), seperti daerah aliran sungai (watershed), danau, kawasan lindung, pesisir serta dalam bentuk faktor produksi (komoditas) seperti kayu, rotan, air, mineral, ikan, tambang dan sebagainya. Sumber daya alam ini dapat dikategorikan pula menjadi sumber yang dapat diperbarui atau dipulihkan (renewable) dan tidak dapat diperbarui atau dipulihkan (non-renewable).

Selain itu, Indonesia merupakan kategori negara kepulauan, dimana tidak sedikit memiliki permasalahan yang berhubungan dengan laut diatas. Permasalahan yang terdapat antara lain, masalah batas kelautan yang dimiliki Indonesia dengan negara yang berbatasan langsung dengan laut, illegal fisihing dan jalur perdagangan melalui laut. Hal ini merupakan salah satu masalah yang dapat berdampak pada kondisi laut, sumber daya alam dan juga dapat berdampak pada perekonomian.

Rawannya keadaan wilayah perairan laut di Indonesia dari kegiatan IUU (Illegal, Unregulated and Unreported) fishing ini tentunya dikarenakan kawasan perairan Indonesia sangatlah kaya akan potensi sumber daya perikananannya serta memiliki letak geografis yang berdekatan langsung dengan perairan internasional. Oleh karena itu, perairan Indonesia sangat terbuka bagi kemungkinan keluar masuknya nelayan-nelayan asing untuk melakukan kegiatan IUU Fishing (Simela, 2012). Disamping itu, negara Indonesia berbatasan langsung dengan 11 negara-negara tetangga yang diantaranya yaitu Thailand, Malaysia, Singapura, India, Vietnam, Filipina, Palau, Australia, Timor Leste dan Papua Nugini. Diantara negara-negara yang telah disebutkan, nelayan negara asing yang seringkali memasuki wilayah perairan laut Indonesia secara ilegal yaitu berasal dari Malaysia, Filipina, Vietnam dan Thailand (Exellano Ramadhan Uno, 2017:140).

Krisis lingkungan di kelautan tidak dapat dipungkiri menjadi akibat dari tiga hal, yaitu sosial, ekonomi dan ekologi (Kusumah, 2014, 2105; 2016; 2017). Tekanan pasar (dalam hal ini industri perikanan) secara langsung berdampak sosial pada meningkatnya motivasi maksimalisasi produksi tangkapan. Disadari atau pun tidak, dampak terhadap ekologis muncul. Kondisi ini sangat berdampak luas baik secara sosial maupu ekonomi. Efek domino kerusakan ekologi laut sangat besar. Beberapa peneliti berpendapat bahwa kerusakan ekologi ini diakibatkan oleh penangkapan berlebih (overfishing) (Gumilar, 1985; Merta dan Eidman, 1995; Martosubroto, Naamindan Nurhakim, 1986; Salim, 1986; Merta, 1992). Tragedy of the common (Hardin, 1968; Hannigan, 2006) adalah konsep yang sering

digunakan ketika terjadi kerusakan di laut akibat tindakan manusia, misalnya over fishing yang berdampak pada semakin berkurangnya ketersediaan sumber daya ikan. Hal ini terjadi karena perilaku eksplorasi berlebihan untuk mendapatkan hasil tangkapan yang maksimal tanpa memperhitungkan akibatnya. Perilaku ini sering diasumsikan sebagai manifestasi dari sifat yang masih berada pada konstruksi antropogenik dalam ranah ekologi manusia. Kekalahan terhadap tindakan industri semakin melengkapi kekalahan nelayan dalam produksi penangkapan (Kusumah, 2014).



Gambar 1. Alur proses perlakuan nelayan terhadap ekologi laut

Konflik terkait penangkapan ikan merupakan gejala sosial yang sering ditemukan di berbagai wilayah perairan (Adhuri, 1993;1998; 2002a; 2002b; Adhuri, Kanagaratnam, and Dey, 2006; Adhuri, dan Wahyono, (editor), 2004; Satria, 2009; Kusnadi, 2000, 2002; Bailey, 1986, 1988; Indrawasih, 2007; Kusumah, 2010a; 2010b; 2015; 2016a; 2016b). Menurut Kusumah, upaya nelayan menjaga lautnya dilakukan melalui dua hal, yaitu penguatan kuasa atas laut (Kusumah, 2016b) dan restorasi ekologis (Kusumah, 2016a).

Laut masa sekarang menampilkan sebuah arena pertarungan sosial-politik-ekonomi bahkan juga perebutan batas wilayah laut dan kehadiran nelayan asing dalam eksplorasi hasil laut di Indonesia. Tercatat bahwa pada tahun 2015 sebanyak 117 kapal ditenggelamkan, sementara pada tahun 2016, jumlah kapal yang ditenggelamkan mencapai 115 kapal¹. Sepanjang tahun 2017 sebanyak 127 kapal asing yang terbukti mencuri di perairan Indonesia berhasil ditenggelamkan.² Pada 20 Agustus 2018 lalu 125 kapal yang mencuri ikan di laut RI ditenggelamkan serentak di 11 titik.³

Sejak 2015 awal berbagai upaya melalui peraturan telah diterbitkan oleh Pemerintah Republik Indonesia baik terkait pengaturan penangkapan maupun tentang jaminan dan insentif, Hal ini dilakukan pertama adalah untuk menekan IUU (Illegal Fishing, unregulated dan Unreported) serta untuk melindungi kondisi ekologi kelautan (SDA dan SDI) maupun juga untuk perlindungan keberlangsungan nelayan Indonesia.

Penanganan pantai menjadi beban berat negara, dan oleh karenanya peran partisipatif masyarakat pesisir menjadi penting dalam upaya ecological recovery ini. Dalam sebuah riset Kusumah (2015) menemukan jargon lokal tentang kerusakan lingkungan, yaitu yaitu "Ngalih, Ngadoh, Ngilang" artinya berpindah, menjauh dan menghilang. Jargon sosial ini merupakan analisis kultural nelayan tentang semakin berkurangnya persediaan ikan di perairan.

Nelayan sebagai pemilik hak komunal atas lautan, sudah selayaknya akan berusaha menjaga agar hak pengelolaan laut mereka tidak dilanggar. Hal ini diperkuat oleh kebijakan negara dalam pengaturan batas wilayah terutama terkait dengan otonomi daerah yang kemudian memperkuat logika nelayan tentang nilai dasar pengelolaan laut. Di sisi lain, konstruksi budaya nelayan yang memiliki kebiasaan melakukan "ekspansi" fishing ground menjadi terbatas ruang geraknya. Konsekuensi dari semakin terbatasnya ruang gerak ekspansi nelayan adalah semakin berkurang wilayah penangkapan sumber daya ikan untuk dieksplorasi.

KESIMPULAN DAN SARAN

Tekanan industri dan tuntutan ekonomi menggiring nelayan untuk bertindak melakukan penangkapan berlebih bahkan penangkapan ikan yang merusak, yaitu penangkapan ikan yang belum matang gonat dan penggunaan alat tangkap yang merusak lingkungan. Sebagai akibatnya terjadi penurunan atau degradasi kondisi lingkungan, yaitu kerusakan lingkungan laut dan ketersediaan ikan semakin menipis karena siklus yang terputus. Pada titik inilah tumbuh kesadaran sosial ekologis dari nelayan terhadap lingkungan laut. Nilai kesadaran ini termanifestasi dalam bentuk perilaku resiliensi sosial ekologis terhadap perubahan lingkungan.

Tindakan sosial nelayan melalui pengembangan kelompok sosial menjadi manifestasi kesadaran kelompok nelayan atas lingkungannya. Kesadaran ekologi yang ditumbuhkan nelayan, pada dasarnya merupakan upaya nelayan untuk mengembalikan fungsi lingkungan alam pada kondisi semula. Nilai paling mendasar dari tumbuhnya kesadaran sosial-ekologis adalah sebagai dorongan normatif nelayan dalam mengembalikan fungsi lingkungan untuk dapat memberikan hak atas jaminan sosial dari lingkungan.

DAFTAR PUSTAKA

- Adhuri, D. S. (1998). *Hak Ulayat Laut, Stratifikasi Sosial dan Politik Kepala Desa: Memahami Konteks Sosial. Kebijakan dan Masalah Kependudukan dalam Pengelolaan Sumber Daya Kawasan Pesisir Indonesia*, 20–21 April. Jakarta: Jurusan Antropologi, FISIP Universitas Indonesia.
- Adhuri, D. S. (2002a). *Perang-perang atas Laut, Menghitung Tantangan pada Manajemen Sumberdaya Laut di Era Otonomi: Pelajaran dari Kepulauan Kei, Maluku Tenggara. Reconfiguring the Environment in Decentralizing Indonesia: Towards Multi-layered Resource Management* 16–19 Juli 2002, (hal. 300-308). Denpasar, Bali.

1

¹<https://seword.com/ekonomi/gila-menteri-susi-sudah-tenggelamkan-380-kapal-lebih-banyak-daripada-us-navy>.

²<https://economy.okezone.com/read/2018/01/11/320/1843612/menteri-susi-tenggelamkan-127-kapal-di-2017-paling-banyak-dari-vietnam>

³<https://www.liputan6.com/bisnis/read/3624466/125-kapal-pencuri-ikan-kembali-ditenggelamkan-paling-banyak->

dari-vietnam.

- Adhuri, D. S. (2002b). *Selling_the_Sea, _Fishing_for_Power: A Study of Conflict over Marine Tenure in the Kei Islands, Eastern Indonesia*. Research School of Pacific and Asian Studies., Dept. Anthropology. Canberra, The Australian National University.
- Adhuri, D., Kanagaratnam, U., and Dey, M. (2006). *Resilience, Rights and Resources: Two years of recovery In coastal zone Aceh*. Bogor: World Agroforestry Center.
- Adhuri, D., S dan Wahyono, A., (editor). (2004). *Konflik-konflik kenelayanan: Distribusi, pola, akar masalah dan resolusinya*. Jakarta: LIPI.
- Bailey. (1988). The Political Economy of Marine Fisheries Development in Indonesia Author (s): Conner Bailey Source: Indonesia, Vol. 46 (Oct., 1988), pp. 25-38 Published by: Southeast Asia Program Publications at Cornell University Stable URL: <http://www.jstor>, 46, 25–38.
- Bergami, M., and R. P. Bagozzi. (2000). Self categorization, affective commitment and group self esteem as distinct aspects of social identity in the organization. *British Journal of Social Psychology*, 39(4), 555-577.
- Diposaptono, Subandono. (2017). *Membangun Poros Maritim Dunia Dalam Perspektif Tata Ruang Laut*, Jakarta.
- Gumilar, A. (1985). *Tingkat Upaya Penangkapan Lemuru (Sardinella Lemuru) di Perairan Selat Bali*. Bogor: Fakultas Perikanan, IPB Tidak dipublikasikan.
- Hannigan, J. (2006). *Environmental Sociology 2nd edition*. Dalam J. Hannigan, Environmental sociology as a field (hal. 1 -16). Madison Avenue 270, New York, NY 10016: Routledge.
- Hardin, G. (1968). The Tragedy of the Commons. *Science* (162), 1243-1248.
- Indrawasih, R. (2007). *Konflik-konflik kenelayanan: Distribusi, pola, akar masalah dan resolusinya (konflik klaim wilayah laut di Maluku Utara)*. Jakarta: LIPI.
- Jacobsson, M. (2009). *Folkkratten, havet och den enskilda manniskan (International law, the sea and the individual man)*, Liber, Stockholm, In Swedish.
- Kearney, R., C.D. Buxton, and G. Farebrother. (2012). Australia's notake marine protected areas: Appropriate conservation or inappropriate management of fishing? *Marine Policy* 36: 1064–1071.
- Kusnadi. (2002). *Konflik Sosial Nelayan (kemiskinan dan perebutan sumber daya perikanan*. Yogyakarta: LKIS.
- Kusnadi. (2003). *Akar Kemiskinan Nelayan*. Yogyakarta: LkiS.
- Kusnadi. (2006). *Filosofi Pemberdayaan Masyarakat Pesisir*. Bundang: Humaniora Utama Press.
- Kusnadi. (2007). *Jaminan Sosial Nelayan*. Yogyakarta: LkiS.
- Kusnadi. (2009). *Keberdayaan Nelayan dan Dinamika Ekonomi Pesisir*. Yogyakarta: Ar-Ruzz Media.
- Kusnadi. (2000). Konflik Antar Komunitas Nelayan Dalam Memperebutkan Sumber Daya Laut di Perairan Pantai Utara Jawa Timur. *Jurnal Ilmu-Ilmu Humaniora*, Vol. 1 No. 1 (Januari), 27-37.
- Kusumah, M. S. (2010a). Preferensi Dan Bentuk Konflik Dalam Konflik Nelayan. *Jurnal Humaniora dan Pendidikan*, 2(1), 55-64.
- Kusumah, M.S. (2016b). "Kuasa Atas Laut: Perebutan Hak Atas Subsistensi Sebuah Politik Ekologi Pengelolaan Laut" Makalah disajikan dalam Seminar Nasional Kelautan (SEMINAKEL) XI, dengan tema: "Penguatan Riset dan Teknologi Dalam Rangka Meningkatkan Pengelolaan Sumberdaya Laut dan Pesisir, Tanggal 2 Juni 2016 di Universitas Hang Tuah Surabaya. diterbitkan dalam prosiding ISSN halaman. 93–99.
- Kusumah, M.S. (2010b). Sumber Konflik Dan Pola Resolusi Konflik Nelayan Di Muncar Banyuwangi Dan Panarukan Situbondo. *JSBP (Jurnal Sosial, Budaya dan Politik)*, 1(1), 1111-1128.
- Kusumah, M.S. (2015). "Perjuangan Nelayan atas Laut (Studi tentang Konstruksi Relasi Nelayan, Pelembagaan Nilai Konflik dan Resiliensi Sosial-Ekologis Nelayan Muncar Banyuwangi." Dissertation. Malang: Program Pascasarjana Ilmu-ilmu Pertanian, Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya Malang.
- Kusumah, M.S. (2016a) "FISHERMAN STRUGGLE OVER THE SEA: a construction of fisherman social action responds to ecological degradation". Makalah dipresentasikan dalam KRIPIK-SciFiMaS 2016, Center for Maritime Bioscience Studies, Institute for Research and Community Empowerment, Jenderal Soedirman University
- Kusumastanto, 2004:13
- Martosubroto, P., N. Naamin dan S. Nurhakim. (1986). *Menuju Manajemen perikanan Lemuru yang Rasional* (Vol. No 35). JPPL.
- Merta dan Eidman. (1995). *Predicate Biomass, Yield and Value of The Lemuru (Sardinella Lemuru) Fishery in Bali Strait*. In (. M. Potier and S. Nurhalim, Biodynese, Pelfish (pp. 137-144). Jakarta.

- Merta, I. G. (1992). *Dinamika Populasi Ikan Lemuru, Sardinella Lemuru Bleeker 1853 (Pisces Clupeidae) Di Perairan Selat Bali Dan Alternatif Pengelolaannya*. Bogor: Disertasi. Program Pasca Parjana, IPB.
- Nichols, S, D. Monahan and Shuterland. (2003). *Good Governance of Canada's Offshore and Coastal Zone: Towards an Understanding of the Maritime Boundary Issues*.
- Purwaningsih, R., Widjaja, S., dan Partawi, S., G. (2012). Pengembangan Model Simulasi Kebijakan. *Jurnal Teknik Industri*, 14(1), 25-34.
- Redpath, S.M., R.J. Gutierrez, K.A. Wood, R. Sidaway, and J.C. Young, eds. (2015). *Introduction to conservation conflicts In Conflicts in conservation: Navigation towards solutions*, 3–18. United Kingdom: Cambridge University Press.
- Salim, S. (1986). *Assessment of the Lemuru (Sardinella longiceps) Fishery in the Bali Strait*. Indonesia. Bangor., U.K: Univ. Coll North Wales. Disertation School of Animal Biology.
- Satria, A. (2009). *Ekologi Politik Nelayan*. Yogyakarta: LKIS.
- Simela, V. M. (2012). *Illegal Fishing di Perairan Indonesia: Permasalahan dan Upaya Penanganannya Secara Bilateral di Kawasan, Politica*, 60, Retrieved March 18, 2017.
- Tridoyo Kusumastanto. (2004). *Rekonstruksi Kebijakan Pembangunan Kelautan*. Makalah disampaikan pada "Indonesia Ocean Outlook 2004" Laut Masa Depan Bangsa", Pusat Kajian Sumberdaya Pesisir dan Lautan, Institut Pertanian Bogor.
- Uno, Exellano Ramadhan. (2017). *Upaya Kerjasama Pemerintah Indonesia-Filipina dalam Memberantas Kegiatan IUU-Fishing di Perbatasan Kedua Negara Khususnya Laut Sulawesi 2014-2016*, Vol. 3 No. 4, Semarang: Universitas Diponegoro

KAYUHANYUTAN DI PANTAI GORONTALO, KELURAHAN LABUHANBAJO, KECAMATAN KOMODO, KABUPATEN MANGGARAI BARAT, NUSA TENGGARA TIMUR

Wahyu Budi Setyawan

Pusat Penelitian Oseanografi – LIPI, Jl. Pasir Putih I, Ancol Timur, Jakarta Utara

Corresponding author e-mail: wahyubudisetyawan@yahoo.com; 08569078690

ABSTRAK

Pantai Gorontalo di Kelurahan Labuhanbajo, Kecamatan Komodo adalah pantai pasir yang dilatarbelakangi oleh dataran pantai. Daerah pesisir tersebut telah berkembang sebagai daerah wisata. Pada pengamatan lapangan yang dilakukan pada pertengahan bulan Juli 2018, di pantai tersebut ditemukan kayu gelondongan yang terdampar di pantai tersebut dalam jumlah banyak. Analisis terhadap kondisi lingkungan fisik kawasan pesisir tersebut memberikan kesimpulan bahwa kayu-kayu gelondongan tersebut berasal dari Daerah Aliran Sungai (DAS) Sungai Nanganae, dan hadir di pantai Gorontalo sepanjang tahun. Studi literatur terhadap pemanfaatan kayu gelondongan yang terdampar di pantai dari berbagai negara dan hasil pengamatan lapangan memberikan gambaran tentang kemungkinan pemanfaatan kayu-kayu gelondongan yang terdampar di pantai itu sebagai sumberdaya alam kawasan pesisir yang dapat dipergunakan sebagai sumber energi, bahan bangunan, dan karya seni.

Kata Kunci: *kayu-hanyutan, pantai pasir, sumberdaya kawasan pesisir, pantai Gorontalo, Labuhanbajo.*

PENDAHULUAN

Kayuhanyutan atau *driftwood* adalah partikel kayu yang berukuran besar yang meliputi potongan kayu gelondongan (*log*), cabang pohon, pohon yang tercerabut akarnya, dan belukar (*shrub*) dengan ukuran panjang lebih dari 1 m dan diameter lebih dari 20 cm, dan merupakan bagian dari sistem aliran sungai (Welber, 2013). Kayuhanyutan masuk ke laut melalui sistem aliran sungai dan di laut dapat mengalami transportasi jarak jauh melalui sistem arus permukaan samudera (Dalaiden *et al.*, 2018). Kayuhanyutan, sebagaimana *algae* dan *seagrass*, dapat terdampar di pantai pasir, dan kehadirannya mengikuti proses pengendapan pasir di pantai. Pantai pasir dapat hadir di suatu daerah pesisir sangat ditentukan oleh dinamika laut, arus pesisir, transport material, pasokan muatan sedimen dari darat melalui aliran sungai dan sedimen biogenik (Boudeuresque *et al.*, 2017). Kehadiran kayuhanyutan di pantai pasir sering dipandang sebagai sampah atau pencemar, khususnya di daerah wisata. Masyarakat umum menghargai kayuhanyutan apabila ukurannya baik untuk dikoleksi sebagai souvenir atau sebagai kayubakar (Boudouresque *et al.*, 2017). Makalah ini memberikan gambaran tentang kehadiran kayuhanyutan di pantai Gorontalo, dan potensi pemanfaatannya.

MATERI DAN METODE

Studi tentang kayuhanyutan ini dilakukan dengan pendekatan pengamatan lapangan di kawasan pesisir pantai Gorontalo, Kelurahan Labuhanbajo, Kecamatan Komodo (Gambar 1). Pengamatan lapangan dilakukan pada bulan Oktober tahun 2017 dan bulan Juli 2018. Pengamatan lapangan dilakukan di pantai Gorontalo, kawasan muara Sungai Nanganae, dan di aliran Sungai Nanganae.



Gambar 1. Peta indeks lokasi penelitian. Peta dikutip dari Peta Rupabumi dari Bakosurtanal, Lembar Kenari, Nomor Lembar 2007-343, Edisi 1-1999 Skala 1:25.000.

Pengamatan lapangan dilakukan dengan cara berjalan kaki menyusuri pantai dan kawasan muara Sungai Nanganae. Parameter yang diamati meliputi kondisi geomorfologi pesisir, kondisi garis pantai dan morfologi pantai, sedimen pantai, kehadiran kayuhanyutan dan pemanfaatan kayuhanyutan di pantai, serta berbagai aktifitas manusia di kawasan pesisir. Pengamatan juga dilakukan di aliran Sungai Nanganae yang dilakukan dengan mempergunakan perahu bermesin. Parameter yang diamati meliputi kondisi tebing sungai, kondisi vegetasi di sepanjang aliran sungai, dan aktifitas manusia di sepanjang aliran sungai.

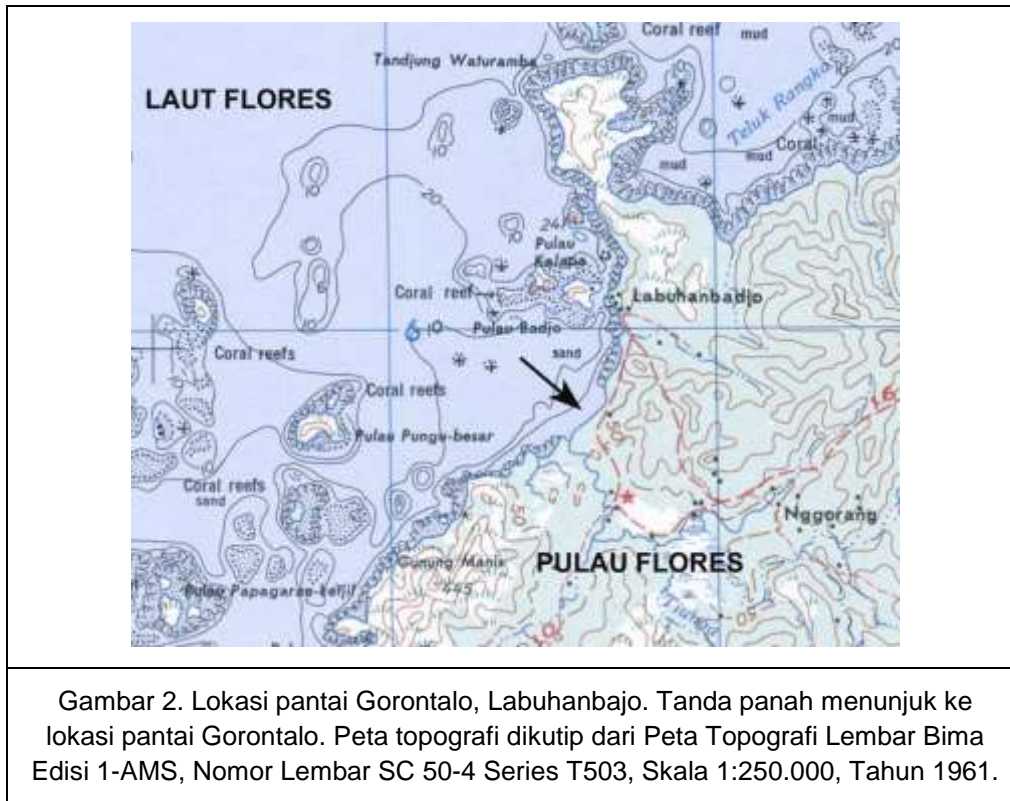
Analisis kehadiran kayuhanyutan di pantai dilakukan dengan pendekatan analisis proses pantai dengan mengamati indikator geomorfologi di daerah studi (Bernatchez *et al.*, 2011; Anfuso *et al.*, 2007), dan menganalisis berbagai data (Vargas-T *et al.*, 2016; Anfuso *et al.*, 2007), seperti data geologi, geomorfologi, oseanografi, meteorologi, serta vegetasi. Menurut Doong *et al.*, (2011), gelombang dan arus dekat pantai adalah faktor penting bagi pengendapan kayuhanyutan di pantai. Oleh karena itu dilakukan analisis parameter oseanografi yang meliputi kondisi gelombang, arus dan pasang-surut, dan parameter meteorologi meliputi arah dan kecepatan angin serta curah hujan. Data kondisi oseanografi dan meteorologi diperoleh dengan melakukan reanalisis data dari Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika (BMKG). Sementara itu, analisis potensi pemanfaatannya dilakukan berdasarkan studi literatur dan hasil pengamatan lapangan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kondisi Lingkungan Fisik

Pantai Gorontalo adalah pantai pasir dengan latar belakang dataran pantai yang luas, dan garis pantai yang berorientasi timurlaut-baratdaya. Secara fisik, pantai tersebut adalah pantai yang terlindung dari pengaruh kekuatan-kekuatan asal laut yang datang dari Laut Flores. Pulau-pulau kecil dan perairan dangkal yang ada sebelah utara dan barat perairan pesisir melindungi perairan pesisir dan pantai tersebut dari pengaruh gelombang atau angin yang datang dari arah barat (Gambar 2). Pantai Gorontalo sesungguhnya adalah bagian dari suatu sel pantai yang membentang dari Bukit Nangabido dan Bukit Gorontalo (Gambar 3). Di bagian tengah sel pantai itu terdapat muara Sungai

Nanganae yang memiliki Daerah Aliran Sungai (DAS) yang besar di kawasan pegunungan di wilayah Kabupaten Manggarai Barat. Muara sungai tersebut memisahkan Pantai Gorontalo di sebelah timurlaut dan Pantai Asananga di sebelah baratdaya.



Di perairan pesisir sel pantai tersebut terdapat rataan-pasir pasang-surut (*tidal sandflat*) yang lebarnya minimal 200 m (Gambar 4). Apabila air laut surut, maka endapan pasir di rataan pasang-surut tersebut muncul di permukaan laut sebagai gosong pasir. Menurut Bird (2008), rataan-pasir pasang-surut terbentuk karena gelombang dan arus membawa pasir ke arah pantai atau sepanjang pantai dan diendapkan di zona pasang-surut. Dengan demikian, kehadiran rataan-pasir pasang-surut di daerah pesisir pantai Gorontalo menunjukkan pantai Gorontalo bersifat sedimentasi.



Gambar 4. Rataan-pasir pasang-surut (*tidal sandflat*) di pantai Gorontalo. Di bagian tersempit di pantai Gorontalo lebarnya sekitar 200 m, sedang di kawasan muara sungai lebarnya mencapai 350 m. Sumber citra satelit: Google Earth, perekaman bulan Januari 2016. Dikutip tanggal 30-8-2018.

Dinamika rataan-pasir pasang-surut dipengaruhi oleh kondisi pasang-surut dan tingkat energi gelombang (Kroon & Masselink, 2002). Menurut Uchiyama (2007) proses-proses intermitten yang episodik mendominasi pengaruh terhadap dinamika morfologi di zona pasang-surut. Angin ribut atau badai (*storm*) dapat menyebabkan transpor sedimen yang signifikan dan menyebabkan perubahan topografi yang sangat mungkin terjadi setelah beberapa tahun tidak terjadi. Banjir (*episodic fluvial outflow*) juga dapat menyebabkan terjadinya akresi. Disebutkan oleh Masselink *et al* (2006) bahwa *intertidal sandflat* atau *intertidal bar* (pematang pasang-surut) system adalah kenampakan yang selalu dijumpai di pantai yang didominasi oleh gelombang (*wave-dominated beach*) di lingkungan pesisir dengan kisaran pasang-surut signifikan (> 1 m).

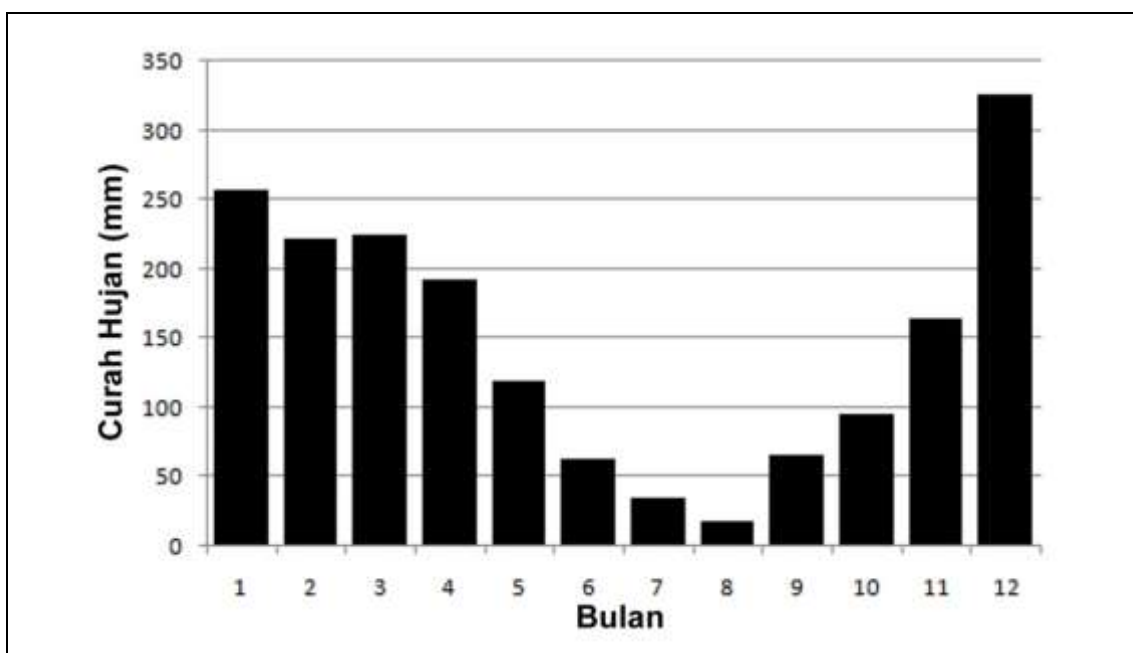
Pada pengamatan lapangan yang dilakukan pada bulan Juli 2018, di pantai Gorontalo terdapat sebuah *cusped foreland* yang berukuran kecil dengan sebuah danau kecil pula di tengahnya (Gambar 5). Menurut Rosen (1975), *cusped foreland* adalah salah satu bentuk hasil pengendapan tepi pantai yang timbul karena proses transportasi sedimen sepanjang pantai sebagai hasil gelombang yang datang dengan sudut tinggi.

Kondisi Meteorologi

Sungai Nangananae adalah sungai besar yang bermuara di daerah penelitian. Sungai tersebut memiliki DAS di kawasan pegunungan di Kabupaten Manggarai Barat seluas sekitar 300 km². Hujan yang turun di kawasan pegunungan tersebut akan berpengaruh terhadap debit aliran sungai dan volume muatan sedimen yang masuk ke laut, termasuk kayuhanyutan. Gambaran pola hujan rata-rata bulanan dalam setahun di kawasan tersebut berdasarkan data sepuluh tahun (Gambar 6) memberikan gambaran bahwa debit aliran sungai yang tinggi terjadi dari bulan Nopember hingga bulan Mei tahun berikutnya dengan curah hujan di atas 100 mm/dt. Pada rentang waktu bulan-bulan itulah muatan sedimen dari darat banyak masuk ke laut melalui aliran Sungai Nangananae, termasuk kayuhanyutan.

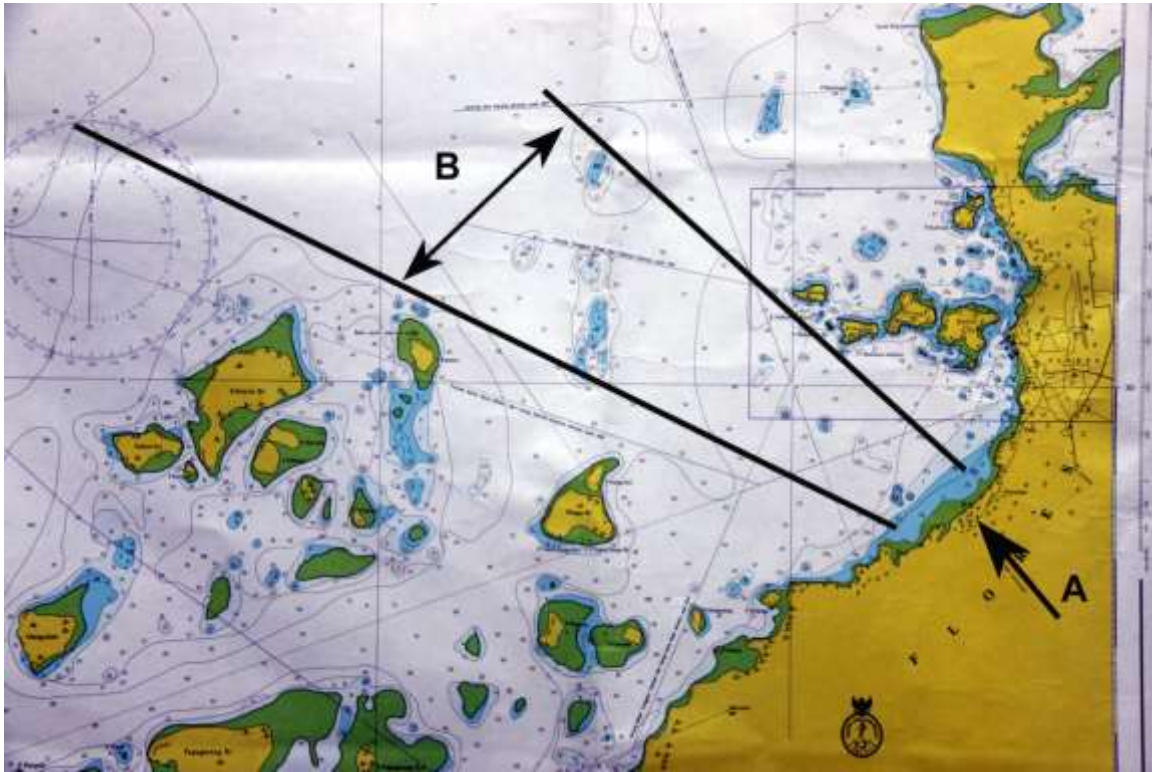


Gambar 5. *Cuspate foreland* berskala kecil di pantai Gorontalo. Panah-panah hitam sejajar garis pantai menunjukkan arah pergerakan muatan sedimen dari muara Nanganae menyusuri pantai ke arah timurlaut. Foto: 18 Juli 2018.



Gambar 6. Pola distribusi curah hujan rata-rata bulanan dari data sepuluh tahunan dari tahun 2007-2016 daerah Noca di kawasan Pegunungan Manggarai Barat. Sumber data: Satelit TRMM Tipe 3B43_v07.

Hasil analisis arah dan kecepatan angin memberikan gambaran bahwa kawasan pesisir Labuhanbajo dipengaruhi oleh angin yang bertiup dari barat hingga utara. Tetapi, apabila kita memperhitungkan arah *fetch* maka angin yang bertiup langsung masuk ke arah pantai daerah penelitian adalah angin yang datang dari arah barat laut (Gambar 7). Kondisi angin yang bertiup langsung ke daerah penelitian disajikan dalam Tabel 1. Tabel tersebut memperlihatkan bahwa angin yang cukup kencang dengan kecepatan 7-10 knot sebanyak 10 % masuk ke daerah penelitian. Secara umum, tabel itu memperlihatkan bahwa perairan di Labuhanbajo adalah perairan yang relatif tenang.



Gambar 7. Arah *fetch* perairan pesisir pantai Gorontalo dari barat laut. Panah dengan notasi A menunjuk ke lokasi penelitian. Panah dengan notasi B adalah kisaran sudut *fetch* pantai Gorontalo. Peta Laut dikutip dari Peta Laut produksi Pusat Penelitian Hidrografi dan Oseanografi TNI-AL.

Kondisi Oseanografi

Kondisi gelombang yang muncul di perairan Labuhanbajo berkaitan erat dengan kondisi tiupan angin. Hasil analisis data gelombang yang diturunkan dari data angin menunjukkan bahwa pada musim angin barat (DJF), tinggi gelombang signifikan berkisar antara 0,02-0,36 m dengan arah gelombang dari barat ke timur. Tinggi gelombang signifikan tersebut memberikan gambaran bahwa di musim barat berpotensi terjadi gelombang dengan ketinggian maksimum 0,6-0,8 m. Berdasarkan data angin yang bertiup langsung ke pantai daerah penelitian, maka tinggi gelombang maksimum yang sangat mungkin terjadi adalah 0,6 m. Keadaan tersebut terjadi dalam bulan Maret sebanyak 10 % dengan kecepatan angin 7-10 knot (Tabel 1).

Rekaman pola arus bulanan perairan Labuhanbajo selama periode satu tahun dari September 2016 hingga Agustus 2017 memberi gambaran bahwa pola arus permukaan di perairan Labuhanbajo dan sekitarnya dipengaruhi oleh kondisi angin yang sesuai dengan musim angin barat dan musim angin timur. Pada puncak musim angin barat (bulan Januari), arus di sekitar Labuhanbajo dan sekitarnya, di Laut Flores, bergerak ke arah timur dengan kecepatan 0,001-0,570 m/dt. Sebaliknya, pada puncak musim angin timur (bulan Juli) arus bergerak ke arah barat dengan kecepatan antara 0,001-1,1 m/dt. Untuk perairan di sekitar daerah penelitian, berdasarkan analisis rekaman data selama satu tahun, terdapat pola arus berikut:

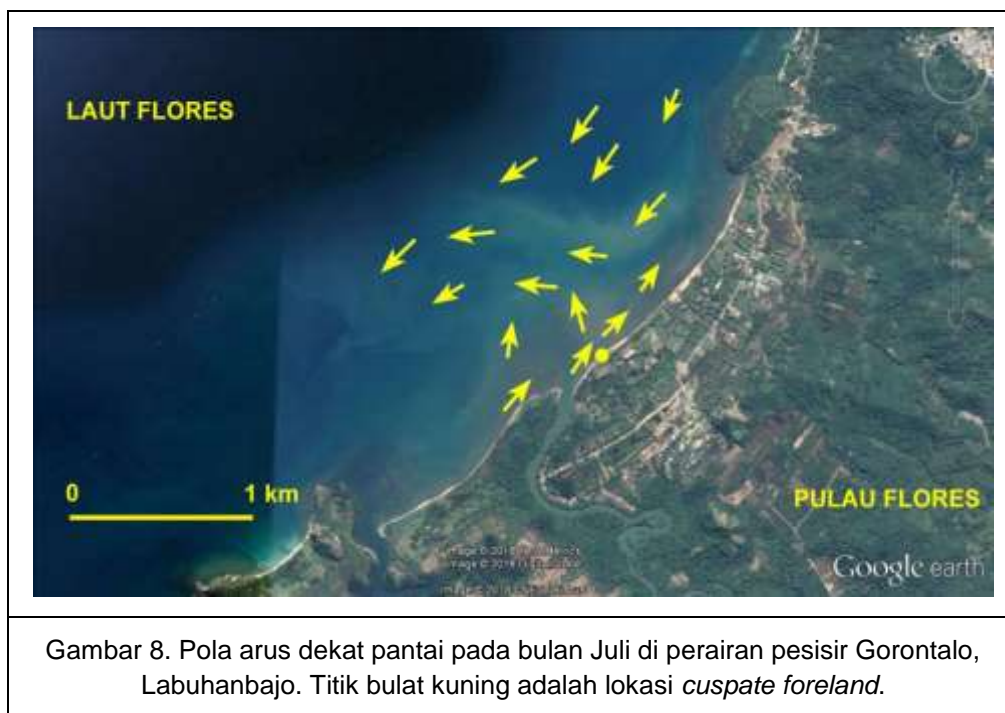
- 1) Pada bulan September, Oktober, Nopember, dan Desember arus bergerak masuk dari arah utara menuju ke selatan.
- 2) Pada bulan Januari arus masuk dari arah barat laut dan kemudian belok keluar ke arah baratdaya dan lalu selatan.
- 3) Pada bulan Februari arus masuk dari arah barat laut dan kemudian belok keluar ke arah utara.
- 4) Pada bulan Maret dan April arus masuk dari arah baratdaya dan kemudian belok keluar ke arah utara.
- 5) Pada bulan Mei dan Juni arus masuk dari arah barat laut dan kemudian belok keluar ke arah baratdaya dan lalu ke selatan.

- 6) Pada bulan Juli dan Agustus arus datang dari timurlaut dan masuk ke daerah penelitian dari arah utara dan menuju menyusuri pantai ke arah baratdaya dan lalu ke selatan.

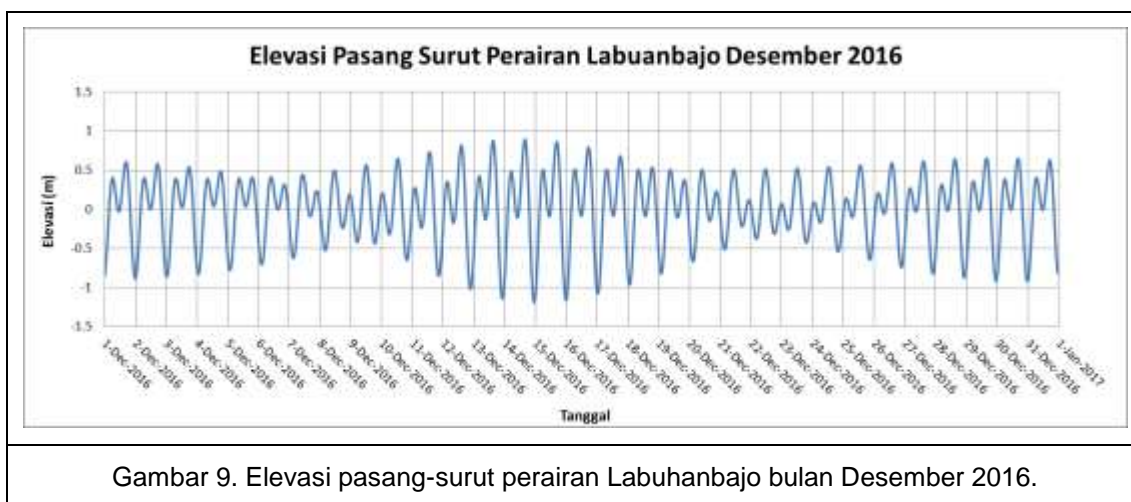
Tabel 1. Angin yang bertiup langsung ke arah pantai daerah penelitian.

Bulan	Kecepatan Angin (knot)	Persentase (%)	Tinggi Gelombang Sangat Mungkin (m)	Tinggi Gelombang Maksimum Sangat Mungkin (m)	Terminologi Deskriptif Kondisi Laut
Maret	7 - 10	10	0,6	1,0	Slight
	1 - 3	40	0,1	0,1	Calm (rippled)
April	1 - 3	10	0,1	0,1	Calm (rippled)
Nopember	1- 3	10	0,1	0,1	Calm (rippled)
Desember	1 - 3	10	0,1	0,1	Calm (rippled)

Sementara itu, gambaran arus dekat pantai di daerah penelitian dapat diketahui dari adanya *cusplate foreland* yang menunjukkan arus bergerak menyusur pantai dari arah muara Nangananae ke arah timur laut (Gambar 5). Pola arus dekat pantai bulan Juli seperti pada Gambar 8. Arus tepi pantai dan gelombang adalah faktor penting bagi pengendapan kayuhanyutan dipantai (Doong *et al*, 2011).



Dari hasil analisis kondisi pasang-surut dari titik di perairan Labuhanbajo diketahui bahwa perairan Labuhanbajo memiliki pasang-surut tipe campuran condong ke harian ganda (*mixed tide prevailing semidiurnal*), dengan elevasi pasang-surut berkisar antara 0,1-1,2 m (Gambar 9).



Gambar 9. Elevasi pasang-surut perairan Labuhanbajo bulan Desember 2016.

Apabila kondisi pasang surut tersebut dikaitkan dengan *intertidal sandflat*, maka menurut Masselink *et al.*, (2006) kondisi pasang-surut di perairan Labuhanbajo itu memberikan gambaran bahwa pada waktu-waktu tertentu kondisi pantai di dominasi oleh gelombang (*wave-dominated beach*), yaitu ketika kisaran pasang-surut > 1 m; dan ada kalanya pula gelombang tidak berpengaruh, yaitu ketika kisaran gelombang < 1 m.

Kehadiran Kayuhanyutan

Sungai Nanganan adalah sungai utama yang bermuara ke perairan pesisir daerah penelitian. Analisis kondisi geomorfologi kawasan Manggarai Barat menunjukkan bahwa Sungai Nanganan adalah satu-satunya sungai besar di kawasan tersebut yang bermuara di daerah penelitian. Kayuhanyutan di pantai Gorontalo terdampar terutama di dekat muara Sungai Nanganan. Menurut Doong *et al.*, (2011), akumulasi kayuhanyutan banyak di dekat muara sungai, dan makin jauh jumlahnya makin sedikit. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa Sungai Nanganan adalah jalan utama bagi muatan sedimen dari kawasan pegunungan di Manggarai Barat yang masuk ke perairan daerah penelitian.

Air sungai yang masuk ke laut tidak hanya membawa muatan sedimen, tetapi juga membawa batang-batang kayu yang tumbang secara alamiah dan masuk ke aliran sungai atau karena aktifitas manusia. Selanjutnya, di daerah penelitian, apabila kita perhatikan kondisi perairannya yang relatif tertutup atau terlindungi (Gambar 2), maka dapat disimpulkan bahwa kayuhanyutan yang dijumpai di pantai Gorontalo hanya berasal dari aliran Sungai Nanganan. Setelah masuk ke laut, kayuhanyutan tersebut kemudian terdampar ke pantai. Hal itu terjadi karena pantai di daerah Gorontalo bersifat sedimentasi sebagaimana telah diuraikan di depan. Curah hujan yang tinggi di DAS Nanganan terjadi dari bulan Nopember hingga Mei tahun berikutnya (Gambar 6). Menurut Jones *et al.*, (2015), debit sungai mempengaruhi suplai kayuhanyutan melalui aliran sungai, sementara itu Doong *et al.*, (2011) menyebutkan bahwa curah hujan adalah salah satu faktor yang menentukan banyaknya kayuhanyutan di pantai. Pernyataan itu memberikan gambaran bahwa di daerah tropis basah seperti di Indonesia, kayuhanyutan masuk ke laut pada bulan-bulan bercurah hujan tinggi yang bertepatan dengan musim angin barat. Setelah bulan Mei, perairan daerah penelitian memasuki musim angin timur yang puncaknya terjadi dalam bulan Juli. Pada musim itu perairan dalam kondisi tenang sehingga kayuhanyutan yang terdampar dapat tetap berada di pantai hingga musim berikutnya.

Pada pengamatan lapangan di bulan Oktober 2017 di pantai Gorontalo hanya dijumpai sedikit potongan kayuhanyutan (Gambar 10). Hal tersebut sangat berbeda dengan apa yang ditemukan pada bulan Juli 2018. Di bulan Juli 2018 lebih banyak ditemukan kayuhanyutan yang terdampar di pantai Gorontalo (Gambar 11). Hal itu menunjukkan bahwa kayuhanyutan hadir sepanjang tahun, minimal dalam periode waktu tahun 2017-2018.

Potensi Pemanfaatan

Kayuhanyutan yang terdampar di pantai dijumpai di berbagai belahan dunia, mulai dari daerah tropis hingga artik di kutub utara maupun selatan (Dalaiden *et al.*, 2018; Jones *et al.*, 2015; Khan & Manimoha, 2011; Eggertsson, 1994; Smith *et al.*, 1989). Oleh penduduk yang bermukim di sekitar

lokasi kayuhanyutan, kayuhanyutan dipergunakan untuk berbagai keperluan sehari-hari. Kayuhanyutan merupakan sumberdaya yang penting bagi masyarakat yang tinggal jauh dari zona daerah bervegetasi seperti suku Eskimo di Alaska (Jones *et al.*, 2015; Wheeler & Alix, 2004; Alix & Koester, 2002). Mereka memandang kayuhanyutan sebagai sumberdaya alam yang sama pentingnya dengan pohon kayu yang tumbuh di daerah yang bervegetasi. Kayuhanyutan dipergunakan untuk kayu bakar (energi), bahan konstruksi dan menghasilkan barang-barang yang terbuat dari kayu (Jones *et al.*, 2015; Alix & Brewster, 2004), membuat barang-barang seni (Jenkins, 2015; Sommer, 2013), dan alat musik (Leonard, 2015). Mengenai pemanfaatan kayuhanyutan, Alex & Brewster (2004) menyebutkan bahwa nilai kayuhanyutan bagi masyarakat ditentukan oleh lokasi geografis, kondisi ekonomi lokal, kecenderungan individu dan kebudayaan, dan karakter fisik kayu itu sendiri.



Gambar 10. Kayuhanyutan di pantai Gorontalo pada bulan Oktober 2017. Gambar kiri: pantai di sekitar muara Nanganae menghadap ke muara. Gambar kanan: bagian tengah pantai Gorontalo menghadap ke timurlaut.



Gambar 11. Kayuhanyutan di pantai Gorontalo pada bulan Juli 2018. Gambar kiri: pantai di sekitar muara Nanganae menghadap ke muara. Gambar kanan: bagian tengah pantai Gorontalo menghadap ke timurlaut.

Hasil pengamatan lapangan memperlihatkan bahwa pantai Gorontalo di Kelurahan Labuhanbajo adalah salah satu kawasan wisata yang penting di daerah Labuhanbajo. Hotel-hotel besar berdiri di sepanjang tepi pantai kawasan pesisir daerah tersebut, sementara penduduk setempat sangat atau yang asli mendiami daerah tersebut sangat jarang. Di tepi pantai banyak dijumpai kayuhanyutan, terutama di bagian pantai yang dekat dengan muara Sungai Nanganae.

Selama melakukan pengamatan di lapangan, tidak terlihat penduduk lokal yang memanfaatkan kayuhanyutan yang banyak terdampar di pantai itu. Mengenai hal ini perlu dicatat bahwa kawasan pesisir Gorontalo adalah daerah wisata dan tidak ada penduduk lokal yang bermukim di tepi pantai. Sehingga tidak ada yang memanfaatkan potensi kayu tersebut.

Sementara itu, bagi pantai Gorontalo yang merupakan kawasan wisata, kehadiran kayuhanyutan di pantai dapat dipandang sebagai limbah pencemar. Hal itu karena kayuhanyutan merusak mengganggu turisme (Doong *et al.*, 2011). Gangguan itu dapat berupa merusak pemandangan pantai dan mengganggu orang yang berjalan-jalan di pantai. Turisme menghendaki pantai yang bersih (Boudouresque *et al.*, 2017). Kemudian, berkaitan dengan penghargaan masyarakat terhadap kayuhanyutan, disebutkan bahwa masyarakat kayuhanyutan apabila ukurannya cocok untuk souvenir atau bisa dibawa pulang untuk kayu bakar (Boudouresque *et al.*, 2017).

Di sepanjang pantai Gorontalo terdapat beberapa hotel yang menghadapkan halamannya ke laut. Dari beberapa hotel tersebut, berdasarkan hasil pengamatan di sepanjang pantai, hanya satu hotel yang terlihat memanfaatkan kayuhanyutan. Hotel tersebut terlihat memanfaatkan kayuhanyutan sebagai penanda batas lahan yang mereka kelola di tepi pantai dan hiasan (Gambar 12).



Gambar 12. Pemanfaatan kayuhanyutan untuk penanda batas lahan pengelolaan (kiri), dan hiasan taman berbentuk ayunan (kanan).

Secara umum, hasil pengamatan lapangan memperlihatkan bahwa kayuhanyutan belum banyak dimanfaatkan. Sesungguhnya kayuhanyutan yang terdampar di pantai hampir sama potensi pemanfaatannya dengan kayu yang tumbuh di hutan (Alex & Koester, 2002). Sementara itu, berbagai literatur memberikan gambaran tentang pemanfaatan kayu hanyutan sebagai berikut. Kayu-kayu yang terdampar di tepi pantai itu dapat dimanfaatkan untuk membuat barang-barang manufaktur yang terbuat dari kayu, bahan untuk membuat rumah atau konstruksi, untuk membuat barang-barang yang bernilai seni seperti managerie (Jenkins, 2015), atau untuk membuat sistem pertahanan pantai dari pukulan gelombang (Lepofsky *et al.*, 2003).

KESIMPULAN DAN SARAN

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa kehadiran kayuhanyutan di pantai Gorontalo berkaitan erat dengan kondisi lingkungan DAS Nanganae dan konfigurasi garis pantai kawasan pesisir Labuhanbajo. Kayuhanyutan masuk ke laut pada musim hujan, bulan Nopember hingga bulan Mei tahun berikutnya, yang sebagiannya bertepatan dengan musim angin barat (bulan Desember, Januari dan Februari). Aktifitas gelombang dan arus dekat pantai yang timbul saat musim angin barat menyebabkan kayuhanyutan terdampar di pantai Gorontalo yang berada di sebelah timurlaut muara Sungai Nanganae. Pada musim peralihan dan musim angin timur kondisi perairan Labuhanbajo relatif tenang sehingga kayuhanyutan yang terdampar di musim hujan atau musim angin barat dapat bertahan di pantai hingga musim angin barat berikutnya.

Berkaitan dengan pemanfaatan kayuhanyutan sebagai sumberdaya alam, hasil penelitian ini memperlihatkan bahwa kayuhanyutan di pantai Gorontalo baru sedikit dimanfaatkan dan bukan oleh masyarakat lokal. Hal tersebut sangat mungkin karena tidak ada penduduk lokal yang bermukim di dekat pantai Gorontalo, dan disekitar tempat tinggalnya yang sekarang banyak sumberdaya kayu. Keadaan ini sangat berbeda bila dibandingkan dengan penduduk yang tinggal di daerah yang tidak memiliki sumberdaya kayu seperti di Alaska.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Bapak Ricky J. Brand yang telah memberikan kesempatan kepada penulis untuk berkunjung dan melakukan penelitian di daerah Labuhanbajo; kepada manajemen Hotel Jayakarta yang telah mengizinkan penulis untuk melakukan pengamatan ke pantai dari bagian bangunan hotel yang tertinggi. Kepada Aditya Pamungkas dari Universitas Bangka Belitung yang telah membantu analisis data oseanografi. Kepada Amelia Ayu Kartika yang telah membantu melakukan analisis data meteorologi.

DAFTAR PUSTAKA

- Alix, C., & Brewster, K. (2004). Not all driftwood is created equal: wood use and value along the Yukon and Kuskowim Rivers, Alaska. *Alaska journal of anthropology*, 2(1-2), 48-65.
- Anfuso, G., Dominguez, L., & Gracia, F. J. (2007). Short and medium-term evolution of a coastal sector in Cadiz, SW Spain. *Catena*, 70(2), 229-242.
- Bird, E.C.F. (2008). *Coastal Geomorphology: An introduction*, 2nd ed., John Wiley & Sons Ltd., Chichester: 411 p.
- Boudoresque, C. F., Ponel, P., Astruch, P., Barcelo, A., Blanfuné, A., Geoffroy, D., & Thibaut, T. (2017). The high heritage value of the Mediterranean sandy beaches, with a particular focus on the *Posidonia oceanica* "banquettes": A review. *Sci. Rep. Port-Cros Natl. Park*, 31, 23-70.
- Dalaiden, Q., Goose, H., Lecomte, O. & Docquier, D., 2018. A model to interpretation driftwood transport in the Arctic. *Quaternary Science Reviews*, 19, 89-100. [<https://doi.org/10.1016/j.quascierev.2018.05.004>].
- Doong, D. J., Chuang, H. C., Shieh, C. L., & Hu, J. H. (2011). Quantity, distribution, and impacts of coastal driftwood triggered by a typhoon. *Marine pollution bulletin*, 62(7), 1446-1454.
- Eggertsson, O. (1994). Mackenzie River driftwood—A dendrochronological study. *Arctic*, 128-136.
- Jenkins, K. (2015). *Driftwood Menageries*. Chesapeake Bay Magazine, July: 16-17.
- Jones, C. E., Kielland, K., Hinzman, L. D., & Schneider, W. S. (2015). Integrating local knowledge and science: economic consequences of driftwood harvest in a changing climate. *Ecology and Society*, 20(1).
- Khan, S. S., & Manimohan, P. (2011). Diversity and abundance of marine fungi on driftwood collected from Kerala State and Lakshadweep Islands, India. *Mycosphere*, 2, 223-229.
- Kroon, A., & Masselink, G. (2002). Morphodynamics of intertidal bar morphology on a macrotidal beach under low-energy wave conditions, North Lincolnshire, England. *Marine geology*, 190(3-4), 591-608.
- Leonard, C.E. (2015). *Playing Antarctica: making music with natural objects and sounds from the Antarctic Peninsula*. In: B. Hince, R. Summerson & A. Wiesel (eds.), Antarctica. ANU Press. [<https://www.jstor.org/stable/j.ctt169wd6t.14>].
- Lepofsky, D., Lyons, N., & Moss, M. L. (2003). The use of driftwood on the North Pacific Coast: an example from Southeast Alaska. *Journal of Ethnobiology*, 23(1), 125-142.
- Masselink, G., Kroon, A., & Davidson-Arnott, R. G. D. (2006). Morphodynamics of intertidal bars in wave-dominated coastal settings—a review. *Geomorphology*, 73(1-2), 33-49.
- Smith, J. M. B., Rudall, P., & Keage, P. L. (1989). Driftwood on Heard Island. *Polar Record*, 25(154), 223-228.
- Sommer, R. (2013). Art from Flotsam: Marrying art and ecology. *Boom: A Journal of California*, 3(1), 56-62.
- Uchiyama, Y. (2007). Hydrodynamics and associated morphological variations on an estuarine intertidal sand flat. *Journal of Coastal Research*, 1015-1027.
- Welber, M. (2013). *Morphodynamics and driftwood dispersal in braided rivers* (Doctoral dissertation, University of Trento).
- Wheeler, R., & Alix, C. (2004). Economic and cultural significance of driftwood in coastal communities of southwest Alaska. *Report to Cooperative Extension Services, University of Alaska, Fairbanks*.

MENGELOLA KAWASAN MANGROVE SECARA TERPADU: Pelajaran dari Kawasan Wisata Karangsong, Indramayu

Wahyu Budi Setyawan

Pusat Penelitian Oseanografi – LIPI, Jl. Pasir Putih I, Ancol Timur, Jakarta Utara
Corresponding author e-mail: wahyubudisetyawan@yahoo.com; 08569078690

ABSTRAK

Kawasan mangrove Karangsong adalah salah satu tempat tujuan wisata yang utama di Indramayu. Berkembangnya kawasan mangrove tersebut menjadi tempat tujuan wisata merupakan cermin dari keberhasilan pengelolaan kawasan mangrove tersebut. Penelitian terhadap kawasan mangrove tersebut dilakukan pada bulan Agustus 2016 dengan melakukan pengamatan lapangan dan wawancara dengan perintis pengembangan kawasan tersebut. Hasil wawancara dan pengamatan terhadap aktifitas dikawasan mangrove tersebut menunjukkan adanya pembagian yang jelas antara kegiatan-kegiatan yang berhubungan langsung dengan tumbuhan mangrove dan kegiatan-kegiatan yang tidak berhubungan langsung dengan mangrove. Kegiatan yang berhubungan langsung dengan mangrove adalah perawatan kawasan mangrove, kegiatan wisata alam, kegiatan yang berkaitan dengan hasil hutan mangrove, dan kegiatan wisata edukasi. Sedang kegiatan yang tidak berhubungan langsung dengan mangrove adalah pengelolaan parkir pengunjung, pengelolaan tiket, dan pengelolaan perahu. Kedua kelompok kegiatan tersebut mampu memenuhi tujuan rehabilitasi ekosistem mangrove maupun kebutuhan ekonomi masyarakat. Selanjutnya, hasil wawancara dengan perintis pengembangan kawasan tersebut diperoleh gambaran bahwa faktor kepastian pemilikan lahan oleh pengelola kawasan mangrove adalah faktor kunci keberhasilan pengelolaan kawasan mangrove tersebut, karena pemilikan lahan oleh pengelola menjamin konsistensi pelaksanaan program-program pengelolaan yang telah dicanangkan. Keadaan tersebut mempermudah pengelola mendapatkan bantuan kerjasama dari berbagai pihak. Kawasan wisata mangrove Karangsong merupakan salah satu contoh keberhasilan rehabilitasi kawasan mangrove dengan inisiatif masyarakat lokal.

Kata Kunci: mangrove, rehabilitasi mangrove, wisata mangrove, wisata edukasi, Karangsong, Indramayu.

PENDAHULUAN

Kawasan mangrove memiliki peran yang penting bagi kehidupan manusia baik langsung, seperti sebagai sumber bahan makanan, sumber kayu, maupun tidak langsung, seperti sebagai sumber jasa ekologi, perlindungan pantai, pengendali banjir dan erosi, stabilisasi pantai, dan penyaring polutan (Chow, 2017; Lewis III, 2005; Mazda *et al.*, 2002). Meskipun mangrove memberikan manfaat bagi manusia, ironisnya, kerusakan mangrove dalam skala global terjadi karena interaksi dengan manusia (Alvonzo-Perez *et al.*, 2003; Mazda *et al.*, 2002).

Upaya mempertahankan keberadaan mangrove di kawasan pesisir bukanlah suatu hal yang mudah. Meskipun mangrove telah dikenal sebagai habitat yang penting dan sangat produktif di kawasan pesisir, tetapi kecenderungan perusakan kawasan mangrove masih terus terjadi. Berikut ini beberapa contoh kasus perusakan mangrove yang dapat terjadi karena berbagai sebab. Di Ecuador, perusakan areal mangrove terjadi karena penambahan populasi penduduk, urbanisasi dan pembuatan tambak udang (Bodero & Robadue, 1995). Di Belize, berkurangnya kawasan mangrove terutama karena pembangunan perumahan seiring dengan meningkatnya populasi penduduk (Young *et al.*, 1992). Di Costa Rica, mangrove dirusak oleh penduduk setempat untuk mendapatkan kayu dan untuk keperluan lain (Mack *et al.*, 1992). Di El Salvador, mangrove dirusak karena kebutuhan kayu bakar dan bahan konstruksi, serta pembuatan tambak garam (Foer 1992).

Upaya untuk memperbaiki ekosistem mangrove juga berlangsung. Banyak upaya memperbaiki kawasan mangrove menemui kegagalan (Wetland International, 2018; Stanley & Lewis III, 2009; Lewis III, 2005) walaupun ada pula yang berhasil. Salah satu contoh keberhasilan memperbaiki kawasan mangrove adalah seperti yang terjadi di Bangladesh (Chow 2017; Lewis III, 2005). Penanaman mangrove di Bangladesh dilakukan dengan menanam mangrove di endapan lumpur

yang baru terbentuk (Lewis III, 2005) dengan bantuan pembiayaan Bank Dunia (Chow, 2017). Di Indonesia, contoh keberhasilan menanam mangrove ada di Sulawesi Selatan, yaitu di Desa Paojepe, Kabupaten Wajo (Rusmin, 2005) dan di Pulau Tanakeke (Konsorsium EcoShape, 2016).

Kawasan wisata Karangsong merupakan salah satu tempat tujuan wisata yang utama di Indramayu (Gambar 1). Salah satu kegiatan wisata utama yang ditawarkan adalah kegiatan wisata kawasan mangrove (Gambar 2). Berkembangnya aktifitas wisata mangrove tersebut terjadi seiring dengan keberhasilan upaya sekelompok warga lokal setempat memperbaiki ekosistem mangrove. Makalah ini memberikan gambaran tentang keberhasilan rehabilitasi dan pengelolaan kawasan mangrove di Karangsong, Indramayu, sebagai salah satu contoh kasus keberhasilan dalam upaya rehabilitasi dan pengelolaan kawasan mangrove dengan inisiatif masyarakat lokal.



Gambar 1. Citra Satelit kawasan Delta Cimanuk yang menunjukkan lokasi Karangsong. Sumber Citra Satelit: Google Earth September 2018.



Gambar 2. Kawasan muara Karangsong, Indramayu. Sumber Citra Satelit: Google Earth, Nopember 2016.

MATERI DAN METODE

Data dikumpulkan dengan cara melakukan pengamatan lapangan dan wawancara dengan pengelola kawasan wisata Karangsong yang dilaksanakan tanggal 3 Agustus 2016. Pengamatan lapangan

dilakukan dengan memasuki kawasan tersebut dengan mempergunakan perahu wisata. Sementara itu wawancara dilakukan dengan Bapak Makrus, salah satu inisiator kawasan wisata Karangsong ini dan penanggungjawab kondisi lingkungan mangrove. Pertanyaan untuk wawancara dibuat secara spontan di lapangan sesuai dengan kondisi yang ditemukan di lapangan ketika penelitian dilakukan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Interaksi Mangrove dan Manusia di Karangsong

Interaksi antara penduduk Karangsong dengan ekosistem mangrove terjadi dalam beberapa tahap sebelum mencapai kondisinya yang sekarang sebagai kawasan wisata (Rusdianti, 2012). Berikut ini adalah tahap-tahap perkembangan interaksi tersebut yang dirangkum berdasarkan Rusdianti (2012):

- 1) Periode sebelum 1962. Sebelum tahun 1962 penduduk Karangsong sebagian besar merupakan nelayan yang menangkap ikan di laut dan petani yang bertani di sawah. Interaksi penduduk dengan ekosistem mangrove terjadi dalam bentuk mencari ikan, kepiting, kerang dan biota lain.
- 2) Periode 1962-1968. Penduduk Desa Karangsong mulai mengenal kegiatan pembukaan tambak ikan atau udang di areal lahan timbul. Pengetahuan tersebut dibawa oleh penduduk Losari yang datang ke Karangsong untuk mencari lahan untuk memperluas lahan tambak mereka.
- 3) Periode 1968-1982. Mulai tahun 1968 penduduk lokal Karangsong mulai aktif membuka tambak di tanah timbul. Kegiatan budidaya bandeng dan udang di tanah timbul menjadi sumber nafkah baru bagi penduduk Karangsong. Pengembangan tambak sangat pesat karena dipandang efektif meningkatkan ekonomi keluarga. Pada tahun 1982, kawasan mangrove di Karangsong habis dikonversi menjadi lahan tambak.
- 4) Periode 1982-1998. Dalam periode ini kawasan pesisir Karangsong tanpa hutan mangrove. Kecenderungan untuk membuat tambak tinggi karena harga udang. Di tahun 1986 harga udang sangat tinggi. Pada tahun 1995 penduduk bahkan mengkonversi lahan sawah menjadi tambak. Di dalam periode ini kerugian akibat hilangnya ekosistem mangrove dirasakan oleh penduduk setempat dalam bentuk: (1) peningkatan biaya produksi tambak ikan bandeng. Petani tambak perlu memberikan pakan buatan karena kehilangan sumber-sumber pakan alami; (2) waktu pemeliharaan bandeng hingga siap panen bertambah panjang, dari empat bulan menjadi tujuh hingga sebelas bulan; (3) tanggul tambak mudah rusak karena erosi; (4) biota mangrove seperti kerang dan kepiting menjadi sulit diperoleh; (5) jarak nelayan pergi menangkap ikan di laut menjadi lebih jauh; (6) pantai mengalami erosi yang terus meningkat dari tahun ke tahun.
- 5) Periode 1998-2003. Pada tahun 1998, dengan dukungan atau tawaran kerjasama dari Wetland International, di Desa Karangsong dibentuk kelompok untuk menggiatkan penanaman mangrove yang diberi nama Kelompok Pelestari Lingkungan (Kelopak). Kegiatan penanaman mangrove dilakukan dengan melakukan penyemaian mangrove di lahan tambak sewaan milik petani tambak, dan menanam mangrove di sekitar saluran irigasi tambak. Program kerja kelompok ini berfokus pada tambak. Kepada petani tambak dianjurkan untuk menyisakan sebagian lahan tambak untuk ditanami mangrove. Kelopak hanya mampu bertahan hingga tahun 2003.
- 6) Periode 2003-2007. Di dalam periode ini mangrove yang telah tumbuh tidak dipelihara karena tidak ada organisasi pengelola yang memadai.
- 7) Periode 2007 sampai sekarang. Prihatin terhadap kondisi mangrove yang terbengkalai, pada tahun 2007 sekelompok penduduk membentuk kelompok yang bernama Kelompok Pantai Lestari dengan dana awal merupakan dana swadaya pengurus dan anggota. Kelompok ini memfokuskan kegiatannya pada penghijauan kawasan pesisir. Program kelompok ini adalah (1) penghijauan yang bertujuan memperbaiki ekosistem mangrove dengan sistem zonasi; dan (2) usaha dan pemberdayaan yang bertujuan memberdayakan dan meningkatkan kesejahteraan masyarakat. Prayudha *et al.*, (2014) menyebutkan bahwa pada tahun 2013 Kelompok Pantai Lestari berhasil membuat kawasan rehabilitasi mangrove seluas 15 hektar di Karangsong. Selanjutnya, pada tahun 2015, kawasan mangrove Karangsong menjadi daerah ekoturisme mangrove di Indramayu (Fatimatuzzahroh *et al.*, 2018a).

Kawasan Mangrove Karangsong

Hasil wawancara dengan Bapak Makrus memberikan gambaran awal terbentuknya Kawasan Mangrove Karangsong. Bapak Makrus adalah salah seorang pendiri Kelompok Pantai Lestari yang berprofesi sebagai guru Sekolah Dasar (Rusdianti, 2012). Kepada penulis, secara singkat, Bapak Makrus memberikan penjelasan sebagai berikut:

- 1) Sekelompok warga bersepakat membentuk organisasi dan mengumpulkan sejumlah uang untuk membeli tambak rusak yang terbengkalai di Karangsong untuk dikelola.

- 2) Lahan tambak yang rusak tersebut kemudian ditanami mangrove.
- 3) Masalah yang muncul setelah penanaman mangrove adalah godaan untuk membuat atau memfungsikannya sebagai tambak ikan atau udang.

Berkaitan dengan pembelian lahan, Bapak Makrus menjelaskan lebih lanjut sebagai berikut:

- 1) Bukti status penguasaan lahan oleh organisasi harus ditunjukkan dengan sertifikat hak milik lahan.
- 2) Bukti penguasaan lahan sangat diperlukan ketika mencari dana dari para donor, karena bukti penguasaan lahan menjadi salah satu faktor utama yang dapat menjamin konsistensi program pengelolaan kawasan mangrove. Banyak bantuan penanaman mangrove yang diterima oleh Kelompok Pantai Lestari (Fatimatuzzahroh *et al.*, 2018b).
- 3) Pengalaman di lapangan menunjukkan bahwa bila penanaman mangrove sebagai upaya rehabilitasi ekosistem dilakukan di lahan milik individu petani tambak, maka tidak ada jaminan bahwa mangrove yang telah di tanam itu akan terus tumbuh. Hal itu karena para petani tambak dapat dengan mudah menebang tanaman mangrove tersebut untuk mengkonversi lahan mangrove menjadi lahan tambak.

Mengenai organisasi pengelolaan kawasan mangrove, Bapak Makrus menjelaskan yang terkonfirmasi dengan pengamatan lapangan oleh penulis sebagai berikut. Secara garis besar organisasi pengelola kawasan wisata mangrove Karangsong dapat dibedakan menjadi dua kelompok kegiatan, yaitu: pertama, kelompok kegiatan yang berkaitan langsung dengan tumbuhan mangrove. Kelompok kegiatan ini terbagi menjadi unit-unit kerja yang berkaitan dengan kegiatan wisata di kawasan mangrove, kegiatan wisata edukasi yang berkaitan dengan ekosistem mangrove, pengambilan hasil dari kawasan mangrove, dan perawatan ekosistem mangrove. Kedua, kelompok kegiatan yang tidak berkaitan langsung dengan dengan ekosistem mangrove. Kelompok kegiatan ini terdiri dari kelompok pengelola parkir kendaraan pengunjung, pengelolaan tiket masuk, dan pengelolaan perahu wisata, serta pengolahan hasil dari kawasan mangrove.

Pelajaran dari Karangsong

Dari uraian di atas, dapat diperoleh beberapa pelajaran berikut:

- 1) Upaya pengembangan kawasan mangrove lebih mudah atau terjamin terlaksana oleh suatu organisasi daripada oleh individu. Hal itu karena konsistensi untuk mencapai tujuan lebih terjamin di dalam organisasi daripada individu. Di dalam contoh kasus di Karangsong ini disebutkan bahwa setelah penanaman mangrove di lahan bekas tambak berhasil, ada godaan untuk merubahnya kembali menjadi tambak. Godaan perubahan tujuan tersebut lebih mudah diatasi oleh organisasi daripada oleh individu.
- 2) Terkait dengan upaya pengelolaan kawasan mangrove, penguasaan lahan oleh organisasi yang bekerja untuk mencapai suatu tujuan merupakan kunci yang penting bagi terjaminnya konsistensi upaya mencapai tujuan tersebut. Mengenai hal ini sebuah contoh kasus diberikan oleh Bapak Markus. Apabila penanaman mangrove dilakukan di lahan tambak milik individu, maka akan dengan mudah mangrove itu ditebang bila pemilik lahan tambak tersebut ingin mengkonversinya menjadi lahan untuk penggunaan lain, karena itu adalah haknya sebagai pemilik lahan. Menurut penulis, apa yang dikemukakan Bapak Makrus ini adalah pengalamannya yang dialami di Karangsong sebelum Kelompok Pantai Lestari terbentuk. Situasi yang mirip dijumpai di daerah Cirebon. Di daerah tersebut sering terjadi bahwa mangrove sengaja ditanam di daerah yang mengalami sedimentasi untuk mempercepat proses pengendapan lumpur. Setelah proses pengendapan lumpur dipandang cukup dan tambak telah selesai dan siap dikonversi, maka mangrove yang tumbuh di dalam lahan tambak ditebang agar tambak dapat dimanfaatkan sebagai tambak udang atau ikan (Setyawan, 2009). Contoh lain dari kasus pentingnya penguasaan lahan untuk keperluan rehabilitasi kawasan mangrove diberikan oleh Edi Kusmanto (komunikasi personal bulan Juli 2018) dan Rusmin (2005). Kegiatan penanaman mangrove dilakukan di Sulawesi Selatan, di kawasan pesisir Desa Paojepe, pada tahun 1999-2002. Ketika itu masyarakat setempat merelakan lahan tepi pantai milik mereka selebar sekitar 100 meter untuk ditanami mangrove. Lahan yang diberikan itu adalah lahan tambak di tepi pantai yang telah mengalami kerusakan (Rusmin, 2005). Upaya penanaman mangrove di daerah tersebut berhasil menghitungkan kembali kawasan tepi pantai daerah tersebut. Contoh yang lain lagi datang dari Pulau Tanakeke, Sulawesi Selatan (Konsorsium EcoShape, 2016). Di pulau tersebut, setelah tambak tidak produktif, masyarakat lokal merasakan adanya kebutuhan untuk merehabilitasi kawasan mangrove. Pada tahun 2010, Desa Lantang Peo menyediakan areal tambak seluas 40 hektar untuk kegiatan Restorasi Ekologis Mangrove. Lima tahun berikutnya, tahun 2015, enam

desa tambahan mengikuti jejak Desa Lantang Peo dengan merelakan lahannya untuk kegiatan tersebut, sehingga luas lahan rehabilitasi menjadi 530 hektar. Model rehabilitasi kawasan mangrove berbasis masyarakat tersebut telah diakui sebagai praktek terbaik di Propinsi Sulawesi Selatan dan dimasukkan ke dalam Strategi Mangrove Nasional Indonesia.

- 3) Rehabilitasi mangrove bisa berhasil di lahan tambak yang rusak atau tidak produktif. Stevenson *et al.*, (1999) menjelaskan bahwa kerusakan tambak dapat terjadi karena beberapa hal yaitu: (1) penyakit kronis dan kualitas air yang buruk, (2) kualitas air yang buruk dan pemilihan lokasi yang buruk, (3) kondisi tanah yang asam, (4) penurunan keuntungan/penurunan harga jual komoditas, dan (5) masalah politik. Sementara itu, di pesisir utara Pulau Jawa tercatat tambak rusak karena erosi pantai oleh gelombang yang merusak tanggul tambak (Setyawan, 2010; Setyawan *et al.*, 2007; Setyawan *et al.*, 2006). Terkait dengan keberhasilan penanaman mangrove di lahan tambak yang rusak, Stevenson *et al.*, (1999) menyebutkan hanya sedikit laporan tentang upaya mengembalikan tambak budidaya kembali menjadi kawasan mangrove. Selanjutnya juga dijelaskan pula bahwa banyak tambak yang rusak telah dikonversi menjadi tambak garam, rawa garam atau rawa air asin, lahan basah air tawar, tambak ikan, sawah, atau lahan pertanian. Hanya sedikit yang diubah menjadi kawasan mangrove. Keberhasilan pengembangan kawasan mangrove di Karangsong ini menambah catatan tentang keberhasilan penanaman mangrove di lahan bekas tambak yang rusak atau tidak produktif. Daerah Karangsong berada di kawasan Delta Cimanuk yang sekarang ini aktif berkembang. Pengembangan kawasan mangrove ini memberikan catatan tambahan bahwa di lingkungan delta yang aktif berkembang, rehabilitasi mangrove di lahan tambak yang rusak memiliki potensi keberhasilan atau peluang keberhasilan yang baik.
- 4) Perlu ada organisasi dengan pembagian tugas yang jelas di dalam kegiatan pengelolaan kawasan mangrove. Di kawasan wisata mangrove Karangsong, organisasi pengelolaan dibuat berdasarkan kebutuhan aktifitas yang ada di kawasan wisata tersebut.
- 5) Pengelolaan kawasan mangrove dilakukan dengan memperhitungkan kebutuhan untuk memenuhi kebutuhan keuangan keluarga atau keuntungan ekonomi jangka pendek yang dapat segera diperoleh.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kawasan wisata mangrove Karangsong adalah salah satu contoh dari pengelolaan kawasan mangrove yang berhasil yang terjadi dengan inisiatif dari masyarakat lokal. Kunci keberhasilannya adalah penguasaan lahan oleh kelompok atau organisasi pengelola kawasan mangrove yang menjamin konsistensi program pengelolaan kawasan mangrove sehingga menimbulkan kepercayaan dari para donor. Faktor penting lainnya adalah kegiatan pengelolaan kawasan mangrove yang bertujuan merehabilitasi ekosistem mangrove, dan kegiatan yang bertujuan memberdayakan masyarakat untuk memenuhi kebutuhan ekonomi keluarga.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini merupakan sebagian hasil dari kegiatan penelitian yang dibiayai oleh Program Penelitian Kedepuitan Ilmu Pengetahuan Kebumihan – LIPI Tahun 2016. Ucapan terima kasih disampaikan kepada Bapak Makrus yang telah bersedia memberikan informasi tentang kegiatan Kelompok Pantai Lestari di kawasan mangrove Karangsong. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada Edi Kusmanto untuk informasi dan referensi berkaitan dengan rehabilitasi kawasan mangrove di Desa Paojepe, Kabupaten Wajo, Sulawesi Selatan; kepada Bapak Apri Susanto Astra untuk informasi terkait publikasi Konsorsium EcoShape.

DAFTAR PUSTAKA

- Alonso-Pérez, F., Ruiz-Luna, A., Turner, J., Berlanga-Robles, C. A., & Mitchelson-Jacob, G. (2003). Land cover changes and impact of shrimp aquaculture on the landscape in the Ceuta coastal lagoon system, Sinaloa, Mexico. *Ocean & Coastal Management*, 46(6-7), 583-600.
- Bodero, A., & Robadue, D. (1995). Strategies for managing mangrove ecosystems. *Eight years in Ecuador: the road to integrated coastal management* (Ed. D. Robadue), p43-69. *Coastal Resources Center, University of Rhode Island and US Agency for International Development, Global Environment Centre.*
- Chow, J. (2017). Mangrove management for climate change adaptation and sustainable development in coastal zones. *Journal of Sustainable Forestry*. DOI: 10.1080/ 10549811.2017.1339615.

- Fatimatu Zahroh, F., Hadi, S. P., & Purnaweni, H. (2018a). Mangrove Cultivation Community Based in Karangsong, Indramayu, West Java. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 145, No. 1, p. 012139). IOP Publishing.
- Fatimatu Zahroh, F., Hadi S.P. & Purnaweni, H. (2018b). Mangrove cultivation for dealing with coastal abration case study of Karangsong. *E3S Web of Conferences* 31, 08028. [<https://doi.org/10.1051/e3sconf/20183108028>].
- Foer, G. (1992). Profile of the coastal resources of El Salvador. In: G. Foer & S. Olsen (eds.), *Central America's Coast: Profile and an Agenda for Action*. Coastal Resources Center, Univ. of Rhode Island, *USAID: Research & Development Environment and Natural Resources, AID: Regional Office for Central America Program*: 99-130.
- Konsorsium EcoShape. (2016). *Restorasi Mangrove: menanam atau tidak menanam? Building with Nature, Indonesia*. [https://www.ecoshape.org/uploads/sites/2/2018/02/16.0506-Wetland-Indonesian-lowres_2.pdf]. Accessed: 15-8-29018.
- Lewis III, R. R. (2005). Ecological engineering for successful management and restoration of mangrove forests. *Ecological engineering*, 24(4), 403-418.
- Mack, S., Epler, B., Atelsek, P. & Dudenhoefer, D. (1992). Profile of the coastal resources of Costa Rica. In: G. Foer & S. Olsen (eds.), *Central America's Coast: Profile and an Agenda for Action*. Coastal Resources Center, Univ. of Rhode Island, *USAID: Research & Development Environment and Natural Resources, AID: Regional Office for Central America Program*: 61-97.
- Mazda, Y., Magi, M., Nanao, H., Kogo, M., Miyagi, T., Kanazawa, N., & Kobashi, D. (2002). Coastal erosion due to long-term human impact on mangrove forests. *Wetlands Ecology and Management*, 10(1), 1-9.
- Prayudha, E. D., Sulardiono, B., & Hendrarto, B. (2014). Strategi kelompok pantai lestari dalam pengembangan kegiatan rehabilitasi mangrove di Desa Karangsong Kabupaten Indramayu. *Management of Aquatic Resources Journal*, 3(3), 80-87.
- Rusdianti, K. (2012). *Konversi Lahan Hutan Mangrove serta Upaya Penduduk Lokal dalam Merehabilitasi Ekosistem Mangrove: Kasus Desa Karangsong, Kecamatan Indramayu, Kabupaten Indramayu, Jawa Barat*. Departemen Sains Komunikasi dan Pengembangan Masyarakat, Fakultas Ekologi Manusia, IPB, Bogor. *Skripsi*: 80 h.
- Rusmin, O., 2005. Bekerja bersama berperan setara: kemitraan dalam penanggulangan abrasi di Desa Paojepe Kabupaten Wajo Propinsi Sulawesi Selatan. *Antropologi Indonesia*, 29(3), 289-299.
- Setyawan, W.B. (2009). Kondisi lingkungan, mangrove dan perikanan tambak di wilayah pesisir Losari (Cirebon) dan Serang (Banten). Dalam: A. Nuryanto, I. Budisantoso, E.R. Ardli & R.E. Prabowo (editor), *Peran Biosistematika dalam Pengelolaan Sumberdaya Hayati Indonesia. Prosiding Seminar Biologi Nasional, Fakultas Biologi, Universitas Jederal Soedirman, Purwokerto*, 12 Desember 2009: 386-391. ISBN 978-979-16109-2-6.
- Setyawan, W.B. (2010). Pengembangan tambak, kehadiran mangrove dan perubahan garis pantai di pesisir utara Propinsi Banten. *Jurnal Alami*, 15(2), 51-59.
- Setyawan, W.B., Hasanudin, M., Kusmanto, E., Winardi, Hasanudin, M. & Ismail, M.F.A. (2006). Studi Geomorfologi Pesisir untuk Pengelolaan dan Pengembangan Wilayah Pesisir Utara Pulau Jawa Bagian Tengah: Wilayah pesisir Cirebon, Tanjung Ujungtua – Losari. Laporan Akhir Penelitian, Program Pengendalian Pencemaran dan Perusakan Lingkungan Hidup, Tahun Anggaran 2006, Pusat Penelitian Oseanografi – LIPI, Jakarta: 100 h.
- Setyawan, W.B., Hasanudin, M., Kusmanto, E., Witasari, Y., Winardi & Hasanudin, M. (2007). Studi Geomorfologi Pesisir dan Model Penanggulangan Erosi di Perairan Utara Jawa. Bagian 1: Studi Geomorfologi untuk Penanggulangan Erosi di Eretan. Laporan Akhir Penelitian, Program Penelitian dan Pengembangan IPTEK Tahun Anggaran 2007, Pusat Penelitian Oseanografi – LIPI, Jakarta: 109 h.
- Stanley, O. D., & Lewis III, R. R. (2011). Strategies for mangrove rehabilitation in an eroded coastline of Selangor, Peninsular Malaysia. *Journal of Coastal Development*, 12(3), 142-154.
- Stevenson, N. J., Lewis, R. R., & Burbridge, P. R. (1999). Disused shrimp ponds and mangrove rehabilitation. In *An international perspective on wetland rehabilitation* (pp. 277-297). Springer, Dordrecht.
- Young, R., Gibson, J. & Winn, H. (1992). Profile of coastal resources of Belize. In: G. Foer & S. Olsen (eds.), *Central America's Coast: Profile and an Agenda for Action*. Coastal Resources Center, Univ. of Rhode Island, *USAID: Research & Development Environment and Natural Resources, AID: Regional Office for Central America Program*: 33-60.

SISTEM PENUNJANG KEPUTUSAN PEMILIHAN LAHAN YANG SESUAI UNTUK TANAMAN MANGROVE MENGGUNAKAN METODE *SIMPLE ADDITIVE WEIGHTING* (SAW)

Yanuar Nurdiansyah*, Antonius Cahya Prihandoko, Mochamad Roby Nardiannata

Sistem Informasi, Program Studi Sistem Informasi, Universitas Jember (UNEJ) Jln. Kalimantan 37,
Jember 68121

*Corresponding authro e-mail: yanuar_pssi@unej.ac.id; 08164223733

ABSTRAK

Pemilihan lahan mangrove di kabupaten jember merupakan masalah yang dihadapi oleh para penduduk di jember yang tinggal di daerah pesisir pantai, karena setiap wilayah harus sesuai dengan kriteria setiap jenis mangrove agar mangrove yang ditanami dapat tumbuh dan diolah, mengolah mangrove merupakan alternative mata pencarian bagi para nelayan selain melaut. Pembuatan sistem penunjang keputusan pemilihan lahan mangrove menggunakan metode Simple Additive Weighting (SAW), memberikan nilai setiap jenis mangrove untuk setiap wilayah yang dipilih oleh user, sample pada penelitian ini memberikan nilai 0. 925 pada jenis mangrove A1 sebagai mangrove yang dapat ditanami di wilayah yang dipilih oleh user. sistem ini dapat membantu para nelayan untuk memilih lahan yang akan di tanami mangrove, sesuai dengan daerah yang dipilih oleh user dengan menggunakan f ramework CI sebagi intervace sistem dan google API untuk menampilkan peta digital didalam sistem.

Kata Kunci: *framework CI, google API, Simple Additive Weighting*

PENDAHULUAN

Data Badan Pusat Statistik (BPS) mencatat jumlah nelayan miskin di Indonesia pada tahun 2011 mencapai 7,87 juta orang atau 25,14 persen dari total penduduk miskin nasional yang mencapai 31,02 juta orang. Sebanyak 7,87 juta nelayan tersebut berasal dari sekitar 10.600 desa nelayan miskin yang terdapat di kawasan pesisir di berbagai daerah di tanah air, termasuk salah satunya di kawasan pesisir selatan Kabupaten Jember, Jawa Timur. Tanaman mangrove dapat membantu nelayan di bidang ekonomi, karena tanaman ini menyediakan bahan dasar untuk keperluan rumah tangga dan industri, seperti kayu bakar, arang, kertas dan rayon, yang dalam konteks ekonomi mengandung nilai komersial tinggi. Sebagai suatu ekosistem khas perairan pesisir, hutan mangrove memiliki nilai ekologis dan ekonomis .

Bagi nelayan di Jember untuk mencari tempat yang bisa di jadikan lahan tanaman mangrove, saat ini masih belum terealisasi dengan baik karena pengetahuan yang sangat kurang. Kesulitan mencari daerah lokasi untuk perkembangan tanaman mangrove merupakan kendala bagi nelayan, karena tidak ada referensi mengenai mangrove yang berada di tempat mereka tinggal. Berdasarkan permasalahan tersebut, maka diperlukan suatu Sistem Informasi Geografis yang dapat menunjukkan tempat ataupun daerah untuk di jadikan sebagai lahan tanaman mangrove di Jember. Oleh karena itu, peneliti akan merancang sistem pemetaan lahan mangrove dengan menggunakan metode *Simple Additive Weighting* (SAW). Adanya sistem ini maka nelayan menjadi lebih mudah untuk menemukan lahan yang tepat untuk di tanami mangrove. Konsep dasar metode SAW adalah mencari penjumlahan terbobot dari rating kinerja pada setiap alternatif pada semua kriteria. Sistem ini dimaksudkan untuk membantu mengatasi masalah yang terjadi, dan sistem ini lebih bersifat memberikan dukungan atau pertimbangan bagi pihak penyeleksi dari proses pengambilan keputusan itu sendiri.

MATERI DAN METODE

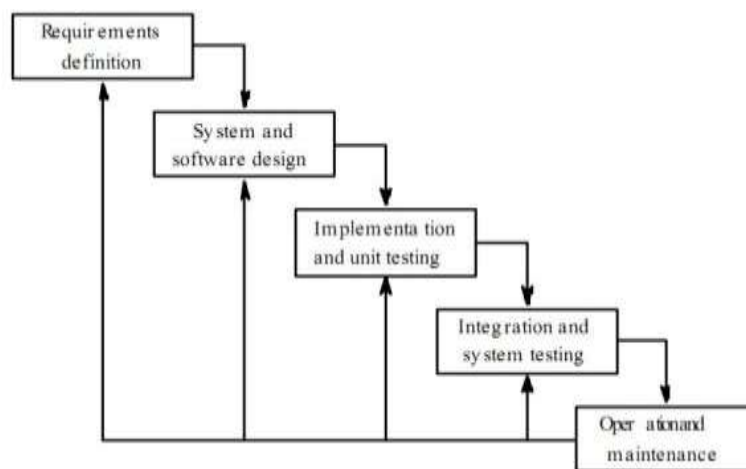
Tempat dan waktu yang dilakukan dalam penelitian ini yaitu, daerah pesisir pantai di kabupaten jember, penelitian ini di mulai pada bulan Maret 2018 sampai dengan bulan Juni 2018. Metode penelitian ini terdiri atas pengumpulan data, pengolahan data, perancangan dan pembuatan sistem. Penjelasan lebih lanjut sebagai berikut:

1. Pengumpulan data

Pengumpulan data dalam penelitian ini diperlukan untuk mendapatkan data yang diperlukan untuk membangun sistem penunjang keputusan pemilihan lahan mangrove. Pembangunan sistem ini memerlukan data mangrove yang ada untuk membangun sistem ini kerana memerlukan data kriteria yang akan dibobotkan untuk perhitungan menggunakan metode *Simple Additive Weighting* (SAW).

2. Pengembangan sistem

Pengembangan sistem untuk membangun sistem pemilihan lahan mangrove yaitu dengan menggunakan model *waterfall* berorientasi objek. Penggunaan model *waterfall* pada sistem yang dibangun relatif sederhana, requirement data lengkap dan pengembangan sistem bisa dilakukan dengan lebih mudah. Perancangan *waterfall* digambarkan pada gambar 1.



Gambar 1. Waterfall Model

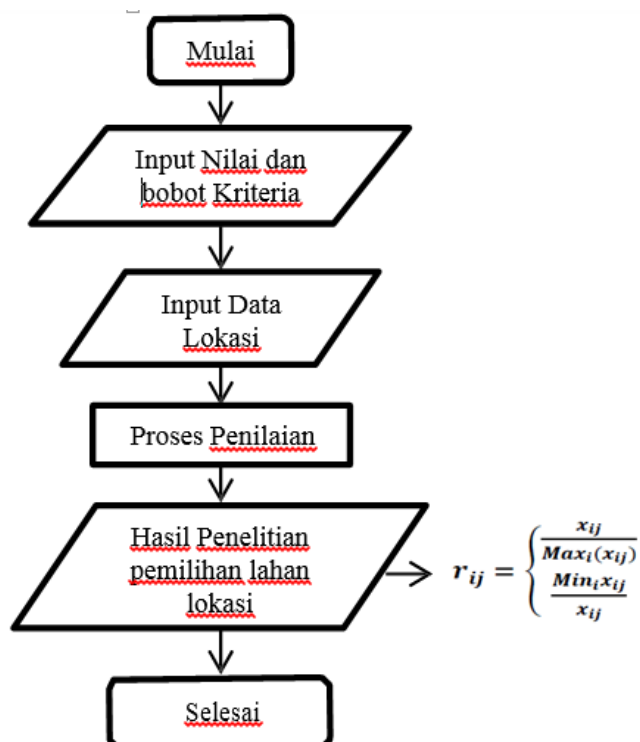
Metode Simple Additive Weighting (SAW) sering juga dikenal dengan istilah metode penjumlahan berbobot. Konsep dasar metode SAW adalah mencari penjumlahan terbobot dari rating kinerja pada setiap alternatif dari semua atribut. Metode SAW membutuhkan proses normalisasi matrik keputusan (X) ke suatu skala yang dapat diperbandingkan dengan semua rating alternatif yang ada.

Metode SAW membutuhkan proses normalisasi matriks keputusan (x) ke suatu skala yang dapat diperbandingkan dengan semua rating alternatif yang ada. Metode *Simple Additive Weighting* (SAW). SAW mengenal adanya 2 (dua) atribut yaitu kriteria keuntungan (*benefit*) dan kriteria biaya (*cost*). Melakukan normalisasi matrik keputusan dengan cara menghitung nilai rating kinerja ternormalisasi (*rij*) dari alternatif Aipada kriteria *Cj*. Perhitungan *Simple Additive Weighting* (SAW) menggunakan persamaan 1.

$$r_{ij} = \left[\begin{array}{l} \frac{x_{ij}}{\text{Max } x_{ij}} \quad \text{Jika } j \text{ adalah atribut keuntungan (benefit)} \\ \frac{\text{Min } x_{ij}}{x_{ij}} \quad \text{Jika } j \text{ adalah atributnya biaya (cost)} \end{array} \right]$$

Keterangan:

- Kriteria keuntungan apabila nilai memberikan keuntungan bagi pengambil keputusan, sebaliknya kriteria biaya apabila menimbulkan biaya bagi pengambil keputusan.
 - Apabila berupa kriteria keuntungan maka nilai dibagi dengan nilai dari setiap kolom, sedangkan untuk kriteria biaya, nilai dari setiap kolom dibagi dengan nilai X_{ij} .
- Diagram alir sistem dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2. Diagram Alir Sistem Penunjang Keputusan Pemilihan Lahan Mangrove

Desain pada sistem pemilihan lahan mangrove secara garis besar dapat dilihat dalam kebutuhan fungsional dan nonfungsional, *usecase diagram*, dan *Entity Relationship Diagram (ERD)*.

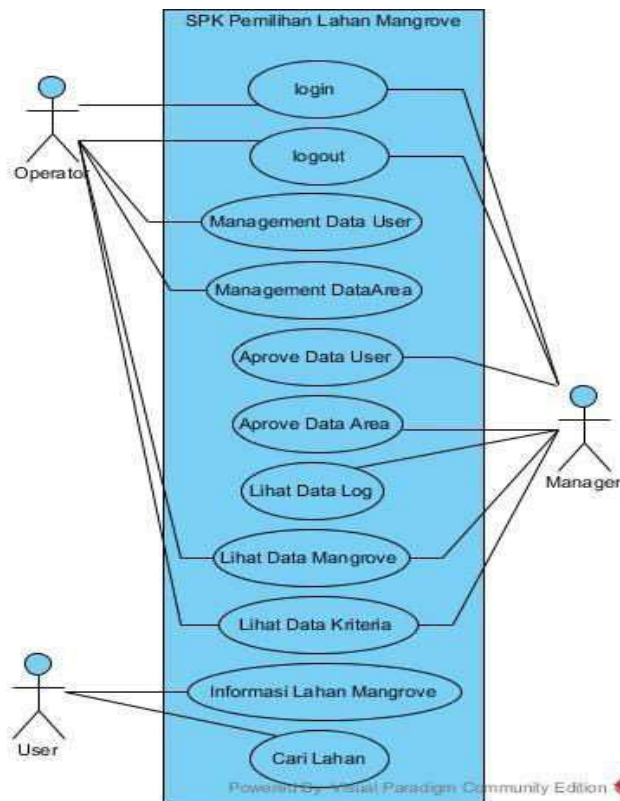
Kebutuhan fungsional merupakan hal pokok yang harus dapat dilakukan oleh sistem dalam menerima masukan untuk diproses sehingga menghasilkan keluaran. Kebutuhan fungsional dari sistem pemilihan lahan mangrove antara lain:

1. Sistem dapat menyimpan dan memanajemen (*input, update, delete*) data *user*.
2. Sistem dapat menyimpan dan memanajemen (*update, delete*) data area.
3. Sistem dapat menyimpan dan memanajemen data yang digunakan sebagai acuan untuk menghitung hasil cari lahan mangrove.
4. Aplikasi dapat menampilkan lahan yang baik untuk di tanami mangrove.

Sedangkan kebutuhan non-fungsional sistem pada penelitian ini yaitu:

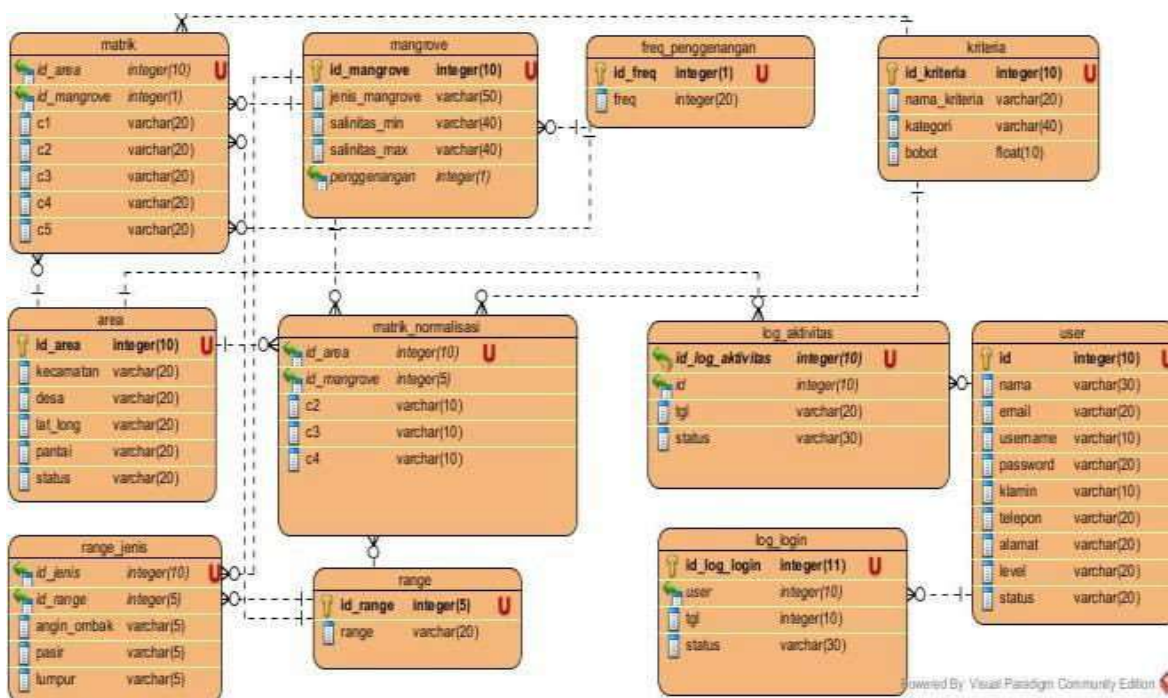
1. Sistem dapat digunakan oleh banyak pengguna pada saat yang bersamaan dan pada komputer yang berbeda.
2. Tampilan dan bahasa komunikasi sistem mudah dimengerti oleh pengguna untuk memberikan kenyamanan pemakaian dan memudahkan pengoperasian.
3. Sistem menggunakan *username* dan *password* untuk autentifikasi akses operator dan manager terhadap sistem.

Usecase Diagram dalam sistem ini menggambarkan fitur dan aktor yang terdapat pada aplikasi yang akan dibuat. *Usecase diagram* sistem penunjang keputusan pemilihan lahan mangrove menggunakan metode SAW seperti yang dijelaskan pada Gambar 3.



Gambar 3. Usecase Diagram Sistem Penunjang Keputusan Pemilihan Lahan Mangrove

Entity Relationship Diagram (ERD) pada sistem pemilihan lahan mangrove menjelaskan mengenai hubungan data dengan basis data yang berdasarkan objek dasar pada data yang mempunyai hubungan dan relasi. ERD sistem ditunjukkan pada gambar 4



Gambar 4. ERD Sistem Penunjang Keputusan Pemilihan Lahan Mangrove

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini melakukan analisis data yang menginputkan data kriteria agar data dapat digunakan dalam menentukan lahan yang tepat untuk tumbuhan mangrove. Bobot kriteria yang akan digunakan dalam menentukan lahan mangrove pada tabel 1.

Tabel 1. Bobot Kriteria

No	Kriteria	Bobot
1	Salinitas	0
2	Toleransi Ombak dan Angin	0.4
3	Toleransi Pasir	0.3
4	Toleransi Lumpur	0.3
5	Frekuensi Penggenangan	0

Range digunakan untuk menjadi atribut dari kriteria toleransi ombak dan angin, toleransi kandungan pasir, dan toleransi lumpur. Dalam atribut range terdapat tinggi, sedang, rendah, dan sangat rendah atribut ini termasuk dalam kategori sesuai, moderat, tidak sesuai, dan sangat tidak sesuai, diukur dalam keadaan tingkat tinggi sampai dengan sangat rendah. Kategori dalam kriteria yang di jadikan atribut dalam sebuah kategori. Dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Range

Range	Nilai
Tinggi	4
Sedang	3
Rendah	2
Sangat Rendah	1

Matrik penilaian ini yaitu hasil dari inputan user yang akan di masukkan dalam table dan akan di hitung dengan menggunakan metode SAW pada tabel 3.

Tabel 3. Matrix

Jenis Mangrove	C1	C2	C3	C4	C5
A1	30	4	3	4	20
A2	30	3	4	3	20
A3	30	3	3	3	20
A4	30	3	4	3	20
A5	30	3	3	3	20

Tabel 3 menjelaskan bahwa salah satu contoh inputan yang di lakukan oleh *user* untuk memilih lahan mangrove dengan A1 sebagai jenis mangrovenya, sedangkan C1-C5 yaitu kriteria yang di gunakan C1 salinitas,

C2 toleransi ombak dan angin, C3 kandungan pasir, C4 kandungan lumpur, C5 frekuensi penggenangan.

Perhitungan matrik penilaian:

$$C = C2 / C2 \text{ max} * \text{ bobot}$$

$$C2 = 4/4 * 0.4 = 0.4$$

$$C2 = 3/4 * 0.4 = 0.3$$

$$C2 = 3/4 * 0.4 = 0.3$$

$$C2 = 3/4 * 0.4 = 0.3$$

$$C2 = 3/4 * 0.4 = 0.3$$

$$C = C3 / C3 \text{ max} * \text{ bobot}$$

$$C2 = 3/4 * 0.3 = 0.225$$

$$C2 = 4/4 * 0.3 = 0.3$$

$$C2 = 3/4 * 0.3 = 0.225$$

$$C2 = 4/4 * 0.3 = 0.3$$

$$C2 = 3/4 * 0.3 = 0.225$$

$$C = C4 / C4 \text{ max} * \text{ bobot}$$

$$C2 = 4/4 * 0.3 = 0.3$$

$$C2 = 3/4 * 0.3 = 0.225$$

$$C2 = 3/4 * 0.3 = 0.225$$

$$C2 = 3/4 * 0.3 = 0.225$$

$$C2 = 3/4 * 0.3 = 0.225$$

Hasil pembagian benefit yaitu hasil dari inputan dari colom c2-c4 hasil inputan/max c2*bobot c2, inputan/max c3*bobot c2, inputan/max c4*bobot c3 dan hasil dari perhitungan pada tabel 4.

Tabel 4. Matrix Normalisasi

Jenis Mangrove	C2	C3	C4
A1	0.4	0.225	0.3
A2	0.3	0.3	0.225
A3	0.3	0.225	0.225
A4	0.3	0.3	0.225
A5	0.3	0.225	0.225

Hasil dari matrik normalisasi di dapatkan dari perhitungan inputan user yang ada pada tabel 3 sehingga mendapatkan hasil pada tabel 4, kemudian untuk mendapatkan nilai hasil matrik dilakukan perhitungan sebagai berikut:

$$A = C2 + C3 + C4$$

$$A1 = 0.4 + 0.225 + 0.3 = 0.925$$

$$A2 = 0.3 + 0.3 + 0.225 = 0.825$$

$$A3 = 0.3 + 0.225 + 0.225 = 0.75$$

$$A4 = 0.3 + 0.3 + 0.225 = 0.825$$

$$A5 = 0.3 + 0.225 + 0.225 = 0.75$$

Nilai hasil dari pembagian dan perkalian dari tabel 4 kemudian di lanjutkan dengan penjumlahan c2+c3+c4 hasil dari penilaian dan perangkingan sehingga mendapatkan nilai tertinggi yaitu A1 dengan nilai 0.925 sebagai mangrove yang dapat ditanam di daerah yang telah dipilih oleh user, dapat dilihat di tabel .5.

Tabel 5. Nilai Hasil Matrik Normalisasi

Jenis Mangrove	Nilai
A1	0.925
A2	0.825
A4	0.825
A3	0.75
A5	0.75

Sistem pemilihan lahan mangrove dengan metode SAW bertujuan untuk membantu mempermudah pencarian lahan mangrove di kabupaten jember dan membantu Dinas Kehutanan Kabupaten Jember dalam mengontrol dan menentukan lahan mangrove yang cocok untuk di tanami mangrove yang berada di Kabupaten Jember. Pemilihan lahan mangrove di Kabupaten Jember terdapat beberapa kelebihan dan kekurangan yang masih harus disempurnakan kembali, untuk mencapai tujuan tersebut sistem ini memiliki fitur utama yaitu fitur yang mengimplementasikan analisis metode SAW, gambar 5 form pemilihan lahan mangrove.

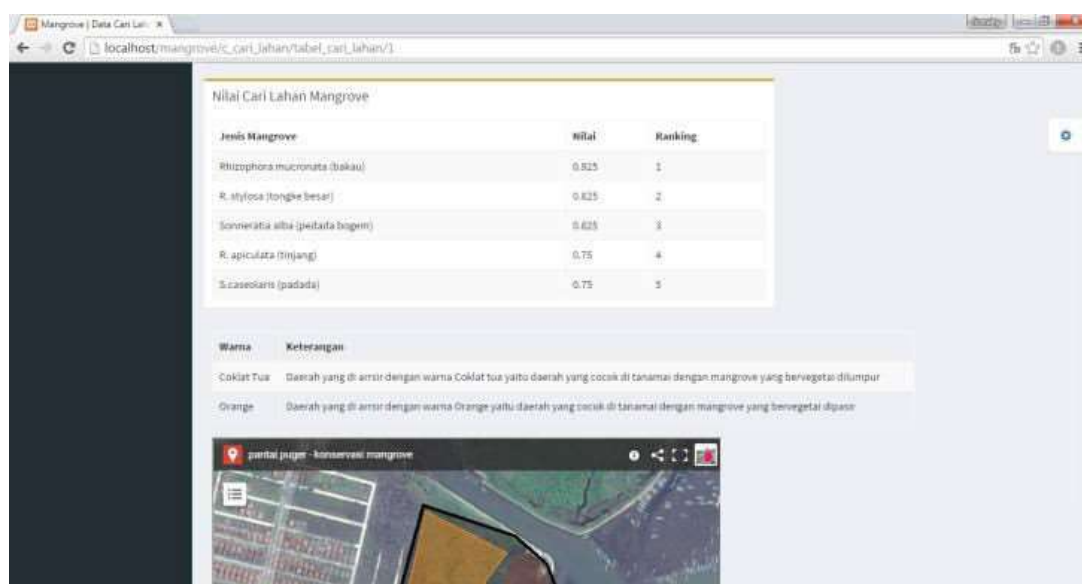
Gambar 5. Form Pemilihan Lahan Mangrove

Hasil dari inputan *user* akan di hitung menggunakan metode SAW, terapat pada proses pemilihan lahan mangrove, setelah *user* menginputkan form tersebut, maka setelah *user* mengklik button cari sistem menampilkan hasil dari inputan *user* dengan jenis mangrove yang bisa d tanami berdasarkan hasil niali perangkingan tertinggi yang di tampilkan dalam sistem dan juga peta digital yang berupa maps lahan tanam mangrove terlihat pada gambar 6, 7, dan 8.

Jenis Mangrove	Salinitas	Kekuatan Ombak dan Angin	Kandungan Pasir	Kandungan Lumpur	Frekuensi Penggenangan
Rhizophora mucronata (bakau)	30	4	3	4	20 hr/bin
R. stylosa (tongke besar)	30	3	4	3	20 hr/bin
R. apiculata (tinjang)	30	3	3	3	20 hr/bin
Sonneratia alba (petata bogem)	30	3	4	3	20 hr/bin
S.cavolaris (padada)	30	3	3	3	20 hr/bin

Jenis Mangrove	Kekuatan Ombak dan Angin	Kandungan Pasir	Kandungan Lumpur
Rhizophora mucronata (bakau)	0.4	0.225	0.3
R. stylosa (tongke besar)	0.3	0.3	0.225
R. apiculata (tinjang)	0.3	0.225	0.225
Sonneratia alba (petata bogem)	0.3	0.3	0.225

Gambar 6. Tampilan Hasil perhitungan SAW



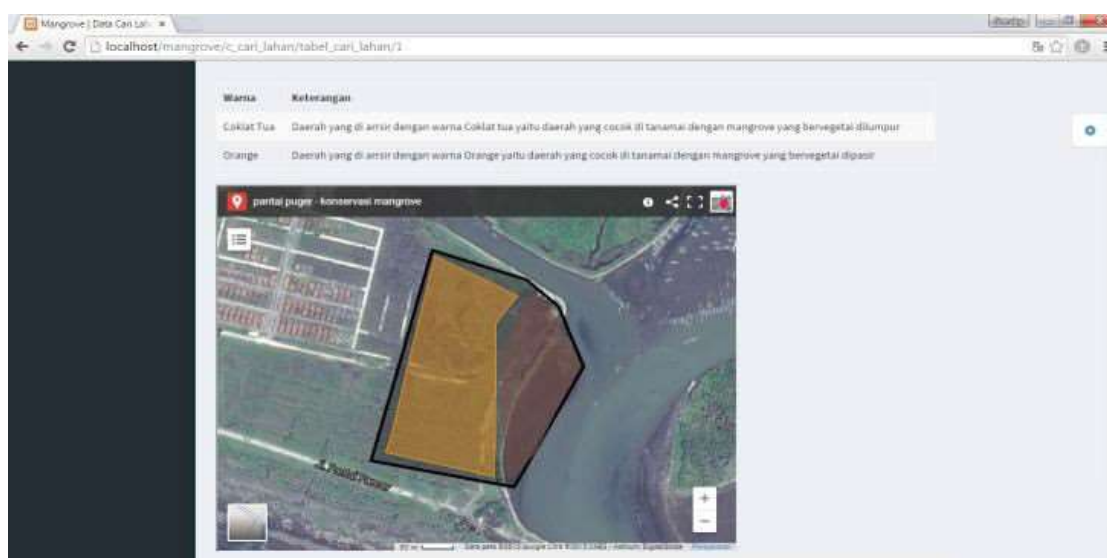
Jenis Mangrove	Nilai	Ranking
Rhizophora mucronata (bakau)	0.925	1
R. stylosa (tongke besar)	0.825	2
Sonneratia alba (petatah bogem)	0.625	3
R. apiculata (tanjung)	0.75	4
S. caseolaris (padada)	0.75	5

Warna **Keterangan**

Coklat Tua Daerah yang di arsir dengan warna Coklat tua yaitu daerah yang cocok di tanami dengan mangrove yang bervegetasi dilumpur

Orange Daerah yang di arsir dengan warna Orange yaitu daerah yang cocok di tanami dengan mangrove yang bervegetasi di pasir

Gambar 7. Tampilan Hasil Nilai



Gambar 8. Tampilan Google Maps API

KESIMPULAN DAN SARAN

1. Pembuatan sistem penunjang keputusan pemilihan lahan mangrove dengan menggunakan metode SAW, salah satu contoh mencari hasil dari nilai yang telah di inputkan oleh *user* sehingga mendapatkan nilai A1 dengan nilai 0.925 sebagai nilai yang tertinggi untuk mangrove yang dapat di tanami pada daerah yang telah di pilih oleh *user*. Sistem ini terdapat kriteria, bobot, dan range yang digunakan untuk menghitung jumlah nilai dari bobot dan kriteria yang di gunakan, sehingga menghasilkan nilai untuk di jadikan bahan pertimbangan pememilihan lahan yang baik untuk ditanami mangrove.
2. Sistem pemilihan lahan mangrove menggunakan *framework CI* untuk tampilan *user*, dan untuk menampilkan peta lahan mangrove peneliti menggunakan *google API* untuk menampilkan peta pada sistem. Peneliti memberikan penjelasan mengenai sistem dengan memberikan informasi pada menu informasi untuk *user* agar dapat menjalankan sistem, sistem dapat membantu *user* untuk mencari lahan mangrove.

Adapun saran yang ditujukan untuk memberikan masukan yang lebih baik yaitu:

1. Untuk pengembangan lebih lanjut, disarankan pemilihan lahan mangrove dengan metode *Simple Additive Weighting* (SAW) sistem yang dibangun tidak memungkinkan pengguna untuk mengubah, menambah atau mengurangi jumlah kriteria yang digunakan dalam pemilihan lahan mangrove.

2. Pemilihan lahan mangrove di Kabupaten Jember terdapat beberapa kelebihan dan kekurangan yang masih harus disempurnakan kembali. Untuk mencapai tujuan tersebut sistem ini memiliki fitur utama yaitu fitur yang mengimplementasikan analisis metode SAW. Fitur tersebut memiliki alur analisis yang sesuai dengan tahapan-tahapan analisis dalam metode SAW bisa diakses oleh user.
3. Kemampuan sistem di awal masih terdapat banyak bagian yang harus diperbaiki dan dikembangkan lagi. Peta yang ditampilkan dalam sistem ini masih statis, hanya sebatas pada hasil dari pemilihan lahan mangrove. Seharusnya sistem mampu menampilkan peta dengan hasil pentahapan berdasarkan jenis mangrovenya.

DAFTAR PUSTAKA

- Adriyendi I.J. (2015) Multi-Attribute Decision Making Using Simple Additive Weighting and Weighted Product in Food Choice *Information Engineering and Electronic Business*,6, 8-14
- Atmojo, R. N. P., Pardamean, B., Abbas, B. S., Cahyani, A. D., & Manulang, I. D. (2014). Fuzzy simple additive weighting based, decision support system application for alternative confusion reduction strategy in smartphone purchases. *American Journal of Applied Sciences*, 11(4), 666.
- Brander, L. M., Wagtendonk, A. J., Hussain, S. S., McVittie, A., Verburg, P. H., de Groot, R. S., & van der Ploeg, S. (2012). Ecosystem service values for mangroves in Southeast Asia: A meta-analysis and value transfer application. *Ecosystem Services*, 1(1), 62-69.
- Haswan, F. (2017). Decision Support System For Election Of Members Unit Patients Pamong Praja. *International Journal of Artificial Intelligence Research*, 1(1), 21-25
- Kusumadewi, S. (2006). *Fuzzy Multi-Attribute Decision Making (Fuzzy MADM)*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Lee, D., Lee, T., Lee, S. K., Jeong, O. R., Eom, H., & Lee, S. G. (2006). BestChoice: a decision support system for supplier selection in e-marketplaces. In *Data Engineering Issues in E-Commerce and Services* (pp. 198-208). Springer, Berlin, Heidelberg.
- Melia, Y. (2016). Multi Attribute Decision Making Using Simple Additive Weighting and Weighted Product in Investment. *International Academic Journal Of Business Management*, 3(7), 1-15.
- Memariani, A., Amini, A., & Alinezhad, A. (2009). Sensitivity analysis of simple additive weighting method (SAW): the results of change in the weight of one attribute on the final ranking of alternatives. *Journal of Optimization in Industrial Engineering*, 4 (2009), 13- 18.
- Pratiwi, D., Lestari, J. P., & Agushita, D. (2014). Decision Support System to Majoring High School Student Using Simple Additive Weighting Method. *International Journal of Computer Trends and Technology*, 10(3), 153-159.
- Saifullah S, Harahap N. (2013). Strategi pengembangan wisata mangrove di “Blok Bedul” Taman Nasional Alas Purwo Kabupaten Banyuwangi Jawa Timur. *Journal of Indonesian Tourism and Development Studies*, 1(2), 79 – 86.
- Shi, S., Huang, Y., Zeng, K., Tan, F., He, H., Huang, J., & Fu, Y. (2005). Molecular phylogenetic analysis of mangroves: independent evolutionary origins of vivipary and salt secretion. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 34(1), 159-166.
- Sinaga, A. (2016, April). Decision support system model analysis for proposed activities on development planning forum in district level (Case study: Government of Cimahi). In *Cyber and IT Service Management, International Conference on* (pp. 1-6). IEEE.
- Solicha, Z. (2013, April 06). *Nasib Nelayan di Negeri Bahari Kian Terabaikan*. Dipetik Maret 17, 2015, dari <http://www.antarajatim.com/>: <http://www.antarajatim.com/lihat/berita/107726/nasib-nelayan-di-negeri-bahari-kian-terabaikan-oleh-zumrotun-solicha>
- Sommerville, Ian. (2003). *Software Engineering (Rekayasa Perangkat Lunak)*. Jakarta: Erlangga.
- Su, G. H., Huang, Y. L., Tan, F. X., Ni, X. W., Tang, T., & Shi, S. H. (2006). Genetic variation in *Lumnitzera racemosa*, a mangrove species from the Indo-West Pacific. *Aquatic Botany*, 84(4), 341-346.
- Sudarmadji, I. (2011). Identifikasi lahan dan potensi hutan mangrove di bagian timur Propinsi Jawa Timur. *Bonoworo Wetlands*, 1(1), 7-13.
- Turban E. and Aronson J. E. (2004). *Decision Support System and Intelligent System* (New Jersey: Prentice Hall)
- Wiharyanto, D., & Laga, A. (2010). *Kajian Pengolahan Hutan Mangrove di Kawasan Konservasi Desa Mamburangan Kota Tarakan Kalimantan Timur*. *Media Sains*, 10.

PENGEMBANGAN TEKNOLOGI INDUSTRI BUDIDAYA PERIKANAN DENGAN MODEL SIMBUSAMAN AGROMINA POLITAN DALAM UPAYA PENINGKATAN PRODUK UNGGULAN KOTA PEKALONGAN

Istiyanto Samidjan¹, Diana Rachmawati¹, Agus Indarjo², Hadi Pranggono³

¹Dosen Departemen Akuakultur, Fak. Perikanan dan Ilmu Kelautan Undip.

²Dosen Departemen Ilmu Kelautan, Fak. Perikanan dan Ilmu Kelautan Undip.

³Dosen Program Studi Perikanan dan Ilmu Kelautan, Unikal.

*Corresponding author e-mail: istiyanto_samidjan@yahoo.com

ABSTRAK

Permasalahan yang ditangani dari program hilink ini adalah edukasi dalam pemasyarakatan teknologi polikultur ikan nila salin, ikan bandeng dan rumput laut pada tambak yang terkena abrasi dalam menunjang pengembangan wisata laut di Kota Pekalongan. Kegiatan ini melibatkan kerjasama Perguruan tinggi Universitas Diponegoro dengan Universitas Pekalongan, bersinergi dan bekerjasama pula dengan Pemda Kota Pekalongan dan mitra kelompok ekonomi mikro pada kelompok tani Usaha Mikro Kecil dan Menengah dengan nama "Budidaya perikanan "Pokdakan Muara Rejeki". Tujuan penelitian adalah untuk meningkatkan produksi ikan nila salin, ikan bandeng dan rumput laut dengan menggunakan teknologi polikultur serta melakukan edukasi ke mitra sebagai obyek wisata laut yang menarik dan meningkatkan pendapatan asli daerah. Metode penelitian dengan rancangan acak lengkap dan eksplorasi dengan perlakuan. Metode yang digunakan adalah metode eksperimental dengan menggunakan Rancangan acak lengkap dengan 4 perlakuan dan 3 ulangan yaitu T1(5N+5B+RL 25): diberi benih 5 ekor/m² udang vanamei dan diberi nener bandeng 5 ekor/m², T2(5V+10B+RL 25)=diberi 5 ekor/m² udang vanamei dan diberi 10 ekor/m² ikan bandeng), T3(10V+5B+RL 25)=diberi 10 ekor/m² udang vanamei dan diberi 5 ekor/m² nener bandeng), T4(10V+10B+RL 25)=diberi 10 ekor/m² udang vanamei dan diberi 10 ekor/m² nener bandeng), selanjutnya ke empat perlakuan tersebut di pelihara bersamaan dengan rumput laut pada jarak tanam yang sama yaitu jenis *Gracillaria sp* dengan bobot 150 g/ikat dengan jarak tanam 25 cm secara long line ditempatkan disekeliling petakan tambak. Data yang diperoleh adalah data pertumbuhan bobot mutlak, kelulushidupan, FCR, dan data kualitas air (suhu, salinitas, pH, O₂, NO₂, NH₃) Data dianalisis dengan analisis ragam (uji F) dan deskriptif. Penelitian dilakukan di media pemeliharaan teknologi polikultur dengan masing-masing petakan penelitian luasnya 100 m², Hasil penelitian menunjukkan bahwa adanya perbedaan kepadatan udang vanamei dan ikan bandeng dan jarak tanam rumput laut yang sama memberikan pengaruh yang sangat nyata ($P < 0,01$) terhadap pertumbuhan dan kelulushidupan udang vanamei dan ikan bandeng serta rumput laut. Pertumbuhan bobot mutlak tertinggi pada udang vanamei dan ikan bandeng diperoleh dari perlakuan T4 (udang vanamei 28.25 ± 0.22^c g/g), ikan bandeng (187.29 ± 1.025 g), rumput laut (2921,26 g) dan kelulushidupan udang vanamei $97.78\% \pm 2.19\%$ dan ikan bandeng $95.25 \pm 2.89\%$, rumput laut *Gracillaria sp* 99.33 %, FCR (food Conversion ratio) 1.19 ± 0.05 . Hasil produksi udang vanamei dan ikan bandeng dengan teknologi polikultur menghasilkan produksi yang tinggi sehingga mampu menunjang program Agromina Kota Pekalongan.

Kata kunci: MODEL SIMBUSAMAN AGROMINA, udang Vanname, ikan bandeng, rumput laut.

PENDAHULUAN

Permasalahan yang ditangani dari program hilink ini adalah edukasi dalam pemasyarakatan teknologi polikultur ikan nila salin, ikan bandeng dan rumput laut pada tambak yang terkena abrasi dalam menunjang pengembangan wisata laut di Kota Pekalongan. Kegiatan ini melibatkan kerjasama Perguruan tinggi Universitas Diponegoro dengan Universitas Pekalongan, bersinergi dan bekerjasama pula dengan Pemda Kota Pekalongan dan mitra kelompok ekonomi mikro pada kelompok tani Usaha Mikro Kecil dan Menengah dengan nama "Budidaya perikanan "Pokdakan Muara Rejeki". Tujuan

penelitian adalah untuk meningkatkan produksi ikan nila salin, ikan bandeng dan rumput laut dengan menggunakan teknologi polikultur serta melakukan edukasi ke mitra sebagai obyek wisata laut yang menarik dan meningkatkan pendapatan asli daerah. teknologi polikultur udang vanamei dan ikan bandeng dan rumput laut sangat diperlukan untuk meningkatkan pertumbuhan dan produksi udang windu dan ikan bandeng. Kondisi saat ini mortalitas udang vanamei dan ikan bandeng yang dipelihara secara polikultur mortalitasnya tinggi mencapai 80 s/d 90%. Kondisi saat ini sangat penting adanya temuan penelitian yang berkaitan dengan tambak yang terkena abrasi laut sehingga tambak terbenak (bero) tidak dimanfaatkan. Salah satunya adalah penerapan teknologi polikultur yang berbasis pen kultur untuk mengatasi bencana tambak yang terkena abrasi. Kota pekalongan sebagian dari wilayah tambaknya terkena abrasi laut sehingga tidak dapat dimanfaatkan untuk budidaya ikan bandeng dan udang vanamei.

Kota Pekalongan yang terletak di Propinsi Jawa Tengah, dimana Jawa Tengah sangat potensial untuk pengembangan produk udang vanamei, bandeng dan rumput laut dengan sistem budidaya polikultur, karena mempunyai sumber air tawar dan air laut yang baik, lahan tambak budidaya, tambak bero dan lahan yang belum diolah untuk budidaya ikan bandeng dan rumput laut (*Gracilaria* sp), masih terbuka luas. Hal ini sesuai dengan informasi data dasar Jawa Tengah dalam angka (2004) pada Sub Sektor Perikanan meliputi kegiatan usaha Perikanan Laut dan Perikanan Darat. Pada Kegiatan Perikanan Darat Produksi yang dihasilkan dari kegiatan Perikanan tersebut pada tahun 2003 di Jawa tengah mencapai 339 ribu ton dengan nilainya turun sekitar 15,83 persen dan 18,16 persen, Produksi perikanan yang ada didominasi oleh Perikanan laut sebesar 236,24 ribu ton (sekitar 74 persen dari total produksi Perikanan) dengan nilai 0,77 triliun rupiah.

Teknologi Polikultur Ikan udang vanamei (*Litopenaeus vannamei*) dan rumput laut saat ini sangat dibutuhkan untuk percepatan produksi perikanan budidaya. Tetapi hasilnya masih kurang memuaskan karena masih, tingginya mortalitas mencapai 55-95%, kurangnya asupan nutrisi pakan, lingkungan kualitas air yang kurang baik. Sehingga perlu upaya penemuan dan inovasi teknologi polikultur udang vanamei dan ikan bandeng dengan pengkayaan pakan dengan probiotik. Tujuan untuk mengkaji peran inovasi teknologi budidaya polikultur udang vanamei dan ikan bandeng dengan perbedaan kombinasi campuran ikan udang vanamei dan ikan bandeng dan penggunaan dosis probiotik yang efektif terhadap pertumbuhan dan kelulushidupannya, serta peningkatan produksi dalam menunjang Agromina politan Kota Pekalongan.

MATERI DAN METODE

Metode yang digunakan adalah metode eksperimental dengan menggunakan Rancangan acak lengkap dengan 4 perlakuan dan 3 ulangan yaitu T1(5N+5B+RL 25): diberi benih 5 ekor/m² udang vanamei dan diberi nener bandeng 5 ekor/m², T2(5V+10B+RL 25)=diberi 5 ekor/m² udang vanamei dan diberi 10 ekor/m² ikan bandeng), T3(10V+5B+RL 25)=diberi 10 ekor/m² udang vanamei dan diberi 5 ekor/m² nener bandeng),T4(10V+10B+RL 25)=diberi 10 ekor/m² udang vanamei dan diberi 10 ekor/m² nener bandeng), selanjutnya ke empat perlakuan tersebut di pelihara bersamaan dengan rumput laut pada jarak tanam yang sama yaitu jenis *Gracillaria* sp dengan bobot 150 g/ikat dengan jarak tanam 25 cm secara long line ditempatkan disekeliling petakan tambak. Data yang diperoleh adalah data pertumbuhan bobot mutlak, kelulushidupan, FCR, dan data kualitas air (suhu, salinitas, pH,O₂,NO₂,NH₃) Data dianalisis dengan analisis ragam (uji F) dan deskriptif. Penelitian dilakukan di media pemeliharaan teknologi polikultur dengan masing-masing petakan penelitian luasnya 100 m²,

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa adanya perbedaan kepadatan udang vanamei dan ikan bandeng dan jarak tanam rumput laut yang sama memberikan pengaruh yang sangat nyata (P<0,01) terhadap pertumbuhan dan kelulushidupan udang vanamei dan ikan bandeng serta rumput laut. Pertumbuhan bobot mutlak tertinggi pada udang vanamei dan ikan bandeng diperoleh dari perlakuan T4 (udang vanamei 28.25±0.22^c g g), ikan bandeng (187.29±1.025 g), rumput laut (2921,26 g) dan kelulushidupan udang vanamei 97.78%±2.19% dan ikan bandeng 95.25±2.89%, rumput laut *Gracillaria* sp 99.33 %, FCR (food Conversion ratio) 1.19 ± 0.05. Hasil produksi udang vanamei dan ikan bandeng dengan teknologi polikultur menghasilkan produksi yang tinggi sehingga mampu menunjang program Agromina Kota Pekalongan (Tabel.1).

Tabel 1. Hasil Pertumbuhan bobot mutlak. Kelulushidupan, Konversi rasio pada polikultur udang vanamei dan ikan bandeng dan rumput laut.

	Perlakuan ^a			
	T1 (5V+5B+ 25 RL)	T2 (5V+10B+25 RL)	T3 (10V+5B+25 RL)	T4 (10V+10B+25 RL)
1. Pertumbuhan bobot mutlak udang Vanamei (g)	21.29±0.34 ^c	25.27±1.07 ^b	27.75±0.83 ^b	28.25±0.22^c
2. Pertumbuhan bobot mutlak ikan bandeng (g)	179.75±1.8 ^c	182.25±2.24 ^b	186.28±2.45 ^b	187.29±1.025^a
3. Pertumbuhan bobot mutlak rumput laut (g)	2786,75 ^a	2897,25 ^b	2917,29 ^b	2921,26^a
3. Kelulushidupan udang vanamei (%)	85.27±2.95 ^c	90.75±1.23 ^b	95.29±1.07 ^b	97.78%±2.19^a
4. Kelulushidupan ikan bandeng (%)	75 ^c	89.50±2.21 ^b	92.25±3.75 ^b	95.25±2.89^a
5. Kelulushidupan rumput laut <i>Gracillaria</i> sp (%)	90.25	93.75	95.25	99.33
5. FCR ikan bandeng dan udang vanamei	3.56±0.05 ^b	2.23±0.17 ^b	1.25±0.07 ^b	1.19 ± 0.05^a

Keterangan:

T1(5N+5B+RL 25): diberi benih 5 ekor/m² udang vanamei dan diberi nener bandeng 5 ekor/m², T2(5V+10B+RL 25)=diberi 5 ekor/m² udang vanamei dan diberi 10 ekor/m² ikan bandeng), T3(10V+5B+RL 25)=diberi 10 ekor/m² udang vanamei dan diberi 5 ekor/m² nener bandeng), T4(10V+10B+RL 25)=diberi 10 ekor/m² udang vanamei dan diberi 10 ekor/m² nener bandeng), selanjutnya ke empat perlakuan tersebut di pelihara bersamaan dengan rumput laut pada jarak tanam yang sama yaitu jenis *Gracillaria* sp dengan bobot 150 g/ikat. Pada tanda superkrip yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata (P<0.05).

Pertumbuhan bobot mutlak udang Vanamei

Berdasarkan hasil penelitian yang dianalisis keragamannya (uji F), menunjukkan pengaruh yang sangat nyata (P<0.01) terhadap pertumbuhan bobot mutlak, Kelulushidupan, Konversi rasio pakan pada polikultur udang vanamei dan ikan bandeng dan rumput laut, hal ini menunjukkan bahwa pengaruh pakan yang diberi pakan buatan dengan kandungan protein 35% menunjukkan pengaruh yang sangat nyata, sedangkan berdasarkan uji Tukey'S menunjukkan perbedaan yang sangat nyata. Pertumbuhan bobot mutlak pada udang vanamei tertinggi pada T4 (udang vanamei **28.25±0.22^c** g), (Tabel.1). Berdasarkan hasil analisis ragam menunjukkan pengaruh yang sangat nyata (P<0.01) terhadap Pertumbuhan bobot mutlak pada udang vanamei.

Berdasarkan hasil analisis ragam menunjukkan bahwa terdapat pengaruh yang sangat nyata terhadap pertumbuhan bobot mutlak udang vanamei (P<0.01), dan dengan uji Tukey'S menunjukkan perbedaan yang nyata antar perlakuan T4-T3, T4-T2, T4-T1. Adanya selisih perbedaan antar perlakuan nilai tengah ini menunjukkan bahwa adanya penerapan teknologi polikultur udang vanamei dan ikan bandeng pada kepadatan berbeda berbasis pengkayaan probiotik mampu meningkatkan pertumbuhan serta memperbaiki lingkungan budidaya yang ramah lingkungan. Penerapan rekayasa pakan buatan diperkaya probiotik dosis 10 ml/liter pakan buatan probiotik (sifat positif) disemprotkan pada pakan buatan (kandungan protein 40%) untuk meningkatkan daya cernak untuk meningkatkan kualitas dan produksi udang vanamei dan ikan bandeng, disemprotkan pada pakan dengan kandungan protein 35 % serta perbaikan lingkungan memakai biofilter sistem (pada inlet dan outlet diberi rumput laut *Gracillaria* sp) dengan jarak tanam antar untai rumput laut, mampu memperbaiki lingkungan kualitas air dan mempercepat pertumbuhan udang vanamei, karena mampu memanfaatkan pakan dengan baik. Hal ini sesuai dengan pendapat Istiyanto dan Rachmawati (2016) bahwa dengan polikultur udang dan ikan bandeng mampu meningkatkan pertumbuhan dengan baik, karena kedua spesies tersebut tidak terjadi kompetisi dalam ruang, pakan, serta mampu tumbuh keduanya dengan baik dengan pemberian probiotik bakteri probiotik seperti *Lactobacillus* sp, *Bacillus* sp yang tumbuh, sistem pakan buatan yang diperkaya dengan probiotik mampu membantu digesti pakan dan menyerap nutrisi pakan lebih efisien serta adanya peran rumput laut secara sinergis berperan sebagai biofilter sistem yang baik.

Hal ini diperkuat pula pendapat Huet (1971), Istiyanto *et al* (2012) pertumbuhan secara fisik terjadi dengan adanya perubahan jumlah atau ukuran sel penyusun jaringan tubuh, pertumbuhan secara morfologis terlihat dari perubahan bentuk tubuh, bertambahnya sel dan jaringan, serta bobot. Pertumbuhan akan terjadi bila kebutuhan energi untuk metabolisme dan pemeliharaan jaringan tubuh sudah terpenuhi sesuai dengan kebutuhan ikan (Hepher, 1988, Yuvaraj *et al.*2015).

Pertumbuhan bobot mutlak ikan bandeng

Rekayasa budidaya polikultur udang vanamei dan ikan bandeng pada program Agromina politan ini sangat penting dengan mengamati pertumbuhan bobot mutlak ikan bandeng yang diperlengkapi dengan biofilter sistem menggunakan rumput laut pada inlet dan out let menunjukkan pertumbuhan bobot mutlak tertinggi ikan bandeng pada perlakuan T4 (**187.29±1.0g**) (Tabel.1),

Kemudian dari Tabel.1, selanjutnya dilakukan analisis ragam menunjukkan pengaruh yang sangat nyata terhadap pertumbuhan bobot mutlak ikan bandeng ($P<0,01$), dengan uji Tukey's menunjukkan selisih nilai tengah perlakuan T4-T3, T4-T2, T4-T1 berbeda nyata ($P<0.05$). Selanjutnya dari Tabel.1, menunjukkan pula bahwa dengan sistem budidaya polikultur dengan pertumbuhan bobot mutlak tertinggi ikan bandeng T4 (**187.29±1.0g**) (Tabel.1).

Berdasarkan analisis ragam menunjukkan pengaruh yang sangat nyata ini karena teknologi polikultur dengan memelihara secara bersamaan udang vanamei dan ikan bandeng dapat tumbuh bersamaan dan tidak terjadi kompetisi dalam media pemeliharaan di tambak. Tetapi terdapat perbedaan pertumbuhan dengan adanya perbedaan tingkat kepadatan benih udang vanamei dan nener bandeng yang ditebar dengan pemeliharaan polikultur. Pertumbuhan yang baik ini karena pakan buatan yang diperkaya dengan probiotik yang cara pemberiaannya disemprotkan pada pakan mampu meningkatkan pertumbuhan dengan baik. Hal ini menunjukkan bahwa dibandingkan dengan peneliti lain pada waktu pemeliharaan yang sama pertumbuhannya lebih tinggi. Hal ini didukung dengan hasil penelitiannya Suyono *et al* (2010) yang dipelihara system polikultur udang vanamei dan ikan bandeng dihasilkan pada pertumbuhan bobot mutlak ikan bandeng selama 96 hari mencapai pertumbuhan 150.73 g, tetapi lebih rendah apabila dibandingkan polikultur yang dipelihara selama 104 hari yaitu 253.034 gr s/d 270.218 gr. Hal ini diperkuat pula oleh penelitiannya Istiyanto dan Rachmawati (2016), Istiyanto (2001) mengatakan tumbuhnya ikan bandeng yang dipelihara bersamaan dengan udang vanamei karena mampu tumbuh secara bersamaan dan terjadi sinergisme tumbuh yang sama.

Pertumbuhan bobot mutlak rumput laut

Berdasarkan hasil penelitian yang dianalisis keragamannya (uji F), menunjukkan pengaruh yang sangat nyata ($P<0.01$) terhadap pertumbuhan bobot mutlak, dengan uji Tukey's menunjukkan selisih nilai tengah perlakuan T4-T3, T4-T2, T4-T1 berbeda nyata ($P<0.05$). Selanjutnya dari Tabel.1, menunjukkan pula bahwa dengan sistem budidaya polikultur dengan pertumbuhan bobot mutlak tertinggi rumput laut jenis *Gracillaria* sp T4 (**187.29±1.0 g**) (Tabel.1).

Selanjutnya dari adanya perbedaan pertumbuhan dengan perbedaan tingkat kepadatan benih udang vanamei dan nener bandeng dan rumput laut yang ditebar dengan pemeliharaan polikultur. Pertumbuhan yang baik ini karena pakan buatan yang dengan kandungan nutrisi yang baik pada pakan yang diberikan yaitu kandungan protein 35% sehingga akan mempercepat pertumbuhan dengan baik. Hal ini menunjukkan bahwa dibandingkan dengan peneliti lain pada waktu pemeliharaan yang sama pertumbuhannya lebih tinggi.

Kelulushidupan udang vanamei

Berdasarkan hasil penelitian menunjukkan bahwa kelulushidupan udang vanamei tertinggi pada perlakuan T4 yaitu **97.78%±2.19^a** (Tabel 1).

Selanjutnya berdasarkan hasil analisis ragam menunjukkan pengaruh yang sangat nyata ($P<0.01$) terhadap kelulushidupan udang vanamei. Selanjutnya dari Tabel .1 menunjukkan bahwa adanya perbedaan kepadatan pada ikan bandeng dan udang vanamei dan rumput laut dengan sistem budidaya polikultur menunjukkan pengaruh yang sangat nyata terhadap kelulushidupan udang vanamei ($P<0.01$), kemudian di uji Tukey'S menunjukkan perbedaan yang nyata antar perlakuan T4-T3, T4-T2, T4-T1.

Adanya pengaruh yang sangat nyata karena adanya penggunaan pakan buatan yang mengandung nutrisi pakan yang tinggi sesuai dengan kebutuhannya serta peran rumput laut sebagai biofilter system dengan memasang rumput laut *Gracillaria* sp disekeliling pen kultur pada pemeliharaan ikan bandeng dan udang vannamei dengan polikultur ini dapat memperbaiki kualitas air dan dapat meningkatkan kelulushidupan udang vannamei (Istiyanto dan Rachmawati, 2016). Ditambahkan pula oleh Istiyanto et al.(2012) kualitas air yang baik pada budidaya polikultur ikan bandeng dan udang vanamei dapat meningkat kelulushidupannya mencapai 80-90%, hasil ini lebih rendah apabila dibandingkan dengan hasil penelitian pada perlakuan T4(padat tebar 20 ekor ikan bandeng dan 20 ekor nener bandeng/m²) dengan hasil kelulushidupan 96.71±0.85%. Pendapat ini diperkuat pula dengan peneliti lain yang memelihara ikan bandeng dengan udang vanamei system polikultur oleh Istiyanto (2000,2009).

Kelulushidupan ikan bandeng

Kemudian dari hasil penelitian dengan menggunakan teknologi polikultur dengan pemeliharaan secara bersamaan ikan bandeng dengan udang vannamei berbasis pakan buatan yang diperkaya dengan probiotik dan peran rumput laut sebagai biofilter system menunjukkan bahwa kelulushidupan tertinggi pada perlakuan T4 yaitu ikan bandeng **95.25±2.89^a %** (Tabel 1).

Berdasarkan hasil penelitian yang tersaji pada Tabel.1, dengan analisis ragam adanya perbedaan kepadatan pada ikan bandeng dan udang vannamei serta rumput laut dengan sistem budidaya polikultur menunjukkan pengaruh yang sangat nyata terhadap kelulushidupan ikan bandeng ($P<0.01$). Selanjutnya dengan uji Tukey'S menunjukkan perbedaan yang nyata antar perlakuan T4-T3, T4-T2, T4-T1. Hal ini menunjukkan bahwa pengaruh lingkungan yaitu penggunaan biofilter sistem dengan menempatkan *Gracillaria* sp di inlet dan outlet media pemeliharaan polikultur ikan bandeng dan udang vannamei dan rumput laut mampu memperbaiki kualitas air, karena rumput laut jenis *Gracillaria* sp mampu menyerap padatan tersuspensi, limbah organik, padatan tersuspensi sehingga kualitas airnya menjadi lebih baik dan layak untuk kehidupan udang vannamei maupun ikan bandeng yang dipelihara secara polikultur. Sesuai dengan pendapat Istiyanto dan Rachmawati (2016), Yuvaraj et al (2015), Mroslav et al (2011), Endrawati et al.(2001), Murachman et al (2010) mengemukakan bahwa polikultur ikan bandeng dan udang vannamei serta rumput laut serta pemberian pakan buatan yang mengandung protein 35% yang baik dapat meningkatkan kelulushidupan dan pertumbuhan ikan bandeng dan udang. Kelulushidupan yang tinggi pada ikan bandeng karena dipengaruhi secara langsung adanya perbaikan biofilter system dengan penggunaan rumput laut *Gracillaria* sp yang mampu menyerap semua padatan tersuspensi dan limbah bahan organik, sehingga mampu meningkatkan kelulushidupan yang tinggi (Istiyanto dan Rachmawati,2016, Kanazawa.1985, Yang and Fitzsimmons,2002, Xie et al.2011, Davis .2011).

Kelulushidupan rumput laut

Kemudian dari hasil penelitian dengan menggunakan teknologi polikultur dengan pemeliharaan secara bersamaan ikan bandeng dengan udang vannamei berbasis pakan buatan yang diperkaya dengan probiotik dan peran rumput laut sebagai biofilter system menunjukkan bahwa kelulushidupan tertinggi pada perlakuan T4 yaitu rumput laut yaitu **99.33%** (Tabel 1).

Selanjutnya dari hasil penelitian yang tersaji pada Tabel.1, dengan analisis ragam adanya perbedaan kepadatan pada ikan bandeng dan udang vannamei serta rumput laut dengan sistem budidaya polikultur menunjukkan pengaruh yang sangat nyata terhadap kelulushidupan rumput laut ($P<0.01$). Selanjutnya dengan uji Tukey'S menunjukkan perbedaan yang nyata antar perlakuan T4-T3, T4-T2, T4-T1. Hal ini menunjukkan bahwa pengaruh lingkungan yaitu penggunaan *Gracillaria* sp pada pemeliharaan polikultur ikan bandeng dan udang vannamei dan rumput laut mampu memperbaiki kualitas air, karena rumput laut jenis *Gracillaria* sp mampu menyerap padatan tersuspensi, limbah organik, padatan tersuspensi sehingga kualitas airnya menjadi lebih baik dan layak

Food Conversion Ratio (FCR)

Hasil penelitian menunjukkan bahwa food conversion ratio terendah pada perlakuan T4 yaitu FCR (food Conversion ratio) yaitu **1.19 ± 0.05^a** (Tabel.1). Hasil analisis ragam menunjukkan pengaruh yang sangat nyata ($P<0.01$) terhadap rasio konversi pakan (FCR) pada udang vanamei dan ikan bandeng.

Selanjutnya dari hasil analisis ragam dengan adanya perbedaan kepadatan dan udang vannamei dan ikan bandeng dengan sistem polikultur berpengaruh sangat nyata terhadap FCR ($P < 0.01$) dan berdasarkan uji tukey menunjukkan perbedaan yang nyata antar nilai tengah perlakuan T4-T3, T4-T2, T4-T1.

Kemudian dengan adanya perbedaan kepadatan pada sistem polikultur udang vannamei dan ikan bandeng, sehingga akan mempengaruhi perbedaan dalam mengkonsumsi pakan, yang menyebabkan nilai FCRnya juga berbeda, hal ini terlihat nilai FCR pada perlakuan T4 lebih rendah 1.19 ± 0.05^a artinya lebih efisien pakan yang diberikan, sehingga dengan memanfaatkan pakan buatan yang diberikan pada perlakuan T3, T2, T1.

Hal ini sesuai dengan pendapat Istiyanto *et al.* (2010-2012), Istiyanto dan Rachmawati (2016), Tacon, (1987) menyatakan bahwa rasio konversi pakan adalah peran yang sangat penting untuk melihat apakah pakan yang diberikan mampu meningkatkan pertumbuhan udang vanamei dan ikan bandeng dengan pertumbuhan yang lebih baik atau apakah pakan diberikan lebih efisien. Nilai konversi pakan juga dapat melihat seberapa jauh pakan yang diberikan mampu meningkatkan pertumbuhan dengan lebih baik/cepat pertumbuhannya.

Kualitas air media pemeliharaan pada teknologi budidaya polikultur

Pemantauan selama penelitian menunjukkan kualitas air yang layak untuk budidaya ikan bandeng dan udang vannamei dan rumput laut dengan sistem polikultur (Tabel.2), karena menggunakan biofilter system dengan cara menyaring kualitas air pada inlet dan outlet menggunakan rumput laut (Tabel.2).

Tabel 2. Data kualitas air hasil dari adanya penggunaan biofilter system

Parameter Kualitas Air	Range	Worthiness (literature)
Oksigen terlarut (mg/l)	4,75 – 6,87	>4 mg/l ^{a,b}
Suhue (°C)	24,3 – 29,5	26,5 – 35 °C ^{c,d}
Salinitas (ppt)	20.5 – 28,5	15 – 30 ^{c,d}
pH	7.5 – 8,5	7,5 – 8,7 ^{c,d}
Ammonia (mg/l)	0.01– 0,12	<1 mg/l ^{c,d,e}

Keterangan: (Nurjana.2007^a, Kanazawa, 1985^b, Kurmaly, 1995^c, Kanazawa, 1985^d, Boyd *et al.*1982^e).

Berdasarkan Tabel.2, menunjukkan bahwa dengan menggunakan biofilter system pada manajemen kualitas air media pemeliharaan ikan bandeng dan udang vannamei serta rumput laut sistem polikultur menghasilkan kualitas air yang layak untuk pemeliharaan sistem polikultur, dan ramah lingkungan, karena menggunakan rumput laut sebagai biofilter (Tabel 2) menunjukkan kelayakan untuk pemeliharaan ikan bandeng dan udang vannamei sesuai dengan pendapat Nurjana, (2007), Kanazawa (1985), Kurmaly (1985).

KESIMPULAN DAN SARAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa adanya perbedaan kepadatan udang vanamei dan ikan bandeng memberikan pengaruh yang sangat nyata ($P < 0,01$) terhadap pertumbuhan dan kelulushidupan udang vanamei dan ikan bandeng. Pertumbuhan bobot mutlak tertinggi pada udang vanamei dan ikan bandeng diperoleh dari perlakuan T4 (udang vanamei 26.75 ± 0.03 g), ikan bandeng (188.15 ± 1.028 gr) dan kelulushidupan udang vanamei $97.25\% \pm 2.25\%$ dan ikan bandeng $95.75 \pm 2.85\%$, FCR (food Conversion ratio) 1.22 ± 0.09 . Hasil kualitas dan produksi udang vanamei dan ikan bandeng dengan teknologi polikultur mampu menunjang program Agromina Kota Pekalongan. Kualitas air masih layak untuk kehidupan udang vanamei dan ikan bandeng.

Kesimpulan

Berdasarkan hasil dari penelitian menunjukkan bahwa adanya perbedaan kepadatan udang vanamei dan ikan bandeng dan jarak tanam rumput laut yang sama memberikan pengaruh

yang sangat nyata ($P < 0,01$) terhadap pertumbuhan dan kelulushidupan udang vanamei dan ikan bandeng serta rumput laut. Pertumbuhan bobot mutlak tertinggi pada udang vanamei dan ikan bandeng diperoleh dari perlakuan T4 (udang vanamei $28.25 \pm 0.22^{\circ} \text{ g g}$), ikan bandeng ($187.29 \pm 1.025 \text{ g}$), rumput laut ($2921,26 \text{ g}$) dan kelulushidupan udang vanamei $97.78\% \pm 2.19\%$ dan ikan bandeng $95.25 \pm 2.89\%$, rumput laut *Gracillaria* sp 99.33% , FCR (food Conversion ratio) 1.19 ± 0.05 . Hasil produksi udang vanamei dan ikan bandeng dengan teknologi polikultur menghasilkan produksi yang tinggi sehingga mampu menunjang program Agromina Kota Pekalongan

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih kami sampaikan kepada Direktur Direktorat Riset dan Pengabdian Masyarakat Direktorat Jenderal Penguatan Riset dan Pengembangan Kementerian Riset Teknologi dan Pendidikan Tinggi Sesuai Surat Perjanjian Penugasan Pelaksanaan Program Pengabdian Kepada Masyarakat. Bapak Prof. Dr. Ocky Karna Radjasa yang telah memberikan dana penelitian pada program Hi-Link, No: 103-24 /UN7P4.3/PM/2018 Walikota Pekalongan, Dekan FPIK Undip dan Ketua LPPM Undip dan Bapak Miftahuddin mitra UKM yang telah memberikan fasilitas tambaknya untuk penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Abeson, Felix and Michael. (2006). Knowledge Source and Small Business Competitiveness, Competitive Forum, *Indiana*, Vol.4 Edisi 2.
- Bautista, M.N. (1986). The Response of *Penaeus Monodon* Juveniles to Varying Protein / Energy Ratios in Test Diets. *Aquaculture*, 3 (3-4), 229-242.
- Beal, M Reginald (2000). Competing Effectively: Environmental Scanning, Competitive Strategy, and Organizational Performance in Small Manufacturing Firms. *Journal Manajemen Small Business*, Milwaukee, Vol. 38, Edisi 1.
- BPPT. (2007). Tiger Shrimp Cultivation Traditionally, Intensive. Research Report.
- Boyd, H.E. Burgess., Pronek and Walls. (1982). Water Quality in Warm Water Fish Pond. Auburn University. *Aquaculture Experiment Station*. Auburn. pp 75-80.
- Budiprasetya, Benedictus Karno. (2008). Dynamic Capabilities untuk Membangun Keunggulan Bersaing Berkesinambungan, The 2 nd National Conference UKWMS.
- Chen, Cheng-Nan (2007). *The Relation among Social Capital, Entrepreneurial Orientation, Organizational Resources and Entrepreneurial Performance for New Ventures*, Contemporary Management Research, National Cheng Kung University.
- Davis, J. (2011). *Polyculture Opportunities in The Mid-hills of Nepal for Resource Poor Farmers*. Ecological Aquaculture Studies & Reviews. Kingston: University of Rhode Island.
- De Silva, S.S. and FY Anderson. (1995). *Fish Nutrition in Aquaculture*. Chapman and Hall. New York. 319 pp.
- Data Dinas Perikanan Kota Pekalongan. (2015). *Data produksi budidaya perikanan*. Dinas Kelautan dan Perikanan. 50 hal.
- Central Java in figures. (2004). *Basic Data Production Potential and Fisheries Central Java in the figures*. 100 pp
- Djajasewaka, H. (1985). *Fish Feed*. CV Yasaguna. Jakarta. Pp 23-29.
- Effendie, M.I. (1979). *Methods of Fisheries Biology*. Yayasan Dewi Sri. Bogor. 325 pp.
- Endrawati, H, S. Istiyanto, A. Indarjo. (2001). Application and Cultivation Technology Community business group polyculture nila gift and tiger prawn in ponds in an effort to empower coastal communities, by. Journal Info. IV Edition No. 1 February 2001: it 6-18. ISSN: 0852-1816. B4).
- Ferdinand, Augusty. (2003). *Sustainable Competitive Advantage Sebuah Eksplorasi Model Konseptual*, BP UNDIP, Semarang.
- Halver, J.E. (1980). *Fish Nutrition*. Academic Press Inc. New York. 711 pp.
- Halver, J.E. and T, Lovell. (1989). *Nutrition and Feeding of Fish*. Van Nostrand Reinhold. New York. pp 269-274.
- He, H.L and R. Liv. (1992). Evaluation of Dietary Fat Soluble Essential of Vitamins A, D, E and K for Penaeid Shrimp (*Penaeus shrimp windui*). *Aquaculture*, 103, 177-185.
- Huet, M. (1971). *Fish Culture, Breeding and Cultivation of Fish*. Fishing News (Books) Ltd. London. pp 251-262.
- Hepher, B. and Y. Pruginin. Commercial. (1981). *Fish Farming*. New York. Cickesten. Brisbane. Toronto. 388 pp.
- Hepher, B. (1988). *Nutrition of Pond Fishes, Formerly of Fish and Aquaculture Research Station*. Cambridge. University Press. 385 pp.

- Istiyanto.S, Arini.E, and Rachmawati.D. (2012). *Applicaton of Technology and Science in (IbM) business group polyculture of shrimp, fish and seaweed (Gracyllaria Sp) based on the biological filter Mangkang Wetan village, District Monument, City Semarang*.report Ibm project, Science program TA.2011 / 2012 DP2M Higher Education
- Istiyanto.S. (2001). Effect of Various Combinations Natural Feed (*Tetraselmis chui*, *Chlorella sp*, *Brachionus plicatilis* Muller, *Nauplius Artemia salina* Leach) on growth and survival rate Mangrove crab (*Scylla paramamosain*). Papers Presented at the National Seminar Crustacean 2001 organized by Centre for the Study of Biological Sciences Fak of Fisheries and Marine Sciences Research Center of Coastal and Marine Resource IPB supported by the Directorate of Small Islands, the Directorate General of Coastal and Island Small Island DKP, NAM Center, Oro 2 FM, Hotel Salak.
- Istiyanto.S. (2001). Enlargement Mude crabs (*Scylla paramamosain*) In Pond with Feed Given trash in contrast dose. Papers Presented at the National Seminar Crustacean 2001 organized by Centre for the Study of Biological Sciences Fak of Fisheries and Marine Sciences Research Center of Coastal and Marine Resource IPB supported by the Directorate of Small Islands, the Directorate General of Coastal and Island Small Island DKP, NAM Center, Oro 2 FM, Hotel Salak.
- Istiyanto.S. (2000). Combination Application Chaetoceros Sp And Brachionus plicatilis Muller against the growth of larvae of milkfish *Chanos Chanos* Forskal. Journal of Marine Science No: 19 (V): 230-233.Fak. Fisheries and Marine Sciences Undip.
- Istiyanto. (2009). Use of Various types of probiotic bacteria (*Bacillus*, *Alcaligenes*, *Flavobacterium*, and *Lactobacillus*), the commercial feed in crumble form Vannamei. FPIK research report (not yet published). 40 p.
- Iuliana, Ciochin. (2006). The Competitive Advantages Of Small And Enterprises, Constantin Brancoveanu "University Pitesti, Faculty of Management Marketing in Business Affaires
- Istiyanto.S. (2008). Engineering of technology monoculture superintensive system on mudcrab (*Scylla paramamosain*) using different feeds on the growth and survival rate. In Proceedings of International International Conference, October 21 - 22th 2008 Geomatic, Fisheries and Marine Science for a Better Future and Prosperity Marine Geomatic Centre (MGC) - Faculty of Fisheries and Marine Science Research Institute (Research Institute) - Diponegoro UniversitySemarang - Indonesia.
- Istiyanto, S., E. Arini, and D. Rachmawati. (2012). Aplikasi Ilmu dan Teknologi terhadap Kelompok Usaha Polikultur Udang, Ikan dan Rumput Laut (*Gracyllaria sp.*) berdasarkan Filter Biologis di Desa Mangkang Wetan Kecamatan Tugu, Semarang [Applicaton of Technology and Science in (IbM) Business Group Polyculture of Shrimp, Fish and Seaweed (*Gracyllaria sp.*) Based on The Biological Filter Mangkang Wetan Village, District Tugu, City Semarang]. Research Report. Semarang: Universitas Diponegoro. [Bahasa Indonesia].
- Jaspe, J. C., C. M. A. Caipang, and B. J. G. Elle. (2011). Polyculture of White Shrimp, *Litopenaeus vannamei* and Milkfish, *Chanos chanos* as A Strategy for Efficient Utilization of Natural Food Production in Ponds. J. ABAH Bioflux. 3(2), 96–104.
- Kanazawa, A. (1985). *Nutrition of Penaeid and Shrimp*. In: Y. Taki, J.H. Primavera, and J.A. Liobrera (Eds). Proceedings of the First International Conference on Culture of Penaeid / Shrimp. Aquaculture Dept. SEAFDEC. Iloilo. Philipphines. pp 123-130.
- KepMen Kelautan dan Perikanan No. 18/Men/2011 tentang pedoman umum minapolitan. 15 hal.
- Kurmaly, K. (1995). *Shrimp Nutrition and Disease: Role of Vitamins and Astaxanthin Roche Aquaculture Centre*. Bangkok. Thailand. pp 414-415.
- Laxmappa, B., S. M. Khrisna. (2015). *Polyculture of The Freshwater Prawn Macrobrachium malcolmsonii* (H.M).
- Miroslav, C., T. Dejana, L. Dragana, Đ. Vesna. (2011). Meat Quality of Fish Farmed in Polyculture in Carp Ponds in Republic of Serbia. *J. Tehnologija Mesa*, 52(1), 106–121.
- Murachman, N. Hanani, Soemarno, S. Muhammad. (2010). Polyculture Systems of Tiger Shrimp (*Penaeus monodon* Fab), milkfish (*Chanos chanos* Forskal) and Seaweed (*Gracyllaria sp.*) by Conventional Culture. *Journal of Sustainable Development and Nature*, 1(1), 2087–3522.
- Nikolova, L. (2013). Impact of Some Technological Factors on The Growth of Carp Fish *Cyprinidae* Reared in Autochthonous Polyculture. *J. Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 19(6), 1391–1395.
- Nurjana, M. (2007). *Potential Shrimp Farming in Indonesia. Proceedings of the Seminar Basional, Aquaculture Society (MAI) Indonesia*. Surabaya.
- Najib, Mukhamad. (2006). Peningkatan Kinerja Bisnis Usaha Kecil Menengah (UKM) dengan Pengembangan Orientasi Pasar, *Jurnal Manajemen Publikasi, Penelitian dan Review*

- Reksono, B. H., Hamdani and Yuniarti. (2012). Effect of Stocking Density of Gracilaria sp. on The Growth and Survival of Milkfish (*Chanos chanos*) on The Polyculture Farming System. *Journal of Fisheries and Marine*, 3(3), 41– 49.
- Sinkovics, Rudolf R, Roath & Anthony S. (2004). Strategic Orientation, Capabilities, And Performance in Manufacturer- 3 PL Relationships, *Journal of Business Logistics*.
- Steffens. (1989). *Principles of Nutrition*. Ellis Horwood Limited. England. pp 209-233.
- Stickney, R.R. (1979). *Principle of Warm Water Aquaculture*. John Weley and Sons Inc. New York. pp 223-229.
- Suyono, S. Istiyanto, D. Rachmawati, and T. Yasman. (2010). Penerapan Iptek pad Kelompok Usaha Budidaya Ikan Bandeng (*Chanos chanos* Forskal) dan Rumput Laut (*Gracilaria* sp.) di Kelurahan Muara Rejo Kecamatan Tegal Barat Kota Tegal [Application Science and Technology in (IbM) Groups of Fish Farming Milkfish and Seaweed (*Gracylaria* sp.) in The Village of Muara Church, West Tegal Tegal]. In Suyono, N. Isdarmawan, and N. Zuhri (eds.). Proceeding of National Seminar on Development Strategy for Environmentally-Based Fisheries and Marine. Pancasakti University, Tegal, Indonesia. 9 December 2011. 123– 46ication science and technology in (IbM) groups of fish farming milkfish and seaweed (*Gracylaria* Sp) in the village of Muara Church, West Tegal Tegal. Ibm Higher Education Program, UPS Undip 100 p.
- Tacon. (1987). *Nutrition and Farmed Fish and Shrimp. A Training Manual. The Essential Nutrients Food and Agricultural Organization of the United Nations*. Brasillia. Brazil. 117 pp.
- Wahid, N. (1999). *Effect of Combination of Natural Feed (*Brachionus plicatilis*) and Artificial Feeds on Growth and Survival milkfish larvae*. Essay. Faculty of Fisheries and Marine Sciences. UNDIP. Semarang. 51 p.
- Watanabe. (1988). *Fish Nutrition and Marineculture*. Department of Aquatic Biosciences. Tokyo. pp 60- 65.
- Wijayanto, Bonifacius R. (2008) *Pengetahuan Sebagai Sumber Keunggulan Kompetitif berkesinambungan*, Fokus Ekonomi.
- Xie, B., W. Jiang and H. Yang. (2011). Growth Performance and Nutrient Quality of Chinese Shrimp *Penaeus chinensis* in Organic Polyculture with Razor Clam *Sinonovacula constricta* or Hard Clam *Meretrix meretrix*. *J. Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 17(6): 851–858.
- Yang, Y. and K. Fitzsimmons. (2002). *Tilapia Shrimp Polyculture in Thailand*. Research Report. Thailand: Asian Institute of Technology.
- Yasin, M. (2013). Prospect of Business Organic Shrimp Farming in Polyculture Systems. *Scientific Journal Edition March Agriba*, 1, 86–99.
- Yuvaraj, D., R. Karthik and R. Muthezhilan. (2015). Crop Rotation as A Better Sanitary Practice for The Sustainable Management of *Litopenaeus vannamei* Culture. *Asian Journal of Crop Science*. 7(3), 219-23

REKAYASA TEKNOLOGI BUDIDAYA POLIKULTUR IKAN BANDENG PADA PADAT TEBAR BERBEDA DAN RUMPUT LAUT *GRACILLARIA SP* TERHADAP PERTUMBUHAN DAN KELULUSHIDUPAN

Istiyanto Samidjan

Dosen Departemen Akuakultur, Fak.Perikanan dan Ilmu Kelautan Undip.

*Corresponding author e-mail: istiyanto_samidjan@yahoo.com

ABSTRAK

Tujuan untuk Mengkaji peran rekayasa teknologi budidaya polikultur dengan metode pen culture pada padat tebar berbeda pada Ikan bandeng dan rumput laut (Gracillaria sp) terhadap percepatan pertumbuhan dan kelulushidupan. Metode penelitian dengan menggunakan rancangan acak lengkap dengan empat perlakuan dan 3 kali ulangan Padat tebar ikan bandeng 1 ekor(T1), 6 ekor(T2) 11 ekor (T3) 16 ekor (T4), Kemudian depelihara bersama rumput laut jenis Gracillaria sp dengan bobot Yang sama 150 g/ikat dengan jarak tanam 25 cm secara long line ditempatkan disekeliling petakan tambak yang dipasang waring mengelilingi tambak sebagai pen culture. Data yang diperoleh adalah data pertumbuhan bobot mutlak, kelulushidupan, FCR, dan data kualitas air (suhu, salinitas, pH, O₂, NO₂, NH₃) Data dianalisis dengan analisis ragam (uji F) dan deskriptif. Penelitian dilakukan di media pemeliharaan teknologi polikultur dengan masing-masing petakan penelitian luasnya 100 m², Hasil penelitian menunjukkan bahwa adanya perbedaan kepadatan ikan bandeng dan rumput laut memberikan pengaruh yang sangat nyata (P<0,01) terhadap pertumbuhan dan kelulushidupan ikan bandeng serta rumput laut. Pertumbuhan bobot mutlak tertinggi pada ikan bandeng diperoleh dari perlakuan T4 (ikan bandeng (189.29±1.054gr), rumput laut (2975 g) dan kelulushidupan ikan bandeng 98.25±2.75%, rumput laut Gracillaria sp 97.75 %, FCR (food Conversion ratio) 1.17 ± 0.05. Hasil produksi ikan bandeng dengan teknologi polikultur mampu menunjang program Agromina Kota Pekalongan. Kualitas air masih layak untuk kehidupan kan bandeng dan rumput laut.

Kata Kunci: Polikultur, ikan bandeng, rumput laut, pertumbuhan, kelulushidupan.

PENDAHULUAN

Permasalahan yang ditangani dari rekayasa lingkungan media pemeliharaan dan wadah budidaya dengan mengadakan pengaturan jaak tanam pada rumput laut sehingga penerapan nutrient N,P,K lebih efisien sehingga tumbuha lebih cepat. Teknologi polikultur udang vanamei dan ikan bandeng dan rumput laut sangat diperlukan untuk meningkatkan pertumbuhan dan produksi udang windu dan ikan bandeng. Kondisi saat ini mortalitas udang vanamei dan ikan bandeng yang dipelihara secara polikultur mortalitasnya tinggi mencapai 80 s/d 90%. Kondisi saat ini sangat penting adanya temuan penelitian yang berkaitan dengan tambak yang terkena abrasi laut sehingga tambak terbengkelai (bero) tidak dimanfaatkan. Salah satunya adalah penerapan teknologi polikultur yang berbasis pen kultur untuk mengatasi bencana tambak yang terkena abrasi. Kota pekalongan sebagian dari wilayah tambaknya terkena abrasi laut sehingga tidak dapat dimanfaatkan untuk budidaya ikan bandeng dan udang vanamei.

Kota Pekalongan yang terletak di Propinsi Jawa Tengah, dimana Jawa Tengah sangat potensial untuk pengembangan produk udang vanamei, bandeng dan rumput laut dengan sistem budidaya polikultur, karena mempunyai sumber air tawar dan air laut yang baik, lahan tambak budidaya, tambak bero dan lahan yang belum diolah untuk budidaya ikan bandeng dan rumput laut (*Gracylaria sp*), masih terbuka luas. Hal ini sesuai dengan informasi data dasar Jawa Tengah dalam angka (2004) pada Sub Sektor Perikanan meliputi kegiatan usaha Perikanan Laut dan Perikanan Darat. Pada Kegiatan Perikanan Darat Produksi yang dihasilkan dari kegiatan Perikanan tersebut pada tahun 2003 di Jawa tengah mencapai 339 ribu ton dengan nilainya turun sekitar 15,83 persen dan 18,16 persen, Produksi perikanan yang ada didominasi oleh Perikanan laut sebesar 236,24 ribu ton (sekitar 74 persen dari total produksi Perikanan) dengan nilai 0,77 triliun rupiah

Tujuan untuk Mengkaji peran rekayasa teknologi budidaya polikultur dengan metode pen culture pada padat tebar berbeda pada Ikan bandeng dan rumput laut (*Gracillaria* sp) terhadap percepatan pertumbuhan dan kelulushidupan.

MATERI DAN METODE

Metode penelitian dengan menggunakan rancangan acak lengkap dengan empat perlakuan dan 3 kali ulangan Padat tebar ikan bandeng 1 ekor(T1), 6 ekor(T2) 11 ekor (T3) 16 ekor (T4), Kemudian depelihara bersama rumput laut jenis *Gracillaria* sp dengan bobot Yang sama 150 g/ikat dengan jarak tanam 25 cm secara long line ditempatkan disekeliling petakan tambak yang dipasang waring mengelilingi tambak sebagai pen culture. Data yang diperoleh adalah data pertumbuhan bobot mutlak, kelulushidupan, FCR, dan data kualitas air (suhu, salinitas, pH,O₂,NO₂,NH₃) Data dianalisis dengan analisis ragam (uji F) dan deskriptif. Penelitian dilakukan di media pemeliharaan teknologi polikultur dengan masing-masing petakan penelitian luasnya 100 m²,

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa adanya perbedaan kepadatan ikan bandeng dan rumput laut memberikan pengaruh yang sangat nyata (P<0,01) terhadap pertumbuhan dan kelulushidupan ikan bandeng serta rumput laut. Pertumbuhan bobot mutlak tertinggi pada ikan bandeng diperoleh dari perlakuan T4 (ikan bandeng (189.29±1.054gr), rumput laut (2975 g) dan kelulushidupan ikan bandeng 98.25±2.75%, rumput laut *Gracillaria* sp 97.75 %, FCR (food Conversion ratio) 1.17 ± 0.05. Hasil produksi ikan bandeng dengan teknologi polikultur mampu menunjang program Agromina Kota Pekalongan. Kualitas air masih layak untuk kehidupan kan bandeng dan rumput laut (Tabel.3).

Tabel 1. Pertumbuhan bobot mutlak. Kelulushidupan, Konversi rasio pada polikultur ikan bandeng dan rumput laut *Gracillaria verucosa*

	Perlakuan ¹⁾			
	T1 (1B+150 g RLB)	T2 (6B+150 g RL)	T3 (11B+150 g RLB)	T4 (16B+150B)
1. Pertumbuhan bobot mutlak ikan bandeng (g)	179.75±1.8 ^c	183.52±3.25 ^b	186.25±3.42 ^b	189.29±1.05405^a
2. Pertumbuhan bobot mutlak rumput laut (g)	2872±1.52 ^c	2915±1,25 ^b	2932±2,73 ^b	2975±0.07^a
3. Kelulushidupan ikan bandeng (%)	85.85±2.15 ^c	90.25±1.37 ^b	95.75±1.05 ^b	98.25±2.75^a
4. Kelulushidupan rumput laut (%)	80.25±2.05 ^c	90.55±2.25 ^b	95.25±4.25 ^b	97.75 ±2.75^a
5. FCR ikan bandeng	3.75±0.05 ^b	2.95±0.15 ^b	1.65±0.09 ^b	1.17 ± 0.05

Keterangan:

Padat tebar ikan bandeng 1 ekor(T1), 6 ekor(T2) 11 ekor (T3) 16 ekor (T4), Kemudian depelihara bersama rumput laut jenis *Gracillaria* sp dengan bobot Yang sama 150 g/ikat Pada tanda superkrip yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata (P<0.05).

Hasil penelitian menunjukkan bahwa adanya perbedaan kepadatan udang vanamei dan ikan bandeng memberikan pengaruh yang sangat nyata (P<0,01) terhadap pertumbuhan dan kelulushidupan udang vanamei dan ikan bandeng. Pertumbuhan bobot mutlak tertinggi pada udang vanamei dan ikan bandeng diperoleh dari perlakuan T4(16B+150B) yaitu **189.29±1.05405^a**, **rumpul laut 2975±0.07 g** dan kelulushidupan ikan bandeng **98.25±2.75%** dan rumput laut T 4 yaitu **97.75 ±2.75^a%**, FCR (food Conversion ratio) **1.17 ± 0.05^a** (Tabel.3) Hasil kualitas dan produksi ikan bandeng dengan teknologi polikultur mampu memanfaatkan produksi tambak yang terkena abrasi laut dengan pen kultur sesuai dengan kebutuhan petani tambak untuk menunjang program Agromina Kota Pekalongan. Kualitas air masih layak untuk kehidupan udang vanamei dan ikan bandeng.

Pertumbuhan bobot mutlak ikan bandeng

Hasil analisis ragam menunjukan pengaruh yang sangat nyata (P<0.01) terhadap pertumbuhan bobot mutlak, Kelulushidupan, Konversi rasio pakan pada polikultur ikan bandeng dan rumput laut, hal ini menunjukkan bahwa pengaruh pakan yang diberi pakan buatan dengan kandungan protein 35%

menunjukkan pengaruh yang sedangkan berdasarkan uji Tukey'S menunjukkan perbedaan yang sangat nyata. Pertumbuhan bobot mutlak pada ikan bandeng tertinggi pada T4 (**189.29±1.05405^a** g), (Tabel.3). Hasil analisis ragam menunjukkan pengaruh yang sangat nyata ($P<0.01$) terhadap Pertumbuhan bobot mutlak pada udang vannamei.

Berdasarkan hasil analisis ragam menunjukkan bahwa terdapat pengaruh yang sangat nyata terhadap pertumbuhan bobot mutlak udang vannamei ($P<0.01$), dan dengan uji Tukey'S menunjukkan perbedaan yang nyata antar perlakuan T4-T3, T4-T2, T4-T1. Adanya selisih perbedaan antar perlakuan nilai tengah ini menunjukkan bahwa adanya penerapan teknologi polikultur ikan bandeng pada kepadatan berbeda berbasis pengkayaan probiotik mampu meningkatkan pertumbuhan serta memperbaiki lingkungan budidaya yang ramah lingkungan. Penerapan rekayasa pakan buatan pakan buatan probiotik (sifat positif) disemprotkan pada pakan buatan (kandungan protein 35%) untuk meningkatkan daya cernak untuk meningkatkan kualitas dan produksi ikan bandeng, serta perbaikan lingkungan memakai biofilter sistem (pada inlet dan outlet diberi rumput laut *Gracillaria* sp) dengan jarak tanam antar untaian rumput laut 25 cm dan bobot rumput laut 150 g, mampu memperbaiki lingkungan kualitas air dan mempercepat pertumbuhan ikan bandeng, karena mampu memanfaatkan pakan dengan baik. Hal ini sesuai dengan pendapat Istiyanto dan Rachmawati (2016) bahwa dengan polikultur udang dan ikan bandeng mampu meningkatkan pertumbuhan dengan baik, karena kedua spesies tersebut tidak terjadi kompetisi dalam ruang, pakan, serta mampu tumbuh keduanya dengan baik dengan pemberian probiotik bakteri probiotik seperti *Lactobacillus* sp, *Bacillus* sp yang tumbuh, sistem pakan buatan yang diperkaya dengan probiotik mampu membantu digesti pakan dan menyerap nutrisi pakan lebih efisien serta adanya peran rumput laut secara sinergis berperan sebagai biofilter sistem yang baik.

Hal ini diperkuat pula pendapat Huet (1971), Istiyanto *et al* (2012) pertumbuhan secara fisik terjadi dengan adanya perubahan jumlah atau ukuran sel penyusun jaringan tubuh, pertumbuhan secara morfologis terlihat dari perubahan bentuk tubuh, bertambahnya sel dan jaringan, serta bobot. Pertumbuhan akan terjadi bila kebutuhan energi untuk metabolisme dan pemeliharaan jaringan tubuh sudah terpenuhi sesuai dengan kebutuhan ikan (Hepher, 1988, Yuvaraj *et al.*2015).

Pertumbuhan yang baik ini karena pakan buatan dengan kandungan protein 35% yang cara pemberiaannya disemprotkan pada pakan mampu meningkatkan pertumbuhan dengan baik. Hal ini menunjukkan bahwa dibandingkan dengan peneliti lain pada waktu pemeliharaan yang sama pertumbuhannya lebih tinggi. Hal ini didukung dengan hasil penelitiannya Suyono *et al* (2010) yang dipelihara system polikultur udang vanamei dan ikan bandeng dihasilkan pada pertumbuhan bobot mutlak ikan bandeng selama 96 hari mencapai pertumbuhan 150.73 g, tetapi lebih rendah apabila dibandingkan polikultur yang dipelihara selama 104 hari yaitu 253.034 gr s/d 270.218 gr. Hal ini diperkuat pula oleh penelitiannya Istiyanto dan Rachmawati (2016), Istiyanto (2001) mengatakan tumbuhnya ikan bandeng yang dipelihara bersamaan dengan rumput laut karena mampu tumbuh secara bersamaan dan terjadi sinergisme tumbuh yang sama.

Kelulushidupan ikan bandeng

Berdasarkan hasil penelitian dengan menggunakan teknologi polikultur dengan pemeliharaan secara bersamaan ikan bandeng dengan udang vannamei berbasis pakan buatan yang diperkaya dengan probiotik dan peran rumput laut sebagai biofilter system menunjukkan bahwa kelulushidupan tertinggi pada perlakuan T4 yaitu ikan bandeng **98.25±2.75^a** % (Tabel 3).

Selanjutnya Tabel.5, dengan analisis ragam adanya perbedaan kepadatan pada ikan bandeng dan udang vannamei dengan sistem budidaya polikultur menunjukkan pengaruh yang sangat nyata terhadap kelulushidupan ikan bandeng ($P<0.01$).Selanjutnya dengan uji Tukey'S menunjukkan perbedaan yang nyata antar perlakuan T4-T3, T4-T2, T4-T1.Hal ini menunjukkan bahwa pengaruh lingkungan yaitu penggunaan biofilter sistem dengan menempatkan *Gracillaria* sp di inlet dan outlet media pemeliharaan polikultur ikan bandeng dan udang vannamei dan rumput laut mampu memperbaiki kualitas air, karena rumput laut jenis *Gracillaria* sp mampu menyerap padatan tersuspensi, limbah organik, padatan tersuspensi sehingga kualitas airnya menjadi lebih baik dan layak untuk kehidupan udang vannamei maupun ikan bandeng yang dipelihara secara polikultur. Sesuai dengan pendapat Istiyanto dan Rachmawati (2016), Yuvaraj *et al* (2015), Mroslav *et al* (2011), Endrawati *et al.*(2001), Murachman *et al* (2010) mengemukakan bahwa polikultur ikan bandeng dan udang vannamei serta pemberian pakan buatan yang mengandung protein 35% diperkaya dengan probiotik dan mineral serta vitamin yang baik dapat meningkatkan kelulushidupan dan pertumbuhan

ikan bandeng dan udang. Kelulushidupan yang tinggi pada ikan bandeng karena dipengaruhi secara langsung adanya perbaikan biofilter system dengan penggunaan rumput laut *Gracillaria* sp yang mampu menyerap semua padatan tersuspensi dan limbah bahan organik, sehingga mampu meningkatkan kelulushidupan yang tinggi (Istiyanto dan Rachmawati,2016, Kanazawa.1985, Yang and Fitzsimmons,2002, Xie et al.2011, Davis .2011).

Food Conversion Ratio (FCR)

Hasil penelitian menunjukkan bahwa food conversion ratio terendah pada perlakuan T4 yaitu FCR (food Conversion ratio) yaitu 1.22 ± 0.09^a (Tabel.3). Hasil analisis ragam menunjukkan pengaruh yang sangat nyata ($P < 0.01$) terhadap rasio konversi pakan (FCR) pada udang vanamei dan ikan bandeng.

Berdasarkan hasil analisis ragam dengan adanya perbedaan kepadatan dan udang vanamei dan ikan bandeng dengan sistem polikultur berpengaruh sangat nyata terhadap FCR ($P < 0.01$) dan berdasarkan uji tukey menunjukkan perbedaan yang nyata antar nilai tengah perlakuan T4-T3, T4-T2, T4-T1.

Kemudian dengan adanya perbedaan kepadatan pada sistem polikultur udang vanamei dan ikan bandeng, sehingga akan mempengaruhi perbedaan dalam mengkonsumsi pakan, yang menyebabkan nilai FCRnya juga berbeda, hal ini terlihat nilai FCR pada perlakuan T4 lebih rendah 1.22 ± 0.09^a artinya lebih efisien pakan yang diberikan, sehingga dengan memanfaatkan pakan buatan yang diberikan pada perlakuan T3,T2,T1.

Hal ini sesuai dengan pendapat Istiyanto *et al.*(2010-2012), Istiyanto dan Rachmawati (2016), Tacon, (1987) menyatakan bahwa rasio konversi pakan adalah peran yang sangat penting untuk melihat apakah pakan yang diberikan mampu meningkatkan pertumbuhan udang vanamei dan ikan bandeng dengan pertumbuhan yang lebih baik atau apakah pakan diberikan lebih efisien. Nilai konversi pakan juga dapat melihat seberapa jauh pakan yang diberikan mampu meningkatkan pertumbuhan dengan lebih baik/cepat pertumbuhannya.

Kualitas air media pemeliharaan pada teknologi budidaya polikultur

Pemantauan selama penelitian menunjukkan kualitas air yang layak untuk budidaya ikan bandeng dan rumput laut dengan system polikultur (Tabel.4).

Tabel 2. Data kualitas air hasil dari adanya penggunaan biofilter system

Parameter Kualitas Air	Range	Worthiness (literature)
Oksigen terlarut (mg/l)	4,75 – 6,87	>4 mg/l ^{a,b}
Suhue (°C)	24,3 – 29,5	26,5 – 35 °C ^{c,d}
Salinitas (ppt)	20.5 – 28,5	15 – 30 ^{c,d}
pH	7.5 – 8,5	7,5 – 8,7 ^{c,d}
Ammonia (mg/l)	0.01– 0,12	<1 mg/l ^{c,d,e}

Keterangan : (Nurjana.2007^a, Kanazawa, 1985^b, Kurmaly, 1995^c, Kanazawa, 1985^d, Boyd *et al.*1982^e).

Berdasarkan Tabel.4, menunjukkan bahwa dengan pengaturan manajemen kualitas air media pada inlet dan outlet pemeliharaan ikan bandeng system polikultur menghasilkan kualitas air yang layak untuk pemeliharaan system polikultur, dan ramah lingkungan, karena menggunakan rumput laut sebagai biofilter (Tabel 4) menunjukkan kelayakan untuk pemeliharaan ikan bandeng dan rumput laut sesuai dengan pendapat Nurjana, (2007), Kanazawa (1985), Kurmaly (1985).

KESIMPULAN DAN SARAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa adanya perbedaan kepadatan ikan bandeng memberikan pengaruh yang sangat nyata ($P < 0,01$) terhadap pertumbuhan dan kelulushidupan ikan bandeng dan rumput laut. Pertumbuhan bobot mutlak tertinggi pada ikan bandeng diperoleh dari perlakuan T4 (udang vanamei 26.75 ± 0.03 g), ikan bandeng (188.15 ± 1.028 gr) dan kelulushidupan udang vanamei $97.25\% \pm 2.25\%$ dan ikan bandeng $95.75 \pm 2.85\%$), FCR (food Conversion ratio) 1.22 ± 0.09 . Hasil kualitas dan produksi udang vanamei dan ikan bandeng dengan teknologi polikultur mampu menunjang program Agromina Kota Pekalongan. Kualitas air masih layak untuk kehidupan udang vanamei dan ikan bandeng.

Kesimpulan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa adanya perbedaan kepadatan ikan bandeng memberikan pengaruh yang sangat nyata ($P < 0,01$) terhadap pertumbuhan dan kelulushidupan ikan bandeng (pertumbuhan bobot mutlak ikan bandeng 189.29 ± 1.05405^a g). Pertumbuhan bobot mutlak rumput laut (tertinggi pada rumput laut 2975 ± 0.07^a g) kelulushidupan ikan bandeng ($98.25 \pm 2.75\%$) dan rumput laut (97.75 ± 2.75^a) ikan bandeng pada kepadatan berbeda dengan FCR (food Conversion ratio) 1.17 ± 0.05 .

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih kami sampaikan kepada Dekan FPIK Undip dan Ketua LPPM Undip, bapak Ir.Hadi Pranggono,MSi, yang telah membantu dilapangan serta Bapak Miftahuddin mitra UKM yang telah memberikan fasilitas tambaknya untuk penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Abeson, Felix and Michael. (2006). Knowledge Source and Small Business Competitiveness, Competitive Forum, Indiana, Vol.4 Edisi 2.
- Bautista, M.N. (1986). The Response of *Penaeus Monodon* Juveniles to Varying Protein / Energy Ratios in Test Diets. *Aquaculture*, 3 (3-4): 229-242.
- Beal, M Reginald. (2000). Competing Effectively: Environmental Scanning, Competitive Strategy, and Organizational Performance in Small Manufacturing Firms, *Journal Manajemen Small Business*, Milwaukee, Vol. 38, Edisi 1.
- BPPT. (2007). Tiger Shrimp Cultivation Traditionally, Intensive. Research Report.
- Boyd, H.E. Burgess., Pronek and Walls. (1982). Water Quality in Warm Water Fish Pond. Auburn University. *Aquaculture Experiment Station*. Auburn. pp 75-80.
- Budiprasetya, Benedictus Karno. (2008). Dynamic Capabilities untuk Membangun Keunggulan Bersaing Berkesinambungan, The 2 nd National Conference UKWMS.
- Chen, Cheng-Nan. (2007). The Relation among Social Capital, Entrepreneurial Orientation, Organizational Resources and Entrepreneurial Performance for New Ventures, *Contemporary Management Research*, National Cheng Kung University.
- Davis, J. (2011). Polyculture Opportunities in The Mid-hills of Nepal for Resource Poor Farmers. *Ecological Aquaculture Studies & Reviews*. Kingston: University of Rhode Island.
- De Silva, S.S. and FY Anderson. (1995). *Fish Nutrition in Aquaculture*. Chapman and Hall. New York. 319 pp.
- Data Dinas Perikanan Kota Pekalongan. (2015). Data produksi budidaya perikanan. Dinas Kelautan dan Perikanan.50 hal.
- Central Java in figures. (2004). Basic Data Production Potential and Fisheries Central Java in the figures. 100 pp
- Djajasewaka, H. (1985). *Fish Feed*. CV Yasaguna. Jakarta. Pp 23-29.
- Effendie, M.I. (1979). *Methods of Fisheries Biology*. Yayasan Dewi Sri. Bogor. 325 pp.
- Endrawati,H, S. Istiyanto, A. Indarjo. (2001). Application and Cultivation Technology Community business group polyculture nila gift and tiger prawn in ponds in an effort to empower coastal communities, by. *Journal Info*. IV Edition No. 1 February 2001: it 6-18. ISSN: 0852-1816. B4).
- Ferdinand, Augusty. (2003). Sustainable Competitive Advantage Sebuah Eksplorasi Model Konseptual, BP UNDIP, Semarang.
- Halver, J.E. (1980). *Fish Nutrition*. Academic Press Inc. New York. 711 pp.
- Halver, J.E. and T, Lovell. (1989). *Nutrition and Feeding of Fish*. Van Nostrand Reinhold. New York. pp 269-274.

- He, H.L and R. Liv. (1992). Evaluation of Dietary Fat Solable Essential of Vitamins A, D, E and K for Penaeid Shrimp (*Penaeus shrimp windui*). *Aquaculture*, 103: 177-185.
- Huet, M. (1971). *Fish Culture, Breeding and Cultivation of Fish*. Fishing New (Books) Ltd. London. pp 251-262.
- Hepher, B. and Y. Pruginin. Commercial. (1981). *Fish Farming*. New York. Cickesten. Brisbane. Toronto. 388 pp.
- Hepher, B. (1988). *Nutrition of Pond Fishes, Formerly of Fish and Aquaculture Research Station*. Cambridge. University Press. 385 pp.
- Istiyanto.S, Arini.E, and Rachmawati.D. (2012). Application of Technology and Science in (IbM) business group polyculture of shrimp, fish and seaweed (*Gracillaria Sp*) based on the biological filter Mangkang Wetan village, District Monument, City Semarang.report Ibm project, Science program TA.2011 / 2012 DP2M Higher Education
- Istiyanto.S. (2001). Effect of Various Combinations Natural Feed (*Tetraselmis chui*, *Chlorella sp*, *Brachionus plicatilis Muller*, *Nauplius Artemia salina Leach*) on growth and survival rate Mangrove crab (*Scylla paramamosain*). Papers Presented at the National Seminar Crustacean 2001 organized by Centre for the Study of Biological Sciences Fak of Fisheries and Marine Sciences Research Center of Coastal and Marine Resource IPB supported by the Directorate of Small Islands, the Directorate General of Coastal and Island Small Island DKP, NAM Center, Oro 2 FM, Hotel Salak.
- Istiyanto.S. (2001). Enlargement Mude crabs (*Scylla paramamosain*) In Pond With Feed Given trash In contrast dose. Papers Presented at the National Seminar Crustacean 2001 organized by Centre for the Study of Biological Sciences Fak of Fisheries and Marine Sciences Research Center of Coastal and Marine Resource IPB supported by the Directorate of Small Islands, the Directorate General of Coastal and Island Small Island DKP, NAM Center, Oro 2 FM, Hotel Salak.
- Istiyanto.S. (2000). Combination Application Chaetoceros Sp And *Brachionus plicatilis Muller* against the growth of larvae of milkfish *Chanos Chanos Forskal*. *Journal of Marine Science* No: 19 (V): 230-233.Fak. Fisheries and Marine Sciences Undip.
- Istiyanto. (2009). Use of Various types of probiotic bacteria (*Bacillus*, *Alcaligenes*, *Flavobacterium*, and *Lactobacillus*), the commercial feed in crumble form Vannamei. FPIK research report (not yet published). 40 p.
- Iuliana, Ciochin. (2006). *The Competitive Advantages Of Small And Enterprises*, Constantin Brancoveanu "University Pitesti, Faculty of Management Marketing in Business Affaires
- Istiyanto.S. (2008). Engineering of technology monoculture superintensive system on mudcrab (*Scylla paramamosain*) using different feeds on the growth and survival rate. In Proceedings of International International Conference, October 21 - 22th 2008 Geomatic, Fisheries and Marine Science for a Better Future and Prosperity Marine Geomatic Centre (MGC) - Faculty of Fisheries and Marine Science Research Institute (Research Institute) - Diponegoro University Semarang - Indonesia.
- Istiyanto, S., E. Arini, and D. Rachmawati. (2012). Aplikasi Ilmu dan Teknologi terhadap Kelompok Usaha Polikultur Udang, Ikan dan Rumput Laut (*Gracillaria sp.*) berdasarkan Filter Biologis di Desa Mangkang Wetan Kecamatan Tugu, Semarang [Application of Technology and Science in (IbM) Business Group Polyculture of Shrimp, Fish and Seaweed (*Gracillaria sp.*) Based on The Biological Filter Mangkang Wetan Village, District Tugu, City Semarang]. Research Report. Semarang: Universitas Diponegoro. [Bahasa Indonesia].
- Jaspe, J. C., C. M. A. Caipang, and B. J. G. Elle. (2011). Polyculture of White Shrimp, *Litopenaeus vannamei* and Milkfish, *Chanos chanos* as A Strategy for Efficient Utilization of Natural Food Production in Ponds. *J. ABAH Bioflux*. 3(2): 96–104.
- Kanazawa, A. (1985). Nutrition of Penaeid and Shrimp. In: Y. Taki, J.H. Primavera, and J.A. Liobrera (Eds). *Proceedings of the First International Conference on Culture of Penaeid / Shrimp*. Aquaculture Dept. SEAFDEC. Iloilo. Philipphines. pp 123-130.
- KepMen Kelautan dan Perikanan No. 18/Men/2011 tentang pedoman umum minapolitan. 15 hal.
- Kurmaly, K. (1995). *Shrimp Nutrition and Disease: Role of Vitamins and Astaxanthin*> Roche Aquaculture Centre. Bangkok. Thailand. pp 414-415.
- Laxmappa, B., S. M. Khrisna. (2015). Polyculture of The Freshwater Prawn *Macrobrachium malcolmsonii* (H.M.
- Miroslav, C., T. Dejana, L. Dragana, Đ. Vesna. (2011). Meat Quality of Fish Farmed in Polyculture in Carp Ponds in Republic of Serbia. *J. Tehnologija Mesa*. 52(1): 106–121.

- Murachman, N. Hanani, Soemarno, S. Muhammad. (2010). Polyculture Systems of Tiger Shrimp (*Penaeus monodon* Fab), milkfish (*Chanos chanos* Forskal) and Seaweed (*Gracillaria* sp.) by Conventional Culture. *Journal of Sustainable Development and Nature*. 1(1): 2087–3522.
- Nikolova, L. (2013). Impact of Some Technological Factors on The Growth of Carp Fish Cyprinidae Reared in Autochthonous Polyculture. *J. Bulgarian Journal of Agricultural Science*. 19(6): 1391–1395.
- Nurjana, M. (2007). Potential Shrimp Farming in Indonesia. Proceedings of the Seminar Basional, Aquaculture Society (MAI) Indonesia. Surabaya.
- Najib, Mukhamad. (2006). Peningkatan Kinerja Bisnis Usaha Kecil Menengah (UKM) dengan Pengembangan Orientasi Pasar, *Jurnal Manajemen Publikasi, Penelitian dan Review*
- Reksono, B. H., Hamdani and Yuniarti. (2012). Effect of Stocking Density of *Gracilaria* sp. on The Growth and Survival of Milkfish (*Chanos chanos*) on The Polyculture Farming System. *Journal of Fisheries and Marine*. 3(3): 41– 49.
- Sinkovics, Rudolf R, Roath & Anthony S. (2004). Strategic Orientation, Capabilities, And Performance In Manufacturer- 3 PL Relationships, *Journal of Business Logistics*.
- Steffens. (1989). Principles of Nutrition. Ellis Horwood Limited. England. pp 209-233.
- Stickney, R.R. (1979). Principle of Warm Water Aquaculture. John Weley and Sons Inc. New York. pp 223-229.
- Suyono, S. Istiyanto, D. Rachmawati, and T. Yasman. (2010). Penerapan Iptek pad Kelompok Usaha Budidaya Ikan Bandeng (*Chanos chanos* Forskal) dan Rumput Laut (*Gracilaria* sp.) di Kelurahan Muara Rejo Kecamatan Tegal Barat Kota Tegal [Application Science and Technology in (IbM) Groups of Fish Farming Milkfish and Seaweed (*Gracylaria* sp.) in The Village of Muara Church, West Tegal Tegal]. In Suyono, N. Isdarmawan, and N. Zuhri (eds.). Proceeding of National Seminar on Development Strategy for Environmentally-Based Fisheries and Marine. Pancasakti University, Tegal, Indonesia. 9 December 2011. 123– 46
- ication science and technology in (IbM) groups of fish farming milkfish and seaweed (*Gracylaria* Sp) in the village of Muara Church, West Tegal Tegal. Ibm Higher Education Program, UPS Undip 100 p.
- Tacon. (1987). Nutrition and Farmed Fish and Shrimp. A Training Manual. The Essential Nutrients Food anf Agricultural Organization of the United Nations. Brasillia. Brazil. 117 pp.
- Wahid, N. (1999). Effect of Combination of Natural Feed (*Brachionus plicatilis*) and Artificial Feeds on Growth and Survival milkfish larvae. Essay. Faculty of Fisheries and Marine Sciences. UNDIP. Semarang. 51 p.
- Watanabe. (1988). Fish Nutrition and Marineculture. Department of Aquatic Biosciences. Tokyo. pp 60- 65.
- Wijayanto, Bonifacius R. (2008). Pengetahuan Sebagai Sumber Keunggulan Kompetitif erkesinambungan, Fokus Ekonomi.
- Xie, B., W. Jiang and H. Yang. (2011). Growth Performance and Nutrient Quality of Chinese Shrimp *Penaeus chinensis* in Organic Polyculture with Razor Clam *Sinonovacula constricta* or Hard Clam *Meretrix meretrix*. *J. Bulgarian Journal of Agricultural Science*. 17(6): 851–858.
- Yang, Y. and K. Fitzsimmons. (2002). Tilapia Shrimp Polyculture in Thailand. Research Report. Thailand: Asian Institute of Technology.
- Yasin, M. (2013). Prospect of Business Organic Shrimp Farming in Polyculture Systems. *Scientific Journal Edition March Agriba* 1: 86–99.
- Yuvaraj, D., R. Karthik and R. Mutheszilan. (2015). Crop Rotation as A Better Sanitary Practice for The Sustainable Management of *Litopenaeus vannamei* Culture. *Asian Journal of Crop Science*. 7(3):219-23

REKAYASA TEKNOLOGI POLIKULTUR UDANG VANAMEI DAN RUMPUT LAUT PADA JARAK TANAM BERBEDA TERHADAP PERCEPATAN PERTUMBUHAN DAN KELULUSHIDUPAN

Istiyanto Samidjan^{1*}, Diana Rachmawati¹, Agus Indarjo², Hadi Pranggono³

¹Dosen Departemen Akuakultur, Fak.Perikanan dan Ilmu Kelautan Undip.

²Dosen Departemen Ilmu Kelautan, Fak.Perikanan dan Ilmu Kelautan Undip.

³Dosen Pogram Studi Perikanan dan Ilmu Kelautan, Unikal.

*Corresponding author e-mail: istiyanto_samidjan@yahoo.com

ABSTRAK

Tujuan untuk mengkaji peranan rekayasa teknologi polikultur udang vanamei dan rumput laut pada jarak tanam berbeda terhadap percepatan pertumbuhan dan kelulushidupan. Metode penelitian dengan menggunakan rancangan acak lengkap dengan perlakuan T 1 (10V+ 15 RL), 10 ekor udang vaname dan jarak tanam rumput laut 15 cm, T2 (10V+30 RL) ditebar 10 ekor udang vaname dan jarak tanam rumput laut 30 cm,, T3(10V+45 RL) ditebar dengan 10 ekor udang vaname dan jarak tanam rumput laut 45 cm,, T4 (10V+60 RL) di tebar 10 ekor udang vaname dan jarak tanam rumput laut 60 cm, selanjutnya rumput laut tersebut ditebar dengan bobot yang sama yaitu jenis *Gracillaria sp* dengan bobot yang sama 150 g/ikat dengan jarak tanam berbeda secara long line ditempatkan sekeliling petakan tambak. Data yang diperoleh adalah data pertumbuhan bobot mutlak, kelulushidupan, FCR, dan data kualitas air (suhu, salinitas, pH, O₂, NO₂, NH₃), Data dianalisis dengan analisis ragam (uji F) dan deskriptif. Penelitian dilakukan di media pemeliharaan teknologi polikultur dengan masing-masing petakan penelitian luasnya 150 m², Hasil penelitian menunjukkan bahwa adanya peranan rekayasa teknologi polikultur udang vanamei dan rumput laut pada jarak tanam berbeda berpengaruh nyata terhadap percepatan pertumbuhan dan kelulushidupan ($P < 0,05$) udang vanamei dan rumput laut. Pertumbuhan bobot mutlak tertinggi pada perlakuan T3 (10V+45 RL) yaitu ditebar dengan 10 ekor udang vaname dan jarak tanam rumput laut 45 cm, diperoleh bobot, utlak tertinggi udang vanamei $29.25 \pm 0.21^{\circ}$ g), rumput laut ($2927,25 \pm 0.28^{\circ}$ g) dan kelulushid kelulushidupan udang vanamei $98.79\% \pm 2.17\%$ dan rumput laut *Gracillaria sp* 95.75% , FCR (food Conversion ratio) 1.15 ± 0.07 . Kualitas air masih layak untuk kehidupan udang vanamei dan rumput laut.

Kata Kunci: Polikultur, udang vanamei, rumput laut, pertumbuhan, kelulushidupan.

PENDAHULUAN

Polikultur Ikan udang vanamei (*Litopenaeus vannamei*) dan rumput laut, saat ini sangat dibutuhkan untuk percepatan produksi perikanan budidaya. Kota Pekalongan yang terletak di Propinsi Jawa Tengah, dimana Jawa Tengah sangat potensial untuk pengembangan produk udang vanamei, bandeng dan rumput laut dengan sistem budidaya polikultur, karena mempunyai sumber air tawar dan air laut yang baik, lahan tambak budidaya, tambak bero dan lahan yang belum diolah untuk budidaya ikan bandeng dan rumput laut (*Gracylaria sp*), masih terbuka luas. Hal ini sesuai dengan informasi data dasar Jawa Tengah dalam angka (2004) pada Sub Sektor Perikanan meliputi kegiatan usaha Perikanan Laut dan Perikanan Darat. Pada Kegiatan Perikanan Darat Produksi yang dihasilkan dari kegiatan Perikanan tersebut pada tahun 2003 di Jawa tengah mencapai 339 ribu ton dengan nilainya turun sekitar 15,83 persen dan 18,16 persen, Produksi perikanan yang ada didominasi oleh Perikanan laut sebesar 236,24 ribu ton (sekitar 74 persen dari total produksi Perikanan) dengan nilai 0,77 triliun rupiah.

Tujuan untuk mengkaji peranan rekayasa teknologi polikultur udang vanamei dan rumput laut pada jarak tanam berbeda terhadap percepatan pertumbuhan dan kelulushidupan

MATERI DAN METODE

Metode penelitian dengan menggunakan rancangan acak lengkap dengan perlakuan T 1 (10V+ 15 RL), 10 ekor udang vaname dan jarak tanam rumput laut 15 cm, T2 (10V+30 RL) ditebar 10 ekor udang vaname dan jarak tanam rumput laut 30 cm,, T3(10V+45 RL) ditebar dengan 10 ekor udang vaname dan jarak tanam rumput laut 45 cm,, T4 (10V+60 RL) di tebar 10 ekor udang vaname dan jarak tanam rumput laut 60 cm, selanjutnya rumput laut tersebut ditebar dengan bobot yang sama yaitu jenis *Gracillaria* sp dengan bobot yang sama 150 g/ikat dengan jarak tanam berbeda secara long line ditempatkan disekeliling petakan tambak. Data yang diperoleh adalah data pertumbuhan bobot mutlak, kelulushidupan, FCR, dan data kualitas air (suhu, salinitas, pH, O₂, NO₂, NH₃), Data dianalisis dengan analisis ragam (uji F) dan deskriptif. Penelitian dilakukan di media pemeliharaan teknologi polikultur dengan masing-masing petakan penelitian luasnya 150 m²,

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa adanya peranan rekayasa teknologi polikultur udang vanamei dan rumput laut pada jarak tanam berbeda berpengaruh nyata terhadap percepatan pertumbuhan dan kelulushidupan (P<0,05) udang vanamei dan rumput laut. Pertumbuhan bobot mutlak tertinggi pada perlakuan T3 (10V+45 RL) yaitu ditebar dengan 10 ekor udang vaname dan jarak tanam rumput laut 45 cm, diperoleh bobot mutlak tertinggi udang vanamei 29.25±0.21^c g), rumput laut (2927,25±0.28^c g) dan kelulushid kelulushidupan udang vanamei 98.79%±2.17% dan rumput laut *Gracillaria* sp 95.75 %, FCR (food Conversion ratio) 1.15 ± 0.07. Kualitas air masih layak untuk kehidupan udang vanamei dan rumput laut (Tabel.1).

Tabel 1. Hasil Pertumbuhan bobot mutlak. Kelulushidupan, Konversi rasio pada polikultur udang vanamei dan rumput laut.

	Perlakuan ^{*)}			
	T1	T2	T3	T4
	(10V+15 RL)	(10V+30 RL)	(10V+45 RL)	(10V+60 RL)
1. Pertumbuhan bobot mutlak udang Vanamei (g)	20.29±0.34 ^c	24.29±1.03 ^b	29.25±0.21 ^c	27.15±0.25 ^c
3. Pertumbuhan bobot mutlak rumput laut (g)	2685,39±0.28^c	2795,27±0.29^c	2927,25±0.28 ^c	2825,25±0.28 ^c
3. Kelulushidupan udang vanamei (%)	80.25±2.75 ^c	93.25±1.26 ^b	98.79%±2.17 ^c	96.25%±2.15 ^a
5. Kelulushidupan rumput laut <i>Gracillaria</i> sp (%)	85.25±2.75 ^c	90.75±2.75 ^c	95.75±2.75 ^c	93.33 ^a
5. FCR udang vanamei	3.75±0.65 ^b	2.75±0.15 ^b	1.15 ± 0.07 ^a	1.25 ± 0.05 ^a

Keterangan:

perlakuan T 1 (10V+ 15 RL), 10 ekor udang vaname dan jarak tanam rumput laut 15 cm, T2 (10V+30 RL) ditebar 10 ekor udang vaname dan jarak tanam rumput laut 30 cm,, T3(10V+45 RL) ditebar dengan 10 ekor udang vaname dan jarak tanam rumput laut 45 cm,, T4 (10V+60 RL) T4 (10V+60 RL) di tebar 10 ekor udang vaname dan jarak tanam rumput laut 60 cm, selanjutnya rumput laut tersebut ditebar dengan bobot yang sama yaitu jenis *Gracillaria* sp dengan bobot yang sama 150 g/ikat. Pada tanda superkrip yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata (P<0.05).

Pertumbuhan bobot mutlak udang Vanamei

Berdasarkan hasil penelitan yang dianalisis keragamannya (uji F), menunjukan pengaruh yang sangat nyata (P<0.01) terhadap pertumbuhan bobot mutlak, Kelulushidupan, Konversi rasio pakan pada polikultur udang vanamei dan ikan bandeng dan rumput laut, hal ini menunjukkan bahwa pengaruh pakan yang diberi pakan buatan dengan kandungan protein 35% menunjukkan pengaruh yang sangat nyata, sedangkan berdasarkan uji Tukey'S menunjukkan perbedaan yang sangat nyata. Pertumbuhan bobot mutlak pada udang vanamei tertinggi pada T4 (udang vanamei **28.25±0.22^c** g), (Tabel.1).

Berdasarkan hasil analisis ragam menunjukkan pengaruh yang sangat nyata (P<0.01) terhadap Pertumbuhan bobot mutlak pada udang vanamei.

Berdasarkan hasil analisis ragam menunjukkan bahwa terdapat pengaruh yang sangat nyata terhadap pertumbuhan bobot mutlak udang vannamei ($P < 0.01$), dan dengan uji Tukey'S menunjukkan perbedaan yang nyata antar perlakuan T4-T3, T4-T2, T4-T1. Adanya selisih perbedaan antar perlakuan nilai tengah ini menunjukkan bahwa adanya penerapan teknologi polikultur udang vanamei dan ikan bandeng pada kepadatan berbeda berbasis pengkayaan probiotik mampu meningkatkan pertumbuhan serta memperbaiki lingkungan budidaya yang ramah lingkungan. Penerapan rekayasa pakan buatan diperkaya probiotik dosis 10 ml/liter pakan buatan probiotik (sifat positif) disemprotkan pada pakan buatan (kandungan protein 40%) untuk meningkatkan daya cernak untuk meningkatkan kualitas dan produksi udang vanamei dan ikan bandeng, disemprotkan pada pakan dengan kandungan protein 35 % serta perbaikan lingkungan memakai biofilter sistem (pada inlet dan outlet diberi rumput laut *Gracillaria* sp) dengan jarak tanam antar untaian rumput laut, mampu memperbaiki lingkungan kualitas air dan mempercepat pertumbuhan udang vannamei, karena mampu memanfaatkan pakan dengan baik. Hal ini sesuai dengan pendapat Istiyanto dan Rachmawati (2016) bahwa dengan polikultur udang dan ikan bandeng mampu meningkatkan pertumbuhan dengan baik, karena kedua spesies tersebut tidak terjadi kompetisi dalam ruang, pakan, serta mampu tumbuh keduanya dengan baik dengan pemberian probiotik bakteri probiotik seperti *Lactobacillus* sp, *Bacillus* sp yang tumbuh, sistem pakan buatan yang diperkaya dengan probiotik mampu membantu digesti pakan dan menyerap nutrisi pakan lebih efisien serta adanya peran rumput laut secara sinergis berperan sebagai biofilter sistem yang baik.

Hal ini diperkuat pula pendapat Huet (1971), Istiyanto *et al.*, (2012) pertumbuhan secara fisik terjadi dengan adanya perubahan jumlah atau ukuran sel penyusun jaringan tubuh, pertumbuhan secara morfologis terlihat dari perubahan bentuk tubuh, bertambahnya sel dan jaringan, serta bobot. Pertumbuhan akan terjadi bila kebutuhan energi untuk metabolisme dan pemeliharaan jaringan tubuh sudah terpenuhi sesuai dengan kebutuhan ikan (Hepher, 1988, Yuvaraj *et al.*, 2015).

Berdasarkan analisis ragam menunjukkan pengaruh yang sangat nyata ini karena teknologi polikultur dengan memelihara secara bersamaan udang vanamei dan rumput laut dapat tumbuh bersamaan dan tidak terjadi kompetisi dalam media pemeliharaan di tambak. Tetapi terdapat perbedaan pertumbuhan dengan adanya perbedaan tingkat kepadatan benih udang vanamei dan nener bandeng yang ditebar dengan pemeliharaan polikultur. Pertumbuhan yang baik ini karena pakan buatan yang diperkaya dengan probiotik yang cara pemberiaannya disemprotkan pada pakan mampu meningkatkan pertumbuhan dengan baik. Hal ini menunjukkan bahwa dibandingkan dengan peneliti lain pada waktu pemeliharaan yang sama pertumbuhannya lebih tinggi. Hal ini didukung dengan hasil penelitiannya Suyono *et al.*, (2010) yang dipelihara system polikultur udang vanamei dan ikan bandeng dihasilkan pada pertumbuhan bobot mutlak ikan bandeng selama 96 hari mencapai pertumbuhan 150.73 g, tetapi lebih rendah apabila dibandingkan polikultur yang dipelihara selama 104 hari yaitu 253.034 gr s/d 270.218 gr. Hal ini diperkuat pula oleh penelitiannya Istiyanto dan Rachmawati (2016), Istiyanto (2001) mengatakan tumbuhnya ikan bandeng yang dipelihara bersamaan dengan udang vanamei karena mampu tumbuh secara bersamaan dan terjadi sinergisme tumbuh yang sama.

Pertumbuhan bobot mutlak rumput laut

Berdasarkan hasil penelitian yang dianalisis keragamannya (uji F), menunjukkan pengaruh yang sangat nyata ($P < 0.01$) terhadap pertumbuhan bobot mutlak, dengan uji Tukey's menunjukkan selisih nilai tengah perlakuan T4-T3, T4-T2, T4-T1 berbeda nyata ($P < 0.05$). Selanjutnya dari Tabel.1, menunjukkan pula bahwa dengan sistem budidaya polikultur dengan pertumbuhan bobot mutlak tertinggi rumput laut jenis *Gracillaria* sp T4 (**187.29±1.0 g**) (Tabel.1).

Selanjutnya dari adanya perbedaan pertumbuhan dengan perbedaan tingkat kepadatan benih udang vanamei dan nener bandeng dan rumput laut yang ditebar dengan pemeliharaan polikultur. Pertumbuhan yang baik ini karena pakan buatan yang dengan kandungan nutrisi yang baik pada pakan yang diberikan yaitu kandungan protein 35% sehingga akan mempercepat pertumbuhan dengan baik. Hal ini menunjukkan bahwa dibandingkan dengan peneliti lain pada waktu pemeliharaan yang sama pertumbuhannya lebih tinggi.

Kelulushidupan udang vannamei

Berdasarkan hasil penelitian menunjukkan bahwa kelulushidupan udang vanamei tertinggi pada perlakuan T4 yaitu **97.78%±2.19^a** (Tabel 1).

Selanjutnya berdasarkan hasil analisis ragam menunjukkan pengaruh yang sangat nyata ($P < 0.01$) terhadap kelulushidupan udang vanamei. Selanjutnya dari Tabel .1 menunjukkan bahwa adanya perbedaan kepadatan pada ikan bandeng dan udang vanamei dan rumput laut dengan sistem budidaya polikultur menunjukkan pengaruh yang sangat nyata terhadap kelulushidupan udang vanamei ($P < 0.01$), kemudian di uji Tukey'S menunjukkan perbedaan yang nyata antar perlakuan T4-T3, T4-T2, T4-T1.

Adanya pengaruh yang sangat nyata karena adanya penggunaan pakan buatan yang mengandung nutrisi pakan yang tinggi sesuai dengan kebutuhannya serta peran rumput laut sebagai biofilter system dengan memasang rumput laut *Gracillaria* sp disekeliling pen kultur pada pemeliharaan ikan bandeng dan udang vanamei dengan polikultur ini dapat memperbaiki kualitas air dan dapat meningkatkan kelulushidupan udang vanamei (Istiyanto dan Rachmawati, 2016). Ditambahkan pula oleh Istiyanto et al.(2012) kualitas air yang baik pada budidaya polikultur ikan bandeng dan udang vanamei dapat meningkatkan kelulushidupannya mencapai 80-90%, hasil ini lebih rendah apabila dibandingkan dengan hasil penelitian pada perlakuan T4 (padat tebar 20 ekor ikan bandeng dan 20 ekor nener bandeng/m²) dengan hasil kelulushidupan $96.71 \pm 0.85\%$. Pendapat ini diperkuat pula dengan peneliti lain yang memelihara ikan bandeng dengan udang vanamei system polikultur oleh Istiyanto (2000,2009),

Kelulushidupan rumput laut

Kemudian dari hasil penelitian dengan menggunakan teknologi polikultur dengan pemeliharaan secara bersamaan ikan bandeng dengan udang vanamei berbasis pakan buatan yang diperkaya dengan probiotik dan peran rumput laut sebagai biofilter system menunjukkan bahwa kelulushidupan tertinggi pada perlakuan T4 yaitu rumput laut yaitu **99.33%** (Tabel 1).

Selanjutnya dari hasil penelitian yang tersaji pada Tabel.1, dengan analisis ragam adanya perbedaan kepadatan pada ikan bandeng dan udang vanamei serta rumput laut dengan sistem budidaya polikultur menunjukkan pengaruh yang sangat nyata terhadap kelulushidupan rumput laut ($P < 0.01$). Selanjutnya dengan uji Tukey'S menunjukkan perbedaan yang nyata antar perlakuan T4-T3, T4-T2, T4-T1. Hal ini menunjukkan bahwa pengaruh lingkungan yaitu penggunaan *Gracillaria* sp pada pemeliharaan polikultur ikan bandeng dan udang vanamei dan rumput laut mampu memperbaiki kualitas air, karena rumput laut jenis *Gracillaria* sp mampu menyerap padatan tersuspensi, limbah organik, padatan tersuspensi sehingga kualitas airnya menjadi lebih baik dan layak

Food Conversion Ratio (FCR)

Hasil penelitian menunjukkan bahwa food conversion ratio terendah pada perlakuan T4 yaitu FCR (food Conversion ratio) yaitu **1.19 ± 0.05^a** (Tabel.1). Hasil analisis ragam menunjukkan pengaruh yang sangat nyata ($P < 0.01$) terhadap rasio konversi pakan (FCR) pada udang vanamei

Selanjutnya dari hasil analisis ragam dengan adanya perbedaan kepadatan dan udang vanamei dan rumput laut dengan sistem polikultur berpengaruh sangat nyata terhadap FCR ($P < 0.01$) dan berdasarkan uji tukey menunjukkan perbedaan yang nyata antar nilai tengah perlakuan T4-T3, T4-T2, T4-T1.

Kemudian dengan adanya perbedaan kepadatan pada sistem polikultur udang vanamei dan rumput laut, sehingga akan mempengaruhi perbedaan dalam mengkonsumsi pakan, yang menyebabkan nilai FCRnya juga berbeda, hal ini terlihat nilai FCR pada perlakuan T4 lebih rendah **1.19 ± 0.05^a** artinya lebih efisien pakan yang diberikan, sehingga dengan memanfaatkan pakan buatan yang diberikan pada perlakuan T3, T2, T1.

Hal ini sesuai dengan pendapat Istiyanto et al., (2010-2012), Istiyanto dan Rachmawati (2016), Tacon, (1987) menyatakan bahwa rasio konversi pakan adalah peran yang sangat penting untuk melihat apakah pakan yang diberikan mampu meningkatkan pertumbuhan udang vanamei dan ikan bandeng dengan pertumbuhan yang lebih baik atau apakah pakan diberikan lebih efisien. Nilai konversi pakan juga dapat melihat seberapa jauh pakan yang diberikan mampu meningkatkan pertumbuhan dengan lebih baik/cepat pertumbuhannya.

Kualitas air media pemeliharaan pada teknologi budidaya polikultur

Pemantauan selama penelitian menunjukkan kualitas air yang layak untuk budidaya ikan bandeng dan udang vannamei dan rumput laut dengan system polikultur (Tabel.2), karena menggunakan biofilter system dengan cara menyaring kualitas air pada inlet dan out let menggunakan rumput laut (Tabel.2).

Tabel 2. Data kualitas air hasil dari adanya penggunaan biofilter system

Parameter Kualitas Air	Range	Worthiness (literature)
Oksigen terlarut (mg/l)	4,75 – 6,87	>4 mg/l ^{a,b}
Suhue (°C)	24,3 – 29,5	26,5 – 35 °C ^{c,d}
Salinitas (ppt)	20.5 – 28,5	15 – 30 ^{c,d}
pH	7.5 – 8,5	7,5 – 8,7 ^{c,d}
Ammonia (mg/l)	0.01– 0,12	<1 mg/l ^{c,d,e}

Keterangan: (Nurjana.2007^a, Kanazawa, 1985^b, Kurmaly, 1995^c, Kanazawa, 1985^d, Boyd *et al.*,1982^e).

Berdasarkan Tabel.2, menunjukkan bahwa dengan menggunakan biofilter system pada menejemen kualitas air media pemeliharaan udang vannamei dan rumput laut system polikultur menghasilkan kualitas air yang layak untuk pemeliharaan system polikultur, dan ramah lingkungan, karena menggunakan rumput laut sebagai biofilter (Tabel 2) menunjukkan kelayakan untuk pemeliharaan udang vannamei dan rumput laut pada jarak tanam berbeda sesuai dengan pendapat Nurjana, (2007), Kanazawa (1985), Kurmaly (1985).

KESIMPULAN DAN SARAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa adanya peranan rekayasa teknologi polikultur udang vanamei dan rumput laut pada jarak tanam berbeda berpengaruh nyata terhadap percepatan pertumbuhan dan kelulushidupan ($P < 0,05$) udang vanamei dan rumput laut. Pertumbuhan bobot mutlak tertinggi pada perlakuan T3 (10V+45 RL) yaitu ditebar dengan 10 ekor udang vaname dan jarak tanam rumput laut 45 cm, diperoleh bobot, mutlak tertinggi udang vanamei 29.25 ± 0.21^c g), rumput laut ($2927,25 \pm 0.28^c$ g) dan kelulushid kelulushidupan udang vanamei $98.79\% \pm 2.17\%$ dan rumput laut *Gracillaria* sp 95.75% , FCR (food Conversion ratio) 1.15 ± 0.07 . Kualitas air masih layak untuk kehidupan udang vanamei dan rumput laut.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih kami sampaikan kepada Direktur Direktorat Riset dan Pengabdian Masyarakat Direktorat Jenderal Penguatan Riset dan Pengembangan Kementerian Riset Teknologi dan Pendidikan Tinggi Sesuai Surat Perjanjian Penugasan Pelaksanaan Program Pengabdian Kepada Masyarakat. Bapak Prof. Dr. Ocky Karna Radjasa yang telah memberikan dana penelitian pada program Hi-Link, Walikota Pekalongan, Dekan FPIK Undip dan Ketua LPPM Undip dan Bapak Miftahuddin mitra UKM yang telah memberikan fasilitas tambaknya untuk penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Abeson, Felix and Michael. (2006). Knowledge Source and Small Business Competitiveness, Competitive Forum, Indiana, Vol.4 Edisi 2.
- Bautista, M.N. (1986). The Response of *Penaeus Monodon* Juveniles to Varying Protein / Energy Ratios in Test Diets. *Aquaculture*, 3 (3-4): 229-242.
- Beal, M Reginald. (2000). Competing Effectively: Environmental Scanning, Competitive Strategy, and Organizational Performance in Small Manufacturing Firms, *Journal Manajemen Small Business*, Milwaukee, Vol. 38, Edisi 1.
- BPPT. (2007). Tiger Shrimp Cultivation Traditionally, Intensive. Research Report.

- Boyd, H.E. Burgess., Pronek and Walls. (1982). Water Quality in Warm Water Fish Pond. Auburn University. Aquaculture Experiment Station. Auburn. pp 75-80.
- Budiprasetya, Benedictus Karno. (2008). Dynamic Capabilities untuk Membangun Keunggulan Bersaing Berkesinambungan, The 2 nd National Conference UKWMS.
- Chen, Cheng-Nan. (2007). The Relation among Social Capital, Entrepreneurial Orientation, Organizational Resources and Entrepreneurial Performance for New Ventures, Contemporary Management Research, National Cheng Kung University.
- Davis, J. (2011). Polyculture Opportunities in The Mid-hills of Nepal for Resource Poor Farmers. Ecological Aquaculture Studies & Reviews. Kingston: University of Rhode Island.
- De Silva, S.S. and FY Anderson. (1995). Fish Nutrition in Aquaculture. Chapman and Hall. New York. 319 pp.
- Data Dinas Perikanan Kota Pekalongan. (2015). Data produksi budidaya perikanan. Dinas Kelautan dan Perikanan.50 hal.
- Central Java in figures. (2004). Basic Data Production Potential and Fisheries Central Java in the figures. 100 pp
- Djajasewaka, H. (1985). Fish Feed. CV Yasaguna. Jakarta. Pp 23-29.
- Effendie, M.I. (1979). Methods of Fisheries Biology. Yayasan Dewi Sri. Bogor. 325 pp.
- Endrawati.H, S. Istiyanto, A. Indarjo. (2001). Application and Cultivation Technology Community business group polyculture nila gift and tiger prawn in ponds in an effort to empower coastal communities, by. Journal Info. IV Edition No. 1 February 2001: it 6-18. ISSN: 0852-1816. B4).
- Ferdinand, Augusty. (2003). Sustainable Competitive Advantage Sebuah Eksplorasi Model Konseptual, BP UNDIP, Semarang.
- Halver, J.E. (1980). Fish Nutrition. Academic Press Inc. New York. 711 pp.
- Halver, J.E. and T, Lovell. (1989). Nutrition and Feeding of Fish. Van Nostrand Reinhold. New York. pp 269-274.
- He, H.L and R. Liv. (1992). Evaluation of Dietary Fat Solable Essential of Vitamins A, D, E and K for Penaeid Shrimp (*Penaeus shrimp windui*). Aquaculture, 103: 177-185.
- Huet, M. (1971). Fish Culture, Breeding and Cultivation of Fish. Fishing New (Books) Ltd. London. pp 251-262.
- Hepher, B. and Y. Pruginin. Comercial. (1981). Fish Farming. New York. Cickesten. Brisbane. Toronto. 388 pp.
- Hepher, B. (1988). Nutrition of Pond Fishes, Formerly of Fish and Aquaculture Research Station. Cambridge. University Press. 385 pp.
- Istiyanto.S, Arini.E, and Rachmawati.D. (2012). Applicaton of Technology and Science in (IbM) business group polyculture of shrimp, fish and seaweed (*Gracyllaria* Sp) based on the biological filter Mangkang Wetan village, District Monument, City Semarang.report Ibm project, Science program TA.2011 / 2012 DP2M Higher Education
- Istiyanto.S. (2001). Effect of Various Combinations Natural Feed (*Tetraselmis chui*, *Chlorella sp*, *Brachionus plicatilis* Muller, *Nauplius Artemia salina* Leach) on growth and survival rate Mangrove crab (*Scylla paramamosain*). Papers Presented at the National Seminar Crustacean 2001 organized by Centre for the Study of Biological Sciences Fak of Fisheries and Marine Sciences Research Center of Coastal and Marine Resource IPB supported by the Directorate of Small Islands, the Directorate General of Coastal and Island Small Island DKP, NAM Center, Oro 2 FM, Hotel Salak.
- Istiyanto.S. (2001). Enlargement Mude crabs (*Scylla paramamosain*) In Pond With Feed Given trash In contrast dose. Papers Presented at the National Seminar Crustacean 2001 organized by Centre for the Study of Biological Sciences Fak of Fisheries and Marine Sciences Research Center of Coastal and Marine Resource IPB supported by the Directorate of Small Islands, the Directorate General of Coastal and Island Small Island DKP, NAM Center, Oro 2 FM, Hotel Salak.
- Istiyanto.S. (2000). Combination Application Chaetoceros Sp And *Brachionus plicatilis* Muller against the growth of larvae of milkfish *Chanos Chanos* Forskal. Journal of Marine Science No: 19 (V): 230-233.Fak. Fisheries and Marine Sciences Undip.
- Istiyanto. (2009). Use of Various types of probiotic bacteria (*Bacillus*, *Alcaligenes*, *Flavobacterium*, and *Lactobacillus*), the commercial feed in crumble form Vannamei. FPIK research report (not yet published). 40 p.
- Iuliana, Ciochin. (2006). The Competitive Advantages Of Small And Enterprises, Constantin Brancoveanu "University Pitesti, Faculty of Management Marketing in Business Affaires
- Istiyanto.S. (2008). Engineering of technology monoculture superintensive system on mudcrab (*Scylla paramamosain*) using different feeds on the growth and survival rate. In Proceedings of

- International International Conference, October 21 - 22th 2008 Geomatic, Fisheries and Marine Science for a Better Future and Prosperity Marine Geomatic Centre (MGC) - Faculty of Fisheries and Marine Science Research Institute (Research Institute) - Diponegoro University Semarang - Indonesia.
- Istiyanto, S., E. Arini, and D. Rachmawati. (2012). Aplikasi Ilmu dan Teknologi terhadap Kelompok Usaha Polikultur Udang, Ikan dan Rumput Laut (*Gracillaria* sp.) berdasarkan Filter Biologis di Desa Mangkang Wetan Kecamatan Tugu, Semarang [Application of Technology and Science in (IbM) Business Group Polyculture of Shrimp, Fish and Seaweed (*Gracillaria* sp.) Based on The Biological Filter Mangkang Wetan Village, District Tugu, City Semarang]. Research Report. Semarang: Universitas Diponegoro. [Bahasa Indonesia].
- Jaspe, J. C., C. M. A. Caipang, and B. J. G. Elle. (2011). Polyculture of White Shrimp, *Litopenaeus vannamei* and Milkfish, *Chanos chanos* as A Strategy for Efficient Utilization of Natural Food Production in Ponds. *J. ABAH Bioflux*. 3(2): 96–104.
- Kanazawa, A. (1985). Nutrition of Penaeid and Shrimp. In: Y. Taki, J.H. Primavera, and J.A. Liobrera (Eds). Proceedings of the First International Conference on Culture of Penaeid / Shrimp. Aquaculture Dept. SEAFDEC. Iloilo. Philipphines. pp 123-130.
- KepMen Kelautan dan Perikanan No. 18/Men/2011 tentang pedoman umum minapolitan. 15 hal.
- Kurmaly, K. (1995). Shrimp Nutrition and Disease: Role of Vitamins and Astaxanthin> Roche Aquaculture Centre. Bangkok. Thailand. pp 414-415.
- Laxmappa, B., S. M. Khrisna. (2015). Polyculture of The Freshwater Prawn *Macrobrachium malcolmsonii* (H.M).
- Miroslav, C., T. Dejana, L. Dragana, Đ. Vesna. (2011). Meat Quality of Fish Farmed in Polyculture in Carp Ponds in Republic of Serbia. *J. Tehnologija Mesa*. 52(1): 106–121.
- Murachman, N. Hanani, Soemarno, S. Muhammad. (2010). Polyculture Systems of Tiger Shrimp (*Penaeus monodon* Fab), milkfish (*Chanos chanos* Forskal) and Seaweed (*Gracillaria* sp.) by Conventional Culture. *Journal of Sustainable Development and Nature*. 1(1): 2087–3522.
- Nikolova, L. (2013). Impact of Some Technological Factors on The Growth of Carp Fish *Cyprinidae* Reared in Autochthonous Polyculture. *J. Bulgarian Journal of Agricultural Science*. 19(6): 1391–1395.
- Nurjana, M. (2007). Potential Shrimp Farming in Indonesia. Proceedings of the Seminar Basional, Aquaculture Society (MAI) Indonesia. Surabaya.
- Najib, Mukhamad. (2006). Peningkatan Kinerja Bisnis Usaha Kecil Menengah (UKM) dengan Pengembangan Orientasi Pasar, *Jurnal Manajemen Publikasi, Penelitian dan Review*
- Reksono, B. H., Hamdani and Yuniarti. (2012). Effect of Stocking Density of *Gracilaria* sp. on The Growth and Survival of Milkfish (*Chanos chanos*) on The Polyculture Farming System. *Journal of Fisheries and Marine*. 3(3): 41– 49.
- Sinkovics, Rudolf R, Roath & Anthony S. (2004). Strategic Orientation, Capabilities, And Performance In Manufacturer- 3 PL Relationships, *Journal of Business Logistics*.
- Steffens. (1989). Principles of Nutrition. Ellis Horwood Limited. England. pp 209-233.
- Stickney, R.R. (1979). Principle of Warm Water Aquaculture. John Weley and Sons Inc. New York. pp 223-229.
- Suyono, S. Istiyanto, D. Rachmawati, and T. Yasman. (2010). Penerapan Iptek pad Kelompok Usaha Budidaya Ikan Bandeng (*Chanos chanos* Forskal) dan Rumput Laut (*Gracilaria* sp.) di Kelurahan Muara Rejo Kecamatan Tegal Barat Kota Tegal [Application Science and Technology in (IbM) Groups of Fish Farming Milkfish and Seaweed (*Gracylaria* sp.) in The Village of Muara Church, West Tegal Tegal]. In Suyono, N. Isdarmawan, and N. Zuhri (eds.). Proceeding of National Seminar on Development Strategy for Environmentally-Based Fisheries and Marine. Pancasakti University, Tegal, Indonesia. 9 December 2011. 123– 46ication science and technology in (IbM) groups of fish farming milkfish and seaweed (*Gracylaria* Sp) in the village of Muara Church, West Tegal Tegal. Ibm Higher Education Program, UPS Undip 100 p.
- Tacon. (1987). Nutrition and Farmed Fish and Shrimp. A Training Manual. The Essential Nutrients Food anf Agricultural Organization of the United Nations. Brasillia. Brazil. 117 pp.
- Wahid, N. (1999). Effect of Combination of Natural Feed (*Brachionus plicatilis*) and Artificial Feeds on Growth and Survival milkfish larvae. Essay. Faculty of Fisheries and Marine Sciences. UNDIP. Semarang. 51 p.
- Watanabe. (1988). Fish Nutrition and Marineculture. Department of Aquatic Biosciences. Tokyo. pp 60- 65.
- Wijayanto, Bonifacius R. (2008). Pengetahuan Sebagai Sumber Keunggulan Kompetitif erkesinambungan, Fokus Ekonomi.

- Xie, B., W. Jiang and H. Yang. (2011). Growth Performance and Nutrient Quality of Chinese Shrimp *Penaeus chinensis* in Organic Polyculture with Razor Clam *Sinonovacula constricta* or Hard Clam *Meretrix meretrix*. *J. Bulgarian Journal of Agricultural Science*. 17(6): 851–858.
- Yang, Y. and K. Fitzsimmons. (2002). *Tilapia Shrimp Polyculture in Thailand*. Research Report. Thailand: Asian Institute of Technology.
- Yasin, M. (2013). Prospect of Business Organic Shrimp Farming in Polyculture Systems. *Scientific Journal Edition March Agriba* 1: 86–99.
- Yuvaraj, D., R. Karthik and R. Mutheshilan. (2015). Crop Rotation as A Better Sanitary Practice for The Sustainable Management of *Litopenaeus vannamei* Culture. *Asian Journal of Crop Science*. 7(3):219-23

IDENTIFIKASI PENGARUH KERAPATAN MANGROVE TERHADAP DINAMIKA PASANG SURUT DI SEGARA ANAKAN, CILACAP, JAWA TENGAH

Ayi Tarya*, Larasati C. Sunaringati and Nining Sari Ningsih

Program Studi Oseanografi, Fakultas Ilmu dan Teknologi Kebumihan,
Institut Teknologi Bandung
Jl. Ganesha No. 10 Bandung 40132 Telp: 0222500494

*Corresponding author e-mail: ayitarya@fitb.itb.ac.id; ayitarya@gmail.com

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji pengaruh kerapatan mangrove terhadap dinamika pasang surut di Segara Anakan, Cilacap, Jawa Tengah. Studi ini menggunakan model hidrodinamika Delft3D dengan gaya pembangkit debit sungai dan pasang surut. Hasil verifikasi elevasi pasang surut antara hasil pemodelan dengan data observasi di Klaces dan Seleko menunjukkan nilai RMSE sebesar 0,138 m dan 0,148 m. Pengaruh kerapatan mangrove terhadap dinamika pasang surut diperoleh dengan simulasi pemodelan dua skenario yang berbeda. Skenario 1 menggunakan nilai koefisien kekasaran dasar Chezy sebesar $50 \text{ m}^{1/2}/\text{s}$ seragam di seluruh area dan Skenario 2 menggunakan nilai kekasaran dasar yang bervariasi secara spasial (Koefisien Manning sebesar $0,14 \text{ m}^{-1/3}/\text{s}$ pada zona 1, $0,28 \text{ m}^{-1/3}/\text{s}$ pada zona 2, dan $0,27 \text{ m}^{-1/3}/\text{s}$ pada zona 3). Hasil simulasi Skenario 1 dan Skenario 2 menunjukkan bahwa amplitudo komponen pasang surut M_2 , S_2 , K_1 , dan O_1 berkurang dari Plawangan Barat dan Plawangan Timur menuju ke bagian tengah Laguna Segara Anakan sedangkan keterlambatan fase masing-masing komponen tersebut semakin bertambah ke bagian tengah Laguna Segara Anakan. Peredaman amplitudo pasang surut dari kedua plawangan ke arah tengah laguna hasil simulasi model untuk Skenario 2 lebih besar dari pada Skenario 1. Hal ini disebabkan oleh nilai gesekan dasar yang digunakan oleh Skenario 2 lebih besar dibandingkan dengan Skenario 1. Selain itu, keterlambatan fase pasang surut pada Skenario 2 juga lebih besar daripada Skenario 1. Fenomena ini menunjukkan bahwa kerapatan mangrove berpengaruh dalam meredam nilai amplitudo dan memperbesar keterlambatan fase komponen M_2 , S_2 , K_1 , dan O_1 di Segara Anakan.

Kata kunci: Model Hidrodinamika, Delft3D, Mangrove, Gesekan Dasar, Pasang Surut

PENDAHULUAN

Mangrove merupakan kelompok tumbuhan yang hidup di daerah *intertidal* dengan kondisi lingkungan yang dinamis dan fluktuatif (Duke, 1992). Ekosistem *mangrove* memiliki beberapa peran penting, yaitu membantu menstabilkan garis pantai akibat terjangan gelombang, membantu pembentukan tanah (substrat) karena bertindak sebagai penangkap sedimen, melindungi pantai dari erosi dan abrasi, menjadi habitat bagi organisme-organisme lainnya, dan sebagai penghasil detritus yang dapat membantu produktivitas di laut lepas (Feller dan Sitnik, 1996). Karena tumbuh di daerah *intertidal* di sekitar lintang tropis dan subtropis, maka *mangrove* harus mampu melakukan adaptasi secara morfologi maupun fisiologi terhadap kondisi yang ekstrim seperti, salinitas tinggi, pasang surut ekstrim, angin kencang, substrat berlumpur, dan temperatur tinggi (Kathiresan dan Bingham, 2001). Hal ini menyebabkan *mangrove* cukup sensitif terhadap perubahan yang terjadi di luar, termasuk hidrodinamika di perairan sekitarnya.

Segara Anakan terletak di Kabupaten Cilacap, Jawa Tengah, merupakan salah satu wilayah yang memiliki hutan *mangrove* terluas di Jawa (Holtermann dan Burchard, 2007). Namun, dalam beberapa dekade luasan hutan *mangrove* di Segara Anakan semakin berkurang, pada periode tahun 1978 dan 2004, luasan *mangrove* berkurang dari 18000 ha menjadi 9000 ha (Ardli dan Wolff, 2004). Selain itu, luas perairan Segara Anakan juga semakin berkurang dan mengalami pendangkalan akibat laju sedimentasi yang tinggi, sehingga permasalahan di Segara Anakan menjadi lebih kompleks (Sukardi, 2010). Untuk memahami permasalahan laju sedimentasi yang tinggi di Segara Anakan, maka diperlukan pemahaman mengenai kondisi hidrodinamika. Pemahaman proses fisis yang terjadi di Segara Anakan dapat membantu untuk memahami proses sedimentasi yang terjadi di laguna.

Penelitian mengenai kondisi hidrodinamika di daerah *mangrove* telah dilakukan oleh beberapa peneliti di dunia (Mazda *et al.*, 2005; Kobashi *et al.*, 2005; Mazda dan Wolanski, 2009; Broekema,

2013). Namun, penelitian mengenai hidrodinamika di daerah *mangrove* di Indonesia masih sangat jarang dilakukan. Penelitian mengenai hidrodinamika di Segara Anakan telah dilakukan oleh Holtermann dkk. (2009). Hasil studi tersebut menunjukkan pola musiman sirkulasi arus dan distribusi salinitas di Segara Anakan. Di dalam studi Holtermann dkk. (2009) tidak menjelaskan pengaruh vegetasi *mangrove* terhadap proses hidrodinamika di Segara Anakan. Hal ini memotivasi penulis untuk melakukan penelitian pengaruh vegetasi *mangrove* terhadap dinamika pasang surut, khususnya untuk mengidentifikasi pengaruh kerapatan *mangrove* terhadap pola penjarangan gelombang pasang surut di Segara Anakan.

MATERI DAN METODOLOGI

Model hidrodinamika yang digunakan dalam penelitian ini adalah Delft3D (Deltares, 2014). Simulasi pemodelan hidrodinamika dilakukan dengan dua skenario. Skenario 1 yaitu simulasi model dengan nilai kekasaran dasar yang seragam di semua area domain model dan skenario 2 adalah dengan nilai kekasaran dasar yang berbeda-beda secara spasial. Vegetasi *mangrove* yang habitatnya berada di daerah *intertidal*, sehingga simulasi hidrodinamika menggunakan metode *grid drying and flooding* agar hasil yang diperoleh lebih representatif.

Persamaan model hidrodinamika

Persamaan momentum yang digunakan di dalam model hidrodinamika Delft3D-Flow (Deltares, 2014):

$$\frac{\partial u}{\partial t} + \frac{u}{\sqrt{G_{\xi\xi}}} \frac{\partial u}{\partial \xi} + \frac{v}{\sqrt{G_{\eta\eta}}} \frac{\partial u}{\partial \eta} - \frac{v^2}{\sqrt{G_{\xi\xi}\sqrt{G_{\eta\eta}}}} \frac{\partial \sqrt{G_{\eta\eta}}}{\partial \xi} + \frac{uv}{\sqrt{G_{\xi\xi}\sqrt{G_{\eta\eta}}}} \frac{\partial \sqrt{G_{\xi\xi}}}{\partial \eta} - fV = -\frac{1}{\rho_0 \sqrt{G_{\xi\xi}}} P_{\xi} - \frac{gU\sqrt{U^2+V^2}}{c_{2D}^2(d+\zeta)} + F_{\xi} + M_{\xi} \quad (1)$$

$$\frac{\partial v}{\partial t} + \frac{u}{\sqrt{G_{\xi\xi}}} \frac{\partial v}{\partial \xi} + \frac{v}{\sqrt{G_{\eta\eta}}} \frac{\partial v}{\partial \eta} - \frac{u^2}{\sqrt{G_{\xi\xi}\sqrt{G_{\eta\eta}}}} \frac{\partial \sqrt{G_{\xi\xi}}}{\partial \eta} + \frac{uv}{\sqrt{G_{\xi\xi}\sqrt{G_{\eta\eta}}}} \frac{\partial \sqrt{G_{\eta\eta}}}{\partial \xi} + fU = -\frac{1}{\rho_0 \sqrt{G_{\eta\eta}}} P_{\eta} - \frac{gV\sqrt{U^2+V^2}}{c_{2D}^2(d+\zeta)} + F_{\eta} + M_{\eta} \quad (2)$$

dengan,

u : kecepatan dalam arah sumbu x atau ξ $\left(\frac{m}{s}\right)$

v : kecepatan dalam arah sumbu y atau η $\left(\frac{m}{s}\right)$

ξ dan η : koordinat curvilinear dalam arah horizontal

ω : kecepatan dalam arah sumbu z atau σ $\left(\frac{m}{s}\right)$

t : waktu (s)

$\sqrt{G_{\xi\xi}}$ dan $\sqrt{G_{\eta\eta}}$: koefisien yang digunakan untuk mentransformasikan koordinat *curvilinear* menjadi koordinat *rectangular* (m)

ζ : elevasi (m)

d : kedalaman (m)

f : Coriolis $\left(\frac{1}{s}\right)$

ρ_0 : densitas referensi air $\left(\frac{kg}{m^3}\right)$

P_{η} : gradien tekanan hidrostatik dalam arah sumbu η $\left(\frac{kg}{m^2 s^2}\right)$

P_{ξ} : gradien tekanan hidrostatik dalam arah sumbu ξ $\left(\frac{kg}{m^2 s^2}\right)$

F_{ξ} : fluks momentum turbulensi dalam arah sumbu ξ $\left(\frac{m}{s^2}\right)$

F_{η} : fluks momentum turbulensi dalam arah sumbu η $\left(\frac{m}{s^2}\right)$

ν_V : viskositas eddy dalam arah vertikal $\left(\frac{m^2}{s}\right)$

Pada Persamaan 1 dan 2, suku pertama menyatakan percepatan lokal, sedangkan suku kedua, ketiga, dan keempat merupakan suku percepatan advectif. Suku berikutnya, yaitu suku kelima dan keenam menyatakan adveksi horizontal dan gaya Coriolis. Kemudian suku yang berada di bagian

kanan menyatakan gradien tekanan, gaya stress Reynold, stress akibat viskositas eddy secara vertikal, dan gaya yang diakibatkan oleh adanya *source and sinks*.

Sedangkan untuk persamaan kontinuitasnya dapat didefinisikan sebagai berikut:

$$\frac{\partial \zeta}{\partial t} + \frac{1}{\sqrt{g \xi \xi \sqrt{g \eta \eta}}} \frac{\partial((d+\zeta)U\sqrt{g \eta \eta})}{\partial \xi} + \frac{1}{\sqrt{g \xi \xi \sqrt{g \eta \eta}}} \frac{\partial((d+\zeta)V\sqrt{g \eta \eta})}{\partial \eta} = (d + \zeta)Q \quad (3)$$

dengan,

Q : kontribusi per satuan luas oleh debit air, presipitasi, dan evaporasi ($\frac{m^3}{s}$)

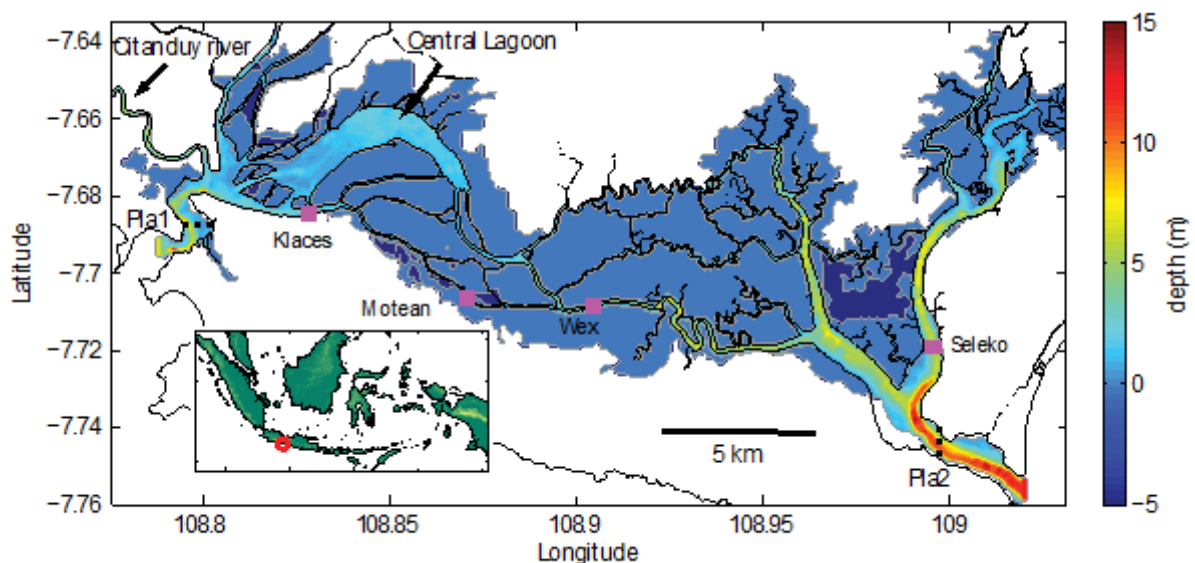
$$U = \frac{1}{d+\zeta} \int_{-1}^{\zeta} u dz = \int_{-1}^0 u d\sigma \quad (4)$$

$$V = \frac{1}{d+\zeta} \int_{-1}^{\zeta} v dz = \int_{-1}^0 v d\sigma \quad (5)$$

$$Q = \int_{-1}^0 (q_{in} - q_{out}) d\sigma + P - E \quad (6)$$

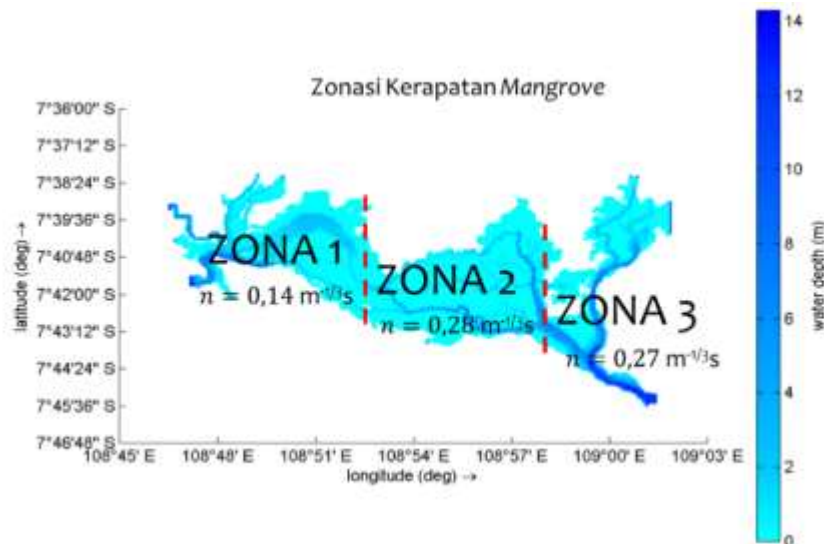
Daerah Kajian dan Data

Daerah kajian model terletak di perairan Segara Anakan dengan letak geografis sekitar 7°35' LS - 7°48' LS dan 108°46' BT - 109°3' BT (Gambar 1). Segara Anakan merupakan sebuah estuari dan tempat bermuaranya 13 sungai di sekitarnya, tetapi sungai yang paling dominan memberikan input ke laguna adalah Sungai Citanduy. Segara Anakan memiliki 2 *outlet* (Plawangan), yaitu di bagian timur dan barat. Kedalaman di kedua Plawangan tersebut kurang dari 15 m dan lebar kurang lebih 1 km. Vegetasi *mangrove* di Segara Anakan menutupi luas area sekitar 94 km², sedangkan luas area yang tergenang air sekitar 26 km² (Holtermann dkk., 2009). Jenis *mangrove* yang paling dominan di Segara Anakan adalah *Rhizophora*. Tipe pasang surut di Segara Anakan adalah semidiurnal dengan komponen pasang surut dominannya adalah M₂ (Holtermann *et al.*, 2009).



Gambar 1. Daerah kajian model yang terletak di Segara Anakan, Jawa Tengah. Klaces dan Seleko merupakan lokasi data pengukuran elevasi pasang surut dan titik verifikasi model. Pla1 adalah Plawangan Barat dan Pla2 adalah Plawangan Timur.

Data yang digunakan pada penelitian ini adalah batimetri, elevasi pasang surut, amplitudo dan fase komponen-komponen pasang surut (M₂, S₂, K₂, N₂, K₁, O₁, P₁, dan Q₁), debit sungai dan data kerapatan *mangrove* Segara Anakan. Data batimetri dan elevasi pasang surut diperoleh dari Holtermann dkk. (2009). Amplitudo dan fase komponen-komponen pasang surut yang diperoleh dari TMD (*Tidal Model Driver*). Data kerapatan *mangrove* berupa peta zonasi *mangrove* di Segara Anakan diperoleh dari studi Hinrich *et al.*, (2009), sedangkan data nilai kekasaran dasar (koefisien Manning) untuk *mangrove* jenis *Rhizophora* diperoleh dari penelitian yang dilakukan Broekema (2013) (Gambar 2).

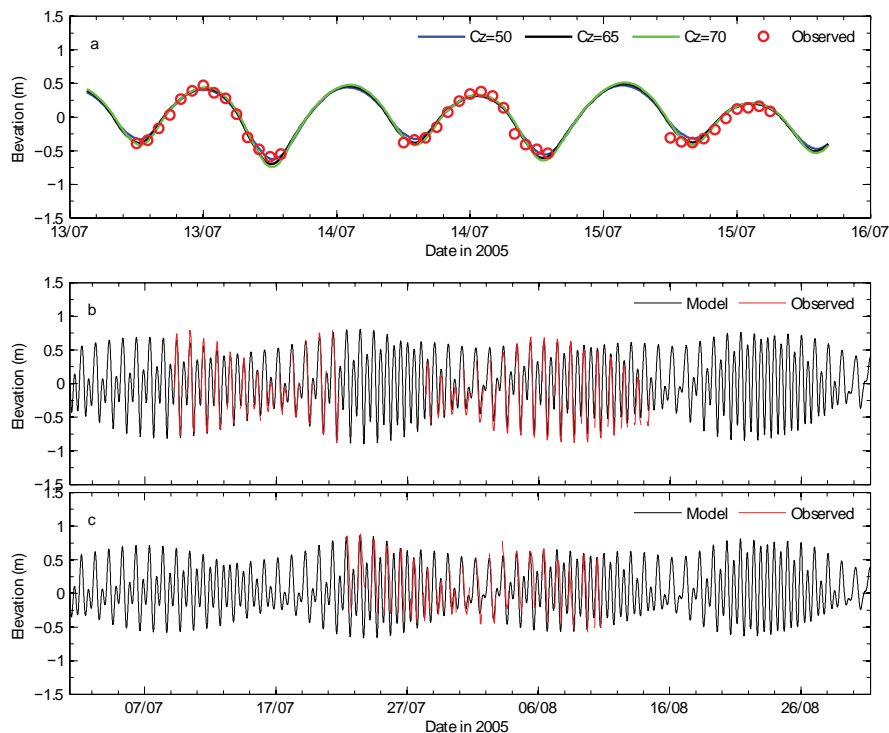


Gambar 2. Peta zonasi kerapatan mangrove beserta nilai koefisien Manning untuk masing-masing zona (Broekema, 2013 dan Hinrich et al., 2009).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Verifikasi Model

Verifikasi data elevasi pasang surut dilakukan di dua titik lokasi pengamatan, yaitu di Klaces dan Seleko. Tujuan dari verifikasi adalah untuk mengetahui keakuratan hasil pemodelan dibandingkan dengan data lapangan. Untuk mendapatkan verifikasi model yang baik maka dilakukan uji sensitivitas koefisien kekasaran dasar agar diperoleh nilai koefisien yang paling optimum. Koefisien kekasaran dasar yang optimum adalah perbandingan antara hasil model dengan data lapangan menghasilkan selisih terkecil. Pada penelitian ini menggunakan tiga skenario model uji sensitivitas yang dilakukan menggunakan koefisien kekasaran dasar (*Chezy*) seragam di seluruh domain model.

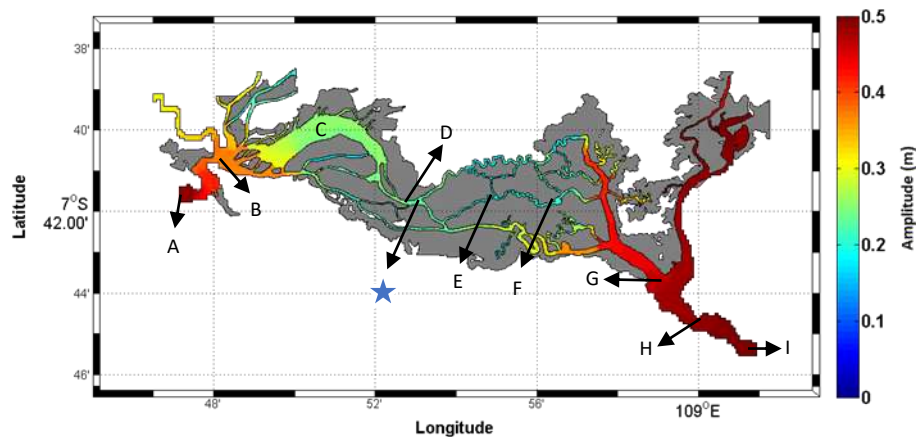


Gambar 3. Hasil uji sensitifitas koefisien gesekan dasar dengan menggunakan tiga nilai Chezy (50, 65 dan 70) (a). Verifikasi elevasi pasang surut antara hasil model dan data lapangan di Seleko (b) dan Klaces (c).

Hasil perbandingan elevasi pasang surut antara hasil model dan observasi di lokasi Klaces dan Seleko terlihat bahwa elevasi muka air hasil model yang paling mendekati data observasi adalah skenario model yang menggunakan koefisien *Chezy* 50 $m^{1/2}/s$ (Gambar 3). Verifikasi antara hasil model dan data observasi di dua titik pengamatan yaitu di Seleko (Gambar 3b) dan Klaces (Gambar 3c) menunjukkan bahwa elevasi hasil model memiliki pola yang sama dengan data observasi baik untuk magnitudo maupun fase pasang sarat surut. Hal ini juga terlihat dari rendahnya nilai RMSE antara hasil model dan data lapangan adalah 9.52 cm (Klaces) dan 8.73 cm (Seleko).

Pola Penjalaran Gelombang Pasang Surut di Segara Anakan

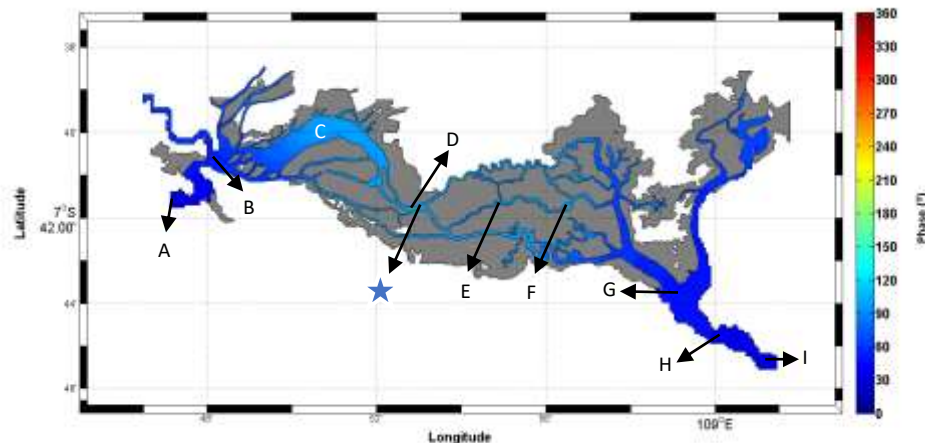
Untuk mengetahui pola penjalaran gelombang pasang surut di Segara Anakan, data elevasi pasang surut yang diperoleh dari simulasi pemodelan di analisis harmonik dengan menggunakan program T_TIDE untuk komponen pasang surut M_2 , S_2 , K_1 , dan O_1 . Hasil analisis harmonik komponen pasang surut di setiap grid kemudian di plot ke dalam peta *coamplitude* dan *cophase* untuk mengetahui dinamika pasang surut di Segara Anakan.



Gambar 4. Distribusi spasial *coamplitude* komponen pasang surut M_2 hasil simulasi model Skenario 1

Gambar 4 menunjukkan pola spasial amplitudo komponen M_2 yang semakin berkurang dari kedua Plawangan (Barat dan Timur) ke arah tengah Laguna Segara Anakan. Amplitudo maksimum yaitu sekitar 0,5 m berada di bagian barat (titik A) dan timur (titik I) Laguna Segara Anakan, sedangkan amplitudo minimum berada di tengah laguna yaitu sekitar 0,25 m. Fenomena berkurangnya amplitudo M_2 ke arah tengah laguna menunjukkan bahwa amplitudo pasang surut mengalami peredaman ke arah tengah laguna. Peredaman amplitudo ke arah tengah laguna terjadi karena semakin ke tengah, kedalaman laguna semakin dangkal sehingga menyebabkan pengaruh gesekan dasarnya lebih besar dan menyebabkan berkurangnya amplitudo pasang surut. Hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Prandle (2003) yang menyatakan bahwa jika nilai elevasi muka air lebih besar dari sepersepuluh kedalaman total perairan ($\zeta > H/10$), maka gesekan dasarnya akan menjadi faktor dominan yang mempengaruhi dinamika pasang surutnya (amplitudo dan keterlambatan fase). Teori tersebut sesuai dengan kondisi yang terjadi di Segara Anakan dimana nilai elevasi muka air lebih besar dari sepersepuluh kedalaman total perairan ($0,5 > 0,3$), sehingga gesekan dasarnya lebih berperan dalam meredam amplitudo pasang surut.

Gambar 5 menunjukkan fase komponen M_2 di Laguna Segara Anakan. Fase komponen M_2 semakin bertambah ke arah tengah laguna. Fase komponen M_2 di titik A (Plawangan Barat) berkisar $32,963^\circ$, sedangkan di titik I (Plawangan Timur) nilainya tidak jauh berbeda yaitu $33,477^\circ$. Titik yang ditandai dengan simbol bintang merupakan titik pertemuan antara pasang surut yang masuk melalui Plawangan Barat dan Plawangan Timur dengan nilai fase sebesar $105,174^\circ$. Hal ini menunjukkan bahwa selisih keterlambatan fase dari titik A (Plawangan Barat) ke titik D dan titik I (Plawangan Timur) ke titik E adalah 2,28 jam dan 2,25 jam. Kondisi ini menunjukkan bahwa gelombang pasang surut dari Plawangan timur lebih cepat perambatannya dari pada gelombang pasang surut dari Plawangan Barat, dengan perbedaan sekitar 0,03 jam.



Gambar 5. Distribusi spasial cophase komponen pasang surut M₂ hasil simulasi model Skenario 1

Fenomena berkurangnya amplitudo pasang surut dan bertambahnya fase pasang surut dari kedua Plawangan ke arah tengah laguna juga diperoleh untuk komponen pasang surut lainnya yaitu S₂, K₁, dan O₁ (Tabel 1). Nilai amplitudo maksimum untuk komponen S₂ berkisar 0,270 m, komponen K₁ berkisar 0,190 m, dan komponen O₁ berkisar 0,110 m. Berdasarkan nilai amplitudo dari 4 komponen tersebut, maka dapat diketahui bahwa komponen pasang surut paling dominan di Segara Anakan adalah komponen M₂.

Selain komponen M₂, keterlambatan fase pasang surut dari Plawangan ke arah tengah laguna juga diperoleh untuk komponen S₂, K₁, dan O₁ (Tabel 1). Keterlambatan fase komponen S₂ antara titik A ke titik D dan titik I ke titik D adalah sekitar 2,54 dan 2,47 jam, sedangkan untuk komponen K₁ berkisar 2,46 dan 2,42 jam, serta untuk komponen O₁ berkisar 2,47 dan 2,42 jam.

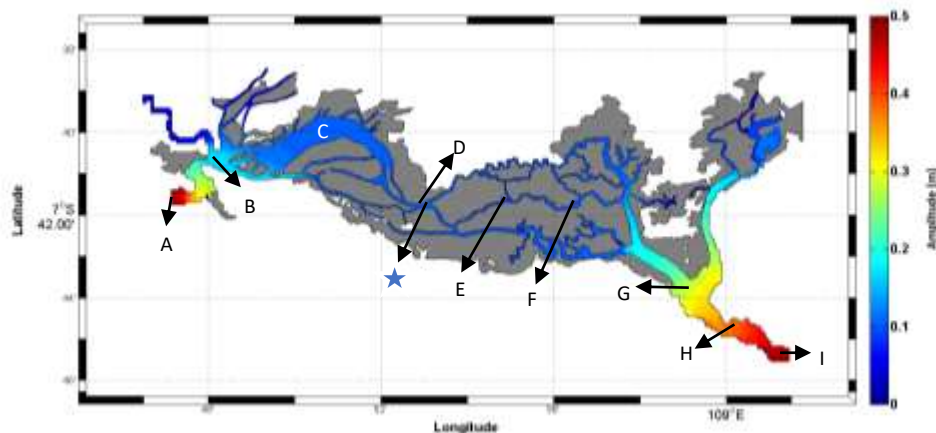
Tabel 1. Nilai amplitudo dan keterlambatan fase komponen M₂, S₂, K₁, dan O₁ yang ditinjau di setiap titik (Skenario 1).

Komponen	Titik	Amplitudo (m)	Fase (°)
M ₂	A	0,5	32,963
	B	0,362	64,272
	C	0,266	86,486
	D	0,255	98,763
	★	0,253	105,174
	E	0,297	91,278
	F	0,349	78,821
	G	0,427	66,594
	H	0,439	52,128
I	0,5	33,477	
S ₂	A	0,264	70,901
	B	0,172	96,556
	C	0,105	134,725
	D	0,097	147,241
	★	0,091	155,283
	E	0,111	149,061
	F	0,185	121,825
	G	0,211	104,128

	H	0,246	80,174
	I	0,27	73,022
K ₁	A	0,19	162,226
	B	0,168	175,757
	C	0,135	190,933
	D	0,129	199,201
	★	0,126	210,737
	E	0,14	201,768
	F	0,164	186,274
	G	0,182	172,326
	H	0,185	167,266
	I	0,19	162,753
O ₁	A	0,11	158,538
	B	0,101	169,716
	C	0,094	185,565
	D	0,093	192,953
	★	0,092	198,648
	E	0,099	191,985
	F	0,101	180,853
	G	0,104	174,286
	H	0,107	166,963

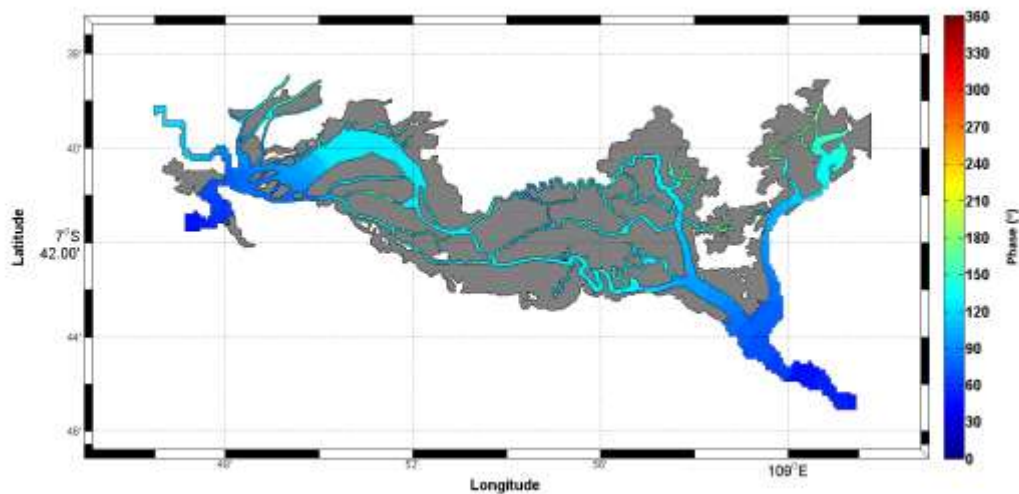
Pengaruh Kerapatan Mangrove Terhadap Pola Penjalaran Gelombang Pasang Surut di Segara Anakan

Untuk mengidentifikasi pengaruh kerapatan *mangrove* terhadap pola penjalaran gelombang pasang surut di Segara Anakan dilakukan simulasi dengan menggunakan variasi koefisien gesekan dasar secara spasial (Skenario 2). Pada Skenario 2 digunakan koefisien kekasaran dasar berdasarkan zonasi kerapatan *mangrove* di Segara Anakan sesuai dengan penelitian Hinrich *et al.*, (2008), kemudian nilai kerapatan mangrove tersebut digunakan untuk menghitung koefisien Manning yang dihitung menurut penelitian yang dilakukan oleh Broekema (2013). Nilai koefisien Manning yang digunakan dalam pemodelan untuk Skenario 2 adalah nilai Manning yang digunakan adalah $0,14 \text{ m}^{-1/3} \text{ s}$ (zona 1, bagian barat), sebesar $0,28 \text{ m}^{-1/3} \text{ s}$ (zona 2, bagian tengah), dan sebesar $0,27 \text{ m}^{-1/3} \text{ s}$ (zona 3, bagian timur) :



Gambar 6. Distribusi spasial *coamplitude* komponen pasang surut M2 hasil simulasi model Skenario 2

Peta *coamplitude* hasil simulasi Skenario 2 untuk komponen M_2 ditunjukkan pada Gambar 6. Dari hasil analisis harmonik pasang surut terlihat bahwa terdapat peredaman amplitudo pasang surut dari titik A (Plawangan Barat) ke titik D (tengah laguna) dan titik I (Plawangan Timur) ke titik E (tengah laguna). Hasil ini menunjukkan kesamaan fenomena peredaman amplitudo pasang surut antara Skenario 1 dan 2, tetapi peredaman amplitudo pasang surut di Skenario 2 lebih besar dibandingkan dengan Skenario 1. Amplitudo maksimum untuk komponen M_2 di Plawangan untuk Skenario 2 mengalami sedikit penurunan sekitar 5% daripada Skenario 1. Hal ini terjadi karena pada Skenario 2 faktor kerapatan *mangrove* telah dimasukkan, sehingga nilai gesekan dasarnya semakin besar dan menyebabkan efek peredaman amplitudo pasang surut meningkat. Untuk komponen S_2 , K_1 , dan O_1 menunjukkan fenomena yang sama dengan M_2 yaitu amplitudo pasang surut mengalami penurunan dari Plawangan ke tengah laguna (Tabel 2, 3, 4 dan 5). Nilai amplitudo maksimum untuk komponen S_2 , K_1 , dan O_1 berada di Plawangan yang masing-masing nilainya adalah 0,243 m, 0,125 m, dan 0,098 m. Nilai-nilai tersebut lebih kecil jika dibandingkan dengan hasil model Skenario 1 (Tabel 1).



Gambar 7. Distribusi spasial cophase komponen pasang surut M_2 hasil simulasi model Skenario 2

Gambar 7 merupakan peta *cophase* komponen M_2 untuk hasil model Skenario 2. Dari hasil tersebut terlihat bahwa nilai fase pasang surut di Plawangan adalah sebesar $45,642^\circ$ (titik A) dan $47,977^\circ$ (titik I), sedangkan di tengah laguna adalah $137,862^\circ$ (titik D). Perbedaan keterlambatan fase dari titik A ke titik D dan titik I ke titik E adalah 3,18 jam dan 3,10 jam. Perbedaan fase dari Plawangan ke tengah laguna untuk Skenario 2 lebih lambat sekitar 0,9 jam dibandingkan dengan Skenario 1. Tabel 3, 4, 5 dan 6 menunjukkan perbedaan keterlambatan fase (Skenario 2) untuk komponen S_2 , dari titik A ke D dan titik I ke D adalah 3,27 dan 3,23 jam, komponen K_1 adalah 3,27 dan 3,26 jam, serta komponen O_1 adalah 3,30 dan 3,22 jam. Kondisi ini menunjukkan bahwa untuk komponen M_2 , S_2 , K_1 , dan O_1 hasil simulasi Skenario 2 menghasilkan nilai perbedaan fase yang lebih besar dari pada Skenario 1. Hal ini terjadi karena pada Skenario 2 nilai gesekan dasarnya lebih besar dari pada Skenario 1, sehingga hasil Skenario 2 menunjukkan perbedaan keterlambatan fase yang lebih besar.

Tabel 2 Perbandingan nilai amplitudo (A), fase (G), dan waktu tempuh dari titik A ke titik D dan titik I ke skenario model 1 dan 2 untuk komponen M_2 .

Titik	Skenario 1				Skenario 2			
	Gesekan Dasar	A (m)	G ($^\circ$)	Waktu (jam)	Gesekan Dasar	A (m)	G ($^\circ$)	Waktu (jam)
A	50 ($m^{1/2}/s$)	0,5	32,963	A-D: 2,28 dan I-E: 2,25	0,14 ($m^{-1/3}s$)	0,468	45,642	A-D: 3,18 dan I-E: 3,10
B		0,362	64,272			0,223	83,236	
C		0,266	86,486			0,181	126,938	
D		0,255	98,763			0,28 ($m^{-1/3}s$)	0,165	

		0,253	105,174			0,162	140,475	
E		0,297	91,278			0,177	130,759	
F		0,349	78,821			0,185	121,651	
G		0,427	66,594		0,27 (m ^{-1/3} s)	0,203	94,859	
H		0,439	52,128			0,34	69,197	
I		0,5	33,477			0,479	47,977	

Tabel 3. Perbandingan nilai amplitudo (**A**), keterlambatan fase (**G**), dan waktu tempuh skenario 1 dan 2 untuk komponen S₂.

Titik	Skenario 1				Skenario 2			
	Gesekan Dasar	A (m)	G (°)	Waktu (jam)	Gesekan Dasar	A (m)	G (°)	Waktu (jam)
A	50 (m ^{1/2} /s)	0,264	70,901	A-D: 2,54 dan I-E: 2,47	0,14 (m ^{-1/3} s)	0,241	81,961	A-D: 3,27 dan I-E: 3,23
B		0,172	96,556			0,121	99,265	
C		0,105	134,725			0,098	145,762	
D		0,097	147,241		0,28 (m ^{-1/3} s)	0,086	180,106	
		0,091	155,283			0,082	187,414	
E		0,111	149,061			0,098	179,719	
F		0,185	121,825		0,132	148,892		
G		0,211	104,128		0,27 (m ^{-1/3} s)	0,187	117,28	
H		0,246	80,174			0,205	95,214	
I	0,27	73,022	0,243	83,045				

Tabel 4. Perbandingan nilai amplitudo (**A**), keterlambatan fase (**G**), dan waktu tempuh Skenario 1 dan Skenario 2 untuk komponen K₁.

Titik	Skenario 1				Skenario 2			
	Gesekan Dasar	A (m)	G (°)	Waktu (jam)	Gesekan Dasar	A (m)	G (°)	Waktu (jam)
A	50 (m ^{1/2} /s)	0,19	162,226	A-D: 2,46 dan I-E: 2,42	0,14 (m ^{-1/3} s)	0,119	185,722	A-D: 3,27 dan I-E: 3,26
B		0,168	175,757			0,087	211,487	
C		0,135	190,933			0,063	228,464	
D		0,129	199,201		0,28 (m ^{-1/3} s)	0,06	234,758	
		0,126	210,737			0,057	240,992	
E		0,14	201,768			0,076	232,908	
F		0,164	186,274		0,081	228,92		
G		0,182	172,326		0,27 (m ^{-1/3} s)	0,098	210,658	
H		0,185	167,266			0,116	196,714	
I	0,19	162,753	0,125	186,126				

Tabel 5 Perbandingan nilai amplitudo (A), keterlambatan fase (G), dan waktu tempuh Skenario 1 dan Skenario 2 untuk komponen O₁.

Titik	Skenario 1				Skenario 2			
	Gesekan Dasar	A (m)	G (°)	Waktu (jam)	Gesekan Dasar	A (m)	G (°)	Waktu (jam)
A	50 (m ^{1/2} /s)	0,11	158,538	A-D: 2,47 dan I-E: 2,42	0,14 (m ^{-1/3} s)	0,091	172,148	A-D: 3,30 dan I-E: 3,22
B		0,101	169,716			0,077	152,828	
C		0,094	185,565			0,052	172,645	
D		0,093	192,953		0,28 (m ^{-1/3} s)	0,044	218,209	
		0,092	198,648			0,041	226,933	
E		0,99	191,985			0,05	220,812	
F		0,101	180,853		0,61	214,085		
G		0,104	174,286		0,27 (m ^{-1/3} s)	0,079	193,462	
H		0,107	166,963			0,085	181,347	
I	0,11	159,144	0,098	173,301				

KESIMPULAN DAN SARAN

- Gelombang pasang surut menjalar dari Plawangan Barat dan Timu menuju ke tengah Laguna Segara Anakan. Waktu tempuh penjalaran gelombang dari bagian timur ke tengah Laguna Segara Anakan lebih cepat dibandingkan bagian barat ke tengah laguna dengan perbedaan waktu sekitar 22,45 menit.
- Amplitudo komponen-komponen pasang surut M₂, S₂, K₁, dan O₁ semakin kecil dari Plawangan Barat dan Plawangan Timur menuju ke tengah Segara Anakan, sedangkan keterlambatan fasenya semakin besar.
- Amplitudo komponen pasang surut M₂, S₂, K₁, dan O₁ mengalami peredaman dari kedua plawangan menuju ke tengah laguna pada Skenario 1 (nilai koefisien Chezy seragam di semua area laguna) dan Skenario 2 (nilai Manning berbeda-beda berdasarkan zonasi) akibat pengaruh kerapatan *mangrove*, dengan perbedaan peredaman amplitudo dari titik A dan I ke titik D antara kedua skenario tersebut untuk komponen M₂ sekitar 0,069 m, komponen S₂ sekitar 0,014 m, komponen K₁ sekitar 0,003 m, serta komponen O₁ sekitar 0,007 m.
- Kerapatan *mangrove* berpengaruh terhadap dinamika pasang surut yang ditunjukkan oleh perbedaan keterlambatan fase antara Skenario 1 dan Skenario 2 dari titik A dan I ke D untuk komponen M₂ sekitar 53 menit, S₂ sekitar 45 menit, K₁ sekitar 50 menit, serta O₁ sekitar 49 menit.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Program Penelitian, Pengabdian kepada Masyarakat dan Inovasi (P3MI) Institut Teknologi Bandung tahun 2017 atas dukungan dana untuk penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Ardli, E.R., M. Wolff. (2009). Land use and land cover change affecting habitat distribution in the Segara Anakan lagoon, Java, Indonesia, *Regional Environmental Change*, 9, 235-243.
- Broekema, Y. (2013). *Hydrodynamic Modelling of a Mangrove System in Singapore*. Singapura: National University of Singapore.
- Deltares. (2014). *Delft3D-FLOW Simulation of Multi-Dimensional Hydrodynamic Flows and Transport Phenomena, Including Sediments User Manual*. Belanda: Deltares.
- Duke, N. C. (1992). *Mangroves Floristic and Biogeography*. Australia: James Cook University.

- Feller, I. C. dan Sitnik, M. (1996). *Mangrove Ecology*. Washington DC: Smithsonian Institution.
- Hinrichs, S., I. Nordhaus, and S. J. Geist. (2009). Status, diversity and distribution patterns of mangrove vegetation in the Segara Anakan lagoon, Java, Indonesia. *Regional Environmental Change*, 9, 275–289.
- Holtermann, P., H. Burchard, and T. C. Jennerjahn. (2009). Hydrodynamics of the Segara Anakan lagoon, *Regional Environmental Change*, 9, 245–258.
- Kobashi, D. dan Mazda, Y. (2005). *Tidal Flow in Riverine Type Mangroves*. Australia: Springer.
- Mazda, Y., Kobashi, D., dan Okada, S. (2005). Tidal Scale Hydrodynamics within Mangrove Swamps. *Wetlands Ecology and Management*, 13, 647-655.
- Mazda, Y. dan Wolanski, E. (2009). *Hydrodynamics and Modelling of Water Flow in Mangrove Areas*. Coastal Wetlands: An Integrated Ecosystem Approach. ISBN: 978-0-444-53103-2
- Prandle, D. (2003). Relationships between Tidal Dynamics and Bathymetry in Strongly Convergent Estuaries. *Journal of Physical Oceanography*, 33, 2738-2750.
- Sukardi, Y. (2010). *Permasalahan Kawasan Segara Anakan*. Bappenas.

ANALISIS KERUGIAN EKONOMI AKIBAT ILLEGAL FISHING DI ZONA EKONOMI EKSKLUSIF PERAIRAN NATUNA

Dendy Mahabrur^{1*}, Jejen Jenhar Hidayat²

¹Pusat Riset Kelautan-BRSDM KP, Jakarta, Indonesia.

²Infrastructure Development of Space and Oceanography (INDES0), Bali, 82218, Indonesia.

*Corresponding author e-mail: mahabrur_dee@yahoo.com

ABSTRAK

Wilayah perairan Natuna yang masuk dalam Wilayah Pengelolaan Perikanan (WPP 711) memiliki potensi sumberdaya perikanan tangkap yang tinggi dan juga merupakan perairan yang berbatasan dengan beberapa negara tetangga seperti Malaysia, Singapura, Vietnam dan China sehingga perairan ini merupakan salah satu titik rawan aktivitas illegal fishing. Tingginya potensi illegal fishing oleh kapal ikan asing (KIA) di WPP 711 khususnya di sekitar Zona Ekonomi Eksklusif (ZEE) secara nasional mengancam kedaulatan wilayah perbatasan Indonesia dan dapat merugikan Indonesia secara ekonomi karena sumber pendapatan negara hilang akibat aktivitas ilegal tersebut. Pemantauan area aktivitas illegal fishing dapat dilakukan menggunakan teknologi satelit Radarsat-2 yang memiliki kemampuan perekaman citra di daerah perbatasan ZEE sehingga dapat diketahui berapa dimensi dan jumlah kapal ikan ilegal yang beroperasi dalam kurun waktu bulan Mei hingga Desember di tahun 2016. Berdasarkan sampling random disepanjang perairan ZEE-WPP 711 didapatkan bahwa jumlah kapal ikan ilegal yang terekam oleh citra Radarsat-2 sebanyak 280 unit dengan berbagai ukuran Gross Tonnage (GT) dan nilai minimal kerugian ekonomi mencapai Rp 2,989,296,154,794 (2,98 Triliun).

Kata Kunci: Zona Ekonomi Eksklusif, Illegal Fishing, Satelit Radarsat-2, Kerugian Ekonomi

PENDAHULUAN

Penegakan hukum dan peningkatan keamanan di laut Indonesia dengan panjang garis pantai 104 ribu kilometer, luas wilayah laut berdasarkan UNCLOS 1982 mencapai 284.210,9 km² laut territorial dan 2.981.211 km² wilayah Zona Ekonomi Eksklusif Indonesia (ZEEI) yang mencapai 200 mil laut dari garis pantai memerlukan perhatian yang besar karena besarnya potensi sumberdaya laut yang ada didalamnya, termasuk penegakan hukum dan pengamanan di Alur Laut Kepulauan Indonesia (ALKI). Salah satu perairan yang memiliki potensi hasil sumberdaya laut cukup besar adalah Laut Natuna dengan luas lautan mencapai 99,24 persen dari total luas wilayahnya dimana sumberdaya ikan laut Natuna berdasarkan studi identifikasi potensi sumberdaya kelautan dan perikanan Provinsi Kepulauan Riau tahun 2011 adalah sebesar 504.212,85 ton per tahun atau sekitar 50 persen dari potensi WPP 711 sebesar 1.059.000 ton per tahun dengan jumlah tangkapan yang diperbolehkan (80 persen dari potensi lestari) mencapai 403.370 ton. Komoditas perikanan tangkap potensial Kabupaten Natuna terbagi dalam dua kategori, yaitu ikan pelagis dan ikan demersal (PusdatinKP, 2016).

Luasnya perairan Natuna dan besarnya potensi sumberdaya perikanan tangkap yang ada menyebabkan wilayah perairan Natuna yang masuk dalam Wilayah Pengelolaan Perikanan (WPP 711) yang rawan terjadinya aktivitas *illegal fishing*. WPP 711 merupakan perairan yang memiliki perbatasan dengan beberapa Negara tetangga seperti Malaysia, Singapura, Vietnam dan China. Potensi sumberdaya perikanan tangkap yang melimpah inilah ternyata telah mengundang berbagai kapal asing secara ilegal maupun legal untuk memanfaatkan sumberdaya perikanan Laut Natuna. Kapal-kapal yang umumnya modern dari para nelayan asing tersebut menjadi ancaman bagi para nelayan lokal.

Aktivitas *illegal fishing* yang dilakukan oleh Kapal Ikan Asing (KIA) secara nasional mengancam kedaulatan wilayah perbatasan Indonesia, selain itu pula keberadaan KIA secara ilegal dapat merugikan Indonesia secara ekonomi karena sumber pendapatan negara atau devisa dari sumberdaya perikanan tangkap hilang akibat pencurian oleh KIA ilegal. Tingginya potensi *illegal fishing* di WPP 711 khususnya di sekitar Zona Ekonomi Eksklusif yang berbatasan langsung dengan perairan negara tetangga maka Indonesia harus meningkatkan kemampuan penegakan hukum dan pengamanan yang lebih baik dengan melakukan *monitoring, control and surveillance* (MCS) secara kontinyu.

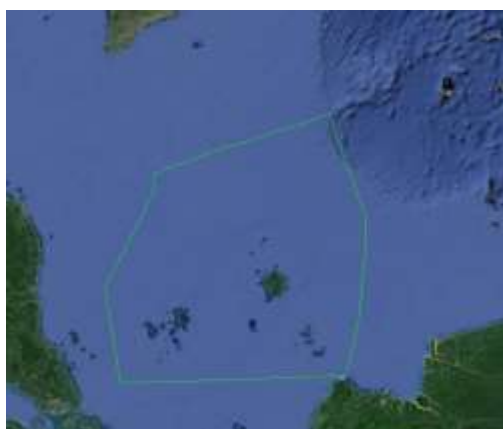
Kasus *illegal fishing* di ZEE Indonesia masih sering terjadi dan belum dapat ditangani secara komprehensif dikarenakan terdapat celah hukum terkait pemanfaatan ZEE yaitu yang terdapat dalam ketentuan Pasal 29 Undang-Undang No. 31 Tahun 2004 tentang Perikanan. Dalam ketentuan Pasal 29 ayat (2) Undang-Undang No. 31 Tahun 2004 tentang Perikanan disebutkan bahwa orang atau badan hukum asing itu dapat masuk ke wilayah ZEE Indonesia untuk melakukan usaha penangkapan ikan berdasarkan persetujuan internasional atau ketentuan hukum internasional yang berlaku. Ketentuan Pasal 29 ayat (2) Undang-Undang No. 31 Tahun 2004 tentang Perikanan seakan membuka jalan bagi nelayan atau badan hukum asing untuk masuk ke ZEE Indonesia untuk kemudian mengeksplorasi serta mengeksploitasi kekayaan hayati di wilayah ZEE Indonesia. Namun hal itu tidak dapat disalahkan karena merupakan salah satu bentuk penerapan aturan yang telah ditentukan dalam Konvensi Hukum Laut Tahun 1982 yang merupakan salah satu konvensi internasional yang telah diratifikasi oleh Indonesia melalui Undang-Undang No. 17 Tahun 1985. Dalam ketentuan Pasal 62 ayat (3) dan (4) Konvensi Hukum Laut Tahun 1982 mengharuskan negara pantai untuk memberikan hak akses kepada negara lain untuk mengeksploitasi kekayaan hayati di wilayah ZEE negara pantai apabila terjadi surplus dalam hal pemanfaatan sumber daya hayati oleh negara pantai dengan syarat kapal ikan asing harus menaati peraturan perundang-undangan negara pantai yang bersangkutan, yang dapat berisikan kewajiban-kewajiban dan persyaratan-persyaratan mengenai berbagai macam hal, seperti perizinan, imbalan keuangan, kuota, tindakan-tindakan konservasi, informasi, riset, peninjauan, pendaratan tangkapan, persetujuan-persetujuan kerja sama, dan lain sebagainya (Koers, 1994)

Keberadaan aktivitas *illegal fishing* oleh KIA memberikan tekanan penangkapan yang tak terkendali dan tidak ramah lingkungan (*illegal*) khususnya pada studi kasus di ZEE WPP 711 sehingga secara jangka panjang akan mempengaruhi jumlah populasi sumberdaya ikan dan besarnya kerugian ekonomi akibat aktivitas ilegal tersebut. Untuk mengetahui sebaran aktivitas KIA ilegal dan minimum nilai kerugian yang dihasilkan dari aktivitas ilegal tersebut maka pada makalah ini akan dilakukan investigasi *hotspot illegal fishing* melalui teknologi satelit Radarsat-2 dan melakukan penghitungan minimum nilai kerugian negara akibat dari aktivitas tersebut untuk kurun waktu bulan Mei-Desember 2016.

MATERI DAN METODE

Lokasi kajian difokuskan di perairan WPP 711 khususnya sekitar ZEE. Batasan area kajian ini didasari bahwa ZEE-WPP 711 merupakan titik rawan terjadinya *illegal fishing* mengingat ZEE tersebut merupakan perairan perbatasan dengan beberapa negara tetangga seperti Malaysia, Singapura, Vietnam dan China. Selain itu, pemilihan lokasi studi juga berkaitan dengan ketersediaan data citra Radarsat-2 dengan kurun waktu data yang tersedia di Bulan Mei hingga Desember 2016.

Data citra Radarsat-2 yang digunakan yaitu citra radar dengan beam mode *Widefine* yang memiliki luasan citra 150km x 150km dengan resolusi 5m dan citra radar ini untuk mendeteksi sebaran kapal ikan ilegal dan kapal niaga. Didalam analisis citra Radarsat-2, klasifikasi kapal ikan dan kapal niaga ditentukan berdasarkan dimensi kapal dimana kapal ikan diasumsikan berukuran 15 hingga 50m (>30GT) dan kapal niaga lebih dari 50m. Penentuan asumsi ini berdasarkan hasil pengamatan dilapangan bahwa rata-rata kapal ikan Indonesia (KII) maupun kapal ikan asing (KIA) yang beroperasi disekitar WPP 711 memiliki panjang diatas 15m hingga 50m.



Gambar 1. Lokasi Penelitian Zona Ekonomi Eksklusif WPP 711

Untuk waktu kajian akan dimulai pada Bulan Mei 2016 hingga Desember 2016 dengan melakukan pengumpulan dan analisis data citra satelit Radarsat-2 dan data VMS dengan metode tumpang tindih (*overlay*) dikurusi waktu yang sama. Pada kajian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dimana dalam ulasanya menitik beratkan pada analisis spasial dan temporal untuk menghitung jumlah kapal ikan ilegal yang terekam dalam citra radar dengan informasi yang didapatkan berupa dimensi (panjang dalam meter) kapal dan menghitung kerugian minimum nilai ekonomi akibat dari aktivitas kapal ikan ilegal.

Dalam kajian ini penggunaan citra satelit radar untuk mengetahui sebaran kapal ikan ilegal dan kapal niaga mengingat perairan WPP 711 merupakan Alur Laut Kepulauan Indonesia (ALKI) atau biasa dikenal jalur pelayaran internasional. Pada proses analisis citra radar akan menghasilkan informasi sebaran kapal berikutan dengan dimensi kapal (panjang) yang kemudian dihitung dugaan *Gross Tonnage* (GT) dan konversi kemampuan daya angkut ikan kapal tersebut. Berdasarkan kemampuan daya angkut kapal nantinya akan dikalikan rata-rata nilai ekonomi Rp/Kg dari ikan dan dikalikan banyaknya *trip* kapal beroperasi selama 1 tahun sehingga nantinya dapat diketahui berapa kerugian minimum nilai ekonomi per tahun dari kapal ikan ilegal tersebut.

Formula penghitungan dugaan *Gross Tonnage* (GT) menurut Purwanto:

$$(GT = a \cdot L^b), \text{ dimana } L = \text{panjang kapal (m)}, a = 0.0117 \text{ dan } b = 2.8080$$

Formula penghitungan dugaan ekuivalen berat ikan menurut Rahardjo:

$$(\text{Ekuivalen berat ikan/trip} = 0,2 \cdot GT)$$

Formula penghitungan nilai kerugian ekonomi:

$$(\text{Nilai ekonomi} = \text{Ekuivalen berat ikan} \cdot 30 \text{ trip} \cdot 2\$/\text{kg})$$

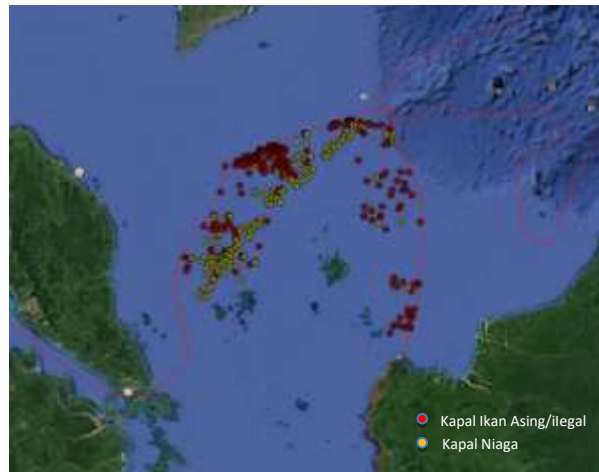
dimana asumsi kapal beroperasi = 30 trip/tahun

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Sebaran Kapal Ikan Ilegal

Kasus ilegal fishing sampai sekarang belum terselesaikan disebabkan karena belum maksimalnya upaya yang dilakukan oleh Indonesia dalam menangani masalah ilegal fishing di ZEE Indonesia. Pengawasan di seluruh perairan Indonesia yang dilakukan oleh pemerintah masih terdapat kekurangan dalam hal kapal pengawas dan juga jumlah hari operasi. Menurut Direktur Jenderal Pengawasan Sumberdaya Kelautan dan Perikanan bahwa keterbatasan inilah yang harus segera dicarikan solusi agar pengawasan di perairan Indonesia yang luas ini dapat berjalan optimal. Memanfaatkan nelayan sebagai *human intelligence* atau sumber informasi aktivitas ilegal fishing telah lama diterapkan oleh aparat pengawas di lapangan, akan tetapi terdapat beberapa kendala dimana mayoritas daerah operasi kapal ikan nelayan Indonesia masih berada jauh dari ZEEI sehingga untuk pengawasan di perairan terluar Indonesia masih dibutuhkan solusi lain agar dapat menjangkau daerah tersebut.

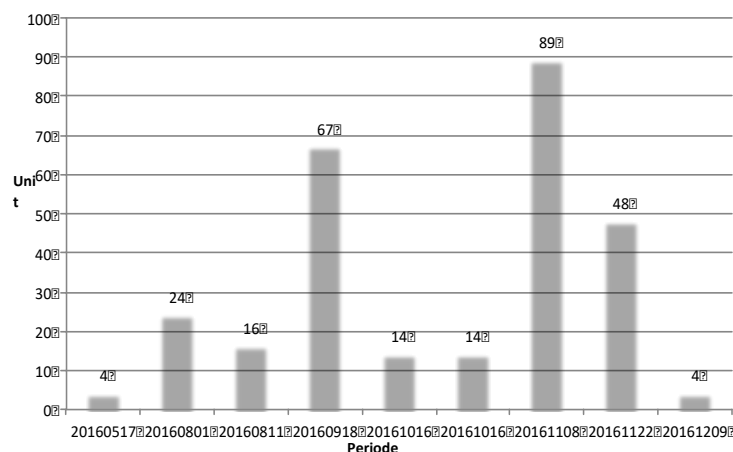
Alternatif solusi yang dapat dilakukan untuk memantau daerah perbatasan atau perairan ZEEI salah satunya adalah dengan memanfaatkan teknologi penginderaan jauh dalam hal ini satelit radar dimana kita dapat memperoleh informasi mengenai suatu obyek, daerah, atau fenomena melalui analisis data yang diperoleh dengan suatu alat tanpa adanya kontak langsung dengan obyek, daerah atau fenomena yang dikaji (Lillesand and Kiefer, 1990). Pada penelitian ini pemanfaatan satelit radar yang digunakan adalah satelit Radarsat-2 dengan *swath area* citra seluas 150km x 150km dengan resolusi spasial 8m. Adapun area pengawasan yang dilakukan di sepanjang ZEEI yang berbatasan langsung dengan negara tetangga selama periode bulan Mei hingga Desember 2016.



Gambar 2. Sebaran Kapal Ikan Asing/illegal dan Kapal Niaga di ZEEI (sumber: citra Radarsat-2)

Berdasarkan gambar diatas menunjukkan bahwa sebaran kapal ikan ilegal cukup banyak tersebar disepanjang ZEEI yang berbatasan langsung dengan perairan ZEE negara tetangga. Data citra ini merupakan data citra komposit perekaman pada bulan Mei hingga Desember 2016 dengan total data citra Radarsat-2 sebanyak 9 scenes. Pada kajian ini klasifikasi kapal ikan kategori ilegal dan legal yaitu dengan menggabungkan data citra Radarsat-2 dengan data Vessel Monitoring System (VMS) di waktu yang sama atau berdekatan (*interpolation method*) antara perekaman data citra dengan data VMS. Kemudian kedua data tersebut dilakukan teknik tumpang tindih (*overlay*) untuk mengetahui obyek kapal (*echo object*) yang terdeteksi dalam citra radar yang berasosiasi (*plot and match*) dengan data VMS. Jika tidak terjadi asosiasi tersebut maka diduga obyek tersebut merupakan kapal ikan ilegal.

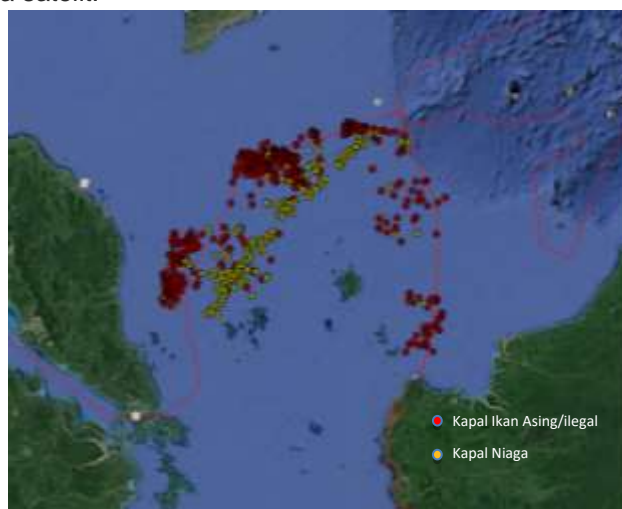
Penggabungan sembilan data citra radar dan VMS di sekitar ZEE didapatkan bahwa total dugaan kapal ikan ilegal yang terdeteksi dalam kurun waktu pemantauan dibulan Mei-Desember 2016 berjumlah 280 unit kapal. Berdasarkan grafik gambar 3 bahwa jumlah kapal ikan ilegal tertinggi terjadi pada periode pemantauan 22 Nopember 2016 dengan jumlah kapal ilegal mencapai 89 unit sedangkan jumlah kapal ikan ilegal terendah pada periode 17 Mei 2016 dan 9 Desember 2016 hanya terdeteksi sebanyak 4 unit. Perbedaan jumlah kapal ikan ilegal yang didapatkan tergantung pada lokasi pemantauan yang dilakukan, seperti pada gambar 2 dimana area ZEEI sisi utara perairan Natuna menjadi salah satu *hotspot* aktivitas ilegal fishing yang diduga kuat dilakukan oleh kapal ikan asing (KIA).



Gambar 3. Grafik Kapal Ikan Ilegal Perairan ZEE-WPP 711

Jika melihat dari tingginya jumlah kapal ikan ilegal yang terjadi di sepanjang perairan ZEEI dikarenakan sebagian besar kapal ikan nelayan Indonesia (kapal bertransmitter VMS) tidak berada wilayah tersebut karena keterbatasan modernisasi kapal baik dalam hal dimensi kapal, alat navigasi dan alat tangkap yang digunakan sehingga kapal ikan asing yang akan menguasai wilayah tersebut secara bebas. Selain itu menurut Soelarso (2012) bahwa maraknya kapal ikan asing dikarenakan modus yang digunakan yaitu kapal berbendera asing tersebut mengubah atau menggunakan bendera Indonesia agar bisa leluasa beroperasi mencuri ikan di perairan Indonesia atau pemilik kapal asing bekerja sama dengan pengusaha kapal ikan di Indonesia mengubah status kapal asing menjadi kapal

eks asing berbendera Indonesia. Namun, pengalihan kapal asing menjadi kapal Indonesia itu hanya formalitas belaka. Modus-modus seperti ini akan sulit terdeteksi oleh pengawas dikarenakan kapal eks asing atau kapal asing berbendera Indonesia tersebut beroperasi di wilayah Indonesia tanpa menggunakan transmitter VMS sehingga untuk mengetahui keberadaannya salah satunya dengan melalui pemantauan citra satelit.



Gambar 4. Sebaran Kapal Ikan di ZEE Negara Tetangga

Berdasarkan gambar 4 terlihat cukup jelas bahwa keberadaan kapal ikan asing tidak hanya berada disekitar ZEEI akan tetapi juga di wilayah ZEE negara tetangga. Hal ini menunjukkan bahwa potensi terjadinya aktivitas *illegal fishing* yang dapat berdampak negatif atau kerugian atas ekosistem laut dan kerugian ekonomi sangat besar bagi Indonesia. Dari gambar diatas juga dapat menunjukkan bahwa kemampuan operasi kapal ikan asing yang lebih modern mampu berlayar hingga mencapai area ZEE (200 mil dari pantai terluar) negara sendiri bahkan hingga mencapai ZEE negara tetangga. Hal ini menjadi tantangan tersendiri bagi Indonesia bagaimana pemerintah harus dapat melakukan pengawasan dan penindakan hukum khususnya di perairan ZEEI.

Berdasarkan data citra radar yang telah dijelaskan diatas membuktikan bahwa salah satu faktor *illegal fishing* rawan terjadi di perairan Indonesia karena Indonesia tidak terlepas dari lingkungan strategis global terutama kondisi perikanan di negara lain yang memiliki perbatasan laut, dan sistem pengelolaan perikanan di Indonesia itu sendiri. Secara garis besar faktor penyebab tersebut dapat dikategorikan menjadi 7 (tujuh) faktor, sebagaimana diuraikan di bawah ini (Dahuri, 2012).

1. Kebutuhan ikan dunia (demand) meningkat, disisi lain pasokan ikan dunia menurun, terjadi *overdemand* terutama jenis ikan dari laut seperti Tuna. Hal ini mendorong armada perikanan dunia berburu ikan di manapun dengan cara legal atau illegal.
2. Disparitas (perbedaan) harga ikan segar utuh (whole fish) di negara lain dibandingkan di Indonesia cukup tinggi sehingga membuat masih adanya surplus pendapatan.
3. Fishing ground di negara-negara lain sudah mulai habis, sementara di Indonesia masih menjanjikan, padahal mereka harus mempertahankan pasokan ikan untuk konsumsi mereka dan harus mempertahankan produksi pengolahan di negara tersebut tetap bertahan.
4. Laut Indonesia sangat luas dan terbuka, di sisi lain kemampuan pengawasan khususnya armada pengawasan nasional (kapal pengawas) masih sangat terbatas dibandingkan kebutuhan untuk mengawasi daerah rawan. Luasnya wilayah laut yang menjadi yurisdiksi Indonesia dan kenyataan masih sangat terbukanya ZEE Indonesia yang berbatasan dengan laut lepas (High Seas) telah menjadi magnet penarik masuknya kapal-kapal ikan asing maupun lokal untuk melakukan *illegal fishing*.
5. Sistem pengelolaan perikanan dalam bentuk sistem perizinan saat ini bersifat terbuka (*open acces*), pembatasannya hanya terbatas pada alat tangkap (*input restriction*). Hal ini kurang cocok jika dihadapkan pada kondisi faktual geografi Indonesia, khususnya ZEE Indonesia yang berbatasan dengan laut lepas.
6. Masih terbatasnya sarana dan prasarana pengawasan serta SDM pengawasan khususnya dari sisi kuantitas yang belum sebanding dengan cakupan luas wilayah laut yang harus diawasi.
7. Persepsi dan langkah kerjasama aparat penegak hukum masih dalam penanganan perkara

tindak pidana perikanan masih belum solid, terutama dalam hal pemahaman tindakan hukum, dan komitmen operasi kapal pengawas di ZEE.

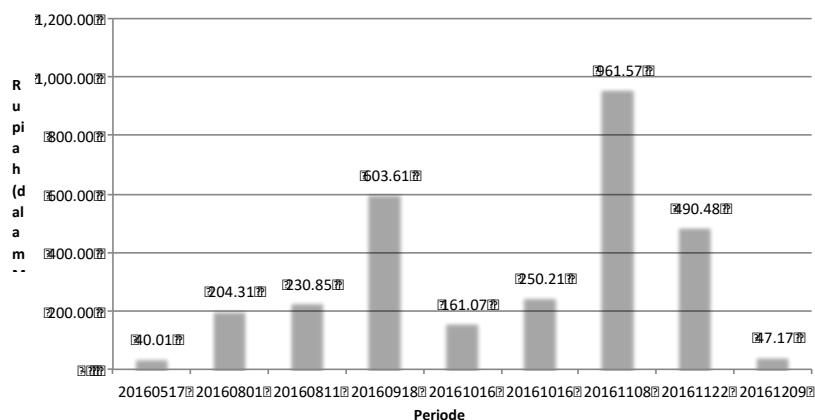
Selain faktor-faktor penyebab terjadinya aktivitas *illegal fishing*, dampak terhadap maraknya praktik *illegal fishing* di Indonesia telah mengakibatkan terganggunya pengelolaan pemanfaatan perikanan yang berkelanjutan dan menimbulkan kerugian ekonomi bagi banyak negara berkembang. Menurut Solihin et al. (2012), kegiatan *illegal fishing* juga dapat menyebabkan: (1) penurunan tangkapan yang berakhir pada kelangkaan ikan; (2) menyebabkan menurunnya stok sumber daya ikan, dan; (3) hilangnya kesempatan sosial dan ekonomi nelayan yang beroperasi secara legal. Pembiaran terhadap praktik *illegal fishing* berujung terhadap terancamnya pengelolaan perikanan yang berkelanjutan. FAO (2011) mencatat angka kerugian yang dialami oleh Indonesia setiap tahunnya diperkirakan sebesar USD 3,125 juta atau Rp. 30 triliun.

Analisis Nilai Kerugian Ekonomi

Indonesia sebagai negara merdeka yang berdaulat memiliki yurisdiksi termasuk hak berdaulat atas wilayahnya, termasuk di Zona Ekonomi Eksklusif (ZEE). Yang dimaksud dengan ZEE adalah 13 suatu daerah di luar dan berdampingan dengan laut teritorial, yang tunduk pada rezim hukum khusus yang ditetapkan dalam bab ini berdasarkan mana hak-hak dan yurisdiksi negara pantai dan hak-hak serta kebebasan-kebebasan negara lain, diatur oleh ketentuan-ketentuan yang relevan Konvensi ini. Sedangkan yang dimaksud dengan Zona Ekonomi Eksklusif Indonesia (ZEEI) adalah 14 jalur di luar dan berbatasan dengan laut wilayah Indonesia sebagaimana ditetapkan berdasarkan undang-undang yang berlaku tentang perairan Indonesia yang meliputi dasar laut, tanah di bawahnya dan air di atasnya dengan batas terluar 200 (dua ratus) mil laut diukur dari garis pangkal laut wilayah Indonesia (Suwarnatha, 2010). Landasan hukum tentang ZEEI sendiri di Indonesia dengan mengeluarkan UU No. 5 Tahun 1983 tentang ZEEI merupakan realisasi yuridis perluasan wilayah laut yang menyangkut keadaan ekonomi dalam pengelolaan, pengawasan dan pelestariannya sehingga upaya untuk meningkatkan kesejahteraan bangsa dengan cara memanfaatkan sumber daya alam laut dapat dilaksanakan sebaik-baiknya. Dengan adanya perundang-undangan ini maka Indonesia secara penuh dapat melakukan penindakan terhadap aktivitas *illegal* oleh pihak asing demi menjaga kedaulatan dan melindungi sumberdaya yang berada didalamnya.

Kegiatan *Illegal Fishing* di WPP-RI telah mengakibatkan kerugian yang besar bagi Indonesia, salah satunya kerugian materil yang diakibatkan oleh *Illegal fishing* perlu ditetapkan angka asumsi dasar antara lain: diperkirakan jumlah kapal asing dan eks asing yang melakukan IUU fishing sekitar 1000 kapal, ikan yang dicuri dari kegiatan IUU fishing dan dibuang (discarded) sebesar 25% dari stok (estimasi FAO, 2001). Dengan asumsi tersebut, jika MSY (maximum sustainable yield = tangkapan lestari maksimum) ikan = 6,4 juta ton/th, maka yang hilang dicuri dan dibuang sekitar 1,6 juta ton/thn. Jika harga jual ikan di luar negeri rata-rata 2 USD/Kg, maka kerugian per tahun bisa mencapai Rp 30 triliun.

Untuk melihat berapa kerugian ekonomi atau materil akibat aktivitas *illegal fishing* di wilayah ZEE-WPP 711, maka kita coba mengasumsikan jumlah kapal ikan ilegal dengan berdasarkan analisis data citra dan VMS periode Mei hingga Desember 2016 dimana didapatkan jumlah kerugian ekonomi seperti pada grafik dibawah ini.



Gambar 5. Grafik Kerugian Ekonomi Per Periode
(sumber: data citra Radarsat-2 dan VMS)

Perhitungan nilai kerugian ekonomi dengan asumsi berdasarkan jumlah kapal ikan ilegal yang terdeteksi melalui data satelit Radarsat-2 dan VMS didapatkan jumlah kapal ikan asing/ilegal mencapai 280 unit dengan masa pemantauan selama bulan Mei-Desember 2016 melalui random sampling. Contoh kalkulasi nilai kerugian pada masa kajian adalah sebagai berikut:

Penghitungan dugaan *Gross Tonnage* (GT) menurut Purwanto:

$$(GT = a \cdot L^b), \text{ dimana } L = \text{panjang kapal (m)}, a = 0.0117 \text{ dan } b = 2.8080$$

Jika berdasarkan data satelit radar didapatkan dugaan kapal ikan asing/ilegal dengan panjang 20m maka besaran GT kapal tersebut yaitu:

$$\begin{aligned} GT &= a \cdot L^b \\ &= 0.0117 \cdot (20^{2.8080}) \\ &= 53 \end{aligned}$$

Penghitungan dugaan ekuivalen berat ikan menurut Rahardjo:

$$(\text{Ekuivalen berat ikan/trip} = 0,2 \cdot GT)$$

maka untuk kapal ikan dengan besaran GT = 53 akan didapatkan ekuivalen berat ikan/trip sebesar 10,53 ton/trip.

Penghitungan nilai kerugian ekonomi:

$$(\text{Nilai ekonomi} = \text{Ekuivalen berat ikan} \cdot 30 \text{ trip} \cdot 2\$/\text{kg})$$

Nilai kerugian ekonomi yang didapatkan dari kapal ikan ilegal dengan kapasitas 53 GT (30 trip, harga 1\$=13.000 IDR) didapatkan:

$$\begin{aligned} \text{Nilai Ekonomi} &= 10,53 \text{ ton} \cdot 30 \cdot 26.000 \\ &= 8,21 \text{ Milyar/kapal/tahun} \end{aligned}$$

Jika jumlah total *Gross Tonnage* dari kapal ikan ilegal yang terdeteksi di wilayah ZEE-WPP 711 sebesar 19.162 ton dari jumlah total kapal ilegal sebanyak 280 unit, maka total nilai kerugian ekonomi mencapai Rp 2,989,296,154,794 (2,98 Triliun).

Melihat masih maraknya aktivitas *illegal fishing* di wilayah ZEEI maka pemerintah perlu meningkatkan perhatian lebih akan kasus ini mengingat kejahatan *illegal fishing* di ZEE (Zona Ekonomi Eksklusif) Indonesia mengakibatkan kerugian yang tidak sedikit bagi pemerintah Indonesia. Selain itu sumber perikanan di Indonesia masih merupakan sumber kekayaan yang memberikan kemungkinan yang sangat besar untuk dapat dikembangkan bagi kemakmuran bangsa Indonesia, baik untuk memenuhi kebutuhan protein rakyatnya, maupun untuk keperluan ekspor guna mendapatkan dana bagi usaha-usaha pembangunan bangsanya (Djalal, 1979). Hal ini jelas menunjukkan betapa pentingnya sumber kekayaan hayati dalam hal ini perikanan bagi Indonesia.

Berdasarkan dari hasil analisis citra radar yang menunjukkan sebaran kapal ikan asing dan dari hasil perhitungan kerugian yang didapatkan maka tidak ada pilihan lain jika pemerintah harus segera meningkatkan pengawasan operasional di ZEEI guna mencegah tindak pidana *illegal fishing*. Masalah penegakan hukum di ZEEI juga berkaitan dengan KAMLA (Keamanan Laut) dalam kaitan dengan pelaksanaan "constabulary function". Dalam lingkup nasional direpresentasikan sebagai keamanan nasional di laut yang utamanya menjadi tanggung jawab TNI AL dalam penanggulangannya. Upaya-upaya yang ditempuh dalam rangka pengamanan perikanan ialah menerapkan prinsip-prinsip pengaturan sumber daya ikan dengan pendekatan yang mengandung langkah preventif dan kuratif yang dikenal sebagai sistem "Monitoring, Control and Surveillance" (MCS) (Suwarnatha, 2010)

Pengawasan yang lebih intens di wilayah ZEEI akan menekan aktivitas *illegal fishing* yang berkonsekuensi pada kerugian ekonomi karena kemampuan kapal asing yang bebas beroperasi hingga beberapa mil dari batas ZEEI dan mengeruk sumberdaya perikanan secara besar-besaran. Selain itu maraknya kapal ikan asing beroperasi di ZEEI karena secara geografis beberapa ZEEI seperti ZEE-WPP 711 berada di laut lepas (*high sea*) dan langsung berhadapan dengan ZEE negara tetangga sehingga mempermudah kapal ikan asing berlalu lalang di sekitar wilayah tersebut.

Selain kerugian ekonomi, aktivitas nelayan asing yang melakukan *Illegal Fishing* ini menangkap ikan di laut Indonesia secara besar-besaran dan dengan cara yang dapat merusak habitat ikan di dalam laut seperti menangkap ikan menggunakan alat tangkap *pair trawl* yang sering dilakukan oleh kapal ikan asing Malaysia dan Vietnam yang secara perundang-undangan telah dilarang di Indonesia.

Menurut Susi Pudjiastuti (2015) bahwa praktek *illegal fishing* di wilayah pengelolaan perikanan Negara Republik Indonesia (WPP NRI) sebagian besar dilakukan oleh kapal perikanan berbendera asing atau kapal eks asing berkapasitas di atas 30 GT. Jumlahnya mencapai 20 persen dari jumlah total kapal ikan di atas 30 GT yang beroperasi di WPP NRI atau sekitar 1.132 kapal eks asing, sehingga dari pendapat tersebut jika dibandingkan dengan hasil analisis pemantauan aktivitas *illegal fishing* khusus wilayah ZEE-WPP 711 saja sudah mencapai 280 unit sehingga sangat relevan bahwa *illegal fishing* masih marak di perairan Indonesia.

KESIMPULAN DAN SARAN

Hasil analisis data citra Radarsat-2 dan VMS pada periode pemantauan bulan Mei hingga Desember 2016, bahwa didapatkan 280 unit kapal ikan asing yang beroperasi di wilayah ZEE-WPP 711. Perkiraan minimum nilai kerugian ekonomi di ZEE-WPP 711 akibat aktivitas *illegal fishing* oleh kapal asing mencapai 2,98 triliun rupiah. Berdasarkan data-data tersebut maka dapat disimpulkan bahwa aktivitas *illegal fishing* di wilayah ZEE-WPP 711 masih marak terjadi sehingga diperlukan perhatian pemerintah yang lebih dengan meningkatkan sistem *monitoring, controlling and surveillance* (MCS).

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada Direktorat Pengawasan Sumber Daya Kelautan dan Perikanan atas dukungan data *Vessel Monitoring System* (VMS) dan kepada tim operasional radar *Infrastructure Development of Space and Oceanography* (INDESO) atas dukungan pengolahan data citra MODIS dalam kajian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Dahuri, R. (2012). *Petunjuk Teknis Penyelesaian Perkara Tindak Pidana Perikanan*, Pusdiklat Kejagung RI,
- Djalal, H. (1979). *Perjuangan Indonesia di Bidang Hukum Laut*, Bandung: Binacipta.
- Kiefer & Lillesand. (1990). *Penginderaan Jauh dan Interpretasi Citra*, Diterjemahkan oleh Dulbahri, Prpto Suharsono, Hartono, dan Suharyadi). Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Koers, A. (1994). *Konvensi Perserikatan Bangsa-Bangsa Tentang Hukum Laut*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Pusat Data dan Informasi. (2016). *Buku Kelautan dan Perikanan dalam Angka Kabupaten Natuna*. Kementerian Kelautan dan Perikanan. Jakarta.
- Pusat Data dan Informasi. (2015). *Illegal Fishing No More. Mina Bahari Edisi I*. Kementerian Kelautan dan Perikanan. Jakarta
- Rahardjo, P. (2013). *Analisis Nilai Kerugian Akibat Illegal Fishing di Laut Arafura Tahun 2001-2013*. Pandangan Ilmiah disampaikan pada Workshop on Parameters and Indicators of Habitats to be Expressed in Map of Trawl Fishing Gear Management in Arafura Sea. Kerja sama Ditjen. Perikanan Tangkap dengan Food Agriculture Organization (FAO). Royal Hotel Bogor 19 -22 Maret 2013, Bogor.
- Solihin, A. Artahtiani, Y. (2012). *Harmonisasi Hukum Internasional dalam Pemberantasan IUU Fishing dan Implementasinya dalam Peraturan Perundang-Undangan Indonesia*. Prosiding Seminar Nasional Tahunan IX Hasil Penelitian Perikanan dan Kelautan 14 Juli 2012 Universitas Gajah Mada. Yogyakarta (ID): Universitas Gajah Mada
- Suwarnatha. (2010). *Penegakan Hukum Terhadap Penangkapan Ikan Secara Ilegal Oleh Kapal Berbendera Asing di Zona Ekonomi Eksklusif Indonesia*. Universitas Pendidikan Nasional Denpasar. Diakses: <https://www.researchgate.net/publication/324992011>

PERFORMAN PERTUMBUHAN DAN KELULUSHIDUPAN LELE SANGKURIANG YANG DIBUDIDAYA DI DESA TAMBAKSARI, KECAMATAN ROWOSARI, KABUPATEN KENDAL MELALUI SUPLEMENTASI ENZIM PAPAIN DALAM PAKAN BUATAN

Diana Rachmawati*, Istiyanto Samidjan, Johannes Hutabarat

Departemen Akuakultur, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Undip

*Corresponding author e-mail: dianarachmawati1964@gmail.com

ABSTRAK

Keberhasilan budidaya lele Sangkuriang (*Clarias sp. var. sangkuriang*) sangat ditentukan oleh keberadaan pakan buatan. Sampai saat ini biaya pakan hampir 60-70 % dari total biaya produksi dalam satu siklus kegiatan budidaya. Kondisi ini dikarenakan pakan yang diberikan belum memiliki efisiensi pemanfaatan pakan yang maksimal. Solusi untuk mengatasi permasalahan tersebut dengan penambahan enzim eksogenous, salah satunya adalah enzim papain. Penelitian ini bertujuan mengkaji pengaruh suplementasi enzim papain pada pakan buatan terhadap performan pertumbuhan dan kelulushidupan benih lele sangkuriang yang dibudidaya di Desa Tambaksari, Kecamatan Rowosari, Kabupaten Kendal. Ikan yang digunakan adalah benih Sangkuriang dengan bobot rata-rata $2,23 \pm 0,56$ g /ekor. Metode penelitian menggunakan metode eksperimen, rancangan acak lengkap (RAL), 4 perlakuan dan 4 ulangan. Perlakuan yang diujikan adalah enzim protease papain dalam pakan buatan, yaitu A (0 mg/kg pakan), B (0,75 mg/kg pakan), C (1,5 mg/kg pakan) dan D (2,25 mg/kg pakan). Hasil penelitian menunjukkan bahwa suplementasi enzim papain dalam pakan buatan berpengaruh sangat nyata ($P < 0,01$) terhadap laju pertumbuhan spesifik (SGR), namun tidak berpengaruh nyata ($P > 0,05$) terhadap kelulushidupan (SR) lele Sangkuriang. Suplementasi enzim papain pada pakan buatan dapat meningkatkan laju pertumbuhan spesifik benih lele Sangkuriang. Dosis enzim papain sebesar 1,5 mg /kg pakan (perlakuan C) merupakan dosis terbaik untuk laju pertumbuhan relatif benih lele Sangkuriang. Parameter kualitas air selama penelitian masih berada dalam kisaran yang layak bagi budidaya benih lele Sangkuriang.

Kata kunci: Suplementasi, enzim papain, pakan buatan, lele Sangkuriang

PENDAHULUAN

Ikan lele sangkuriang (*Clarias sp. var. sangkuriang*) adalah salah satu ikan air tawar yang banyak dibudi-dayakan dan dikonsumsi di Indonesia. Ikan ini banyak dikonsumsi karena mudah diolah, banyak disukai, dan memiliki kandungan protein yang tinggi. Selain itu, ikan ini juga dibudidayakan karena memiliki waktu pertumbuhan yang relatif cepat. Tingginya permintaan konsumen membuat petani lele melakukan usaha yang intensif. Perkembangan usaha budidaya lele membutuhkan penambahan area budidaya dan biaya untuk pakan serta peningkatan kebutuhan air (Sitompul, 2012).

Peningkatan produksi lele Sangkuriang berbanding lurus dengan kebutuhan pakan. Masalah yang sering dihadapi pembudidaya lele Sangkuriang adalah efisiensi pemanfaatan pakan yang belum maksimal dari pakan komersil dan hampir menghabiskan sekitar 40-60% dari total biaya produksi untuk pakan produksi (Olmos *et al.*, 2011). Oleh karena itu, pakan yang diberikan harus efektif dan efisien agar dapat dimanfaatkan dengan baik oleh tubuh lele sangkuriang untuk pertumbuhan. Efisiensi pemanfaatan pakan lele Sangkuriang dapat ditingkatkan dengan penambahan enzim eksogenous diantaranya enzim papain (Patil dan Singh, 2014). Menurut Dawood *et al.*, (2014), bahwa enzim eksogenous dapat menambah penyerapan nutrisi pakan. Enzim eksogenous sekarang sering digunakan sebagai bahan aditif pakan ikan untuk meningkatkan nilai nutrisi pakan terutama yang berbahan dasar protein nabati. Penggunaan enzim eksogenous sangat dianjurkan untuk meningkatkan laju pertumbuhan. Namun untuk ikan jenis karnivora sedikit sekali ditemukan aktivitas enzim. Sehingga penggunaan enzim eksogenous dapat membantu pemecahan protein nabati. Enzim papain adalah enzim proteolitik yang diambil dari buah pepaya. Papain mampu memecah protein menjadi asam amino sehingga lebih mudah dicerna (Amri dan Mamboya, 2012).

Penambahan enzim papain dalam pakan terbukti dapat meningkatkan daya cerna protein pada beberapa spesies ikan, diantaranya Patil dan Singh (2014) melaporkan bahwa penambahan enzim papain 0,1mg dalam pakan buatan memberikan pertumbuhan terbaik pada udang galah (*Macrobrachium rosenbergii*). Hasil Penelitian Muchlisin *et al.*, (2016), penambahan papain pada pakan ikan keureling (ukuran 0,30 g dan 3,5 cm) menunjukkan nilai parameter yang lebih tinggi dan dosis terbaik diperoleh pada 27,5 mg/kg pakan. Menurut hasil penelitian Khati *et al.*, (2015) bahwa penambahan sebesar 10 g/kg pakan papain memberikan pertumbuhan dan protein efisiensi ratio terbaik pada ikan fingerling *Labeo rohita*. Oleh karena itu dapat disimpulkan bahwa kebutuhan enzim papain ikan berbeda-beda untuk setiap spesies dan penelitian tentang enzim papain belum banyak dilakukan pada ikan air laut. Sejauh ini masih sedikit informasi mengenai penelitian tentang pengaruh pemberian enzim papain terhadap tingkat pemanfaatan protein dalam pakan buatan dan laju pertumbuhan pada lele Sangkuriang, maka dari itu penting dilakukan penelitian untuk mengetahui dosis enzim papain untuk pertumbuhan lele Sangkuriang. Penelitian ini bertujuan mengkaji pengaruh suplementasi enzim papain pada pakan buatan terhadap performan pertumbuhan dan kelulushidupan benih lele sangkuriang yang dibudidaya di Desa Tambaksari, Kecamatan Rowosari, Kabupaten Kendal.

MATERI DAN METODE

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Juni s/d Agustus 2017 di kawasan kampung lele Desa Tambaksari, Kecamatan Rowosari, Kabupaten Kendal. Ikan uji yang digunakan dalam penelitian ini adalah benih lele Sangkuriang dengan bobot rata-rata $2,23 \pm 0,56$ g/ekor dengan padat penebaran sebesar 50 ekor/m². Adaptasi ikan uji ini dilakukan sampai ikan dapat menyesuaikan diri dengan lingkungan yang baru dan terbiasa dengan pakan buatan yang diberikan selama satu minggu. Pemuaian pada ikan uji selama satu hari dilakukan sebelum penelitian untuk menetralkan sisa-sisa metabolisme pakan sebelumnya, sehingga pada awal perlakuan didapatkan bobot awal yang akurat dan tidak terpengaruh sisa-sisa metabolisme pakan sebelumnya. Pemberian pakan dilakukan secara at satiation dengan pemberian pakan tiga kali sehari. Sampling untuk mengetahui pertambahan bobot lele Sangkuriang dilakukan seminggu sekali selama 49 hari.

Wadah pemeliharaan yang digunakan dalam penelitian ini adalah kolam terpal diameter 3 meter sebanyak 16 buah. Kolam terpal dilengkapi dengan selang aerasi, blower, batu aerasi, dan pipa paralon yang digunakan untuk mensuplai oksigen ke dalam media. Penempatan kolam terpal dilakukan secara acak. Pakan uji berupa pakan buatan bentuk pellet kandungan protein 30 % (SNI, 2000) ditambahkan enzim papain dengan cara spray sesuai perlakuan, yaitu A (0 mg/kg pakan), B (0,75 mg/kg pakan), C (1,5 mg/kg pakan) dan D (2,25 mg/kg pakan). Penentuan dosis enzim papain dalam penelitian ini memodifikasi hasil penelitian Singh *et al.*, (2011), yang menyatakan bahwa dosis enzim papain sebesar 2 mg/kg pakan merupakan dosis terbaik untuk performa pertumbuhan ikan mas (*Cyprinus carpio*).

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen, Rancangan Acak lengkap (RAL), 4 perlakuan dan masing-masing perlakuan diulang sebanyak 4 kali. Parameter yang diamati meliputi total konsumsi pakan (TKP), laju pertumbuhan relatif (RGR), efisiensi pemanfaatan pakan (EPP), protein efisiensi ratio (PER) dan kelulushidupan (SR) digunakan sebagai parameter yang dievaluasi. Data yang diperoleh dianalisa dengan analisis ragam (ANOVA). Apabila hasil analisis ragam berpengaruh nyata ($P < 0,05$) atau berpengaruh sangat nyata ($P < 0,01$) maka dilakukan uji wilayah ganda Duncan untuk mengetahui perbedaan nilai tengah antara perlakuan (Steel and Torrie, 1993). Parameter kualitas air meliputi suhu, oksigen terlarut (DO), pH dilakukan setiap hari dan pengukuran amonia (NH_3 , NO_2) dilakukan pada awal dan akhir pemeliharaan. Data kualitas air dianalisis secara deskriptif.

Perlakuan dalam penelitian ini adalah penambahan enzim papain dengan dosis yang berbeda yaitu:

- A : Pakan dengan penambahan enzim papain 0 mg/kg pakan
- B : Pakan dengan penambahan enzim papain 0,75 mg/kg pakan
- C : Pakan dengan penambahan enzim papain 1,5 mg/kg pakan
- D : Pakan dengan penambahan enzim papain 2,25 mg/kg pakan

Parameter yang diamati dengan rumus sebagai berikut:

1. Total Konsumsi Pakan

Total konsumsi pakan dihitung dengan menggunakan rumus Tacon (1987) sebagai berikut:

$$\text{TKP} = F1 - F2$$

dimana:

TKP = Tingkat konsumsi pakan
F1 = Jumlah pakan awal (g)
F2 = Jumlah pakan sisa (g)

2. Efisiensi Pemanfaatan Pakan

Nilai efisiensi pemanfaatan pakan (EPP) dapat ditentukan dengan rumus Tacon (1987) sebagai berikut:

$$EPP = \frac{W_t - W_o}{F} \times 100\%$$

dimana:

EPP = Efisiensi pemanfaatan pakan (%)
W_t = Bobot total ikan pada akhir penelitian (g)
W_o = Bobot total ikan pada awal penelitian (g)
F = Jumlah pakan yang dikonsumsi selama penelitian (g)

3. Protein Efisiensi Ratio

Nilai protein efisiensi ratio (PER) dapat ditentukan dengan menggunakan rumus Tacon (1987) sebagai berikut:

$$PER = \frac{W_t - W_o}{P_i} \times 100\%$$

dimana:

PER = Protein efisiensi rasio (%)
W_t = Bobot total ikan pada akhir penelitian (g)
W_o = Bobot total ikan pada awal penelitian (g)
P_i = Jumlah pakan yang dikonsumsi x % protein pakan

4. Laju Pertumbuhan Relatif

Menurut Takeuchi (1988) laju pertumbuhan relatif atau *relative growth rate* (RGR) ikan dihitung menggunakan rumus sebagai berikut:

$$RGR = \frac{W_t - W_o}{W_o \times t} \times 100\%$$

dimana:

RGR = Laju pertumbuhan relatif (% per hari)
W_t = Bobot total ikan pada akhir pemeliharaan (g)
W_o = Bobot total ikan pada awal pemeliharaan (g)
t = Waktu pemeliharaan (hari)

5. Kelulushidupan

Kelulushidupan atau *survival rate* (SR) dihitung untuk mengetahui tingkat kematian ikan uji selama penelitian, kelulushidupan dapat dihitung berdasarkan rumus Takeuchi (1988):

$$SR = \frac{N_t}{N_0} \times 100\%$$

dimana:

SR = Kelulushidupan ikan (%)
N_t = Jumlah ikan pada akhir penelitian (ekor)
N₀ = Jumlah ikan pada awal penelitian (ekor)

Analisa data yang dilakukan meliputi nilai tingkat konsumsi pakan (TKP), efisiensi pemanfaatan pakan (EPP), protein efisiensi ratio (PER), laju pertumbuhan relatif (RGR), kelulushidupan (SR), dan kualitas air. Variabel yang didapatkan kemudian dianalisis menggunakan analisis sidik ragam (ANOVA) selang kepercayaan 95%, sebelum dilakukan ANOVA data terlebih dahulu dilakukan uji normalitas, uji homogenitas, dan uji additivitas guna mengetahui bahwa data bersifat normal, homogen dan aditif untuk dilakukan uji lebih lanjut yaitu analisa ragam. Data kualitas air dianalisis secara deskriptif.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan eksogen enzim papain dalam pakan buatan memberikan pengaruh sangat nyata ($P < 0,01$) terhadap EPP, PER dan SGR dan tidak berpengaruh nyata ($P > 0,05$) terhadap TKP dan SR lele Sangkuriang. Hasil penelitian nilai TKP, PER, EPP, SGR dan SR melalui penambahan eksogen enzim papain dalam pakan buatan lele Sangkuriang (*Clarias* sp. var. sangkuriang) dapat dilihat pada Tabel 1 dan secara histogram terdapat pada Gambar 1, untuk hasil kualitas air dapat dilihat Tabel 2.

Tabel 1. Nilai Rata-rata TKP, EPP, PER, RGR, dan SR pada Lele Sangkuriang Selama Pemeliharaan

1. Perlakuan	2. Variabel yang diamati				
	3. TKP (g)	4. EPP (%)	5. PER (%)	6. RGR (%/hari)	7. SR (%)
8. A	9. 243,50±3,61 ^a	10. 55,19±1,87 ^b	11. 1,17±0,12 ^b	12. 2,23±4,87 ^b	13. 88,67±3,64 ^a
14. B	15. 251,21±3,69 ^a	16. 56,43±1,62 ^b	17. 1,64±0,09 ^b	18. 2,42±0,48 ^b	19. 90,08±3,00 ^a
20. C	21. 261,62±4,30 ^a	22. 72,82±1,04 ^a	23. 2,51±0,07 ^a	24. 3,97±0,19 ^a	25. 91,57±3,77 ^a
26. D	27. 260,14±4,15 ^a	28. 60,51±1,38 ^b	29. 1,44±0,03 ^b	30. 2,79±0,14 ^b	31. 88,33±3,89 ^a

Keterangan: Huruf superskrip yang berbeda menunjukkan perbedaan yang nyata ($P < 0,01$)

Tabel 2. Data kualitas air media budidaya lele Sangkuriang selama penelitian

Kualitas Air	Perlakuan				Kelayakan
	A	B	C	D	
Suhu (°C)	25,4 – 30,2	26,8 – 30,0	26,6 – 30,8	25,7 – 30,2	25 – 30*
DO (mg/L)	4,52 – 4,75	4,55 – 4,96	4,53 – 4,75	4,43 – 4,77	3 – 5 *
pH	7,0 – 7,2	7,0 – 7,6	7,2 – 7,8	7,4 – 7,5	6,5 – 8*
Amonia (mg/L)	0,064 – 0,084	0,064 – 0,084	0,064 – 0,084	0,064 – 0,084	< 0,1*

Keterangan: *Boyd, (1982)

Hasil pengamatan parameter kualitas air budidaya lele Sangkuriang selama penelitian (Tabel 2) apabila dibandingkan dengan kisaran kelayakan menurut pustaka masih dalam kisaran yang layak untuk kegiatan budidaya lele Sangkuriang.

Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa pemberian pakan buatan dengan suplementasi enzim papain pada lele Sangkuriang tidak berpengaruh nyata terhadap total konsumsi pakan lele Sangkuriang. Hal ini diduga karena tidak terdapat perbedaan kandungan nutrisi pada pakan yang signifikan antar perlakuan. Berdasarkan hasil analisis proksimat pakan, kandungan protein tidak jauh berbeda pada semua pakan perlakuan, begitu pula lemak, bahan ekstrak tanpa nitrogen (BETN) dan serat kasar. Kandungan nutrisi pada pakan yang cukup baik diduga mempengaruhi palatabilitas pakan dan tingkat pengambilan pakan oleh ikan. Sedangkan pengambilan pakan yang rendah oleh ikan dapat dipengaruhi oleh adanya bahan yang sulit dicerna ikan, adanya zat anti nutrisi serta adanya bahan yang sulit dikonsumsi ikan (Obirikorang *et al.*, 2015).

Nilai total konsumsi pakan berturut-turut dari yang tertinggi yaitu perlakuan C (1,5 mg/kg pakan) sebesar 261,62±4,30 g, perlakuan B (0,75 mg/kg pakan) sebesar 251,21±3,69 g, perlakuan D (2,25 mg/kg pakan) sebesar 260,14±4,15 g, dan perlakuan A (0 mg/kg pakan) sebesar 243,50±3,61 g. Perbedaan tingkat konsumsi pakan diduga disebabkan karena perbedaan nafsu makan pada lele Sangkuriang. Besar kecilnya total konsumsi pakan pada ikan dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain sifat fisik pakan misalnya bau, rasa, ukuran, dan warna (Abidin *et al.*, (2015).

Nilai efisiensi pemanfaatan pakan tertinggi terdapat pada perlakuan C (1,5 mg/kg pakan) sebesar 72,82±1,04 %. Hal ini diduga karena penambahan enzim papain pada pakan buatan mampu menghidrolisis rantai polipeptida menjadi asam amino sehingga pakan lebih mudah dicerna dan terserap baik pada lele Sangkuriang. Disamping itu enzim papain diduga juga dapat membantu proses pencernaan pakan yang diberikan sehingga energi dalam pakan dapat memenuhi kebutuhan perbaikan jaringan tubuh, aktivitas ikan dan juga pertumbuhan. Semakin banyak nutrisi dalam pakan yang terhidrolisis dan mudah terserap dalam tubuh ikan maka akan semakin tinggi nilai efisiensi pemanfaatan pakan pada lele Sangkuriang. Hal ini diperkuat oleh pendapat Singh *et al.* (2011), menyatakan bahwa papain adalah enzim protease yang menghidrolisis protein menjadi peptida dan

merupakan faktor kunci untuk menambah pencernaan protein, penyerapan yang cepat dan membantu meningkatkan pertumbuhan. Hal ini menunjukkan bahwa penambahan enzim papain dapat meningkatkan daya cerna pakan dan selanjutnya mempengaruhi efisiensi pemanfaatan pakan oleh ikan. Menurut Patil dan Singh (2014), enzim proteolitik memainkan peranan penting dalam proses pencernaan protein. Enzim proteolitik mengubah protein dalam pakan yang masuk ke dalam tubuh menjadi peptida sederhana dan asam amino sehingga bisa diserap oleh tubuh. Peningkatan daya cerna pakan yang mengandung enzim papain dikarenakan sudah tersedianya enzim proteolitik dalam pakan yang mampu membantu proses hidrolisis protein dalam pencernaan ikan. Disamping itu nilai EPP pada setiap perlakuan dengan penambahan enzim papain dinyatakan cukup baik karena memiliki nilai diatas 50%. Hal ini sesuai dengan pernyataan Craig dan Helfrich (2002) bahwa pakan dapat dikatakan baik bila nilai efisiensi pakan lebih dari 50 % atau bahkan mendekati 100 %.

Nilai efisiensi pemanfaatan pada perlakuan A (0 mg/kg pakan) tidak berbeda nyata dengan B (0,75 mg/kg pakan) dan D (2,25 mg/kg pakan). Hal ini diduga enzim papain dalam pakan A (0 mg/kg pakan) dan B (0,75 mg/kg pakan) memiliki dosis lebih rendah dari pakan C (1,5 mg/kg pakan) sehingga enzim papain tidak berkerja maksimal dalam menghidrolis protein rantai polipeptida menjadi asam amino rantai mono-peptida. Sedangkan pada perlakuan D (2,25 mg/kg pakan) merupakan dosis lebih besar dari 1,5 mg/kg pakan (C) menyebabkan penurunan aktivitas enzim papain karena jumlah enzim papain pada perlakuan tersebut melebihi dosis yang efektif untuk kerja enzim papain, dengan demikian kondisi tersebut dapat menghambat metabolisme pada lele Sangkuriang.

Peningkatan dosis enzim papain belum tentu memberikan hasil EPP yang tinggi, hal itu dikarenakan enzim memiliki kadar optimum. Hal itu berkaitan dengan mekanisme kerja enzim. Mekanisme pengaruh ini secara tidak langsung dijelaskan oleh Khattak *et al.* (2006) bahwa enzim mengkatalis secara spesifik dan bertindak pada satu substrat. Pernyataan tersebut menyimpulkan bahwa ketika tidak tersedia substrat untuk enzim, maka tidak ada aktivitas enzim. Hal ini terjadi pada perlakuan yang penambahan enzimnya berlebihan namun substratnya terbatas. Penambahan enzim secara berlebihan dengan substrat terbatas tidak dapat meningkatkan aktivitas enzim, karena aktivitas enzim terhenti saat substrat habis. Hal ini sependapat dengan Adugna *et al.* (2004), meningkatkan konsentrasi substrat dapat meningkatkan aktivitas enzim sampai batas maksimum tercapai. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa molekul substrat dan molekul enzim akan bergabung pada sisi aktif sampai semua sisi aktif terpakai, pada keadaan tersebut enzim dikatakan dalam keadaan maksimum.

Nilai rasio efisiensi protein tertinggi dalam penelitian ini terdapat pada perlakuan C dengan penambahan enzim papain sebesar 1,5 mg/kg pakan dengan nilai PER sebesar $2,51 \pm 0,07$. Hal itu diduga karena perlakuan C mengandung dosis yang tepat untuk lele Sangkuriang. Enzim protease berperan dalam proses pemecahan protein pakan yang akan meningkatkan nilai PER, yang secara langsung akan mempengaruhi pertumbuhan. Hal ini sesuai dengan pendapat Singh *et al.* (2011) yang menyatakan bahwa pakan yang ditambah enzim papain menghasilkan daya cerna protein yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan pakan tanpa penambahan enzim papain, hal ini karena penambahan enzim papain dapat meningkatkan kandungan protein dan enzim protease yang berasal dari pakan. Menurut Khati *et al.* (2015), enzim papain adalah enzim protease yang menghidrolisis protein, yang merupakan faktor kunci untuk meningkatkan daya cerna protein dan penyerapannya, yang pada akhirnya mempengaruhi pertumbuhan. Enzim papain bertindak sebagai katalis biologis yang dapat meningkatkan daya cerna pakan kualitas rendah, sehingga biaya pakan dapat ditekan. Enzim papain dapat mengurangi faktor negatif dari asam fitat yang berasal dari bahan dasar nabati pakan.

Hasil uji wilayah ganda Duncan perlakuan A (0 mg/kg pakan), B (0,75 mg/kg pakan) dan D (2,25 mg/kg pakan) memiliki nilai protein efisiensi rasio sebesar $1,17 \pm 0,12$, $1,64 \pm 0,09$ dan $1,17 \pm 0,12$ yang satu sama lain tidak berbeda nyata, hal tersebut diduga karena dosis enzim papain pada perlakuan A (0 mg/kg pakan) dan B (0,75 mg/kg pakan) masih dibawah dosis yang efektif seperti pada perlakuan C (1,5 mg/kg pakan) untuk kerja enzim papain, selanjutnya untuk perlakuan D (2,25 mg/kg pakan) merupakan dosis yang melebihi dosis efektif untuk enzim papain dalam menghidrolisa protein menjadi asam amino untuk membentuk protein tubuh lele Sangkuriang. Dampak negatif penambahan enzim protease yang melebihi kebutuhan ikan diungkapkan oleh Infantea dan Cahua (2007) yang menyatakan bahwa jika penambahan protein hasil hidrolisis berlebihan dapat berdampak negatif pada pertumbuhan dan kelangsungan hidup larva, hal ini diduga karena kandungan yang terlalu tinggi mempengaruhi regulasi sintesis dan sekresi tripsin. Hal ini juga terjadi pada penambahan enzim xilanase yang berlebihan.

Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa penambahan enzim papain dalam pakan berpengaruh sangat nyata ($P < 0,01$) terhadap laju pertumbuhan relative lele Sangkuriang. Berdasarkan hasil penelitian laju pertumbuhan relatif lele Sangkuriang menghasilkan nilai tertinggi pada perlakuan C dengan penambahan enzim papain sebanyak 1,5 mg/kg pakan sebesar $3,97 \pm 0,19$ %/hari. Perlakuan C juga memiliki nilai EPP yang paling tinggi, hal ini menunjukkan bahwa nilai RGR berbanding lurus dengan nilai EPP. Sehingga semakin tinggi nilai EPP maka semakin tinggi pula nilai RGR. Hal ini sesuai dengan pernyataan Huet (1970), nilai EPP yang tinggi berkaitan dengan laju pertumbuhan yang tinggi. Nilai EPP yang tinggi menunjukkan bahwa sedikit zat makanan yang dirombak untuk memenuhi kebutuhan energi dan selebihnya untuk pertumbuhan.

Perlakuan enzim papain pada pakan menghasilkan laju pertumbuhan berturut-turut yakni perlakuan C (1,5 mg/kg pakan) menghasilkan laju pertumbuhan relatif sebesar $3,97 \pm 0,19$ %/hari, perlakuan D (2,25 mg/kg pakan) sebesar $2,79 \pm 0,14$ %/hari, perlakuan B (0,75 mg/kg pakan) sebesar $2,42 \pm 0,48$ %/hari, dan perlakuan A (0 mg/kg pakan) sebesar $2,23 \pm 0,87$ %/hari. Pertumbuhan ini terjadi karena energi yang terdapat dalam pakan melebihi kebutuhan energi untuk maintenance. Nilai laju pertumbuhan relatif pada ikan dipengaruhi oleh tingkat pemanfaatan pakan oleh tubuh ikan. Penambahan enzim papain dalam penelitian ini mampu meningkatkan tingkat pemanfaatan pakan oleh lele Sangkuriang. Penambahan enzim papain mampu mengoptimalkan proses pencernaan protein dalam pakan. Nutrisi dalam pakan yang dicerna dengan maksimal akan menghasilkan energi yang dapat diserap dan diedarkan ke seluruh tubuh dan dimanfaatkan oleh lele Sangkuriang.

Hasil uji wilayah ganda Duncan perlakuan A, B dan D memiliki nilai laju pertumbuhan relatif tidak berbeda nyata, hal tersebut diduga karena dosis enzim papain pada perlakuan A (0 mg/kg pakan) dan B (0,75 mg/kg pakan) masih dibawah dosis yang efektif pada perlakuan C (1,5 mg/kg pakan) untuk kerja enzim papain, selanjutnya untuk perlakuan D (2,25 mg/kg pakan) merupakan dosis yang melebihi dosis efektif untuk enzim papain dalam menghidrolisa protein menjadi asam amino untuk membentuk protein tubuh lele Sangkuriang. Hal ini didukung oleh pernyataan Infantea dan Cahua (2007) jika penambahan protein hasil hidrolisis berlebihan dapat berdampak negatif pada pertumbuhan dan kelangsungan hidup larva, hal ini diduga karena kandungan yang terlalu tinggi mempengaruhi regulasi sintesis dan sekresi tripsin. Hal ini juga terjadi pada penambahan enzim xilanase yang berlebihan. Lebih lanjut Kazerani dan Shamsavani (2011) mengemukakan enzim dengan dosis berlebihan dapat membebaskan monosakarida secara berlebihan dan mendorong terjadinya hiperglikemia yang dapat menghambat pertumbuhan.

Hasil Analisis ragam menunjukkan bahwa penambahan enzim papain pada pakan buatan tidak berpengaruh nyata ($P > 0,05$) terhadap kelulushidupan lele Sangkuriang, hal ini diduga bahwa pakan dengan penambahan enzim papain memberikan pengaruh pada pertumbuhan, akan tetapi tidak memberikan pengaruh nyata terhadap tingkat kelulushidupan. Hal ini didukung oleh Dabrowski dan Glogowski (1977) yang menyatakan bahwa enzim proteolitik tidak berpengaruh terhadap kelulushidupan organisme yang dibudidayakan.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan yang didapat dari penelitian ini bahwa:

1. Suplementasi enzim papain pada pakan buatan untuk lele Sangkuriang meningkatkan pertumbuhan lele Sangkuriang yang dibudidaya oleh pembudidaya lele Sangkuriang di desa Tambaksari, Kecamatan Rowosari, Kabupaten Kendal.
2. Dosis terbaik suplementasi enzim papain terhadap pertumbuhan lele Sangkuriang sebesar 1,5 mg/kg pakan (perlakuan C).

Saran yang dapat diberikan dari penelitian ini yaitu:

1. Suplementasi enzim papain sebesar 1,5 mg/kg pakan pada pakan buatan dapat digunakan untuk meningkatkan pertumbuhan lele Sangkuriang.
2. Disarankan melakukan penelitian lanjut tentang penambahan eksogen enzim pencernaan dalam pakan buatan pada lele Sangkuriang pada calon induk lele Sangkuriang.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih penulis ucapkan kepada Ketua Lembaga Penelitian Pengabdian Masyarakat (LPPM) UNDIK yang telah memberi dana dari Sumber Dana Selain APNBP LPPM RKAT Universitas Diponegoro Tahun Anggaran 2016, No: 386-05/UN.7. P4.3/PM/2018, Tanggal 17 Mei 2018.

DAFTAR PUSTAKA

- Adugna, S., L.A.M. Alemu, T. Kelemu, H. Tekola, B. Kibret and S. Genet. (2004). *Medical Biochemistry*. Gondar University; Jimma University and Debub University, In collaboration with the Ethiopia Public Health Training Initiative; The Carter Center; The Ethiopia Ministry of Health, and The Ethiopia Ministry of Education, 264 p.
- Abidin, Z., M. Junaidi, Paryono, N. Cokrowati, S. Yuniarti. (2015). Pertumbuhan dan konsumsi pakan ikan lele (*Clarias sp.*) yang diberi pakan berbahan baku local. *Jurnal Ilmu Ilmu Periran, Pesisir, dan Periknan*, 4(1), 33-39. ISSN 2089-7790.
- Amri, E. dan F. Mamboya. (2012). Papain, a Plant Enzyme of Biological Importance: A Review. *American Journal of Biochemistry and Biotechnology*, 8(2), 99-104
- Boyd, C. E. (1982). *Water quality management for pond fish culture. cod*. Water quality management for pond fish culture., Amsterdam: Elsevier Scientific Publishing Co., 318 p., ISBN: 0444420541.
- Craig. S and L. A. Helfrich. (2002). *Understanding Fish Nutrition, Feeds and Feeding*. Cooperative Extension Service Publication. Virginia State University, USA.
- Dawood, M.A.O., A.E. Dakar, M. Mohsen, E. Abdelraouf, S. Koshio, M. Ishikawa and S. Yokoyama. (2014). Effects of Using Exogenous Digestive Enzymes or Natural Enhancer Mixture on Growth, Feed Utilization, and Body Composition of Rabbitfish, *Siganus rivulatus*. *J. Agri. Sci. & Tech*, 8(4), 180 – 187.
- Huet, M. (1970). *Texbook of Fish Culture*. Fishing News (Book Ltd.), London, 436 p.
- Infantea, J.L.Z. and C.L. Cahua. (2007). Dietary Modulation of Some Digestive Enzymes and Metabolic Processes in Developing Marine Fish: Applications to Diet Formulation. *Aquaculture*, 268, 1-14.
- Kazerani, H.R. and Shahsavani. (2011). The Effect of Supplementation of Feed with Exogenous Enzymes on the Growth of Common Carp (*Cyprinus carpio*). *Iranian Journal of Veterinary Research*, 12(2), 127-137.
- Khattak, F.M., T.N. Pasha, Z. Hayat and A. Mahmud. (2006). Enzymes in Poultry Nutrition. *Joernal Anim. Pl. Sci*, 16, 1-2.
- Khati, A., M. Danish, K. S. Mehta dan N. Pandey. (2015). Estimation of Growth Parameters in Fingerlings of *Labeo rohita* (Hamilton, 1822) Fed with Exogenous Nutrizyme in Tarai Region of Uttarakhand, India. *African Journal of Agricultural Research*. 10(30), pp. 3000 – 3007.
- Muchlisin, Z. A., F. Afrido, T. Murda, N. Fadli, A. A. Muhammadar, Z. Jalil dan C. Yulvizar. (2016). The Effectiveness of Experimental Diet with Varying Levels of Papain on The Growth Performance, Survival Rate and Feed Utilization of Keureling Fish (*Tor tambra*). *Biosaintifika*, 8(2), 172-177.
- Obikiorang, K.A., S. Amisaha, S.C. Fialor, P.V. Skov. (2015). Effects of Dietary Inclusions of Oilseed Meals on Physical Characteristics and Feed Intake of Diets for the Nile Tilapia, *Oreochromis niloticus*. *Aquaculture Reports*, 1, 43–49.
- Olmos, J., Leonel Ochoa, Jesus Paniagua-Michel and Rosalia Contreras. (2011). Functional Feed Assessment on *Litopenaeus vannamei* Using 100% Fish Meal Replacement by Soybean Meal, High Levels of Complex Carbohydrates and *Bacillus* Probiotic Strains. *Journal Marine Drugs*, 9, 1119-1132
- Patil, D. W., dan H. Singh. (2014). Effect Of Papain Supplemented Diet On Growth And Survival Of Post-Larvae of *Macrobrachium rosenbergii*. *Internasional Journal of Fisheries and Aquatic Studies*, 1(6), 176-179.
- Singh, P., S. Maqsood, M. H. Samoon, V. Phulia, M. Danish, dan R. S. Chalal. (2011). *Exogenous Supplementation of Papain as Growth Promoter in Diet of Fingerlings of Cyprinus carpio*. Faculty of Fisheries, Shere-e-Kashmir University of Agricultural Science and Technology of Kashmir, India. 3:1-9 pp.
- Sitompul, S. O., Harpani, E., Putri, B. (2012). Pengaruh Kepadatan *Azolla sp.* yang Berbeda Terhadap Kualitas Air dan Pertumbuhan Benih Ikan Lele Dumbo (*Clarias gariepinus*) Pada Sistem Tanpa Ganti Air. *Jurnal Rekayasa dan Teknologi Budidaya Perairan*, 1(1), 17-24.
- Tacon, A. E. J. (1987). *The Nutrition and Feeding Formed Fish and Shrimp a Training Manual Food and Agriculture of United Nation Brazilling*, Brazil. 108 p.
- Takeuchi, T. (1988). *Laboratory Work Chemical Evaluation of Dietary Nutrient*, p. 179 – 232. In: T. Watanabe (ed): *Fish Nutrition and Mariculture*. Kanagawa Fisheries Training Center, Japan Internasional Cooperation Agency, Tokyo.

SUPLEMENTASI EKSTRAK NANAS PADA PAKAN TERHADAP PEMANFAATAN PAKAN DAN PERTUMBUHAN UDANG VANAME (*Litopenaeus vannamei*) UPAYA UNTUK MENINGKATKAN PRODUKSI

Diana Rachmawati^{1*}, Istiyanto Samidjan¹

¹Departemen Akuakultur, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Diponegoro
Jl. Prof. Soedarto SH, Tembalang, Semarang – 50275

*Corresponding author e-mail: dianarachmawati1964@gmail.com

ABSTRAK

Udang vaname (*Litopenaeus vannamei*) termasuk komoditas unggulan bernilai ekonomis tinggi. Kendala dalam budidaya udang vaname skala intensif adalah efisiensi pemanfaatan pakan yang belum maksimal. Hal ini dapat diatasi dengan penambahan enzim ekso-genus yang berperan penting dalam pencernaan pakan, diantara jenis enzim ekso-genus adalah enzim bromelin yang terdapat pada ekstrak nanas. Ekstrak nanas mampu memecah protein menjadi senyawa yang lebih sederhana. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh dan dosis terbaik ekstrak nanas pada pakan terhadap efisiensi pemanfaatan pakan, pertumbuhan dan kelulushidupan udang vaname (*L. vannamei*). Ikan uji yang digunakan adalah udang vaname (*L. vannamei*) bobot rata-rata $3,5 \pm 0,38$ g/ekor. Metode penelitian adalah eksperimen dengan Rancangan Acak Lengkap (RAL), 4 perlakuan, dan 4 kali ulangan. Perlakuan dalam penelitian ini adalah penambahan ekstrak nanas pada pakan dengan dosis, antara lain A (0 ml/kg pakan), B(0,1 ml/kg pakan), C(0,2 ml/kg pakan), dan D(0,3 ml/kg pakan). Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan ekstrak nanas berpengaruh sangat nyata ($P < 0,05$) terhadap total konsumsi pakan (TKP), efisiensi pemanfaatan pakan (EPP), rasio efisiensi protein (PER) dan laju pertumbuhan relatif (RGR) namun tidak berpengaruh nyata ($P > 0,05$) terhadap kelulushidupan (SR) udang vaname (*L. vannamei*). Dosis ekstrak nanas sebesar 0,2 ml/kg pakan (perlakuan C) merupakan dosis terbaik bagi efisiensi pemanfaatan pakan dan pertumbuhan udang vaname. Parameter kualitas air media pemeliharaan selama penelitian masih dalam kisaran layak untuk pemeliharaan udang vaname (*L. vannamei*).

Kata kunci : efisiensi pakan, pertumbuhan, ekstrak nanas, udang vaname (*L. vannamei*)

PENDAHULUAN

Udang vaname (*Litopenaeus vannamei*) merupakan salah satu spesies udang yang bernilai ekonomis tinggi dengan beberapa keunggulan yaitu dapat dipelihara dengan kisaran salinitas yang tinggi (0,5-45 ppt), dapat ditebar dengan kepadatan yang tinggi hingga lebih dari 150 ekor/m², lebih resisten terhadap kualitas lingkungan yang rendah (Fendjalang *et al.*, 2016). Keunggulan lain yaitu nafsu makan yang tinggi, ketahanan terhadap serangan penyakit, pertumbuhan lebih cepat, dan tingkat kelangsungan hidup tinggi, serta waktu pemeliharaan yang singkat sekitar 90 – 100 hari per siklus (Purnamasari *et al.*, 2017).

Udang vaname memiliki keterbatasan dalam mencerna pakan. Kemampuan ikan untuk mencerna pakan pakan bergantung ada tidaknya enzim yang sesuai dan kondisi yang dibutuhkan enzim untuk bereaksi dengan substrat dalam saluran pencernaan (Putri *et al.*, 2012). Permasalahan tersebut dapat ditanggulangi dengan penambahan enzim ekso-genus. Enzim ekso-genus berperan penting dalam pencernaan pakan pada ikan (Manush *et al.*, 2013). Enzim ekso-genus diantaranya enzim bromelin (Choi *et al.*, 2016) dan enzim papain (Patil dan Singh, 2014). Bromelin bisa didapatkan dari tanaman nanas (*Ananas comosus*), dari batang, kulit, daun, buah atau daging dalam jumlah yang bervariasi (Pavan *et al.*, 2012). Bromelin merupakan salah satu bahan alami yang mengandung enzim proteolitik yang mampu menghidrolisis protein menjadi senyawa yang lebih sederhana dan memutus ikatan peptide dari ikatan substrat yang berperan sebagai katalisator dalam sel sehingga dapat meningkatkan daya cerna protein (Mohan *et al.*, 2016).

Ekstrak nanas memiliki manfaat yang sangat banyak yaitu dapat mendegradasi kolagen daging, sehingga dapat mengempukkan daging, dapat melarutkan lendir yang sangat kental dalam sistem pencernaan, memecah lemak usus dan meningkatkan sistem pertahanan tubuh (Nurhidayah *et al.*, 2013). Substansi aktif bromelin mengandung sistein dan kelompok histidin yang penting dalam aktivasi enzim. Enzim bromelin dalam ekstrak nanas secara khusus memotong ikatan peptida dari

gugus karbonil seperti yang ditemukan dalam arginin atau asam amino aromatik, yaitu fenil alanin dan tirosin (Hardiany, 2013). Bromelin memotong ikatan peptide pada ujung karbonil lisin, alanin, tirosin dan glisin. Bromelin diakui oleh agensi federal Amerika Serikat umumnya dikenal sebagai GRAS untuk meningkatkan keempukan daging (Nadzirah *et al.*, 2016). Satuan berat molekul enzim protease buah nanas (*Ananas comosus*) adalah 30,654kDa (Rachmania *et al.*, 2017) dan aktivitas enzim bromelin dari nanas adalah 0,15 U/ml (Omotoyinbo dan Sanni, 2017).

Penambahan ekstrak nanas dalam pakan buatan terbukti dapat meningkatkan efisiensi pemanfaatan protein, pertumbuhan dan kelulushidupan pada beberapa spesies ikan, antara lain Inaolaji (2011), melaporkan bahwa penambahan ekstrak kulit nanas sebanyak 75% memberikan hasil terbaik untuk SGR ikan nila (*Oreochromis niloticus*). Menurut penelitian Lima *et al.* (2012), melaporkan bahwa penambahan ekstrak nanas sebesar 5% memberikan hasil terbaik untuk total energi yang dilepaskan (*gross energy*) 79,33% dan jumlah protein yang dicerna 30,35%, untuk ikan nila (*Oreochromis niloticus*). Hasil penelitian Masniar *et al.* (2016), melaporkan bahwa penambahan ekstrak nanas 5% dalam pakan buatan memberikan pertumbuhan terbaik pada ikan betok (*Anabas testudineus*). Menurut hasil penelitian Subandiyono *et al.* (2018), dosis optimum penggunaan ekstrak nanas 1,85-2,13% dapat menghasilkan FUE 37,29%, PER 1,10%, dan RGR 1,94% untuk ikan java barb (*Puntius javanicus*). Selanjutnya menurut penelitian Yuangsoi *et al.* (2018), penambahan limbah ekstrak nanas (PWE) sebesar 1% dapat memberikan pertumbuhan dan efisiensi pemanfaatan pakan yang optimum untuk ikan nila (*Oreochromis niloticus*). Dapat disimpulkan bahwa kebutuhan ekstrak nanas pada setiap spesies ikan berbeda dan penelitian untuk ekstrak nanas untuk ikan air payau maupun ikan air laut belum banyak dilakukan. Penelitian untuk mengkaji pengaruh ekstrak nanas pada pakan terhadap efisiensi pemanfaatan pakan, pertumbuhan dan kelulushidupan udang vaname belum dilakukan, maka dari itu penting untuk dilakukan penelitian untuk mengetahui terbaik dan dosis optimum ekstrak nanas untuk udang vaname.

MATERI DAN METODE

a. Penelitian dilaksanakan di Hatchery Laboratorium Pengembangan Wilayah Pantai (LPWP), Jepara, Jawa Tengah, Indonesia pada bulan Desember 2017 – Mei 2018. Ikan uji yang digunakan adalah udang vaname (*L.vannamei*) dengan jumlah 240 ekor dengan bobot rata-rata 3,5±0,38 gram/ekor yang berasal dari Blebak, Mlonggo, Jepara, Jawa Tengah. dengan padat tebar 10 ekor/l. Untuk mengetahui pertambahan bobot udang vaname dilakukan sampling dengan menimbang bobot udang vaname seminggu sekali selama pemeliharaan 60 hari.

b. Bahan uji yang digunakan adalah ekstrak nanas yang diperoleh dari Laboratorium Biologi Universitas Negeri Semarang. Ekstraksi nanas dilakukan berdasarkan metode Masniar *et al.* (2016). Pakan uji yang digunakan dalam penelitian ini merupakan pakan komersial dengan kandungan protein 40% ditambah ekstrak nanas sesuai perlakuan A (0 ml/kg pakan), B (0,1 ml/kg pakan), C (0,2 ml/kg pakan), dan D (0,3 ml/kg pakan) dengan cara spray. Pakan yang telah ditambahkan ekstrak nanas selanjutnya dilakukan uji proksimat untuk mengetahui jumlah kandungan protein pakan yang dikonsumsi oleh hewan uji dalam perhitungan *ratio efficiency protein* (PER). Pemberian pakan selama penelitian dilakukan dengan menggunakan metode *fix feeding rate* (pemberian pakan berdasarkan bobot presentase biomassa hewan uji), jumlah pakan yang diberikan sebanyak 5% dari bobot biomassa dan frekuensi pakan yang diberikan sebanyak 4 kali sehari, pada pukul 08.00, pukul 13.00, pukul 17.00 dan pukul 21.00.

Wadah yang digunakan dalam penelitian ini adalah bak fiber ukuran 1x5x1 m berjumlah 16 buah yang kemudian diberi sistem aerasi. Penempatan bak fiber setiap perlakuan diundi secara acak. Media pemeliharaan udang vaname dalam penelitian ini terdiri atas campuran air laut yang berasal dari BBPBAP dengan air tawar yang telah diendapkan selama 24 jam. Air laut dengan salinitas 28 ppt dan dengan volume 12 liter dan air tawar dengan volume 3 liter, kemudian dicampurkan sehingga diperoleh nilai salinitas yaitu sebesar 22,4 ppt (Darwin *et al.*, 2017). Untuk membuat media hewan uji dengan salinitas yang diperlukan, digunakan rumus sebagai berikut (Listiyani *et al.*, 2016):

$$V_1 \times N_1 = V_2 \times N_2$$

Keterangan:

V1: Volume larutan sebelum pengenceran

V2: Volume larutan setelah pengenceran

N1: Konsentrasi larutan sebelum pengenceran

N2: Konsentrasi larutan setelah pengenceran

Pemeliharaan kualitas air dilakukan dengan cara penyiponan feses dan sisa pakan 2 kali dalam satu hari yaitu pada pagi hari dan sore hari. Penyiponan dilakukan untuk membersihkan media budidaya agar tetap bersih dan layak untuk kehidupan udang uji. Pengelolaan kualitas air pada media pemeliharaan dilakukan dengan mengukur parameter kualitas air yang diamati selama penelitian seperti suhu ($^{\circ}\text{C}$), derajat keasaman (pH), oksigen terlarut (DO) dan ammonia (NH_3).

Metode yang digunakan adalah metode eksperimen, dengan rancangan acak lengkap (RAL), 4 perlakuan dan 4 pengulangan. Parameter yang diamati dengan rumus sebagai berikut :

1. Total Konsumsi Pakan

Total konsumsi pakan dihitung dengan menggunakan rumus Tacon (1987) sebagai berikut:

$$\text{TKP} = \text{F1} - \text{F2}$$

dimana:

TKP = Tingkat konsumsi pakan

F1 = Jumlah pakan awal (g)

F2 = Jumlah pakan sisa (g)

2. Efisiensi Pemanfaatan Pakan

Nilai efisiensi pemanfaatan pakan (EPP) dapat ditentukan dengan rumus Tacon (1987) sebagai berikut:

$$\text{EPP} = \frac{W_t - W_o}{F} \times 100\%$$

dimana:

EPP = Efisiensi pemanfaatan pakan (%)

W_t = Bobot total ikan pada akhir penelitian (g)

W_o = Bobot total ikan pada awal penelitian (g)

F = Jumlah pakan yang dikonsumsi selama penelitian (g)

3. Protein Efisiensi Ratio

Nilai protein efisiensi ratio (PER) dapat ditentukan dengan menggunakan rumus Tacon (1987) sebagai berikut:

$$\text{PER} = \frac{W_t - W_o}{P_i} \times 100\%$$

dimana:

PER = Protein efisiensi rasio (%)

W_t = Bobot total ikan pada akhir penelitian (g)

W_o = Bobot total ikan pada awal penelitian (g)

P_i = Jumlah pakan yang dikonsumsi x % protein pakan

4. Laju Pertumbuhan Relatif

Menurut Takeuchi (1988) laju pertumbuhan relatif atau *relative growth rate* (RGR) ikan dihitung menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{RGR} = \frac{W_t - W_o}{W_o \times t} \times 100\%$$

dimana:

RGR = Laju pertumbuhan relatif (% per hari)

W_t = Bobot total ikan pada akhir pemeliharaan (g)

W_o = Bobot total ikan pada awal pemeliharaan (g)

t = Waktu pemeliharaan (hari)

5. Kelulushidupan

Kelulushidupan atau *survival rate* (SR) dihitung untuk mengetahui tingkat kematian ikan uji selama penelitian, kelulushidupan dapat dihitung berdasarkan rumus Takeuchi (1988):

$$\text{SR} = \frac{N_t}{N_o} \times 100\%$$

dimana:

SR = Kelulushidupan ikan (%)

N_t = Jumlah ikan pada akhir penelitian (ekor)

N_0 = Jumlah ikan pada awal penelitian (ekor)

Data hasil pengamatan meliputi TKP, EPP, PER, FCR, RGR dan SR dianalisis dengan menggunakan analisis ragam (ANOVA) pada taraf kepercayaan 95% dan 99% untuk melihat pengaruh perlakuan. Apabila dalam analisis ragam diperoleh berpengaruh nyata ($P < 0,05$) atau berpengaruh sangat nyata ($P < 0,01$), maka dilakukan uji wilayah ganda duncan untuk mengetahui perbedaan antar perlakuan (Steel *et al.*, 1993). Data kualitas air dianalisis secara deskriptif.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Data pengamatan selama penelitian meliputi nilai TKP, EPP, PER, RGR, SR tersaji pada Tabel 1 dan parameter kualitas air selama penelitian pada Tabel 2.

Tabel 1. Nilai TKP, EPP, PER, RGR, dan SR udang vaname (*L.vannamei*) selama penelitian

Perlakuan	Variabel yang diamati				
	TKP (g)	EPP (%)	PER (%)	RGR(%/hari)	SR(%)
A	122,64±3,68 ^b	52,35±4,48 ^c	1,54±0,11 ^c	3,25±0,24 ^c	93,33±1,30 ^a
B	131,33±5,39 ^b	68,42±5,56 ^{ab}	2,00±0,16 ^{ab}	4,50±0,39 ^b	93,33±1,30 ^a
C	141,78±5,46 ^a	72,31±4,00 ^a	2,08±0,12 ^a	5,28±0,43 ^a	98,33±1,12 ^a
D	123,88±4,88 ^b	60,63±5,25 ^{bc}	1,74±0,12 ^{bc}	3,84±0,29 ^{bc}	93,33±1,35 ^a

Keterangan : Nilai rerata dengan huruf *superscript* yang berbeda menunjukkan adanya perbedaan yang nyata ($P < 0,05$)

Tabel 2. Parameter kualitas air udang vaname selama penelitian

c. Param eter Kualitas Air	d. Suhu (°C)		e. Salinit as (ppt)	f. p H	g. D O (mg/l)	h. Amo nia (ppm)
	i. Pa gi	j. So re				
k. Kisaran Nilai	l. 25 - 30	m. 28 - 31	n. 22,4	o. 6,7 - 7,2	p. 4,92 - 5,50	q. 0 - 0,0128
r. Pustaka (Kelayakan)	s. 24 - 32 ^a	t. 24 - 32 ^a	u. 10,5 - 39 ^a	v. 7,5 - 8,5 ^a	w. 4 - 8,9 ^b	x. 0,1 - 0,5 ^c

Sumber :

^aDarwin *et al.* (2017); ^bChakravarty *et al.* (2016); ^cWWF (2014)

Hasil analisis ragam diketahui bahwa ekstrak nanas pada pakan buatan memberikan pengaruh sangat nyata ($P < 0,01$) terhadap TKP udang vaname dengan nilai total konsumsi pakan berturut-turut yaitu perlakuan C sebesar 141,78g, perlakuan B sebesar 131,33g, perlakuan D sebesar 123,8g dan perlakuan A sebesar 122,64g. Nilai total konsumsi pakan tertinggi pada perlakuan C (0.2 ml/kg pakan) hal ini diduga energi protein yang dihasilkan sesuai untuk kebutuhan dari ikan dibandingkan dengan perlakuan yang lainnya sehingga mempengaruhi jumlah pakan yang dikonsumsi oleh udang vaname. Menurut Fran dan Junius (2013), bahwa total konsumsi pakan lebih dipengaruhi oleh keseimbangan energi protein dalam pakan bukan palatabilitas pakan. Energi yang melebihi kebutuhan akan menurunkan tingkat konsumsi pakan sehingga asupan nutrisi lain juga akan menurun.

Tinggi rendahnya total konsumsi pakan dipengaruhi juga oleh kandungan nutrisi pada pakan. Pakan yang mudah dicerna dapat meningkatkan jumlah pakan yang dikonsumsi ikan. Menurut Obirikorang *et al.* (2015), bahwa pengambilan pakan yang rendah oleh ikan dapat dipengaruhi oleh adanya bahan yang sulit dicerna ikan, adanya zat anti nutrisi serta adanya bahan yang sulit dikonsumsi ikan. Selain itu, kandungan nutrisi yang hampir sama pada pakan diduga dapat memacu respons ikan pada pakan yang diberikan. Hasil penelitian ini serupa dilaporkan Lima *et al.* (2012), total konsumsi pakan tertinggi pada ikan nila (*O. niloticus*) adalah 175,2 g dengan pemberian ekstrak nanas pada pakan sebesar 15% dan terendah pada kontrol 0% sebesar 135,8

g, dan penelitian Subandiyono *et al.* (2018), total konsumsi pakan tertinggi pada ikan java barb (*P. javanicus*) adalah 67,60 g dengan pemberian ekstrak nanas pada pakan sebesar 0,75% dan terendah pada kontrol 0% sebesar 65,74 g.

Hasil analisis ragam diketahui bahwa ekstrak nanas pada pakan buatan memberikan pengaruh sangat nyata ($P < 0,01$) terhadap EPP udang vaname. Berdasarkan nilai EPP pada (Tabel 1) menunjukkan bahwa setiap perlakuan dalam penelitian ini dinyatakan baik karena memiliki nilai EPP di atas 50%. Nilai EPP pada perlakuan C (0.2 ml/kg pakan) merupakan hasil terbaik, hal ini diduga karena efektifitas bromelin yang terkandung didalam ekstrak nanas mampu menyederhanakan senyawa kompleks dalam pakan buatan menjadi senyawa yang lebih sederhana (asam amino), sehingga udang vaname dapat memanfaatkan pakan dengan baik. Menurut Obirikorang *et al.* (2016), bahwa kemungkinan perlakuan tersebut menambah profil asam amino terutama kandungan metionin dari diet yang mengarah ke indeks pertumbuhan dan efisiensi pakan yang lebih baik.

Enzim bromelin didalam ekstrak nanas dapat menghidrolisis kolagen sehingga penyerapan nutrisi pakan menjadi lebih optimal. Pakan yang mudah dicerna tentu akan membantu ikan dalam memanfaatkan pakan lebih tinggi. Menurut Choi *et al.* (2012), bahwa nanas mengandung enzim pencernaan yang disebut enzim bromelin yang terdiri dari enzim proteolitik. Studi mengenai enzim bromelin menunjukkan bahwa enzim bromelin yang berasal dari ekstrak nanas mengandung berbagai macam enzim proteinase untuk mempermudah memanfaatkan pakan. Bromelin memiliki kemampuan untuk menghidrolisis ikatan peptida pada protein atau polipeptida menjadi molekul yang lebih kecil yaitu asam amino. Hal ini didukung oleh Nadzirah *et al.* (2016), bahwa bromelin memotong ikatan peptide pada ujung karbonil lisin, alanin, tirosin dan glisin. Menurut penelitian Subandiyono *et al.* (2018), bahwa tingkat optimal dari ekstrak nanas pada ikan java barb (*P. javanicus*) adalah 2,13% g dengan nilai FUE maksimum 37,29% dan menurut Yuangsoi *et al.* (2018), bahwa dengan penambahan limbah ekstrak nanas (PWE) sebesar 1% dapat memberikan efisiensi pemanfaatan pakan yang optimum untuk ikan nila (*O. niloticus*).

Nilai PER udang vaname tertinggi berturut-turut yaitu perlakuan C sebesar 2,08%, perlakuan B sebesar 2,00%, perlakuan D sebesar 1,74% dan perlakuan A sebesar 1,54%. Perlakuan C (0,2 ml/kg pakan) memiliki nilai paling tinggi diantara perlakuan lain, diduga dosis tersebut merupakan dosis yang sesuai untuk menguraikan protein dan nutrisi pakan sehingga dapat dimanfaatkan oleh ikan secara maksimal. Hal ini didukung oleh Choi *et al.* (2016), bahwa semakin banyak jumlah enzim yang ditambahkan ke dalam pakan yang dipromosikan semakin banyak jumlah protein yang dihidrolisis menjadi asam amino, dan dengan demikian meningkatkan penyerapan protein dan pertumbuhan pakan ikan. Di sisi lain, jika jumlahnya enzim melewati titik optimal, itu bisa merespon efek negatif dan kekuatan menghambat pertumbuhan ikan.

Hasil analisis ragam diketahui bahwa ekstrak nanas pada pakan buatan memberikan pengaruh sangat nyata ($P < 0,01$) terhadap PER udang vaname. Enzim eksogenus dapat menghidrolisis protein sehingga dapat menambah pencernaan protein dalam tubuh ikan. Perbedaan nilai efisiensi protein pada setiap perlakuan diduga disebabkan oleh terurainya kandungan protein dalam pakan oleh ekstrak nanas. Menurut Mohan *et al.* (2016), bahwa bromelin merupakan salah satu bahan alami yang mengandung enzim proteolitik yang mampu menghidrolisis protein menjadi senyawa yang lebih sederhana dan memutus ikatan peptide dari ikatan substrat yang berperan sebagai katalisator dalam sel sehingga dapat meningkatkan daya cerna protein. Hal ini didukung oleh Nadzirah *et al.* (2016), bahwa bromelin memotong ikatan peptida pada ujung karbonil lisin, alanin, tirosin dan glisin. Dosis ekstrak nanas tertentu memberikan PER maksimum, serupa dengan penelitian Subandiyono *et al.* (2018), tingkat optimal dari ekstrak nanas pada ikan java barb (*P. javanicus*) adalah 2,06 % dengan nilai PER maksimum 1,10%.

Hasil pengamatan RGR menunjukkan bahwa perlakuan C (0,2 ml/kg pakan) menghasilkan nilai RGR tertinggi yaitu 5,28%. Nilai RGR berbanding lurus dengan nilai EPP, sehingga nilai EPP yang semakin tinggi akan diikuti nilai RGR yang semakin tinggi. Hasil ini diduga disebabkan oleh enzim bromelin dalam ekstrak nanas yang bekerja menghidrolisis protein kompleks menjadi asam amino dan ikatan peptida lebih banyak dibandingkan dengan perlakuan lain. Enzim bromelin dapat berfungsi untuk memecah protein dalam pakan menjadi ikatan peptida dan asam amino. Menurut Isnawati *et al.* (2015), yaitu laju pertumbuhan yang tinggi dipengaruhi oleh penambahan kandungan protein dan kandungan lemak tubuh yang berfungsi sebagai pembangun otot, sel-sel, dan jaringan serta sebagai sumber energi. Laju pertumbuhan yang tinggi berkaitan dengan

efisiensi pakan yang tinggi menunjukkan bahwa penggunaan pakan yang efisien, sehingga dapat memenuhi kebutuhan energi dan selebihnya untuk pertumbuhan.

Nilai laju pertumbuhan relatif tertinggi berturut – turut yaitu perlakuan C sebesar 5,28%, perlakuan B sebesar 4,50±%, perlakuan D sebesar 3,84% dan perlakuan A sebesar 3,25%. Nilai laju pertumbuhan relatif udang vaname yang diberi pakan buatan dengan ekstrak nanas lebih tinggi dibandingkan dengan udang vaname yang diberi pakan buatan tanpa penambahan ekstrak nanas. Menurut Sripan *et al.* (2017), bahwa nanas mengandung enzim yang memiliki efek proteolitik didalam pencernaan. Diketahui bahwa ekstrak nanas memiliki kemampuan mencerna seperti larutan pepsin. Hal ini didukung oleh Purwaningsih (2017), bahwa enzim bromelin dapat di ekstrak dari bagian batang atau buah nanas. Kandungan enzim lebih banyak di bagian daging buahnya, hal ini ditunjukkan dengan aktivitasnya yang lebih tinggi dibandingkan dengan aktivitas pada bagian batangnya. Bromelin diisolasi dari buah nanas dengan menghancurkan daging buah untuk mendapatkan ekstrak kasar enzim bromelin sis iaktif enzim bromelin ini mengandung gugus sistein dan histidin yang penting untuk aktivitas enzim tersebut, sehingga enzim ini secara khusus memotong ikatan peptida pada gugus karbonil. Hasil penelitian serupa dilaporkan oleh Masniar *et al.* (2016), Subandiyono *et al.* (2018), dan Yuangsoi *et al.* (2018).

Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa ekstrak nanas pada pakan buatan tidak berpengaruh nyata ($P>0,05$) terhadap SR udang vaname. Kelulushidupan tidak dipengaruhi langsung oleh pakan, kematian terjadi diduga adanya faktor internal dan eksternal diantaranya karena ikan mengalami stress saat dilakukan sampling perminggu. Hal ini didukung oleh Mulyani *et al.* (2014), bahwa kelangsungan hidup ikan dipengaruhi oleh faktor internal dan eksternal. Faktor internal berasal dari ikan itu sendiri. Ikan mengalami stress karena perlakuan yang kurang hati-hati sehingga mortalitasnya tinggi dan adanya persaingan makanan. Faktor eksternal yang berpengaruh antara lain kondisi lingkungan seperti, amoniak yang tinggi dan atau karena kondisi tempat yang kurang mendukung dalam pemeliharaan.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan dari hasil penelitian adalah bahwa ekstrak nanas berpengaruh sangat nyata ($P<0,01$) efisiensi pemanfaatan pakan (EPP) dan laju pertumbuhan relatif (RGR), namun tidak berpengaruh nyata ($P>0,05$) terhadap kelulushidupan (SR) udang vaname. Perlakuan C (0.2 ml/kg pakan) merupakan dosis terbaik untuk EPP dan RGR udang vaname.

DAFTAR PUSTAKA

- Chakravarty, M.S., P.R.C. Ganesh, D. Amarnath, B.S. Sudha and T.S Babu. (2016). Spatial Variation Of Water Quality Parameters Of Shrimp (*Litopenaeus vannamei*) Culture Ponds at Narsapurapupeta, Kajuluru and Kaikavolu Village Of East Godavari District, Andhra Pradesh. *Internasional Journal of Fisheries and Aquatic Studies*, 4(4), 390-395.
- Choi, W.M., C.L. Lam, W.Y. Mo, and M.H. Wong. (2016). Upgrading Food Wastes by Means of Bromelain and Papain to Enhance Growth and Immunity of Grass Carp (*Ctenopharyngodon idella*). *Environmental Science and Pollution Research*, 23(8), 7186-7194.
- Darwin, C.H., K. Suneetha, K. Kavitha, and G. Rao. (2017). Water Quality Assesment Of Pacific White Shrimp (*Litopenaeus vannamei*) in Semi Intensive Culture Sytems at Village of Prakasam District, Andhra Pradesh, India. *Internasional Journal of Advanced Science and Research*, 2(4), 123-129.
- Fran, S., and A. Junius. (2013). The Effect of Dietary Protein and Protein Ratio on The Growth of *Trichogaster Pectoralis*. *Fish Scientiae*, 3(5), 53-6.
- Hardiany, N.S. (2013). Enzim Pemecah Protein dalam Sel. *Jurnal Kedokteran Indonesia*, 1(1), 75-8.
- Inaolaji, O.W. (2011). *Growth Performance and Digestibility of Nile Tilapia, Oreochromis niloticus Fed Pineapple (Ananas comosus) Peel Meal-Based Diets*. A Project Work Submitted to Department of Aquaculture and Fisheries Management. University of Agriculture Abeokuta. 45 p.
- Isnawati, N., S. Romziah, dan M. Gunanti. (2015). Potensi Serbuk Daun Pepaya untuk Meningkatkan Efisiensi Pemanfaatan Pakan, Rasio Efisiensi Protein dan Laju Pertumbuhan Relatif pada Budidaya Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*). *Jurnal Ilmiah Perikanan dan Kelautan*, 7(2), 121-124.
- Lima, M.R.D., M.D.C.M.M. Ludke, M.C.R.D. Holanda, B.W.C. Pinto, J.V. Ludke, and E.L.Santos. (2012). Performance and Digestibility of Nile tapia Fed with Pineapple Residu Bran. *Maringa*, 34(1), 41-47.

- Listiyani, P.A., A. Soegianto, dan S. Hariyanto. (2016). Kadar Ionik Serum Darah Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*) yang Dipelihara pada Salinitas Berbeda. *Prosiding Seminar Nasional Biologi*, 1(1), 66-69 ISBN:978-602-0951-11-9.
- Manush, S.M., P.P. Srivastava, M.P.S. Kohli, K.K. Jain, S.Ayyappan, and S.Y. Metar. (2013). Combined Effect of Papain and Vitamin-C Levels on Growth Performance of Freshwater Giant Prawn, *Macrobrachium rosenbergii*. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 13(4), 79-486.
- Masniar, M., Z.A. Muchlisin dan S. Karina. (2016). Pengaruh Penambahan Ekstrak Batang Nanas pada Pakan terhadap Laju Pertumbuhan dan Daya Cerna Protein Pakan Ikan Betok (*Anabas tetudineus*). *Jurnal Kelautan dan Perikanan Unsyiah*, 1(1), 35-45.
- Mohan, R., V. Sivakumar, T. Rangasamy, and C. Muralidharan. (2016). Optimization of Bromelain Enzyme Extraction From Pineapple (*Ananas comosus*), and Application in Process Industry. *American Journal of Biochemistry and Biotechnology*, 12(3), 188-195.
- Mulyani, Y.S., Yulisman, dan M. Fitriani. (2014). Pertumbuhan dan Efisiensi Pakan Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*) yang Dipuaskan secara Periodik. *Jurnal Akuakultur Rawa Indonesia*, 2(1), 1-12. ISSN : 2303-2960.
- Nurhidayah, Masriany, dan M. Masri. (2013). Isolasi dan Pengukuran Aktivitas Enzim Bromelin dari Ekstrak Kasar Batang Nanas (*Ananas comosus*) Berdasarkan Variasi pH. BIOGENESIS. *Jurnal Ilmiah Biologi*, 1(2), 116-122. ISSN 2302-1616.
- Nadzirah, K.Z., S. Zainal, A. Noriham and I. Normah. (2016). Application of Bromelain Powder Produced from Pineapple Crowns in Tenderising Beef Round Cuts. *International Food Research Journal*, 23(4), 1590-1599.
- Omotoyinbo, O.V., and D.M. Sanni. (2017). Characterization of Bromelain from Part of Three Different Pineapple Varieties in Nigeria. *American Journal of BioScience*, 5(3), 35-41.
- Obirikorang, K.A., S. Amisaha, S.C. Fialor, and P.V. Skov. (2015). Effects of Dietary Inclusions of Oilseed Meals on Physical Characteristics and Feed Intake of Diets for the Nile Tilapia, *Oreochromis niloticus*. *Aquaculture Reports*, 1, 43–49.
- Patil, D. W., dan H. Singh. (2014). Effect of Papain Supplemented Diet on Growth and Survival of Post-Larvae of *Macrobrachium rosenbergii*. *Internasional Journal of Fisheries and Aquatic Studies*, 1(6), 176-179.
- Purwaningsih, I. (2017). Potensi Enzim Bromelin Sari Buah Nanas (*Ananas Comosus L.*) dalam Meningkatkan Kadar Protein pada Tahu. *Jurnal Teknologi Laboratorium*, 6(1), 39-46. ISSN: 2338 – 5634.
- Putri, F.S., Z. Hasan, dan K. Haetami. (2012). Pengaruh Pemberian Bakteri Probiotik pada Pelet yang Mengandung Kaliandra (*Calliandra calothyrsus*) terhadap Pertumbuhan Benih Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*). *Jurnal Perikanan dan Kelautan*, 3(4), 283–291. ISSN: 2088-3137.
- Rachmania, R.A., P. Wahyudi, A.M. Wardani, dan D.R. Insani. (2017). Profil Berat Molekul Enzim Protease Buah Nanas (*Ananas comosus L.Merr*) dan Pepaya (*Carica papaya L.*) menggunakan Metode SDS-PAGE. *ALCHEMY Jurnal Penelitian Kimia*, 13(1), 52-65.
- Sripan, P., R. Aukkanimart, T. Boonmars, P. Sriraj, J. Songsri, P. Boueroy, and A. Artchayasawart. (2017). Application of Pineapple Juice in the Fish Digestion Process for Carcinogenic Liver Fluke *Metacercaria* Collection. *Asian Pasific Journal of Cancer Prevention*, 18(3), 779-782.
- Subandiyono, S. Hastuti, and R.A. Nugroho. (2018). Feed Utilization Efficiency and Growth of Java Barb (*Puntius javanicus*) Fed on Dietary Pineapple Extract. *AAFL Bioflux*, 11(2), 309-318.
- Steel, R.G.D., J.H. Torrie & D.A. Dickey. (1997). *Principles and Procedures of Statistics: A Biometrical Approach*. 3rd Edition, McGraw Hill, Inc. Book Co., New York, 352–358.
- Tacon, A.E.J. (1987). *The Nutrition and Feeding Formed Fish and Shrimp a Training Manual Food and Agriculture of United Nation Brazilling*, Brazil, 108 p.
- Takeuchi, T. (1988). *Laboratory Work-Chemical Evaluation Of Dietary Nutriens*. In: *Watanabe, T. Fish Nutrition and Mariculture*, JICA, Tokyo University of Fisheries, 179 – 229 p.
- WWF Indonesia. (2014). *Better Management Practices Budidaya Udang Vaname Tambak Semi Intensif dengan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL)*. Jakarta Selatan. 26 hlm.
- Yuangsoi, B., R. Klahan, S. Charoenwattanasak, and S.M. Lin. (2018). Effects of Supplementation of Pineapple Waste Extract in Diet of Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*) on Growth, Feed Utilization, and Nitrogen Excretion. *Jurnal of Applied Aquaculture*, 1(1), 1-11.

PERBANDINGAN KARAKTERISTIK SIFAT FISIKOKIMIA GELATIN TULANG IKAN BANDENG DAN GELATIN SAPI KOMERSIAL

Masirah

Program Studi Teknik Pengolahan Produk Perikanan, Politeknik Kelautan dan Perikanan Sidoarjo

Corresponding author e-mail: imazummufarras@gmail.com

ABSTRAK

Tulang ikan bandeng merupakan salah satu limbah hasil perikanan yang berpotensi sebagai bahan baku pembuatan gelatin halal. Gelatin ikan merupakan salah satu alternatif dari gelatin yang berasal dari sapi atau babi. Gelatin ikan umumnya memiliki sifat fisiko kimia yang lebih rendah dari gelatin komersial yang bersumber dari mammalia. Uji perbandingan sifat kimia dan fisik gelatin tulang ikan hasil optimasi dan gelatin komersial dari sapi dilakukan dengan uji t. Hasil uji t terhadap nilai pH, kadar air, kadar protein, kadar lemak, kekuatan gel, nilai L, a dan b pada gelatin tulang ikan dan gelatin komersial memberikan pengaruh yang nyata ($p < 0,05$) terhadap kualitas sifat kimia dan fisik gelatin. Tetapi pada sifat fisiko kimia kadar abu, suhu leleh, suhu gelling dan viskositas gelatin tulang ikan dan gelatin sapi tidak memberikan pengaruh yang berbeda nyata ($p > 0,05$). Pengujian mikrostruktur gelatin tulang ikan dan gelatin sapi menggunakan Scanning Electron Microscopy (SEM). Pengamatan gelatin dengan SEM menunjukkan bahwa gelatin tulang ikan bandeng memperlihatkan rongga (sponge) yang lebih besar dan banyak sementara gelatin sapi komersial strukturnya lebih padat dan kompak dimana sisi atas dan sisi bawah terlihat seragam. Gelatin tulang ikan bandeng dengan kekuatan gel (337,46 gram bloom) lebih rendah dibandingkan kekuatan gel (410,39 gram bloom) gelatin sapi komersial. Mikrostruktur gelatin dapat dihubungkan dengan kekuatan gel gelatin dimana gelatin dengan kekuatan gel yang tinggi memperlihatkan struktur seperti sponge (karang) yang ukurannya lebih kecil.

Kata kunci: *tulang ikan bandeng, sifat fisikokimia, kekuatan gel*

PENDAHULUAN

Bandeng merupakan salah satu komoditas unggulan di sektor perikanan di Kabupaten Sidoarjo. Produksi bandeng Sidoarjo pada Tahun 2012 meningkat menjadi 27.177,5 ton (Dinas Perikanan dan Kelautan Provinsi Jawa Timur, 2012). Bandeng Sidoarjo memiliki keunggulan karena rasanya yang gurih dan tidak berbau lumpur. Ikan ini menimbulkan satu masalah ketika dikonsumsi yaitu adanya tulang dan duri halus yang berjumlah sekitar 200. Bandeng umumnya diolah menjadi bandeng tulang / duri lunak (bandeng presto), agar manusia bisa mengkonsumsinya dengan aman. Pengolahan bandeng presto membutuhkan suhu dan tekanan tinggi yang bisa mempengaruhi nilai gizinya. Pengolahan bandeng menjadi bandeng tanpa duri (*milkfish boneless*) dalam bentuk segar bisa dijadikan sebagai alternative untuk mempertahankan gizinya. Pengembangan produk bandeng tanpa duri segar (*milk fish boneless*) juga bertujuan untuk meningkatkan kepraktisan dalam pengkonsumsian (Suseno dan Suhono, 2007).

Potensi agroindustri bandeng tanpa duri di Sidoarjo yang berorientasi ekspor ada sekitar 34.000 ha, atau setara dengan 260 kontainer (1 kontainer = 20 ton) bandeng tanpa duri beku / bulan. Industri bandeng tanpa duri telah menyisakan limbah padat berupa tulang, duri, rangka, dan jeroan sekitar 20-30 % (Suseno, 2011) dengan tulang menyumbang sekitar 15-20 % (Fahlivi, 2009) dari bahan baku aslinya. Tulang ikan bandeng merupakan salah satu limbah hasil perikanan yang belum mendapatkan perhatian dan penanganan yang optimal. Limbah tulang ikan bandeng per bulan yang akan terbuang percuma diperkirakan sekitar $17,5\% \times 260 \times 20 = 910$ ton.

Tulang ikan bandeng merupakan salah satu limbah hasil perikanan yang belum mendapatkan perhatian dan penanganan yang optimal. Usaha pemanfaatan limbah usaha bandeng tanpa duri sangat diperlukan tidak hanya untuk meningkatkan nilai ekonomis, tapi juga mencegah pencemaran lingkungan. Tulang ikan bandeng berpotensi sebagai sumber kolagen (Fahlivi, 2009) dan bahan baku pembuatan gelatin halal (Jannah dan Fatimah, 2008). Gelatin dari tulang ikan adalah alternatif yang mungkin untuk gelatin sapi dan babi. Umumnya rendemen gelatin yang berasal dari tulang ikan sekitar 12% (Abdullah, 2005), sehingga diperkirakan dari limbah tulang ikan bandeng sebesar 910 ton diperoleh gelatin tulang ikan sebesar 109,2 ton. Salah satu keuntungan besar dari sumber gelatin

ikan adalah bahwa mereka tidak terkait dengan risiko wabah sapi gila (*Bovine Spongiform Encephalopathy*). Gelatin tulang ikan juga dapat diterima untuk umat Islam, dan dapat digunakan dengan sedikit pembatasan pada agama Yahudi dan Hindu (Adam and Mariod, 2013).

Gelatin ikan yang berasal dari tulang dan kulit ikan digolongkan sebagai gelatin tipe A yang menggunakan proses asam untuk mengawali proses ekstraksinya. Ekstraksi dengan proses asam, lebih singkat dibandingkan dengan proses basa. Gelatin ikan memiliki suhu leleh dan suhu *gelling* serta kekuatan gel yang lebih rendah dibandingkan dengan gelatin mamalia. Faktor-faktor pada proses ekstraksi gelatin seperti perlakuan konsentrasi, perlakuan waktu dan suhu ekstraksi akan mempengaruhi rendemen gelatin (Sanaei *et al.*, 2013). Hasil optimasi ekstraksi gelatin tulang ikan bandeng dengan *Response Surface Methodology* menunjukkan bahwa kondisi optimum untuk proses ekstraksi gelatin tulang ikan bandeng diperoleh pada saat konsentrasi HCl 4,65%, waktu ekstraksi HCl 26,89 jam dan suhu ekstraksi aquades 89,92 °C dengan hasil rendemen sebesar 12,93% dan kekuatan gel sebesar 335,57 gram *bloom* (Masirah *et al.*, 2017). Tujuan utama dari penelitian ini adalah untuk melakukan perbandingan sifat fisikokimia gelatin hasil optimasi kemudian dibandingkan dengan gelatin komersial.

MATERI DAN METODE

Bahan

Bahan baku yang digunakan dalam pembuatan gelatin adalah tulang ikan bandeng dengan spesifikasi tulang besar bagian punggung panjang ± 18 cm diameter ± 5 mm berat ± 7 gram, yang diperoleh dari Unit Usaha Pengolahan Bandeng Tanpa Duri Politeknik Kelautan dan Perikanan Sidoarjo. Bahan kimia yang digunakan dalam pembuatan gelatin yaitu HCl teknis dan Aquades. Semua bahan kimia untuk pembuatan gelatin ini diperoleh dari CV. Makmur Sejati Malang. Gelatin komersial yang dibandingkan dengan gelatin hasil penelitian juga diperoleh dari CV. Makmur Sejati Malang.

Bahan-bahan penelitian yang diperlukan untuk analisa gelatin antara lain bahan-bahan kimia yang digunakan untuk analisis proksimat (pelarut Petroleum Eter p.a., tablet *kjeldahl*, H₂SO₄ pekat 95%, NaOH 40%, larutan H₃BO₃, indikator *Brom Cresol Green-Methyl Red*, aquades dan HCl 0.1 N). Bahan lain yang diperlukan antara lain : HCl 0.01 N, kertas milipore, *Buffer Kalium Borat*, larutan standar mix asam amino dan aquabidest untuk uji komposisi asam amino yang diperoleh dari Laboratorium Sentral dan Ilmu Hayati Universitas Brawijaya.

Alat

Peralatan untuk analisa meliputi pH meter (PHM-210), oven (merk Memmert), beker *glass (pyrex)*, sentrifusa, *waterbath* (merk Memmert), *magnetic stirrer* (Stuart Scientific), timbangan analitik (Ohaus), termometer, *colour rider* (merk Minolta CR-10), *tensile strength instrument* (Digital Force Gauge, merk Imada/ZP-200N), *viscometer* (brookfield syncroelectric viscometer), HPLC (Kolom AccQTag *column* (3,9x150 mm), fase mobil acetonitril 60%, *flow rate* 1 ml/menit, *detector* Fluorescence, panjang gelombang 254 nm) dan alat uji mikrostruktur tulang ikan dengan SEM-EDAX Swifted 3000, sedangkan gelatin dengan SEM (merk FEI, *type insect S50*).

Analisa

Pengujian sifat fisiko-kimia berupa rendemen, pH, warna, viskositas, kekuatan gel, SEM, suhu leleh, suhu pembentukan gel, uji kadar proksimat (kadar air, abu, protein, dan lemak), dan pengujian komposisi asam amino. Hasil semua pengujian dibandingkan dengan gelatin sapi komersial. Variabel yang diukur adalah : rendemen (Jamilah *et al.*, 2011); warna dengan *colour reader* (Jamilah *et al.*, 2011); viskositas menggunakan *Viscometer Oswald* (AOAC, 2000); kekuatan gel, suhu leleh, suhu pembentukan gel dan SEM (Ratnasari *et al.*, 2013); pH menggunakan pH meter (Cheow *et al.*, 2007); kadar air, kadar abu, kadar protein dan kadar lemak (AOAC, 2000) dan komposisi asam amino (HPLC metode *Waters AccQ Tag Chemistry*, 2015).

Rancangan Percobaan

Uji perbandingan kualitas sifat fisikokimia gelatin ikan hasil optimasi dengan gelatin komersial menggunakan uji t. Analisa data menggunakan *Software R. Version 3.1.2*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakterisasi mutu dan kualitas dari gelatin tulang ikan hasil optimasi ditentukan berdasarkan sifat kimia dan fisiknya. Mutu dan kualitas dari gelatin tulang ikan akan dibandingkan dengan standar kualitas gelatin di Indonesia berdasarkan SNI 06-3735-1995, standar internasional GMIA (2012) dan dibandingkan juga dengan gelatin komersial yang berasal dari sapi. Rerata rendemen dan komposisi penentu kualitas gelatin disajikan pada Tabel 1 berikut.

Tabel 1. Sifat Fisiko-kimia Gelatin Ikan Hasil Optimasi dengan Gelatin Sapi Komersial

No	Parameter	Gelatin Optimum	Gelatin Komersial
1	pH	5,55 ± 0,07 ^a	6,35 ± 0,21 ^b
2	Kadar Air (%)	1,58 ± 0,01 ^a	4,07 ± 0,04 ^b
3	Kadar Abu (%)	1,08 ± 0,01 ^a	0,98 ± 0,06 ^a
4	Kadar Protein (%)	93,80 ± 0,02 ^a	91,85 ± 0,07 ^b
5	Kadar Lemak (%)	3,03 ± 0,02 ^a	1,89 ± 0,05 ^b
6	Rendemen (%)	12,60 ± 0,43	-
7	Kekuatan Gel (<i>gram bloom</i>)	337,46 ± 20,21 ^a	410,39 ± 6,07 ^b
8	Viskositas (cP)	5,90 ± 0,42 ^b	6,75 ± 0,35 ^b
9	Suhu Leleh (<i>Celcius</i>)	31,50 ± 0,71 ^b	34,50 ± 0,71 ^b
10	Suhu Gelling (<i>Celcius</i>)	14,00 ± 1,41 ^a	19,00 ± 1,41 ^a
11	Nilai L (<i>Lightness</i>)	59,60 ± 3,08 ^a	72,15 ± 0,61 ^b
12	Nilai a (<i>redness</i>)	24,80 ± 0,57 ^a	22,30 ± 1,63 ^b
13	Nilai b (<i>yellowness</i>)	21,18 ± 0,73 ^a	13,15 ± 1,89 ^b

Uji Sifat Kimia pH

Hasil uji t nilai pH menunjukkan bahwa ada perbedaan yang nyata ($p < 0,05$) pada gelatin tulang ikan dan gelatin sapi komersial. Rerata nilai pH antara gelatin tulang ikan sebesar 5,55 lebih rendah dibandingkan nilai pH gelatin sapi komersial sebesar 6,35. Berdasarkan uji t menunjukkan perbedaan yang nyata antara gelatin tulang ikan dan gelatin komersial pada nilai pH. Nilai pH gelatin tulang ikan ini memenuhi kriteria standar pH untuk produk makanan menurut GMIA (2012) yakni berkisar 3,8-5,5.

Kadar Air

Hasil uji t kadar air menunjukkan bahwa ada perbedaan yang nyata ($p < 0,05$) pada gelatin tulang ikan dan gelatin sapi komersial. Kadar air gelatin tulang ikan sebesar 1,58% lebih rendah dibandingkan kadar air gelatin sapi komersial sebesar 4,07%. Kadar air pada sampel gelatin tulang ikan bandeng maupun gelatin sapi komersial, keduanya berada di bawah batas ditetapkan standar kualitas gelatin berdasarkan kadar air yaitu maksimum 16% (SNI 06-3735-1995) dan juga memenuhi standar GMIA untuk produk makanan karena berada pada *range* 8-15% (GMIA, 2012).

Kadar Abu

Hasil uji t kadar abu menunjukkan bahwa tidak ada perbedaan yang nyata ($p > 0,05$) pada gelatin tulang ikan dan gelatin sapi komersial. Kadar abu gelatin tulang ikan sebesar 1,08% lebih tinggi dibandingkan kadar abu gelatin sapi komersial sebesar 0,98%. Kadar abu gelatin bervariasi tergantung jenis bahan baku dan metode pengolahan. Perbedaan kadar abu ini dihubungkan karena adanya perbedaan kandungan mineral pada bahan baku gelatin (Jongjareonrak *et al.*, 2006). Nilai kadar abu pada gelatin tulang ikan bandeng ini telah memenuhi standar kualitas gelatin berdasarkan SNI 06-3735-1995 yaitu maksimal 3,25%.

Kadar Protein

Hasil uji t kadar protein menunjukkan bahwa ada perbedaan yang nyata ($p < 0,05$) pada gelatin tulang ikan dan gelatin sapi komersial. Kadar protein gelatin tulang ikan sebesar 93,8% lebih tinggi dibandingkan kadar protein gelatin sapi komersial sebesar 91,85%. Kadar protein gelatin tulang ikan

bandeng dan gelatin sapi komersial ini melebihi standar GMIA (2012), dimana rentang kadar proteinnya 84-90 %. Tingginya kadar protein pada gelatin tulang ikan bandeng menunjukkan bahwa gelatin tersebut memiliki mutu yang baik. Rusli (2004) menyatakan bahwa gelatin terdiri dari 98-99 % protein berdasarkan berat keringnya.

Kadar Lemak

Hasil uji t kadar lemak menunjukkan bahwa ada perbedaan yang nyata ($p < 0.05$) pada gelatin tulang ikan dan gelatin sapi komersial. Kadar lemak gelatin tulang ikan sebesar 3,03% lebih tinggi dibandingkan kadar lemak gelatin sapi komersial sebesar 1,89%. Perbedaan kadar lemak ini tergantung pada bahan mentah yang digunakan dan perlakuan selama proses pengolahan (Ratnasari, 2014). Kadar lemak gelatin tulang ikan bandeng ini termasuk tinggi, karena berasal dari tulang ikan bandeng yang juga tinggi kandungan lemaknya (15%), meskipun melalui proses pencucian secara berulang-ulang ternyata masih mengandung lemak yang cukup tinggi. Tingginya kadar lemak juga diduga diakibatkan oleh lemak yang belum keluar secara maksimal pada saat proses *degreasing*.

Komposisi Asam Amino

Asam amino merupakan unit terkecil pembentuk gelatin. Jenis dan komposisi asam amino gelatin ikan dan gelatin sapi komersial disajikan pada Tabel 2. Secara umum terdapat perbedaan komposisi asam amino dari gelatin tulang ikan dan gelatin sapi komersial. Tabel 2 menunjukkan bahwa asam amino yang nilainya dominan dibandingkan asam amino lainnya adalah alanin, prolin dan glisin yang merupakan asam amino utama pada gelatin selain hidroksiprolin (Regenstein and Zhou, 2007).

Tabel 2. Komposisi Asam Amino Gelatin Ikan Hasil Optimasi dan Gelatin Sapi

No.	Jenis Asam Amino	Gelatin Ikan (% b/b)	Gelatin Sapi (% b/b)
1	Valin	1,54	1,81
2	Threonin	1,95	1,68
3	Lisin (Lysine HCl)	3,00	3,10
4	Serin	2,89	2,96
5	Isoleusin	1,16	1,33
6	Alanin	7,59	6,25
7	Histidin	0,50	0,73
8	Phenilalanin	1,88	1,97
9	Glutamat	7,38	6,90
10	Tirosin	0,40	0,52
11	Prolin	10,47	11,23
12	Arginin	6,88	7,19
13	Glisin	20,07	21,66
14	Leusin	2,16	2,58
15	Aspartat	3,85	3,36
16	Metionin	1,46	0,90
17	Sistin	0,01	0,01
TOTAL		73,19	74,18

Berdasarkan Tabel 2, gelatin tulang ikan bandeng mempunyai kandungan prolin sebesar 10,47 % (104,7 mg/g). Glisin dan prolin merupakan dua pokok utama asam amino yang menjadi bagian (25%) dari total kandungan asam amino (Tabel 2). Tingginya kandungan glisin (20,07%) dan prolin (10,47%) pada gelatin tulang ikan bandeng nilainya lebih rendah dibandingkan dengan gelatin sapi komersial yang mempunyai kandungan glisin (21,66%) dan prolin (11,23%). Hasil uji kandungan asam amino alanin pada gelatin tulang ikan bandeng adalah sebesar 7,59 % lebih tinggi nilainya dibandingkan dengan gelatin sapi komersial (6,25%). Asam glutamat merupakan urutan ketiga dari asam amino tertinggi setelah glisin dan prolin dimana kandungan asam glutamat pada gelatin tulang ikan bandeng (7,38%) lebih tinggi dibandingkan dengan gelatin sapi komersial (6,90%). Kandungan arginin gelatin sapi komersial (7,19%) lebih tinggi dibandingkan gelatin tulang ikan bandeng (6,88%).

Hasil pengujian komposisi asam amino menunjukkan bahwa komposisi umum asam amino gelatin tulang ikan bandeng umumnya lebih rendah dibandingkan gelatin sapi komersial. Kandungan asam amino glisin dan hidroksiprolin yang rendah pada gelatin tulang ikan dapat mengakibatkan rendahnya titik leleh gelatin (Astawan dan Aviana, 2003). Komposisi asam amino dalam gelatin bervariasi tergantung pada sumber kolagen tersebut, spesies hewan penghasil dan jenis kolagen. Perbedaan komposisi asam amino tersebut disebabkan karena gelatin berasal dari bahan baku yang berbeda. Hasil pengujian komposisi asam amino menunjukkan bahwa gelatin mengandung glisin dan prolin yang cukup tinggi dibanding asam amino lainnya, dimana asam amino tersebut merupakan asam amino penyusun gelatin. Tingginya kandungan asam imino (prolin dan hidroksiprolin) dapat meningkatkan sifat reologi gelatin. Asam imino penting untuk mempertahankan stabilitas struktur *tripel heliks* kolagen (Ikoma *et al.*, 2003; Hwang *et al.*, 2007; Tong and Ying, 2013).

Uji Sifat Fisik Kekuatan Gel

Tabel 1 menunjukkan bahwa perbedaan bahan baku gelatin menghasilkan perbedaan yang signifikan ($p < 0,05$) terhadap kekuatan gel gelatin yang dihasilkan. Kekuatan gel gelatin yang berasal dari tulang ikan berbeda nyata dengan kekuatan gelatin yang berasal dari sapi. Kekuatan gel pada gelatin sapi menghasilkan kekuatan gel yang lebih tinggi ($410,39 \pm 6,07$ gram bloom) dibandingkan kekuatan gel pada gelatin tulang ikan ($337,46 \pm 20,21$ gram bloom). Kekuatan gel gelatin ikan secara umum lebih rendah dibandingkan gelatin yang berasal dari mamalia (Gilsenan and Ross-Murphy, 2000). Perbedaan utama antara gelatin ikan dan gelatin mamalia adalah pada kandungan asam amino prolin dan hidroksiprolin yang menstabilkan konformasi ketika gelatin membentuk gel jaringan. Kandungan prolin dan hidroksiprolin yang rendah mengakibatkan gelatin memiliki modulus gel, suhu leleh dan suhu *gelling* yang rendah (Haug *et al.*, 2004). Secara umum gelatin ikan memiliki kandungan asam amino lebih rendah dibandingkan gelatin mamalia sebagaimana data komposisi asam amino pada gelatin tulang ikan dan gelatin sapi komersial pada Tabel 2. Tabel 2 menunjukkan kandungan asam amino prolin pada gelatin tulang ikan 10,47 % lebih rendah dibandingkan kandungan prolin gelatin sapi komersial yaitu 11,23. Hal ini menyebabkan kekuatan gel pada gelatin tulang ikan bandeng lebih rendah dibandingkan gelatin sapi komersial.

Viskositas

Tabel 1 menunjukkan nilai viskositas gelatin tulang ikan dan gelatin sapi tidak berbeda nyata ($p > 0,05$) berdasarkan uji t. Rerata nilai viskositas gelatin tulang ikan sebesar $5,90 \pm 0,42$ lebih rendah dibandingkan gelatin sapi komersial sebesar $6,75 \pm 0,35$. Berdasarkan nilai viskositasnya, gelatin tulang ikan bandeng telah memenuhi standar mutu gelatin yaitu berada pada kisaran nilai viskositas 1,5-7,5 (GMIA, 2012).

Suhu Leleh

Tabel 1 menunjukkan bahwa suhu leleh pada gelatin tulang ikan dan gelatin sapi komersial menunjukkan hasil yang tidak berbeda nyata ($p > 0,05$). Suhu leleh pada gelatin tulang ikan sebesar $31,50 \pm 0,71$ lebih rendah dibandingkan suhu leleh gelatin sapi komersial yaitu sebesar $34,50 \pm 0,71$. Perbedaan suhu leleh gelatin tulang ikan dan gelatin sapi komersial bisa dihubungkan dengan kandungan asam amino glisin yang berbeda. Kandungan asam amino glisin pada gelatin tulang ikan sebesar 20,07 % dibandingkan kandungan glisin pada gelatin sapi komersial sebesar 21,66%. Perbedaan suhu leleh gelatin disebabkan oleh perbedaan sumber bahan mentah yang digunakan. Perbedaan jenis gelatin menghasilkan perbedaan karakteristik fisikokimia yang mempengaruhi sifat *thermal* dan reologi termasuk suhu *gelling*, suhu leleh dan kekuatan gel gelatin (Norziah *et al.*, 2009). Peningkatan kekuatan gel gelatin sebuah gel disertai dengan peningkatan suhu leleh (Choi and Regenstein, 2000), seperti gelatin sapi memiliki titik leleh lebih tinggi daripada kebanyakan gelatin ikan, dan titik leleh tinggi memperluas jangkauan aplikasi gelatin. Gudmundsson (2002) menunjukkan bahwa titik leleh lebih rendah dari gelatin ikan karena rendah asam imino (prolin dan hidroksiprolin) dibandingkan dengan gelatin mamalia.

Suhu Gelling

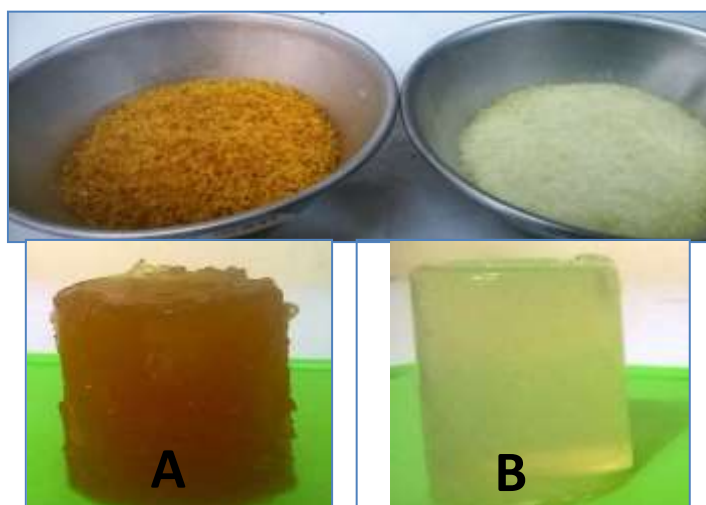
Tabel 1 menunjukkan bahwa suhu *gelling* pada gelatin tulang ikan dan gelatin sapi komersial menunjukkan hasil yang tidak berbeda nyata ($p > 0,05$). Suhu *gelling* pada gelatin tulang ikan sebesar $14,00 \pm 1,41$ lebih rendah dibandingkan suhu leleh gelatin sapi komersial yaitu sebesar $19,00 \pm 1,41$.

Suhu *gelling* ini sebanding dengan suhu lelehnya, dimana penurunan suhu *gelling* secara umum diikuti penurunan suhu *gelling* sebagaimana suhu leleh dan suhu *gelling* gelatin tulang ikan bandeng ($31,50 \pm 0,71$ dan $14,00 \pm 1,4$) sebagaimana suhu leleh dan suhu *gelling* gelatin sapi komersial ($34,50 \pm 0,71$).

Uji Warna

Hasil uji t terhadap nilai L (*Lightness*), a (*redness*) dan b (*yellowness*) memberikan perbedaan yang nyata ($p < 0,05$) terhadap gelatin tulang ikan dan gelatin sapi komersial. Hasil penentuan warna menunjukkan bahwa nilai *lightness* (*L-value*) pada gelatin tulang ikan sebesar 59,60 lebih rendah dibandingkan gelatin sapi komersial sebesar 72,15. Nilai a (*redness*) dan nilai b (*yellowness*) gelatin tulang ikan berturut-turut 24,80 dan 21,18 lebih tinggi dibandingkan dengan gelatin sapi komersial yaitu berturut-turut sebesar 22,30 dan 13,15. Hal ini disebabkan karena bahan baku untuk pembuatan gelatin berasal dari sumber yang berbeda. Menurut Jongjareonrak *et al.*, (2010) bahwa warna gelatin secara umum tergantung bahan mentah yang diekstraksi dan kondisi ekstraksi.

Penampakan secara visual warna *powder* gelatin tulang ikan bandeng adalah berwarna kemerahan, lebih gelap dibandingkan warna *powder* gelatin sapi komersial. Warna gel gelatin tulang ikan bandeng lebih merah dan gelap dibandingkan gel gelatin sapi komersial. Gel gelatin sapi menunjukkan struktur yang padat, warna putih bening sedangkan gel gelatin tulang ikan bandeng strukturnya kurang padat dibandingkan gelatin sapi dan warnanya cenderung kecoklatan dan gelap. Warna dapat berubah selama pengeringan karena reaksi kimia dan biokimia. Warna kecoklatan dan gelap diduga disebabkan karena perbedaan metode pengeringan yang digunakan (Astawan dan Aviana, 2003). Secara umum, warna tidak mempengaruhi sifat dari gelatin atau mengurangi kegunaannya (GMIA, 2012). Penampakan warna *powder* dan gel gelatin tulang ikan bandeng dan gelatin sapi komersial bisa dilihat pada Gambar 1.



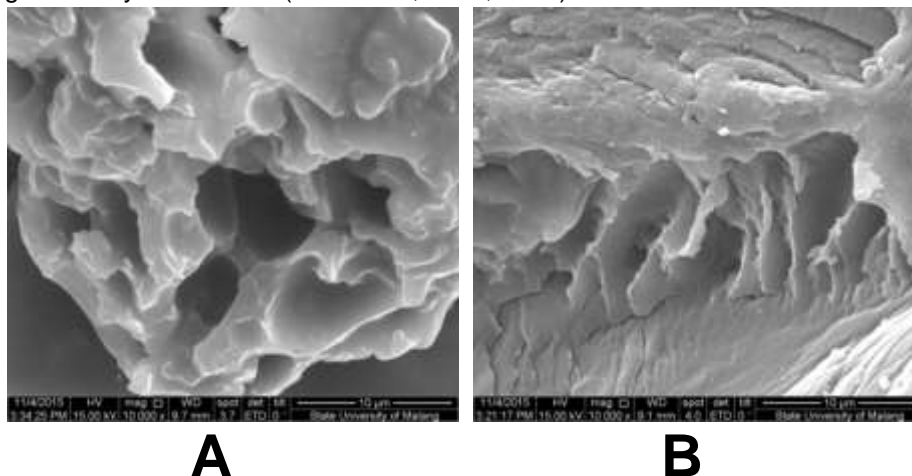
Gambar 1. Powder dan Gel Gelatin
Keterangan: A = Gelatin Tulang Ikan Optimasi dan
B = Gelatin Sapi Komersial

Uji SEM (Mikrostruktur Gelatin)

Selain analisa parameter sifat fisiko-kimia secara kuantitatif, juga dilakukan analisa kualitatif dengan menggunakan *Scanning Electron Microscopy* (SEM). Mikrostruktur gelatin tulang ikan dan gelatin sapi komersial dapat dilihat pada Gambar 2. Pengamatan gelatin hasil optimasi dan gelatin komersial dengan SEM menunjukkan bahwa semua gelatin mempunyai *sponge* atau batu karang seperti dalam struktur (Ratnasari, 2014).

Mikrostruktur dapat dihubungkan dengan nilai kekuatan gel dimana helaian yang padat menunjukkan kekuatan gel yang tinggi dibandingkan dengan helaian yang tipis, longgar dan tidak seragam. Gelatin tulang ikan bandeng hasil optimasi menunjukkan kekuatan gel ($337,46 \text{ gram bloom}$) yang rendah dibandingkan kekuatan gel ($410,39 \text{ gram bloom}$) gelatin sapi komersial (Tabel 1). Berdasarkan gambar SEM (Gambar 2), terlihat gelatin tulang ikan bandeng memperlihatkan rongga (*sponge*) yang

lebih besar dan banyak sementara gelatin sapi komersial strukturnya lebih padat dan kompak dimana sisi atas dan sisi bawah terlihat seragam. Mikrostruktur gelatin dapat dihubungkan dengan kekuatan gel gelatin dimana gelatin dengan kekuatan gel yang tinggi memperlihatkan struktur seperti *sponge* (karang) yang ukurannya lebih kecil (Sae-Leaw, *et al.*, 2016).



A **B**
Gambar 2. Gambar *Scanning Electron Microscopy* (SEM) Gelatin
Keterangan : A = Gelatin Tulang Ikan Optimasi dan
B = Gelatin Sapi Komersial dengan Perbesaran 10.000x

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan uji t pada sifat fisikokimia gelatin tulang ikan hasil optimasi dibandingkan dengan gelatin sapi komersial memberikan perbedaan nyata pada nilai pH, kadar air, kadar protein, kadar lemak, kekuatan gel, dan nilai warna L, a dan b. Pada sifat fisikokimia kadar abu, suhu leleh, suhu *gelling*, dan viskositas tidak memberikan pengaruh yang nyata pada kedua gelatin yang dibandingkan.

Saran

1. Gelatin ikan yang dihasilkan dari penelitian ini memiliki warna yang cenderung lebih gelap dibandingkan dengan gelatin komersial. Oleh karena itu perlu dilakukan penelitian lanjutan tentang pengaruh suhu dan metode pengeringan terhadap kualitas fisik gelatin.
2. Gelatin ikan yang dihasilkan dari penelitian ini juga masih mengandung kadar minyak yang cukup tinggi sehingga perlu penelitian lanjutan tentang pengaruh proses *defatting* sebelum ekstraksi gelatin dilakukan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Pada kesempatan ini, Saya menyampaikan terimakasih kepada Kementerian Kelautan dan Perikanan atas sumber dana penelitian ini. Rasa terima kasih juga disampaikan kepada Imam Suntoro, Farras Athaya P.S, Simon Bambang Widjanarko, Sudarminto, Dina Susanti, Suratno, Listyawati, Niken Prawesti, Endang Trowulan dan Yus Isnainita Wahyu atas segala dukungan dalam penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah N. (2005). *Menghasilkan Rupiah Melalui Gelatin*. [www//.Bisnis.com](http://www.Bisnis.com) [diakses tanggal 12 Oktober 2014].
- Adam and Mariod. (2013). Review: Gelatin, Source, Extraction and Industrial Applications. *Acta Sci. Pol., Technolo. Aliment*, 12(2) 2013, 135-147.
- Astawan, M. dan T. Aviana. (2003). Pengaruh Jenis Larutan Perendaman serta Metode Pengeringan terhadap Sifat Fisik, Kimia dan Fungsional Gelatin dari Kulit Cucut. *Jurnal Teknologi dan Industri Pangan*, 14(1), 7-13.
- AOAC. (2000). *Officials Methods of Analysis (17 thed)*. Arlington: Association of Official Analytical Chemists Inc.

- Bonazzi, Catherine and Dumoulin, Elisabeth. (2011). *Quality Changes in Food Materials as Influenced by Drying Process. Modern Drying Technology Volume 3: Product Quality and Formulation, First Edition*. Wiley-VCH Verlag GmbH and Co. kGaA.
- Cheow, C.S., Norizah, M.S., Kyaw, Z.Y., and Howell, N.K. (2007). Preparation and Characterization of Gelatins from the Skins of Skins of Sin Croaker (*Johnius dussumieri*) and Short fin Scad (*Decapterus macrosoma*). *Food Chemistry* 101: 386-391.
- Choi, S.S., and Regenstein, J.M. (2000). Physicochemical and Sensory Characteristic of Fish Gelatin. *J. Food Sci.* 65 (2), 194 – 199.
- Dinas Perikanan dan Kelautan Provinsi Jawa Timur. (2012). Laporan Tahunan Dinas Kelautan dan Perikanan Provinsi Jawa Timur. Surabaya
- Fahlivi, M.R. (2009). *Characteristic of Collagen and Gelatin Hydrolysate from Milkfish (Chanoschanos) Bone and Its Antioxidant Activities*. Master Thesis. Departement of Seefood Science, National Kaohsiung Marine University.
- GMIA. (2012). *Gelatin Handbook*. Gelatin Manufactures Institute of America. January 2012.
- Gudmundsson, M. (2002). Rheological Properties of Fish Gelatins. *Journal of Food Science*, 67, 2172-2176.
- Hwang, J-H., Mizuta, S., Yokoyama, Y. and Yoshinaka R. (2007). *Purification and Characterization of Molecular Species of Collagen in the Skin of Skate (Raja kenoei)*. *Food Chem*, 100: 921-925
- Ikoma, T., Kobayashi, H., Tanaka, J., Walsh, D. and Mann, S. (2003). Physical Properties of Type I Collagen Extracted from Fish scales of Pagrus major and Oreochromis niloticus. *Int J Biol Macromol*, 32, 199-204.
- Jamilah, B and Harvinder., Tan, K.w., Hartini, M.R.U., and Azizah, A. (2011). Gelatins from Three Cultured Freshwater Fish Skin Obtained by Liming Process. *Food Hydrocolloids*, 25: 1256-1260.
- Jannah dan Fatimah. (2008). *Efektifitas Penggunaan Asam Sitrat dalam Pembuatan Gelatin Ikan Bandeng (Chanos chanos Forskal)*. Jurusan Kimia, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim. Malang.
- Jongjareonrak, A., Benjakul, S., Visessanguan, W., Prodpran, T. and Tanaka, M. (2006). Characterization of Edible Films from Skin Gelatin of Brownstripe Red Snapper and Bigeye Snapper. *Food Hydrocolloids*, 20, 492-501.
- Masirah., Widjanarko, S.B and Yuwono, S.S. (2017). Optimization of Extraction of Milkfish (*Chanos chanos, Forskal*) Gelatin Using RSM-BBD (Respon Surface Methodology Box Behnken Design). *International Journal of ChemTech Research*, 10(4), 533-541.
- Norziah, M.H., A. Al-Hassan, A.B. Khairulnizam, M.N. Mordi, M. Norita. (2009). Characterization of Fish Gelatin from Surimi Processing Wastes: Thermal Analysis and Effect of Transglutaminase on Gel Properties. *Food Hydrocolloids*, 23(1610-1616).
- Ratnasari, I., Yuwono, S.S., Nurstam, H and Widjanarko, S.B. (2013). Extraction and Characterization of Gelatin from Different Fresh Water Fishes as Alternative Sources of Gelatin. *International Food Research Journal*, 20(6), 3085-3091.
- Regenstein, J.M., and Zhou, P. (2007). *Collagen and Gelatin from Marine By-Products*. In: Shahidi, F. (Ed.), *Maximising the Value of Marine By-Products*. Woodhead Publishing Limited, Cambridge, pp. 279-303.
- Rusli A. (2004). *Kajian Proses Ekstraksi Gelatin dari Kulit Ikan Patin (Pangasius hypophthalmus) Segar* [tesis]. Bogor: Sekolah Pasca Sarjana. IPB.
- Sae-leaw, Thanasak, Benjakul, S, OBrien, M. N. (2016). Effect of Defatting and Tannic Acid Incorporation during Extraction on Properties and Fishy Odour of Gelatin from Seabass Skin. *LWT - Food Science and Technology*, 65 (2016) 661-667.
- Sanaei, A.V., Mahmoodani, F., See, S.F., Yusop, S.M. and Babji, A.S. (2013). Optimization of Gelatin Extraction and Physic-Chemical Properties of Catfish (*Clarias gariepinus*) Bone Gelatin. *International Food Research Journal*, 20(1), 423-430.
- SNI 06-3735-1995. Mutu dan Cara Uji Gelatin. Badan Standardisasi Nasional, Jakarta. p. 1–2.
- Suseno dan Suhono, L. (2007). *Teknik Pengolahan Bandeng Tanpa Duri*. Teknologi Pengolahan Hasil Perikanan, Akademi Perikanan Sidoarjo, KKP (38-31).
- Suseno. (2011). *Model Pengembangan Teknologi Pengolahan dan Pola Kemitraan Agroindustri Bandeng Tanpa Duri Berorientasi Ekspor*. Disertasi. Universitas Brawijaya. Malang.
- Tong, Y. and Tiejin Y. (2013). Gelling Strenght Improvement and Characterization of a Gelatin from Scales of Bighead Carp (*Aristichthys nobilis*). *Jurnal of Food, Agriculture and Environment*, 2(1), 146-150.

KINERJA PERTUMBUHAN IKAN BAUNG (*MYSTUS NEMURUS*) YANG DIBERI PREBIOTIK MANNANOLIGOSAKARIDA (MOS) DI KOLAM TANAH, TANGKILING, PALANGKA RAYA

Ricky Djauhari^{1*}, Murrod Candra Wirabakti¹, Shinta Sylvia Monalisa¹, Rusliana²

¹Staf Pengajar Program Studi Budidaya Perairan Jurusan Perikanan Universitas Palangka Raya

²Program Studi Budidaya Perairan Jurusan Perikanan Universitas Palangka Raya

*Corresponding author e-mail: dirickyaku@gmail.com

ABSTRAK

Aplikasi prebiotik MOS pada skala laboratorium telah terbukti dapat meningkatkan sintasan, pertumbuhan dan respons imun ikan *catfish* terhadap serangan patogen. Penelitian ini bertujuan untuk menguji pengaruh pemberian prebiotik MOS terhadap kinerja pertumbuhan ikan baung yang dipelihara pada skala lapang di hapa ($2 \times 1 \times 1 \text{ m}^3$) yang dipasang di kolam tanah. Ikan baung ukuran bobot tubuh rata-rata awal 23 g dipelihara selama 60 hari pada hapa dengan kepadatan 40 ekor/ m^2 . Penelitian ini terdiri dari dua perlakuan dengan dua kali ulangan yaitu perlakuan K (tanpa penambahan prebiotik MOS) dan P (penambahan prebiotik MOS 0,2% dari jumlah pakan). Hasil penelitian menunjukkan bahwa pemberian prebiotik MOS mampu meningkatkan sintasan, laju pertumbuhan harian, rasio konversi pakan, efisiensi pakan dan tingkat pertambahan bobot tubuh ikan baung.

Kata kunci : Prebiotik MOS, ikan baung, kinerja pertumbuhan, kolam tanah

PENDAHULUAN

Ikan baung (*Mystus nemurus*) dikenal sebagai ikan *bagrid catfish* tropis yang banyak diminati oleh masyarakat terutama di daerah Riau, Sumatera Selatan, Jambi dan Kalimantan Tengah. Ikan ini adalah salah satu jenis ikan air tawar ekonomis penting asli Indonesia dan endemik Kalimantan Tengah yang memiliki nilai dagang tinggi karena tingginya kualitas daging, namun belum banyak dibudidayakan

(Zakaria-Ismail 1991). Walaupun ikan ini telah dapat dipijahkan secara buatan, tetapi pertumbuhan dan kualitas benih yang dihasilkan masih rendah. Pertumbuhan maksimum ikan baung didapat dengan pemberian pakan berkadar protein 42% (Khan *et al.*, 1993, 1996). Ikan berbobot awal 25 g yang dipelihara dalam tangki *fibreglass* hanya mencapai 1,08% per hari (Khan *et al.*, 1993). Padat tebar optimum ikan antara 285-375 ekor/ m^3 (Khan, 1994). Permasalahan umum dalam budidaya ikan baung adalah pertumbuhan ikan lambat, karena ukuran konsumsi baru tercapai setelah 1 tahun masa budidaya dibandingkan dengan jenis ikan *catfish* lainnya, seperti lele (*Clarias sp.*) yang hanya memerlukan masa pemeliharaan 3-4 bulan. Salah satu penyebab potensial masalah ini adalah inefisiensi proses pencernaan dan penyerapan nutrisi pakan.

Prebiotik adalah bahan makanan yang tidak dapat dicerna inang namun memberi pengaruh menguntungkan dengan merangsang pertumbuhan dan aktivitas dari sejumlah bakteri yang menguntungkan (Zhang *et al.*, 2012). Mannanooligosakarida (MOS) merupakan glukomannoprotein kompleks yang diperoleh dari dinding sel ragi *Saccharomyces cerevisiae* (Sang *et al.*, 2011). Pemberian MOS 2-4 g/kg pakan dapat meningkatkan performa pertumbuhan dibandingkan pakan kontrol pada udang vaname (Zhang *et al.*, 2012).

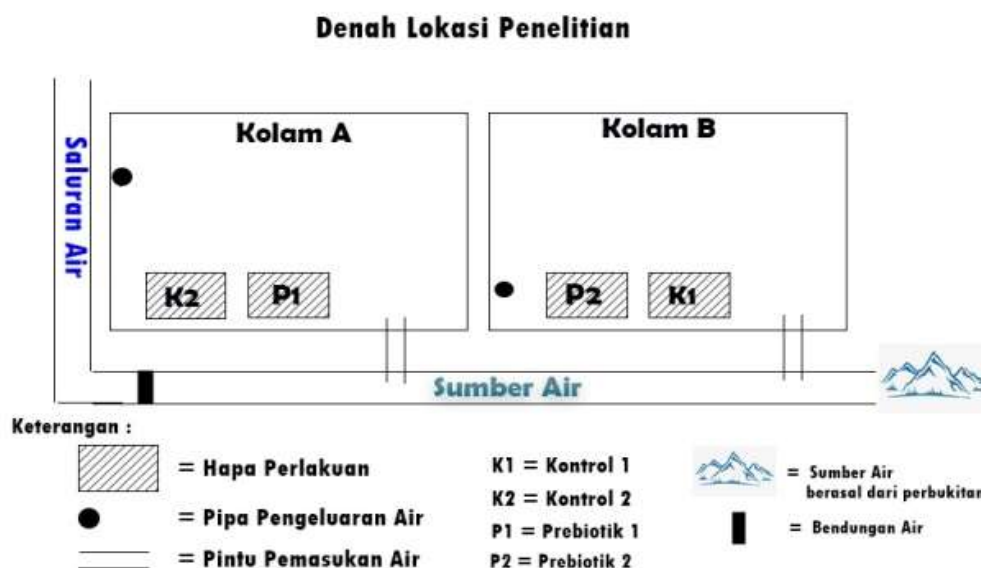
Studi prebiotik akuakultur menyangkut evaluasi terhadap beberapa parameter kinerja pertumbuhan ikan, seperti efek prebiotik terhadap pertumbuhan, rasio konversi pakan, komposisi dan strain bakteri dominan di usus (Ringo *et al.*, 2010). Prebiotik dari ubi jalar varietas Sukeh telah digunakan pada kegiatan akuakultur dan telah nyata berperan dalam meningkatkan pertumbuhan, tingkat kelangsungan hidup, pencernaan, efisiensi pakan, sistem kekebalan tubuh dan komposisi bakteri yang menguntungkan (probiotik) dalam saluran pencernaan ikan nila dan mas (Putra *et al.*, 2015; Djauhari *et al.*, 2017a).

Suplementasi prebiotik dari ubi jalar (*Ipomoea batatas* L.) dosis 2% pada ikan mas (*Cyprinus carpio*) mendapatkan 5 spesies bakteri yang tumbuh dominan di usus, yaitu *Bacillus pumilus* strain FR1_11,

Staphylococcus kloosii strain 68, *Staphylococcus hominis* strain HN-3, *Aeromonas veronii* strain BB1 dan *Kocuria rhizophila* strain 3330 (Djauhari *et al.*, 2017a). *Feeding habit* dan *trophic level* merupakan dua faktor yang memengaruhi komposisi mikrobiota yang hidup dalam saluran pencernaan ikan (Liu *et al.*, 2016). Keberadaan bakteri-bakteri tersebut diduga dapat meningkatkan kinerja pertumbuhan dan status kesehatan ikan. Berdasarkan hal inilah penulis termotivasi melakukan penelitian tentang "Pengaruh pemberian prebiotik mannanoligosakarida (MOS) terhadap kinerja pertumbuhan ikan baung (*Mystus nemurus*) di kolam tanah, Tangkiling, Palangka Raya". Tujuan dari penelitian ini adalah mengevaluasi kinerja pertumbuhan ikan baung (*Mystus nemurus*) yang diberi prebiotik mannanoligosakarida (MOS).

MATERI DAN METODE

Penelitian dilaksanakan selama 60 hari pada Maret-Mei 2018 di Tangkiling, Palangka Raya. Ikan uji yang digunakan yaitu ikan baung dengan bobot rata-rata 23 g diadaptasi selama 1 minggu. Penelitian ini menggunakan 2 kolam tanah, masing-masing dipasang 2 hapa. Pada kolam A ada K2 (Kontrol 2) dan P1 (Perlakuan 1) dan kolam B ada P2 (Perlakuan 2) dan K1 (Kontrol 1). Hapa yang digunakan berukuran (2x1x1) m³ dengan jumlah ikan yang ditebar sebanyak 80 ekor per hapa. Denah lokasi penelitian disajikan pada Gambar 1.

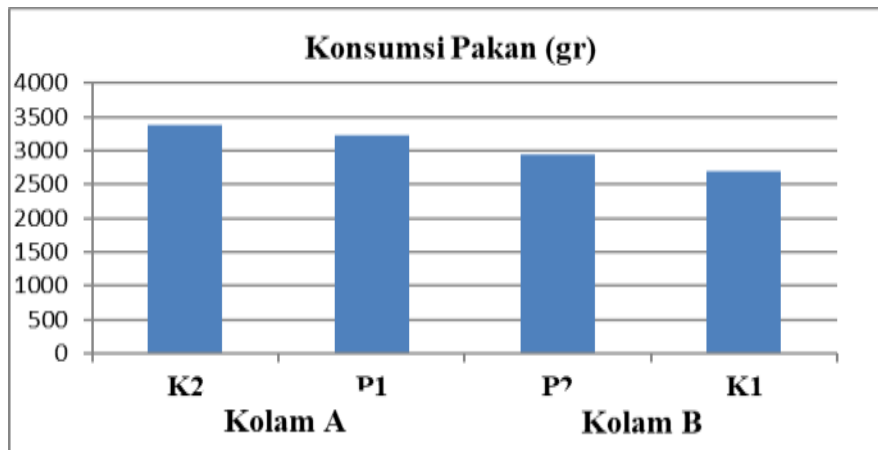


Gambar 1. Denah Lokasi Penelitian

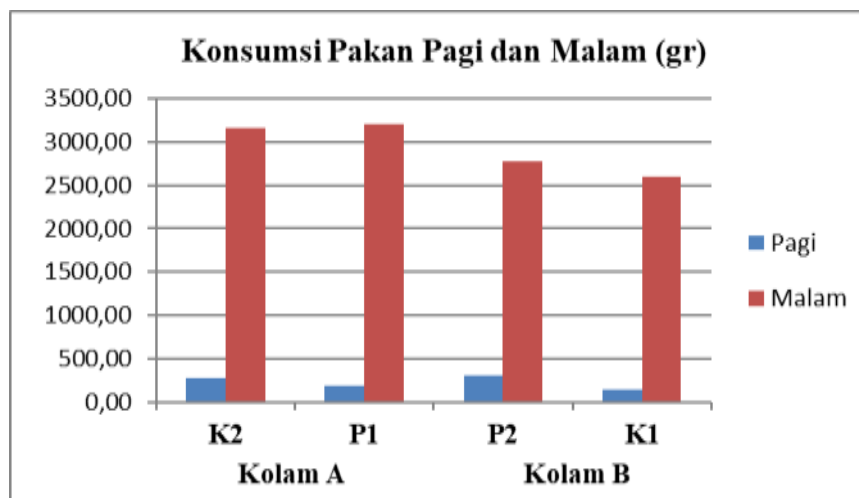
Persiapan pakan uji dilakukan dengan menambahkan prebiotik MOS komersial dengan dosis 0,2 % (w/w). Pencampuran pakan dan prebiotik dilakukan dengan menambahkan 2% putih telur sebagai *binder* atau perekat. Sedangkan pada pakan kontrol tanpa pemberian prebiotik tetapi tetap diberi putih telur sebanyak 2%. Selanjutnya pakan dikeringudarkan selama kurang lebih 10 menit dan siap diberikan ke ikan uji. Pemberian pakan selama penelitian dilakukan secara *at satiation* dengan frekuensi 2 kali sehari (09.00 dan 20.00 WIB). Parameter eksperimen yang diukur meliputi laju pertumbuhan harian, rasio konversi pakan, efisiensi pakan, tingkat pertambahan bobot tubuh dan tingkat kelangsungan hidup ikan. Kualitas air dimonitor selama pemeliharaan dengan parameter dan kisaran: suhu 27-31 °C, DO 4,4-5 mg/L dan pH 4,7-6,2.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Jumlah konsumsi pakan ikan baung berkisar 2691,49-3384,62 g disajikan pada Gambar 2. Pada Kontrol 2 (3384,62 gr) dan Prebiotik 1 (3228,52 gr), sedangkan Prebiotik 2 (2942,81 gr) dan Kontrol 1 (2691,49 gr). Jumlah konsumsi pakan pagi dan malam disajikan pada Gambar 3. Ikan baung mengkonsumsi pakan lebih banyak pada malam hari dibandingkan pagi hari, yaitu untuk kelompok perlakuan K2, P1, P2 dan K1 berturut-turut 3146,12gr/238,5 gr, 3087,17 gr/141,35 gr, 2703,11 gr/239,7 gr dan 2584,61 gr/106,88

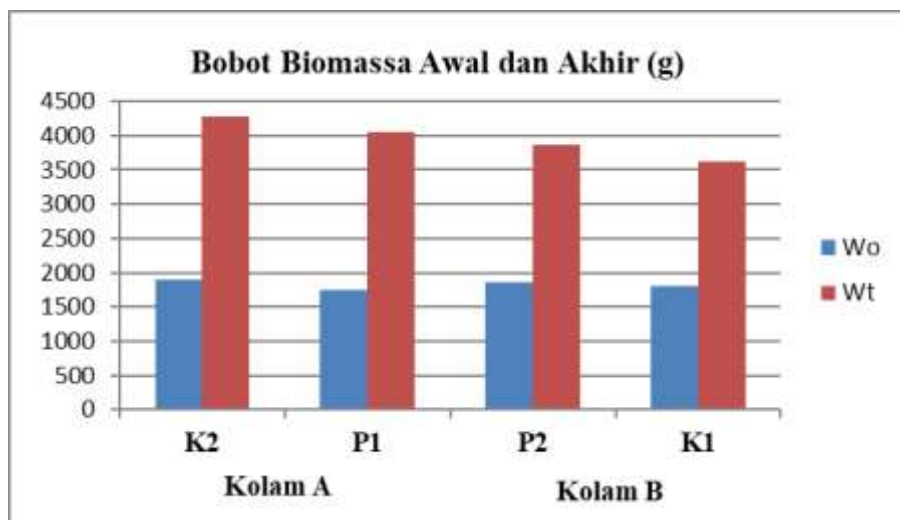


Gambar 2. Jumlah konsumsi pakan ikan baung selama pemeliharaan



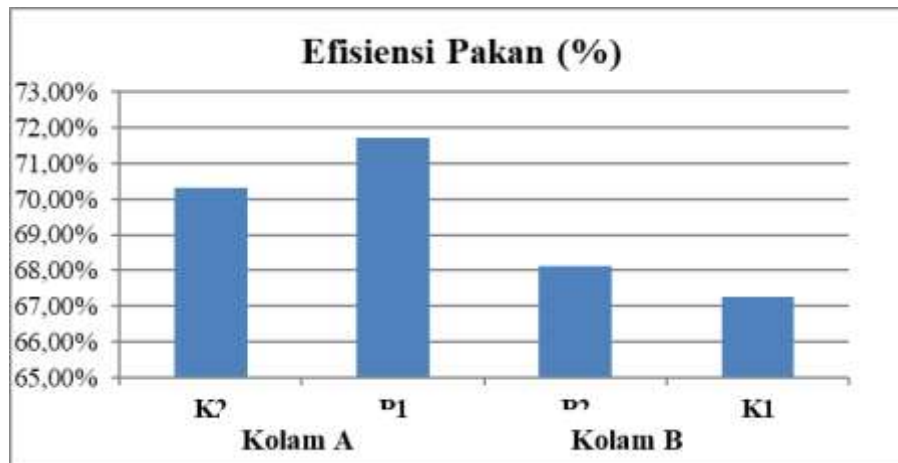
Gambar 3. Jumlah konsumsi pakan ikan baung pagi dan malam hari selama pemeliharaan

Bobot biomassa awal dan akhir serta selisih bobot biomassa akhir dan awal (gr) pada kolam A dan B disajikan pada Gambar 4 untuk kelompok perlakuan K2, P1, P2 dan K1 berdasarkan hasil penelitian berturut-turut 1890 g menjadi 4270 g ($\Delta W = 2380$ g), 1745 g menjadi 4060 g ($\Delta W = 2315$ g), 1865 g menjadi 3870 g ($\Delta W = 2005$ g) dan 1810 g menjadi 3620 g ($\Delta W = 1810$ g).



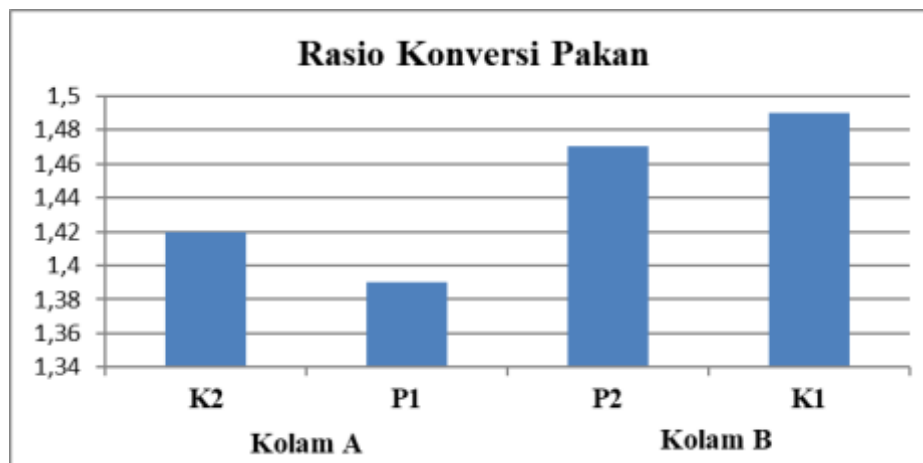
Gambar 4. Bobot biomassa awal dan akhir ikan baung

Nilai efisiensi pakan ikan baung disajikan pada Gambar 5, berkisar 67,25-71,71%, yaitu untuk perlakuan K2, P1, P2 dan K1 berturut-turut 70,32%, 71,71%, 68,13% dan 67,25%.

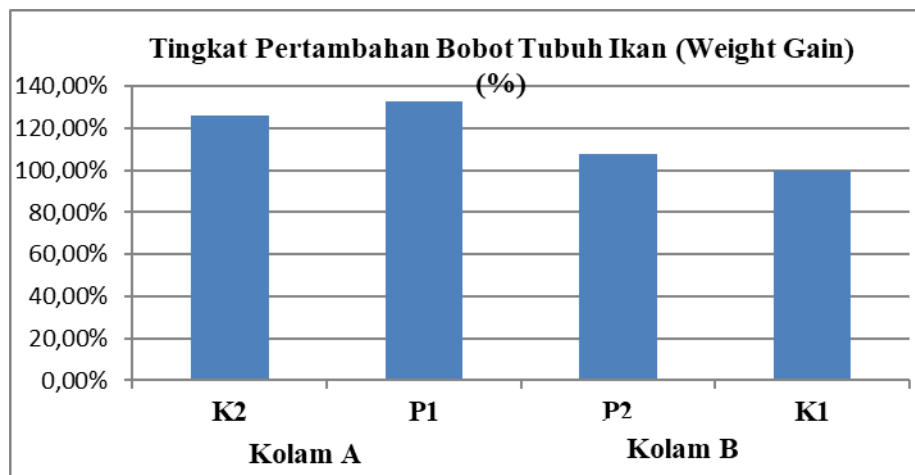


Gambar 5. Efisiensi pakan ikan baung selama pemeliharaan

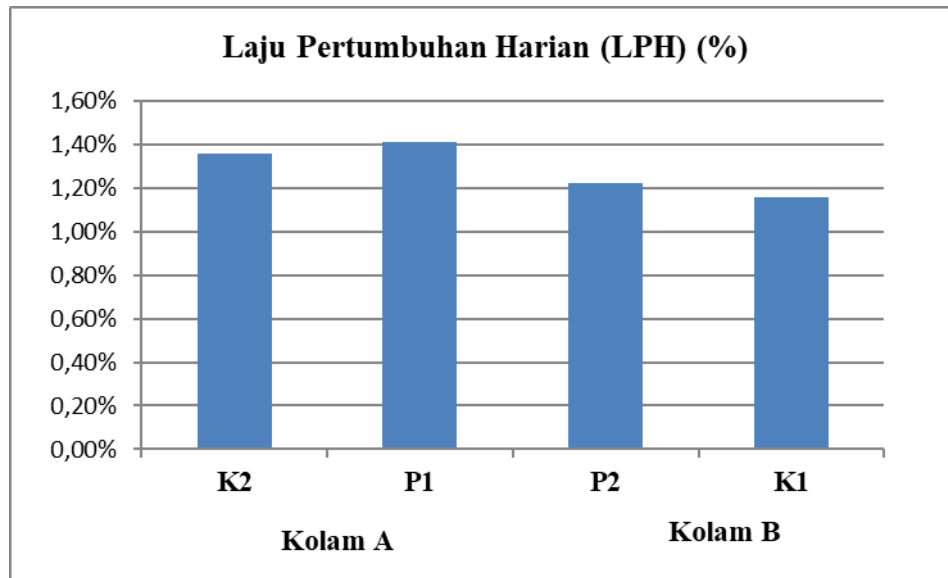
Rasio konversi pakan ikan baung selama pemeliharaan disajikan pada Gambar 6, dengan kisaran nilai 1,39-1,49, yaitu untuk perlakuan K2, P1, P2 dan K1 berturut-turut adalah 1,42, 1,39, 1,47 dan 1,49. Adapun tingkat pertambahan bobot tubuh ikan baung disajikan pada Gambar 7, dengan nilai berkisar 100-132,67%, yaitu untuk perlakuan K2, P1, P2 dan K1 berturut-turut adalah 125,93%, 132,67%, 107,51% dan 100%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai laju pertumbuhan harian ikan baung berkisar antara 1,16-1,41% (disajikan pada Gambar 8), yaitu untuk perlakuan K2, P1, P2 dan K1 berturut-turut adalah 1,36%, 1,41%, 1,22% dan 1,16%.



Gambar 6. Rasio konversi pakan ikan baung selama pemeliharaan

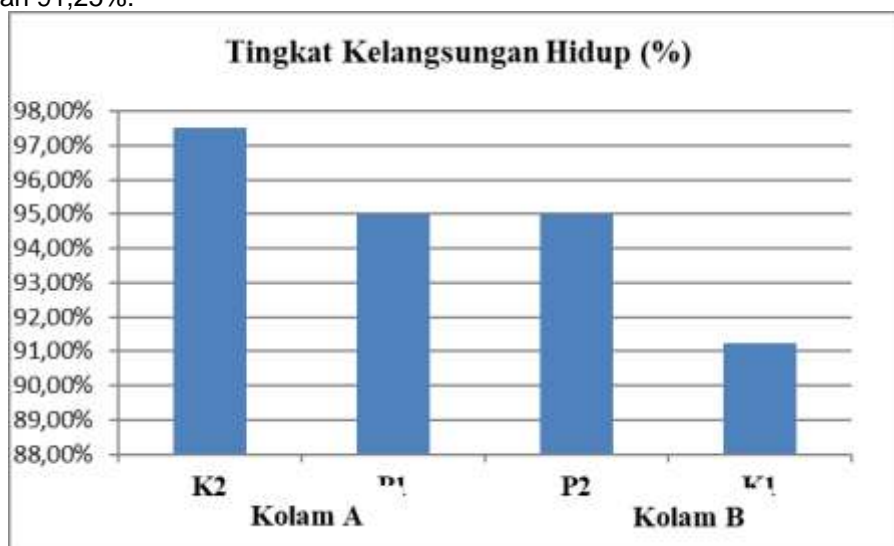


Gambar 7. Tingkat pertambahan bobot tubuh ikan baung selama pemeliharaan



Gambar 8. Laju pertumbuhan harian ikan baung selama pemeliharaan

Gambar 9 memperlihatkan tingkat kelangsungan hidup ikan baung yang tinggi selama pemeliharaan, yaitu berkisar antara 91,25-97,5%, untuk perlakuan K2, P1, P2 dan K1 berturut-turut adalah 97,5%, 95%, 95% dan 91,25%.



Gambar 9. Tingkat kelangsungan hidup ikan baung selama pemeliharaan

Prebiotik adalah bahan makanan yang tidak dapat dicerna inang, namun secara selektif merangsang kelangsungan hidup, pertumbuhan dan aktivitas sejumlah bakteri menguntungkan dalam usus (Ringo *et al.*, 2010). Prebiotik berkarakter meningkatkan pertumbuhan mikroflora menguntungkan, sebaliknya mereduksi mikroflora patogen di dalam usus inang, mengurangi pH cairan usus melalui produksi asam-asam lemak rantai pendek (SCFA), dan mengatur konsentrasi enzim ekstraseluler yang dihasilkan oleh probiotik (Woods dan Gorbach 2001; Gibson dan Roberfroid 1995; Mei *et al.*, 2011).

Aktivitas pengambilan pakan ikan berkaitan erat dengan nafsu makan ikan dan nafsu makan akan menentukan jumlah pakan yang dikonsumsi (*feed intake*). Jumlah pakan yang dikonsumsi oleh ikan baung yang diberi perlakuan prebiotik MOS sedikit lebih tinggi dibandingkan ikan yang diberi pakan tanpa penambahan prebiotik MOS. Hasil ini sesuai dengan penelitian Djauhari *et al.*, (2017b) pada ikan patin yang juga termasuk jenis *catfish* seperti ikan baung. Jumlah konsumsi pakan ikan baung dan nilai persentasenya pada malam hari untuk kelompok perlakuan K2, P1, P2 dan K1 berturut-turut 3146,12 g (92,95%), 3087,17 g (95,62%), 2703,11 g (91,86%) dan 2584,61 g (96,03%), sedangkan

pada pagi hari 238,5 g (7,05%), 141,35 g (4,38%), 239,7 g (8,14%) dan 106,88 g (3,97%). Hasil ini menunjukkan bahwa ikan baung memiliki kebiasaan makan pada malam hari tercermin dari nafsu makan ikan baung lebih tinggi pada malam hari dibandingkan pagi hari. Adanya probiotik dalam saluran pencernaan ikan dapat meningkatkan aktivitas pencernaan yang secara langsung meningkatkan aktivitas enzimatis dan pada akhirnya meningkatkan *feed intake*. Peningkatan aktivitas pencernaan dikarenakan probiotik menghasilkan enzim *exogenous* yang dapat merangsang sintesis enzim pencernaan *endogenous*, sehingga akan memperkaya jumlah dan aktivitas enzim total (amilase, protease dan lipase) dalam saluran pencernaan (usus) ikan. Aktivitas amilolitik, proteolitik dan lipolitik yang meningkat akan berkontribusi positif terhadap perbaikan pencernaan nutrisi pakan, selanjutnya peningkatan efisiensi pencernaan dan penyerapan nutrisi pakan.

Peningkatan efisiensi pakan pada prebiotik diduga disebabkan oleh pengaruh MOS yang dimanfaatkan dengan baik oleh mikroflora normal usus ikan baung. Penyebab efisiensi pakan pada penambahan prebiotik pada pakan lebih tinggi dari perlakuan kontrol diduga karena bakteri probiotik mampu memberikan kinerja positif dalam menghasilkan enzim-enzim yang berfungsi sebagai pemecah nutrisi sehingga mengoptimalkan pencernaan dan penyerapan nutrisi pakan pada saluran pencernaannya. Penggunaan MOS pada ikan mampu meningkatkan panjang dan densitas mikrovili usus pada *rainbow trout (Onchorhynchus mykiss)* dengan demikian luas permukaan penyerapan usus meningkat sehingga menambah kemampuan menyerap nutrisi dan juga memodulasi jenis mikroba usus (Dimitroglou *et al.*, 2010). Rasio konversi pakan (FCR) merupakan perbandingan antara jumlah pakan yang dikonsumsi dengan pertambahan bobot ikan. Untuk menghasilkan biomassa ikan baung 1 kg diperlukan jumlah pakan berkisar 1,39 (prebiotik) dan 1,49 (kontrol), artinya suplementasi prebiotik MOS pada pakan ikan baung dapat menghemat kebutuhan pakan berkisar 0,1 kg, yang akan sangat nyata apabila jumlah ikan yang dibudidayakan besar. Hasil ini juga menjadi salah satu solusi akuakultur masa depan, yaitu melakukan pengembangan budidaya melalui intensifikasi berkelanjutan dengan mengurangi dampak lingkungan. Hasil penelitian Tamamdusturi (2016) dan Djauhari *et al.*, (2017b) skala laboratorium pada ikan patin yang diberi prebiotik MOS dosis 0,2% menghasilkan nilai rasio konversi pakan masing-masing 1,62 dan 1,28.

Nilai laju pertumbuhan harian dan rasio konversi pakan pada perlakuan prebiotik MOS lebih baik dibanding kontrol diduga mampu mendukung keberadaan probiotik dengan kelangsungan hidup, pertumbuhan dan aktivitas yang tinggi, kemudian bakteri menguntungkan di usus ikan baung ini membantu menghidrolisis makromolekul pada pakan menjadi molekul sederhana sehingga akan dengan mudah diserap oleh tubuh ikan melalui dinding usus dan disebarkan ke seluruh tubuh melalui sistem peredaran darah selanjutnya dimanfaatkan sebagai sumber energi untuk pertumbuhan. Tingkat kelangsungan hidup ikan baung yang tinggi selama pemeliharaan berkisar antara 91,25-97,5% mencerminkan kondisi pemeliharaan dan kesehatan ikan yang baik. Suplementasi penggunaan MOS signifikan meningkatkan pertumbuhan dan kelangsungan hidup pasca larva pada lobster (Daniels *et al.*, 2010).

KESIMPULAN DAN SARAN

Pemberian prebiotik mannanoligosakarida (MOS) melalui pakan pada pemeliharaan ikan baung mampu meningkatkan kinerja pertumbuhan ikan baung meliputi efisiensi pakan, rasio konversi pakan, tingkat pertambahan bobot tubuh, laju pertumbuhan harian dan tingkat kelangsungan hidup.

DAFTAR PUSTAKA

- Daniels CL, Merrifield DL, Boothroyd DP, Davies SJ, Factor JR, Arnold KE. (2010). Effect of dietary *Bacillus* spp. and mannan oligosaccharide (MOS) on European lobster (*Homarus gammarus* L.) larvae growth performance, gut morphology and gut microbiota. *Aquaculture*, 304, 49-57.
- Dimitroglou A, Merrifield DL, Spring P, Sweetman J, Moate R, Davies SJ. (2010). Effects of mannan oligosaccharide (MOS) supplementation on growth performance, feed utilisation, intestinal histology and gut microbiota of gilthead sea bream (*Sparus aurata*). *Aquaculture*, 300, 182-188.
- Djauhari R, Widanarni, Sukenda, Suprayudi MA, Zairin MJr. (2017a). Growth performance and health status of common carp (*Cyprinus carpio*) supplemented with prebiotic from sweet potato (*Ipomoea batatas* L.) extract. *Pak.J.Nutr.*, 16, 155-163.
- Djauhari R, Monalisa SS, Simamora R. (2017b). Evaluasi kinerja pertumbuhan ikan patin (*Pangasius* sp.) yang diberi prebiotik mannanoligosakarida. *Prosiding Seminar Nasional Kelautan dan Perikanan III*, Universitas Trunojoyo Madura.

- Gibson GR, Roberfroid MB. (1995). Dietary modulation of the human colon microbiota: introducing the concept of prebiotics. *Journal of Nutrition*, 125, 1401-1412.
- Khan MS. (1994). Effect of population density on the growth, feed and protein conversion efficiency and biochemical composition of a tropical freshwater catfish, *Mystus nemurus* (Cuvier & Valenciennes). *Aqua. Fish. Management*, 25, 753-760.
- Khan MS, Ang KJ, Ambak MA. (1996). The effect of varying dietary protein level on the growth, food conversion, protein utilization and body composition of tropical catfish *Mystus nemurus* (C. & V.) cultured in static pond water system. *Aqua. Research*, 27, 823-829.
- Khan MS, Ang KJ, Ambak MA, Saad CR. (1993). Optimum dietary protein requirement of a Malaysian freshwater catfish, *Mystus nemurus*. *Aquaculture*, 112, 227-235.
- Liu H, Guo X, Gooneratne R, Lai R, Zeng C, Zhan F, Wang W. (2016). The gut microbiome and degradation enzyme activity of wild freshwater fishes influenced by their trophic levels. *Scientific Reports*, 6, 24340.
- Mei G-Y, Carey CM, Tosh S, Kostrzynska M. (2011). Utilization of different types of dietary fibers by potential probiotics. *Canadian Journal of Microbiology*, 57, 857-865.
- Putra AN, Utomo NBP, Widanarni. (2015). Growth Performance of Tilapia (*Oreochromis niloticus*) Fed with Probiotic, Prebiotic and Synbiotic in Diet. *Pakistan Journal of Nutrition*, 14(5), 263-268.
- Ringo E, Lovmo L, Kristiansen M, Bakken Y, Salinas I, Myklebust R, Olsen RE, Mayhew TM. (2010). Lactic acid bacteria vs. pathogens in the gastrointestinal tract of fish: a review. *Aquaculture Research*, 41, 451-467.
- Sang HM, Fotedar R, Filer K. (2011). Effects of dietary mannan oligosaccharide on the survival, growth, immunity and digestive enzyme activity of freshwater crayfish, *Cherax destructor*. *Aquac. Nutr.* 17, 629-635.
- Tamamdusturi R, Widanarni, Yuhana M. (2016). Administration of microencapsulated probiotic *Bacillus* sp. NP5 and prebiotic mannan oligosaccharide for prevention of *Aeromonas hydrophila* infection on *Pangasianodon hypophthalmus*. *Journal of Fisheries and Aquatic Science*. 11(1), 67-76.
- Woods MN, Gorbach SL. (2001). *Influences of fibers on the ecology of the intestinal flora*. Pages 257-270 in G. A. Spiller editor. Handbook of dietary fiber in human nutrition.
- Zakaria-Ismail M. (1991). *Freshwater fishes in Peninsular Malaysia*. In: *The State of Nature Conservation in Malaysia* (Kiew, R. ed.), pp. 115-119. Malayan Nature Society, Malaysia.

PENGARUH PENGOPERASIAN LAMPU CELUP BAWAH AIR BERBASIS ATFIRE (AUTOMATIC FISH ATTRACTOR) V.1 TERHADAP HASIL TANGKAPAN DI PRIGI, TRENGGALEK

**THE IMPACT OF OPERATION LIGHT UNDERWATER FISHING BASED ATFIRE (AUTOMATIC FISH ATTRACTOR) V.1
AGAINST FISHERMEN CATHING RESULT IN FISHING PORT PRIGI, TRENGGALEK**

Riska Fatmawati^{1*} dan Sukandar^{2,3}

¹Teknologi Perikanan Laut, FPIK Institut Pertanian Bogor, Jl. Rasamala, Bogor ²Pemanfaatan Sumberdaya Perikanan, FPIK Universitas Brawijaya, Jl. Veteran, Malang ³Pusat Studi Pesisir dan Kelautan, FPIK Universitas Brawijaya, Jl. Veteran, Malang

*Corresponding author e-mail: riskafatmawati27@gmail.com; 082332156854

ABSTRAK

Nelayan Teluk Prigi masih melakukan penangkapan ikan menggunakan umpan alami. 80% responden mengungkapkan bahwa penggunaan rumpon masih memiliki permasalahan. Rumpon adalah alat bantu penangkapan yang bertujuan untuk membentuk spot fishing grounds, tetapi memiliki rangka yang besar sehingga berdampak sulitnya mobilisasi. Selain itu, rumpon bersifat konvensional sehingga sulit untuk mengoptimalkan spot fishing grounds. Keadaan ini berdampak pada tidak optimalnya operasi penangkapan yang secara tidak langsung berpengaruh pada hasil tangkapan yang didaratkan nelayan. Tujuan dari penelitian ini adalah merancang sebuah alat otomatisasi atraktor ikan laut sederhana sehingga mampu digunakan oleh nelayan Prigi. Metode yang diterapkan yaitu ekperimental dengan cara menguji secara langsung alat pada kegiatan penangkapan ikan. Hasil dari penelitian ini adalah dirancangnya sebuah teknologi berupa lampu celup bawah air yaitu Automatic Fish Attractor (ATFIRE). Alat ini menggunakan daya aki untuk menghidupkan rangkaian LED 25 watt dan menghasilkan intensitas cahaya hingga 200 lux. Keunikan alat ini adalah rangka body casing terbuat dari akrilik dan LED yang meredup berfungsi menarik ikan dan meminimalisir terjadinya kejenuhan pada ikan. Hasil penerapan diperoleh data penangkapan dengan peningkatan sekitar 26.67% dibandingkan sebelum penerapan.

Kata Kunci: Atraktor, daerah penangkapan, LED, Prigi

ABSTRACT

Prigi fishermen still fishing using natural bait. 80% of the respondents revealed that use rumpon has problems. Rumpon is a gear that aims to arrest spot fishing grounds but it has a large frame so that the impact of the difficulty mobilization. Furthermore, conventional rumpon are so hard to optimize spot fishing grounds. This state have not an impact on the optimal operation of arrests that indirectly affect the landed catches of fishermen. The purpose of this research is to design simple automation gear attractor that is capable of being used by fishermen Prigi. The method is applied that ekperimental by means testing the tool directly on fishing activities. The results of this research has drummed a technology in the form light underwater bag that Automatic Fish Attractor (ATFIRE). This appliance uses the power battery to switch on the LEDs series 25 watt and produces a light intensity up to 200 lux. The uniqueness this tool is to order the body made of acrylic and casing LEDs dimmer function interesting fish and minimize the occurrence of burnout on the fish. In addition, the application of retrieved data capture with an increase of about 26.67% compared to before the implementation.

Keywords: Attractor, fishing ground, LEDs, Prigi

PENDAHULUAN

Perairan Teluk Prigi termasuk dalam Wilayah Pengelolaan Perikanan (WPP) Samudra Hindia. Berada pada status pemanfaatan tinggi dan telah memasuki tahapan pemantauan serta pembaharuan guna pemanfaatan potensi sumberdaya alam (Sulandri, 2011). Wilayah ini memiliki lahan seluas 27,5 Ha dengan luas kolam labuh 16 dan berada pada posisi koordinat 111^o43'58" BT dan 08^o17'22" LS. Dimana potensi lestari produksi perikanan tangkap mencapai 26.355 ton/bulan ikan, namun tingkat pemanfaatan baru mencapai 64% (Dinas Kelautan dan Perikanan, 2008). Kawasan pesisir dan laut di

perairan Teluk Prigi memiliki nilai strategis karena kaya akan sumberdaya perikanan yang beragam serta pusat pembangunan daerah dalam menunjang kesejahteraan masyarakat.

Nelayan Perairan Teluk Prigi pada umumnya masih memanfaatkan umpan alami sebagai alat bantu penangkapan, dan operasi penangkapan tergantung musim dengan jangka waktu yang lama, mengakibatkan hasil tangkapan nelayan terbatas. Umpan dan rumpun/atraktor sebagai alat bantu penangkapan berfungsi untuk memikat ikan atau mengkonsentrasikan ikan pada daerah penangkapan (Telaumbanua *et al.*, 2004).

Berdasarkan hasil survei terhadap nelayan Prigi menjelaskan bahwa rumpun yang biasa digunakan untuk mengumpulkan masih sangat sulit dalam mobilisasinya, membutuhkan waktu lama, serta masih bersifat konvensional sehingga tidak bisa menarik perhatian ikan secara optimal. Selain itu sekitar 80% responden tidak menggunakan *echosounder/ fish finder* karena mahalnya biaya yang diperlukan serta kurangnya sumberdaya manusia (mayoritas lulusan SD) sehingga teknologi canggih ini seolah tidak memberikan dampak bagi nelayan Prigi. Perlu adanya solusi efektif untuk mengatasi masalah tersebut.

Automatic Fish Attractor (A T F I R E) merupakan teknologi tepat guna untuk mengatasi permasalahan nelayan dalam menggunakan teknologi yang mudah dalam pengoperasiannya serta mampu mengoptimalkan peran alat bantu penangkapan dalam membuat *spot fishing grounds*. Perancangan perangkat ini adalah sebuah teknologi yang sesuai dengan kondisi dan situasi nelayan Prigi dengan pengoptimalan peran alat bantu penangkapan yang *simple, efektif* dan tepat sasaran dalam penggunaannya.

Tujuan dari penelitian tentang pengaruh pengoperasian lampu celup bawah air berbasis *attfire (automatic fish attractor) v.1* terhadap hasil tangkapan di prigi, trenggalek adalah:

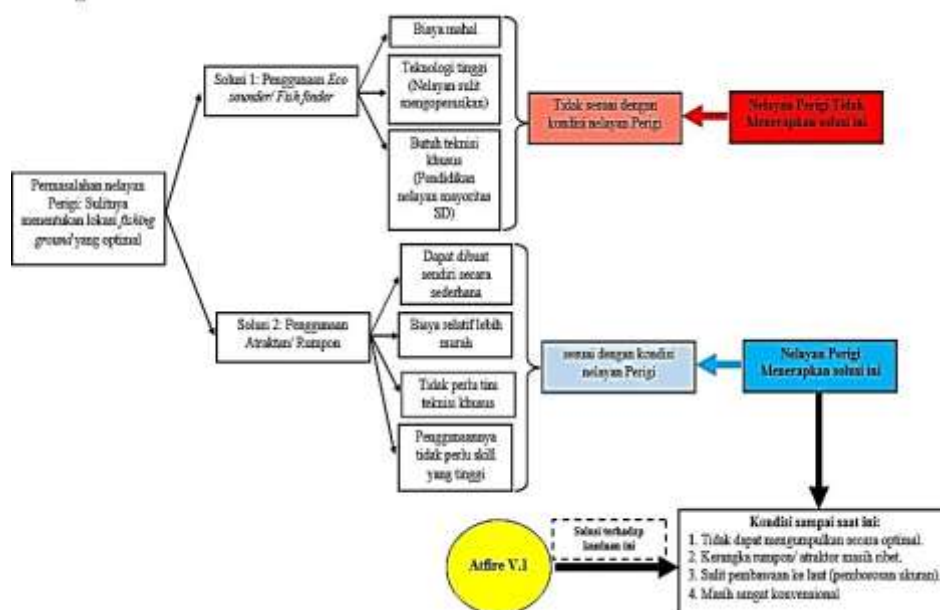
1. Mengetahui mekanisme pengaplikasian ATFIRE (*Automatic Fish Attractor*) V.1 sebagai solusi efektif dalam mengoptimalkan hasil tangkapan nelayan
2. Mengetahui respon yang dilakukan oleh ikan pada saat ATFIRE (*Automatic Fish Attractor*) V.1 dioperasikan di alat tangkap pancing
3. Mengetahui dampak pengaplikasian ATFIRE (*Automatic Fish Attractor*) V.1

MATERI DAN METODE

Penelitian tentang Pengoperasian Alat Bantu Penangkapan Lampu Celup Bawah Air Berbasis ATFIRE (*Automatic Fish Attractor*) V.1 telah dilaksanakan di Pelabuhan Perikanan Nusantara (PPN) Prigi, Trenggalek, Jawa Timur pada tanggal 09 April sampai dengan 30 Mei 2016. Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode rancang bangun alat, percobaan atau *experimental fishing* (Setiawan, 2014). Prosedur penelitian yang digunakan sebagai berikut:

a. Identifikasi Masalah

Identifikasi masalah ditentukan oleh proses pengumpulan ikan pelagis besar menggunakan rumpun otomatis, faktor – faktor yang mempengaruhi ikan pelagis besar seperti ikan tuna, tongkol dan cakalang, dan kendala yang muncul ketika proses penangkapan ikan. Variabel yang dipaparkan pada penelitian ini adalah alat bantu penangkapan lampu celup bawah air berbasis ATFIRE V.1 dengan rangkaian lampu LED 25 watt. Berikut merupakan langkah – langkah yang perlu dilakukan untuk melakukan identifikasi masalah (Gambar 1).



Gambar 1. Identifikasi Masalah

b. Pengumpulan Data

Studi literatur untuk mempelajari segala hal yang berhubungan dengan:

- Teori mengenai sistem kerja dari desain lampu celup bawah air terhadap ikan tuna serta faktor - faktor yang mempengaruhi.
- Teori mengenai jenis pemendaran, warna lampu terhadap ikan tuna.
- Teori mengenai rangkaian listrik yang harus diterapkan pada sistem kerja ATFIRE V.1.

Pengumpulan data lapang dilakukan untuk mengkomparasi data pada tinjauan pustaka, mengetahui secara langsung permasalahan didapatkan dari hasil wawancara nelayan Prigi, Trenggalek serta untuk mengetahui sejauh mana nilai kemanfaatan dari perancangan teknologi ini.

c. Perancangan Teknologi ATFIRE

Dalam perancangan ATFIRE (*Automatic Fish Attractor*) V.1 ada tiga bagian, yaitu:

- Perancangan Elektrik

Dalam perancangan elektrik alat ATFIRE V.1, terdapat langkah-langkah sebagai berikut:

- Pembuatan blok diagram sistem elektrik.
- Pembuatan rancangan dari rangkaian sistem elektrik.

- Perancangan Rangkaian *Body Casing*

Dalam perancangan *Body Casing* dari sebuah alat, terdapat langkah-langkah sebagai berikut:

- Pembuatan blok diagram dan desain rancang *body* apung.
- Pembuatan rancangan *body* apung.
- Perancangan keseluruhan

Secara keseluruhan ATFIRE V.1 terdiri atas 2 (dua) sistem, yaitu sistem kontrol lampu. Sistem kontrol lampu terdiri atas rangkaian lampu LED (*Light Emitting Diode*) berkapasitas 25 watt, dijalankan secara otomatis. *Body casing* penulis akrilik yang kedap air.

d. Pengukuran Iluminasi Cahaya di Udara

Iluminasi merupakan intensitas penerangan atau kekuatan penerangan. Intensitas penerangan adalah *flux* cahaya atau kekuatan cahaya yang dipancarkan dari suatu sumber cahaya (Sukandar dan Fuad, 2015). Besarnya diukur dengan satuan *candela*, sedangkan *flux* cahaya adalah seluruh jumlah cahaya yang dipancarkan dalam satu detik. Iluminasi cahaya akan turun jika jarak dari sumber cahaya semakin jauh dan apabila cahaya melewati medium air. Untuk pengukuran iluminasi cahaya dari suatu sumber cahaya digunakan rumus (Nikorov, 1975):

$$E = \frac{I}{r^2}$$

Keterangan:

E : Iluminasi cahaya (*lux*);

I : Intensitas cahaya (candela); dan r : Jarak dari sumber cahaya (m)

Pengukuran iluminasi cahaya di udara dilakukan dengan tujuan mengetahui pola sebaran cahaya dan jarak cahaya lampu LED yang dibuat dengan menggunakan luxmeter. Pengukuran cahaya dilakukan secara horisontal dan vertikal pada setiap kelipatan 10° dengan jarak yang berbeda 50 cm, 100 cm dan 150 cm, pada medium udara. Pengukuran dilakukan pada posisi horisontal dan vertikal terhadap arah lampu dan nilai intensitas cahaya pada setiap sudut pengukuran 10° dicatat. Iluminasi cahaya menurun secara eksponensial berdasarkan Hukum Barger digunakan rumus (Thenu, 2014):

$$Ix = 10 \cdot e^{-kx}$$

Keterangan:

I_x : Iluminasi pada jarak (m);

10 : Intensitas pada (0); e : Konstanta Euler;

k : Koefisien pemudaran (lux/m); dan x : Jarak Pengukuran

e. Penerapan Teknologi

Pada tahap penerapan, peneliti telah melakukan kerjasama dengan seorang nelayan dan pemilik kapal selaku narasumber. Adapun indikator - indikator pencapaian dari tahap penerapan ini, yaitu:

- a. Operasional teknis pemasangan ATFIRE V.1 sudah sesuai apa belum dengan kondisi laut Trenggalek.
- b. Komparasi hasil tangkapan antara sebelum dengan setelah penggunaan ATFIRE V.1.

f. Perhitungan Hasil Tangkapan

Perhitungan hasil tangkapan ikan dilakukan dari melihat efektivitas penggunaan ATFIRE V.1. Perhitungan meliputi bobot tangkapan ikan sebelum dan setelah pengaplikasian lampu celup bawah air berbasis ATFIRE V.1.

g. Analisis Data

Analisis data yang digunakan adalah metode deskriptif komparatif yaitu mendeskripsikan

seluruh kegiatan mulai dari awal perancangan, mendesain, memilih alat dan bahan, pembuatan alat, uji coba alat dan mendapatkan hasilnya (Fuad *et al.*, 2016). Penjelasan hasil dari penelitian ini dijelaskan dalam bentuk kalimat dari tabel dan grafik. Metode deskriptif komparatif yaitu melakukan perbandingan lampu celup bawah air berbasis ATFIRE V.1 dengan lampu petromax yang digunakan oleh nelayan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengoperasian Alat Tangkap Pancing

Pengoperasian alat tangkap pancing, yang pertama dilakukan adalah persiapan antara lain perawatan dan pengecekan mesin motor, pengisian bahan bakar, perbekalan dan konsumsi. Setelah persiapan selesai, armada diberangkatkan menuju fishing ground. Pada prinsipnya penangkapan ikan menggunakan alat tangkap pancing ini dengan mengkaitkan umpan pada mata pancing dan menenggelamkan ke dalam air. Pada umumnya alat tangkap pancing yang dioperasikan di Prigi dibuat sendiri oleh nelayan. Metode pengoperasian dari alat tangkap pancing dalam segi alat bantu penangkapan menggunakan rumpon dan lampu sorot serta menggunakan umpan segar.

Daerah Penangkapan Ikan

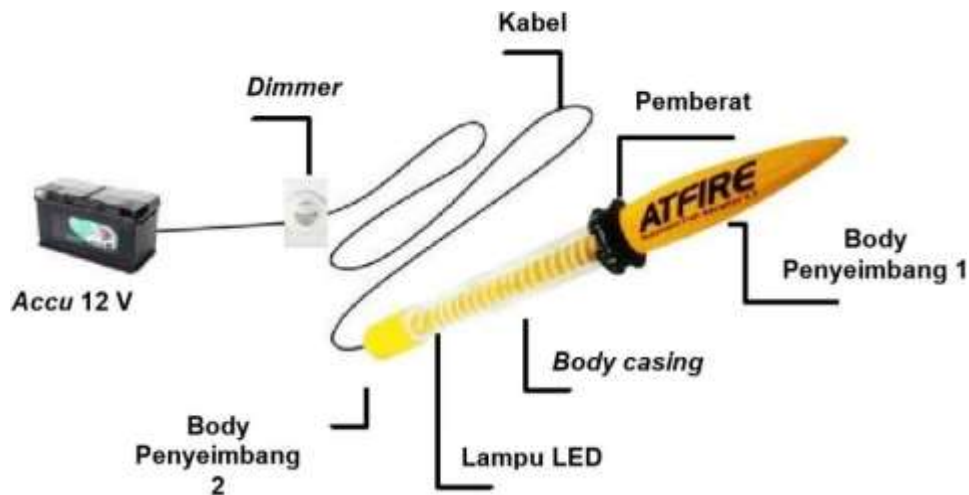
Daerah penangkapan ikan untuk alat tangkap pancing terdapat pada perairan bebas (Samudera Hindia) dengan daya jangkauan mencapai ± 180 mil laut (Sudirman dan Natsir, 2011). Pada umumnya daerah penangkapan ikan terletak pada daerah berkumpulnya jenis ikan pelagis besar

seperti cakalang, tuna, tongkol, dan layaran. Nelayan Prigi pada umumnya mengoperasikan alat tangkap berdasarkan pengalaman dan pendugaan. Daerah pengoperasian alat tangkap dilakukan di daerah terakhir kali yang mendapatkan ikan tangkapan paling banyak. Adapun daerah yang paling sering dijadikan tempat pengoperasian alat tangkap pancing nelayan Prigi diantaranya sekitar Panggul, Nglorok, Pacitan, Sadeng dan terus ke arah barat sampai Parang Tritis Jawa Tengah (Statistik Perikanan, 2015).

Spesifikasi ATFIRE (*Automatic Fish Attractor*) V.1

Spesifikasi Lampu Celup Bawah Air ATFIRE V.1 yang dirancang memiliki spesifikasi sebagai berikut (Gambar 2):

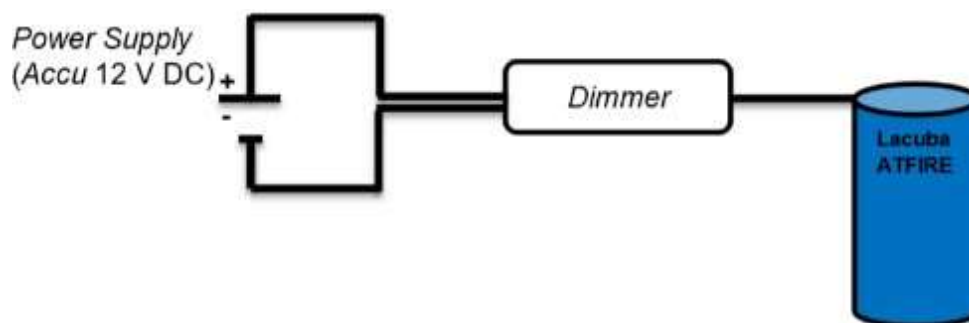
1. Sistem mesin elektrik bekerja dengan daya *accu* 12 volt 120 Ah.
2. Lampu LED (*Light Emitting Diode*) dengan daya 25 watt.
3. Rangka *body casing* kedap air.
4. Spektrum lampu warna biru panjang gelombang 450 – 495 nm
5. Intensitas cahaya 200 lux di udara cocok untuk ikan pelagis
6. Pemberat yang terbuat dari besi atau tembaga
7. Sistem pengatur intensitas cahaya menggunakan *Dimmer*



Gambar 2. Teknologi Lampu Celup Bawah Air Berbasis ATFIRE V.1

Perancangan dan Perakitan ATFIRE (*Automatic Fish Attractor*) V.1 Perancangan *Block Diagram*

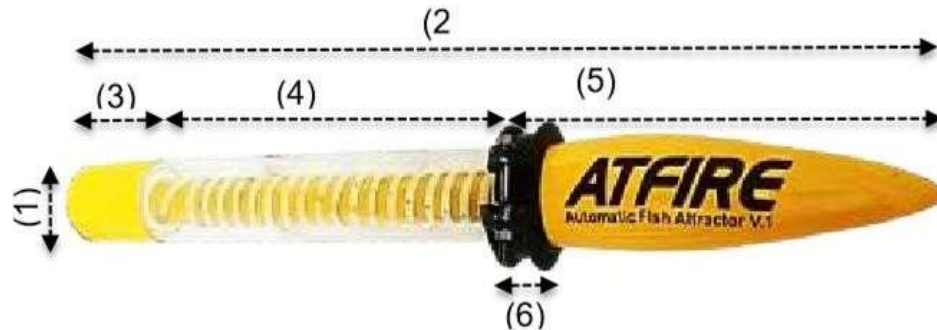
Pada proses penerapan teknologi ATFIRE V.1 sangat dibutuhkan blok diagram agar dapat mempermudah untuk proses pembuatannya. Selain itu pembuatan blok diagram juga berfungsi untuk menentukan spesifikasi *blueprint* dari ATFIRE V.1 (Gambar 3).



Gambar 3. *Block Diagram* Perancangan ATFIRE V.1

Pembuatan Teknologi ATFIRE (*Automatic Fish Attractor*) V.1

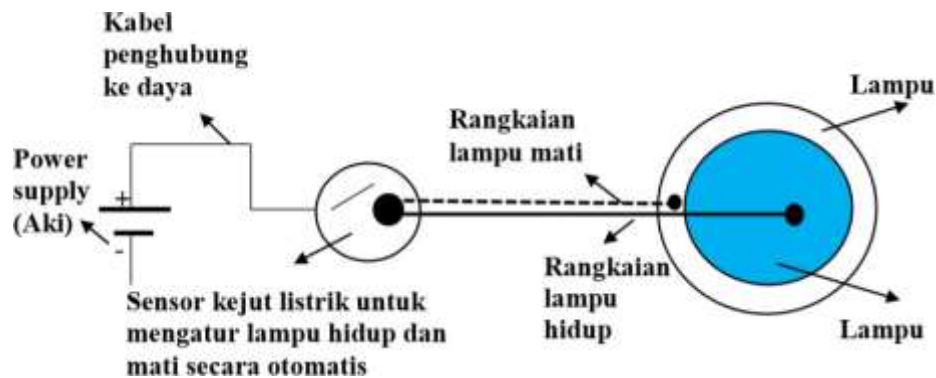
Berikut merupakan proses pembuatan suatu desain mekanik untuk *body casing* lampu celup bawah air berbasis ATFIRE V.1. Bahan yang dipilih peneliti untuk membuat kerangka *body* terdiri dari penyangga terbuat dari campuran serat *fiber* dan biji plastik serta *casing* terbuat dari akrilik (Gambar 4).



Gambar 4. Ukuran *Body Casing* ATFIRE V.1 Keterangan:

- (1) Diameter *body* ATFIRE sebesar 5.6 cm
- (2) Panjang total ATFIRE sebesar 72.1 cm
- (3) Panjang penyangga 1 sebesar 9.6 cm
- (4) Panjang *body casing* dari akrilik sebesar 34 cm
- (5) Panjang penyangga 2 sebesar 28.5 cm
- (6) Pemberat terbuat dari besi dengan berat 1.2 kg

Proses pembuatan selanjutnya desain elektrik yang terdiri dari LED 25 watt dengan panjang 60 cm yang ditanam pada pipa paralon PVC (*Polyvinil chlorida*) dan sistem sirkuit LED berfungsi mengatur nyala lampu LED yang ditanam dibagian penyangga (Gambar 5).



Gambar 5. Rangkaian Elektrik ATFIRE V.1

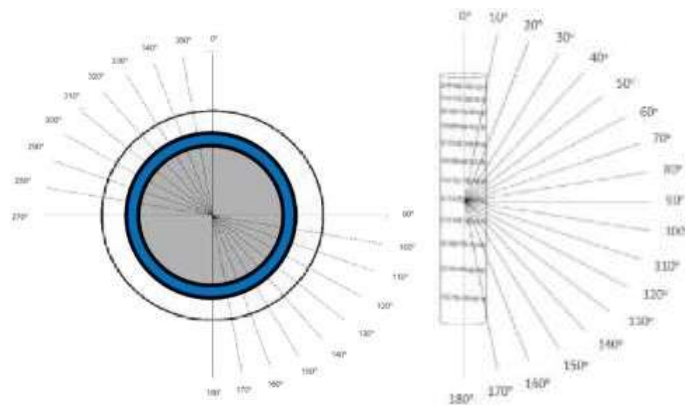
Penyusunan berikutnya menyatukan rangkaian mekanik dan elektrik yang telah dibuat terdiri dari rangkaian penyangga, *body casing*, lampu LED 25 watt dan sitem sirkuit dengan menambahkan kabel listrik untuk menghubungkan rangkaian lampu celup bawah air dengan sumber daya *accu* 12 Volt (Gambar 6).



Gambar 6. Proses Penyusunan Teknologi ATFIRE V.1

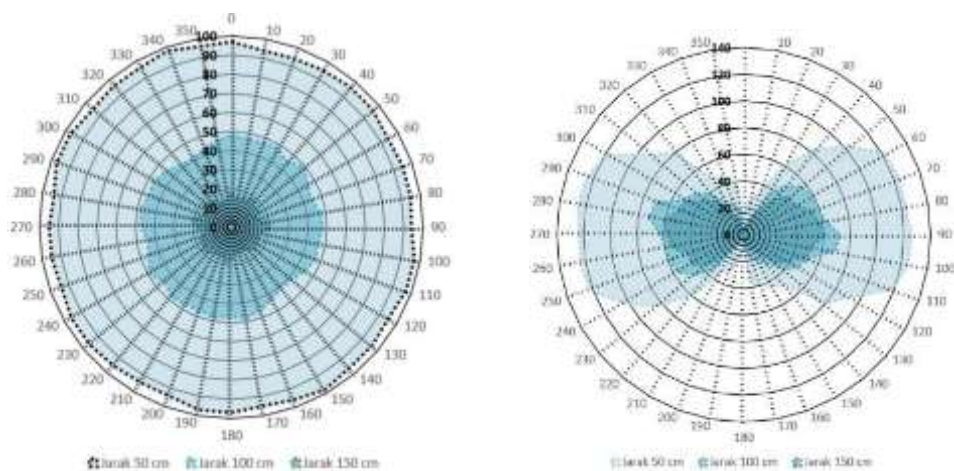
Pengukuran Iluminasi LACUBA Berbasis ATFIRE (*Automatic Fish Attractor*) V.1

Pengukuran pada lampu celup bawah air berbasis ATFIRE dilakukan dengan tujuan mengetahui pola sebaran cahaya LED yang digunakan. Pengukuran hanya mengambil sudut $0^\circ - 180^\circ$ dan untuk sudut $180^\circ - 360^\circ$ dianggap sama nilainya, baik pengukuran secara horisontal maupun vertikal. Hal ini dipengaruhi bentuk lampu yang silinder vertikal, jenis maupun jumlah yang digunakan sama (Gambar



7).
 Gambar 7. Ilustrasi Pengukuran Iluminasi Cahaya ATFIRE (a). Posisi Horisontal, (b) Posisi Vertikal

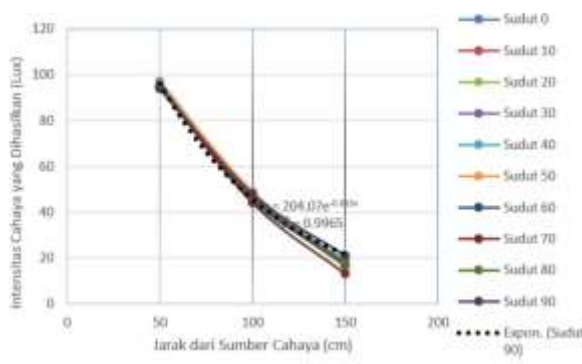
(a) (b)



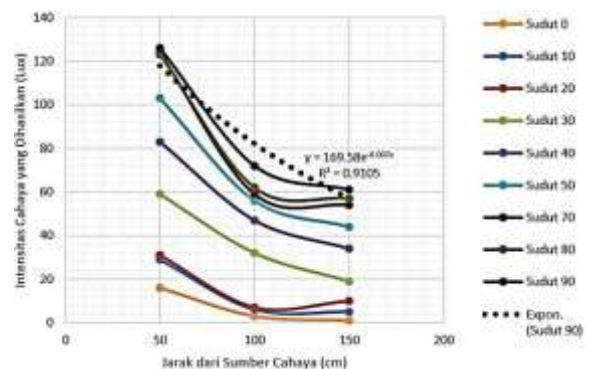
Gambar 8. Pola Sebaran Cahaya ATFIRE V.1 Pada (a) Posisi Horisontal dan (b) Posisi Vertikal

Hasil pengukuran iluminasi cahaya pada sisi horizontal berdasarkan jarak yang berbeda yaitu pada jarak 50 cm berkisar antara 94 - 98 lux, jarak 100 cm berkisar antara 41 - 48 lux, dan jarak 150 cm berkisar antara 12 - 21 lux. Nilai eksponensial diambil dari intensitas cahaya pada sudut pengukuran 90° yaitu $y = 204.07e^{-0.749x}$ dengan nilai *R square* (R^2) sebesar 0.9965 atau yang berarti nilai kebenaran data tersebut sebesar 99.65 %.

Sedangkan, hasil pengukuran intensitas cahaya pada sisi vertikal yaitu pada jarak 50 cm berkisar antara 6 - 126 lux, jarak 100 cm berkisar antara 2 - 72 lux, dan jarak 150 cm berkisar antara 1 - 61 lux. Nilai eksponensial diambil dari intensitas cahaya pada sudut pengukuran 90° yaitu $y = 159.58e^{-0.363x}$ dengan nilai *R square* (R^2) sebesar 0.9105 atau yang berarti nilai kebenaran data tersebut sebesar 91.05 % (Gambar 9).



(a)



(b)

Gambar 9. Pola Eksponensial Sebaran Cahaya ATFIRE V.1 dengan (a) Sudut Posisi Horizontal dan (b) Sudut Posisi Vertikal

Perhitungan Daya Tahan Accu untuk Beban Lampu

Daya tahan *accu* juga diperhitungkan untuk mengukur lama waktu tahan terhadap beban lampu celup bawah air berbasis ATFIRE V.1. Besar daya total LED pada ATFIRE sebesar 25 watt dan Baterai *accu* yang digunakan dalam penelitian ini dengan sumberdaya 12 V 120 Ah. Untuk menghitung berapa lama daya tahan *accu* terhadap beban berdasarkan persamaan (Zunelfi, 2012), yaitu:

$$I_{accu} = \frac{P_{LED}}{V_{accu}} = \frac{25 \text{ W}}{12 \text{ V}} = 2.08 \text{ A}$$

$$t_{accu} = \frac{Ah_{accu}}{I_{accu}} = \frac{120 \text{ Ah}}{2.08 \text{ A}} = 57.69 \text{ jam}$$

$$t_{hasil} = 57.48 \text{ jam} - 3 \text{ jam (faktor defisiensi)} = 54.69 \text{ jam (1)}$$

$$P_{accu} = 12 \text{ V} \times 120 \text{ Ah} = 1440 \frac{\text{Watt}}{\text{jam}}$$

$$t_{accu} = \frac{1440 \frac{\text{Watt}}{\text{jam}}}{25 \text{ Watt}} = 57.6 \text{ jam}$$

$$t_{hasil} = 57.6 \text{ jam} - 3 \text{ jam (faktor defisiensi)} = 54.69 \text{ jam (2)}$$

Keterangan:

I_{accu} : Arus *accu* (A); P_{LED} : Daya LED (W);

V_{accu} : Tegangan sumber (V);

t_{accu} : Lama waktu menampung beban (t); P_{accu} : Daya *accu* (Wh)

Dari hasil perhitungan tersebut, lama waktu tahan *accu* 12 V 120 Ah terhadap beban lampu celup bawah air berbasis ATFIRE V.1 25 watt mencapai 54.69 jam. Waktu yang digunakan nelayan prigi untuk mengoperasikan alat tangkap mulai dari pukul 18.00 WIB – 04.00 WIB atau 10 jam. Sehingga, dengan menggunakan *accu* 12 V 120 Ah, Lampu ATFIRE V.1 25 watt mampu diaplikasikan selama ± 5 hari pengoperasian alat tangkap.

Pengoperasian dan Penerapan ATFIRE V.1

Proses penangkapan dimulai dengan melakukan persiapan diantaranya menentukan lokasi penangkapan (*fishing ground*), bahan bakar, bahan makanan, alat tangkap dan alat bantu penangkapan yang digunakan. Kemudian, kapal pancing menuju *fishing ground*. Proses *setting* (penurunan alat tangkap) dilakukan setelah sampai di area *fishing ground*, lalu mempersiapkan alat tangkap pancing dan alat bantu penangkapan seperti umpan ikan segar. Setelah pancing diturunkan, lampu celup bawah air berbasis ATFIRE V.1 diturunkan ke kedalaman 10 meter.

Proses perendaman (*soaking*) pada lampu celup bawah air dilakukan selama dua sampai tiga jam. Setelah itu, dilakukan pengangkatan lampu celup bawah air secara bertahap ke permukaan air laut untuk mengkonsentrasikan ikan ke arah pancing sehingga proses penangkapan semakin optimal. Ketika lampu celup bawah air telah berada di permukaan, kemudian dilakukan pengangkatan pada alat tangkap pancing (*hauling*).

Analisis Proses Tertangkapnya Ikan

Menariknya perhatian ikan dapat terkumpul pada area *fishing ground* yaitu dengan menggunakan alat bantu umpan segar dan cahaya. Pada alat bantu cahaya, intensitas dan warna yang digunakan sangat berpengaruh terhadap daya tarik ikan. Ikan yang bergerak mendekati sumber cahaya disebabkan karena mencari makan, fototaksis positif, ataupun ikan tersebut memiliki sifat keduanya yaitu mencari makan dan sifat fototaksis positif (Baskoro dan Azbas, 2011).

Ikan yang mencari makan, apabila di daerah cahaya terdapat makanan akan berada pada area tersebut dalam waktu yang lama untuk makan dan jika di area tersebut cahaya tidak ada sumber makanan, maka ikan akan melakukan pergerakan menjauhi area. Ikan yang memiliki sifat fototaksis positif akan memilih cahaya yang disenangi, seperti pada ikan pelagis besar yaitu *yellowfin* tuna yang menyukai intensitas cahaya hingga 500 lux di dalam perairan dan tertarik dengan cahaya putih atau biru pada panjang gelombang 483 nm (Laevastu dan Hayes, 2002). Ikan yang fototaksis positif dan mencari makan akan melakukan keduanya pada area sumber cahaya sambil melakukan aktivitas makan.

Hasil Tangkapan Pancing

Pada penelitian yang telah dilakukan dengan perlakuan sebelum pengaplikasian lampu celup bawah air berbasis ATFIRE V.1, diantaranya pada trip ke-1 dengan hasil tangkapan ikan tuna sirip kuning (*Thunnus albacares*) berat 120 kg dengan prosentase 7 %, trip ke-2 dengan hasil tangkapan ikan tongkol (*Euthynnus affinis*) berat 323 kg dengan prosentase 20 %, trip ke-3 dengan hasil tangkapan ikan tongkol (*Euthynnus affinis*) dan cakalang (*Katsuwonus pelamis*) berat 882 kg dengan prosentase 55 % dan trip ke-4 dengan hasil tangkapan ikan tuna sirip kuning (*Thunnus albacares*) berat 288 kg dengan prosentase 18 % (Tabel 1).

Tabel 1. Data Hasil Penangkapan Sebelum Menggunakan ATFIRE V.1

Trip Ke-Jenis Alat Tangkap	Jenis Ikan	Hasil (Kg)
1Pancing	Tuna	120
2Pancing	Tongkol	323
3Pancing	Tongkol	882
4Pancing	Tuna	288



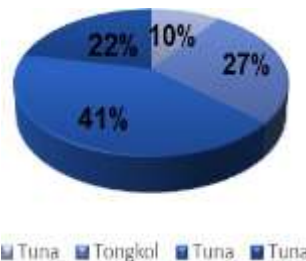
■ Tuna ■ Tongkol ■ Cakalang ■ Tuna

Gambar 10. Hasil Tangkapan Dominan Pancing Sebelum Menggunakan ATFIRE V.1

Pada penelitian berikutnya dilakukan perlakuan dengan mengaplikasikan lampu celup bawah air berbasis ATFIRE V.1, diantaranya pada trip ke-1 dengan hasil tangkapan ikan tuna sirip kuning (*Thunnus albacares*) berat 154 kg dengan prosentase 10 %, trip ke-2 dengan hasil tangkapan ikan tongkol (*Euthynnus affinis*) berat 420 kg dengan prosentase 27 %, trip ke-3 dengan hasil tangkapan tuna sirip kuning (*Thunnus albacares*) berat 650 kg dengan berat 22 % dan trip ke-4 dengan hasil tangkapan ikan tuna sirip kuning (*Thunnus albacares*) berat 340 kg dengan prosentase 41 % (Tabel 2).

Tabel 2. Data Hasil Penangkapan Setelah Menggunakan ATVIRE V.1

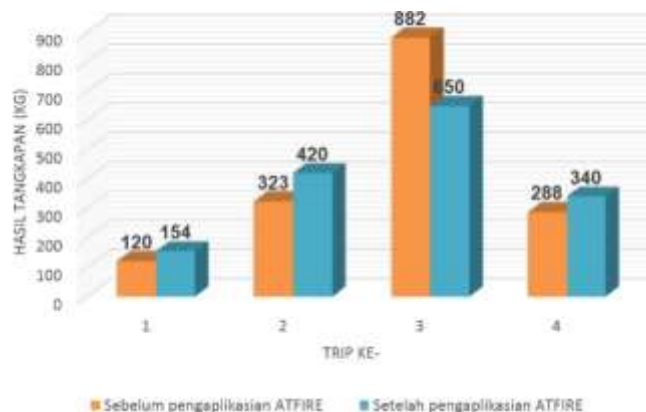
Trip ke-	Jenis Alat Tangkap	Jenis Ikan	Hasil Tangkapan (Kg)
1	Pancing	Tuna	154
2	Pancing	Tongkol	420
3	Pancing	Tuna	650
4	Pancing	Tuna	340



Gambar 11. Hasil Tangkapan Dominan Pancing Setelah Menggunakan ATFIRE V.1

Komparasi Hasil Tangkapan

Komparasi hasil perlakuan pada trip ke- 1 yaitu hasil tangkapan sebelum mengaplikasikan ATFIRE V.1 adalah 120 kg dan setelah mengaplikasikan ATFIRE V.1 adalah 154 kg dengan peningkatan sebesar 34 kg menunjukkan prosentase 28.33 %. Pada komparasi hasil perlakuan pada trip ke- 2 yaitu hasil tangkapan sebelum mengaplikasikan ATFIRE V.1 adalah 323 kg dan setelah mengaplikasikan ATFIRE V.1 adalah 420 kg dengan peningkatan sebesar 97 kg menunjukkan prosentase 30.03 %. Pada komparasi hasil perlakuan pada trip ke- 3 yaitu hasil tangkapan sebelum mengaplikasikan ATFIRE V.1 adalah 882 kg dan setelah mengaplikasikan ATFIRE V.1 adalah 650 kg dengan penurunan sebesar 34 kg menunjukkan prosentase 26.30 %. Dan komparasi hasil perlakuan pada trip ke- 4 yaitu hasil tangkapan sebelum mengaplikasikan ATFIRE V.1 adalah 288 kg dan setelah mengaplikasikan ATFIRE V.1 adalah 340 kg dengan peningkatan sebesar 52 kg menunjukkan prosentase 18.05 %. Dari perlakuan trip ke 1 sampai dengan trip ke-4 prosentase rata – rata komparasi hasil tangkapan sebesar 26.67 %. Hal ini menunjukkan bahwa pengaplikasian ATFIRE V.1 mampu meningkatkan hasil tangkapan sebesar 26.67 % dari total hasil tangkapan awal (Gambar 12).



Gambar 12. Komparasi Hasil Tangkapan

KESIMPULAN DAN SARAN

Mekanisme pengaplikasian yang ATFIRE pada pancing diturunkan ke kedalaman 10 meter, dengan proses perendaman (soaking) selama dua sampai tiga jam. Respon ketika pengoperasian alat bantu tersebut terdiri dari ikan tuna sirip kuning/ *yellowfin tuna* (*Thunnus albacares*), cakalang (*Katsuwonus pelamis*) dan tongkol (*Euthynnus affinis*) yang memiliki karakteristik dimana menyukai intensitas cahaya hingga 500 lux di dalam perairan dan tertarik dengan cahaya putih atau biru pada panjang gelombang *yellowfin tuna* 483 nm. Dampak dari pengaplikasian ATFIRE (*Automatic Fish Attractor*) V.1 adalah mampu meningkatkan hasil tangkapan hingga 26.67 %. Terkait peningkatan dan peningkatan pengaplikasian ATFIRE masih diperlukan penyebarluasan pengoperasian alat.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini dapat terselesaikan atas kerjasama yang baik antara penulis dengan Sunardi, ST., MT, Eko Sulkhani Yulianto, S.Pi., M.Si, dan Fuad, S.Pi., MT selaku dosen pembimbing. Serta Tim ATFIRE sebagai tim pelaksana penelitian dan pengaplikasian penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- Baskoro, M. S dan Azbas, T. (2011). *Tingkah Laku Ikan Hubungannya Dengan Ilmu Dan Teknologi Perikanan Tangkap*. CV Lubuk Agung.
- Dinas Kelautan dan Perikanan. (2008). *Laporan Tahunan Dinas Kelautan dan Perikanan Kabupaten Trenggalek*. Dinas Kelautan dan Perikanan Kabupaten Trenggalek. Trenggalek.
- Fuad., Sukandar dan Alfian, J. (2016). Pengembangan Lampu Bawah Air Sebagai Alat Bantu Pada Bagan Tancap di Desa Tambak Lekok Kecamatan Lekok Pasuruan. *Jurnal Kelautan*, 9(1), 7-11.
- Laevastu, T and M. L. Hayes. (2002). *Fisheries Oceanography and Ecology*. Fishing News.
- Nikorov. (1975). *Interaction of Fishing Gear with Fish Aggregations*. Vilim E, Penerjemah. Israel (IL), Keter Publising House Jerussalem Ltd. Terjemahan dari: Vzaimodeistvie Orudil Lova so Skopleiyami Ryb.
- Pelabuhan Perikanan Nusantara Prigi. (2015). *Data Statistik Perikanan Tahun 2015*. Trenggalek.
- Setiawan. F. (2014). *Analisis Pengaruh Medium Perambatan Terhadap Intensitas Cahaya Lacuba (Lampu Celup Bawah Air)*. Fakultas Teknik. Lampung.
- Sudirman dan Natsir. (2011). *Perikanan Bagan Dan Aspek Pengelolaannya*. UMM Press. Malang.
- Sukandar dan Fuad. (2015). Pengoperasian Lampu Celup Bawah Air pada Bagan Tancap di Perairan Lekok. *Journal of Innovation and Applied Technology*. 1(2), 101-105.
- Sulandri. A. (2011). Strategi Peningkatan Produksi Pada Nelayan Pancing Tonda Di Perairan Teluk Prigi (Pelabuhan Perikanan Nusantara Prigi). Universitas Indonesia. Depok.
- Telaumbanua, S. J., Suardi, M. L dan Bukhari. (2004). Studi Pemanfaatan Teknologi Umpan Dalam Pengoperasian Alat Tangkap Pancing Di Perairan Sumatera Barat. *Mangrove dan Pesisir*. 4 (3), 1- 9.
- Thenu, I. M. (2014). *Aplikasi Lampu LED (Light Emitting Diode) pada Pengoperasian Bagan Tancap*. Bogor.
- Zunelfi. (2012). Perhitungan Lama Waktu Pemakaian dan Pengisian Aki. *E-Journal*. Fakultas Teknik Elektro. Palembang. 3, 62- 64.

RESPON STRESSOR KEPADATAN IKAN MAS (*Cyprinus carpio* L) SETELAH DIINFEKSI BAKTERI *Edwardsiella tarda* SECARA BUATAN TERHADAP NILAI HEMATOKRIT

Sri Oetami Madyowati*, Muhajir

Jurusan Perikanan-Fakultas Pertanian, Universitas Dr. Soetomo Surabaya

*Corresponding author e-mail: oetamimadyowati@yahoo.com

ABSTRAK

Beberapa kurun waktu terakhir, bakteri *Edwardsiella tarda* marak dibicarakan karena banyak menyerang beberapa jenis ikan air tawar di Indonesia misalnya ikan mas, ikan nila (*Oreochromis niloticus*) dan ikan lele (*Clarias bathracus*). Habitat *Edwardsiella tarda* adalah perairan tropis dengan suhu 15–35°C. Bakteri ini dapat dijumpai di lingkungan air tawar dan air laut, dengan suhu optimal bagi pertumbuhannya sekitar 35°C, sedangkan pada suhu di bawah 10°C atau di atas 45°C tidak dapat tumbuh, saat mencapai suhu 30°C dia akan sangat subur-suburnya. Maka dari itu *Edwardsiella tarda* sangat mudah untuk memperbanyak dirinya di Indonesia. Penelitian ini terdiri dari perlakuan (A) kepadatan 5 ekor/ 3,96 liter; (B) kepadatan 10 ekor/ 3,96 liter; (C) dengan kepadatan 15 ekor/ 3,96 liter; (D) dengan kepadatan 20 ekor/ 3,96 liter dan (E) kepadatan 25 ekor/ 3,96 liter. Pengukuran kadar hematokrit dilakukan sebelum dan 2 hari setelah diinfeksi dengan bakteri *Edwardsiella tarda*. Selisih nilai persentase hematokrit diperoleh dari hasil pengamatan sebelum dan setelah diuji tantang dengan bakteri *Edwardsiella tarda*. Semakin tinggi jumlah kepadatan ikan, maka terjadi penurunan terhadap persentase hematokrit, rata-rata hematokrit mengalami penurunan dari perlakuan A sebesar 30% yang turun terus menerus pada setiap perlakuan hingga menjadi sebesar 18,6% pada perlakuan E. Hal ini juga terjadi setelah 48 jam dilakukan uji tantang menggunakan bakteri *Edwardsiella tarda* (3×10^5 CFU/ml) bahwa pada perlakuan A diperoleh nilai rata-rata kadar hematokrit sebesar 20,6% yang turun terus menerus pada setiap perlakuan hingga menjadi sebesar 13,2% pada perlakuan E.

Kata kunci: *Cyprinus carpio*, kepadatan, *Edwardsiella tarda* dan hematokrit

PENDAHULUAN

Ikan mas (*Cyprinus carpio* L) sebagai ikan konsumsi merupakan salah satu komoditas sektor perikanan air tawar yang terus berkembang pesat. Salah satu cara untuk memenuhi jumlah kebutuhan ikan mas maka harus diperhatikan teknik budidayanya. Teknik budidaya ikan mas cukup mudah dan relatif murah, namun seringkali para petani ikan dihadapkan pada masalah kematian ikan yang diserang penyakit. Penyakit merupakan segala sesuatu yang dapat menimbulkan gangguan pada ikan baik secara langsung maupun tidak langsung. Timbulnya serangan penyakit ini salah satunya dapat diakibatkan oleh pemeliharaan ikan yang kurang baik. Pemeliharaan yang kurang baik akan mengakibatkan ikan menjadi stres. Salah satu faktor yang dapat menyebabkan ikan stres misalnya kepadatan ikan yang terlalu tinggi (Lesmana, 2010:23). Kepadatan ikan yang terlalu tinggi akan meningkatkan kompetisi pakan, *dissolved oxygen* menurun dan peningkatan limbah organik di perairan (Harper and Wolf, 2009:37). Dari hasil penelitian diketahui bahwa ikan hias air tawar jenis *Sparus aurata* (*Sea Bream*) dan *Oreochromis mossambicus* mengalami peningkatan glukosa darah dan kortisol pada kepadatan tinggi selama 2 jam pertama, hal ini menandakan bahwa kepadatan ikan yang terlalu tinggi dapat dikategorikan sebagai *stressor* (Vijayan *et al.*, 2007:19). *Stressor* merupakan suatu stimulus yang menyebabkan timbulnya keadaan stres (Harper and Wolf, 2009:26). Dampak negatif stres pada ikan dapat menurunkan sistem imun, sehingga ikan akan mudah terserang berbagai macam penyakit (Pickering and Pottinger, 2007:11). Untuk menguji respon kepadatan terhadap daya tahan tubuh benih ikan mas, digunakan bakteri *Edwardsiella tarda*, gambaran darah suatu organisme dapat digunakan untuk mengetahui kondisi kesehatan yang sedang dialami oleh ikan, salah satunya dilihat dari persentase hematokrit yang memiliki peran penting sebagai pertahanan dari serangan bakteri yang masuk ke dalam tubuh ikan.

Edwardsiella tarda menyebabkan sakit pada ikan mas karena bakteri tersebut memiliki virulensi (derajat patogenitas) yang sangat tinggi dan mampu mengeluarkan racun lipopolisakarida (LPS) yang merupakan konjugasi antara karbohidrat dan lemak dalam jumlah yang berlebihan di tubuh inang dan

selanjutnya dilepaskan saat mikroorganisme mengalami lisis atau pecahnya sel (endotoksin). Penghitungan persentase hematokrit merupakan salah satu pendekatan yang digunakan untuk bisa mengenali tubuh ikan saat stres. Hematokrit merupakan persentase volume sel darah merah (eritrosit) dalam darah ikan. Apabila nilai hematokrit kurang dari 25% menunjukkan terjadinya anemia (Kuswardani, 2007:16). Mekanisme terjadinya perubahan persentase hematokrit selama stres dimulai dari diterimanya informasi penyebab faktor stres oleh organ reseptor. Selanjutnya informasi tersebut disampaikan ke otak bagian hypothalamus melalui system saraf. Hypothalamus memerintahkan sel kromafin untuk mensekresikan katekolamin melalui serabut saraf simpatik. Adanya katekolamin ini akan mengaktifasi lipopolisakarida yang menyerang komponen darah yang fungsinya dapat menurunkan hematokrit pada ikan (Sdorow, 1990:64). Peningkatan hematokrit terjadi sejak 6 jam pasca injeksi dan setelah itu mengalami penurunan, ini menandakan bahwa bakteri *Edwardsiella tarda* dapat menyebabkan perubahan kestabilan tubuh ikan atau dapat dikatakan ikan menjadi stress akibat adanya infeksi (Harris, 2011:70).

Dampak *Edwardsiella tarda* terhadap kepadatan ikan mas, semakin padat populasi ikan pada suatu kolam maka ikan akan semakin stress sehingga dapat menurunkan sistem imun pada tubuh ikan. Penurunan sistem imun dalam tubuh ikan akan mengakibatkan mudahnya bakteri *Edwardsiella tarda* masuk ke tubuh ikan sehingga menimbulkan infeksi. Apabila ikan terpapar infeksi dalam jangka waktu panjang, ikan yang berada disekitarnya akan tertular dan selanjutnya akan terjadi penyakit kronis yang dapat mengakibatkan kematian (Harper and Wolf, 2009:84).

MATERI DAN METODE

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Bakteri Balai Karantina Ikan Kelas I Juanda

Prosedur Penelitian:

A. Persiapan Penelitian

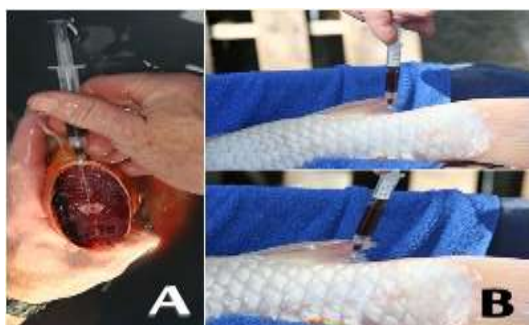
Persiapan penelitian dilakukan dengan melakukan sterilisasi akuarium. Adapun langkah-langkahnya adalah sebagai berikut

1. Akuarium disiapkan sebanyak 25 buah sesuai dengan jumlah unit percobaan
2. Akuarium dicuci menggunakan detergen sampai bersih kemudian dibilas dengan air tawar
3. Akuarium disusun berdasarkan *lay out* penelitian
4. Masing-masing akuarium diisi 3,96 liter air dan dilengkapi dengan peralatan *aerator* secara merata

B. Pelaksanaan Penelitian

1. Menyiapkan biakan murni bakteri *Edwardsiella tarda* (isolat bakteri) sebanyak 3,375 ml:
 - a. *Trypticase Soy Agar* (TSA) sejumlah 40 gram dilarutkan dalam 1 liter air aquadest steril Erlenmeyer steril.
 - b. Kemudian dididihkan sambil aduk hingga larut sempurna dan berwarna bening.
 - c. Larutan TSA yang telah diinokulasikan kemudian di inkubasi selama 24 jam pada suhu 27-28°C.
 - d. Media dapat digunakan setelah 24 jam.
2. Identifikasi bakteri *Edwardsiella tarda* dengan menggunakan pewarnaan gram:
 - a. Obyek glass dibersihkan terlebih dahulu menggunakan alkohol dan dipanaskan diatas pembakar bunsen, kemudian jarum ose dipanaskan. Biakan bakteri diambil dan diratakan diatas obyek glass yang telah ditetesi PZ (Physiologis Zouth)/NaCl kemudian difiksasi diatas pembakar bunsen hingga kering.
 - b. Langkah selanjutnya adalah meneteskan sampel bakteri dengan kristal violet dan didiamkan selama 2 menit, setelah itu dicuci dengan air mengalir dan diangin-anginkan hingga kering, ditetesi lugol dan didiamkan lagi selama 1 menit kemudian dicuci lagi dengan air mengalir dan diangin anginkan sampai kering. Berikutnya ditetesi dengan alkohol acetone selama 10-20 detik hingga zat warna yang tersisa hilang, dicuci kembali dengan air mengalir dan diangin-anginkan hingga kering. Langkah terakhir adalah meneteskan dengan minyak emersi, hasil pewarnaan dapat dilihat dibawah mikroskop dengan pembesaran 1000x, apabila bakteri terlihat berwarna merah atau merah muda berarti bakteri bersifat gram negatif.
3. Sebelum dilakukan penelitian, hewan uji sebaiknya dibiarkan dalam kolam yang telah terisi dengan air tawar selama 24 jam sebagai proses adaptasi kemudian diukur persentase hematokrit-nya.

Adapun prosedur pengukuran hematokrit pada sel darah merah benih ikan mas menurut Anderson and Siwicki (1993:86) dimulai dengan mengambil sampel darah ikan mas dengan menggunakan spuit 1 cc, sebanyak \pm 1ml. Pengambilan darah melalui vena caudalis dan jantung. Contoh cara pengambilan darah dapat dilihat pada gambar berikut ini.



Gambar 1. Contoh Cara Pengambilan Darah Pada Ikan.

Sumber: www.koihealth.org

Keterangan gambar:

- A. Memotong *caudal peduncle* ikan
- B. Melalui vena caudalis

Sampel darah kemudian dimasukkan kedalam tabung mikrohematokrit hingga mencapai $\frac{3}{4}$ bagian, lalu disumbat pada bagian ujung dengan menggunakan kretoseal. Sampel darah tersebut di centrifuge dengan kecepatan 16.000 rpm selama 5 menit. Pengukuran kadar hematokrit dilakukan dengan menggunakan *microhematocrit reader*. Cara menentukan nilai hematokrit adalah sebagai berikut:

- a) Memasukan darah ke dalam mikro kapiler hematokrit yang sudah mengandung anti koagulan (mikro kapiler warna merah), menutup salah satu ujung kapiler dengan kristoseal.
 - b) Kemudian kapiler yang sudah berisi darah tersebut di centrifuge dengan kecepatan 3000rpm selama 15 menit
 - c) Membaca volume sel-sel darah yang sudah terpisah dalam kapiler dengan alat pembaca mikrokapiler (*mikro capillery reader* atau skala hematokrit) yang disediakan
4. Penempatan akuarium disesuaikan dengan *lay out* penelitian, selanjutnya akuarium tersebut di isi dengan air tawar sebanyak $\frac{3}{4}$ bagian dari volume akuarium.
 5. Selanjutnya akuarium sebagaimana langkah ke 6 diberi ikan mas dengan kepadatan sesuai dengan perlakuan
 6. Selama penelitian berlangsung pemberian pakan terhadap hewan uji masing-masing akuarium dilakukan 2x sehari, pagi hari pada pukul 07.00 WIB dan sore hari pada 16.00 WIB. Pakan tersebut diberikan dengan dosis 5% dari berat badan tubuh ikan.
 7. Selanjutnya setiap media yang ada di akuarium untuk tiap-tiap perlakuan dan ulangan diuji tantang menggunakan bakteri *Edwardsiella tarda* LD50 sebanyak 3,375 ml pada masing-masing akuarium.
 8. Pengamatan kualitas air (suhu air, oksigen terlarut, dan derajat keasaman) selama penelitian berlangsung dilakukan 2 kali, yang pertama dilakukan pada saat setelah hewan uji di tebar pada masing-masing akuarium sedang yang kedua dilakukan pada saat setelah uji tantang telah dilakukan.
 9. Di akhir penelitian, setelah ikan mas diinfeksi bakteri selama 48 jam, diukur kembali hematokritnya untuk setiap perlakuan dan ulangan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Hasil Pengukuran Hematokrit

Hasil pengukuran rata-rata kadar hematokrit dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 1. Hasil pengukuran rata-rata hematokrit

Periode Pengukuran	Perlakuan	Rata-Rata Hematokrit (%)	
		Kontrol	Eksperimen
Sebelum Perlakuan		33,00	

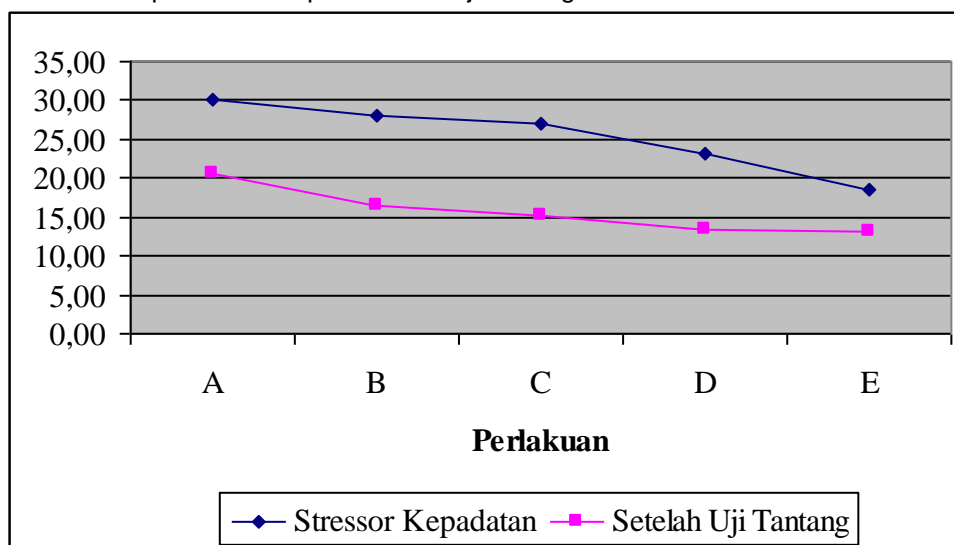
Stressor Kepadatan	A	32	30,00
	B	31	28,00
	C	27	27,00
	D	25	23,20
	E	24	18,60
Setelah Uji Tantang	A	31	20,60
	B	31	16,40
	C	26	15,20
	D	25	13,40
	E	23	13,20

Sumber: Lampiran 1

Keterangan:

- A : 5 ekor
- B : 10 ekor
- C : 15 ekor
- D : 20 ekor
- E : 25 ekor

Berdasarkan hasil analisis sidik ragam di atas menunjukkan bahwa tingkat kepadatan berpengaruh sangat nyata terhadap kadar hematokrit pada ikan mas baik pada perlakuan maupun setelah uji tantang. Hal ini dibuktikan dengan nilai signifikansi F masing-masing sebesar 0,000 baik pada pemberian stressor kepadatan maupun setelah uji tantang.



Gambar 2. Grafik perbandingan jumlah rata-rata hematokrit setelah diberi stressor berupa kepadatan dan setelah di uji tantang menggunakan bakteri *E. tarda*.

Hasil uji lanjut BNJ menunjukkan bahwa kadar hematokrit pada perlakuan A dan B tidak berbeda nyata dan pada perlakuan B dan C juga tidak berbeda nyata. Perbedaan nyata ditemukan pada perlakuan A dengan C, D dan E, perlakuan B dengan D dan E, perlakuan C dengan D dan E serta perlakuan D dengan E. Hal ini menunjukkan bahwa tingkat kepadatan pada perlakuan E, yaitu sebanyak 25 ekor memberikan pengaruh terhadap penurunan hematokrit yang terbesar dibandingkan tingkat kepadatan pada perlakuan yang lain.

Sedangkan hasil uji lanjut BNJ setelah di uji tantang menunjukkan bahwa kadar hematokrit pada perlakuan B, C, D dan E tidak berbeda nyata, perlakuan C, D dan E juga tidak berbeda nyata, serta D dan E juga tidak berbeda nyata. Perbedaan nyata ditemukan pada perlakuan A dengan B, C, D dan E. Hal ini menunjukkan bahwa tingkat kepadatan setelah di uji tantang pada perlakuan E, yaitu

sebanyak 25 ekor juga memberikan pengaruh terhadap penurunan hematokrit yang terbesar dibandingkan tingkat kepadatan pada perlakuan yang lain setelah di ujiantang.

Untuk lebih jelasnya perbedaan hasil pengukuran rata-rata kadar hematokrit tersebut dapat dilihat pada gambar 2 diatas.

Hasil pengukuran rata-rata kadar hematokrit menunjukkan bahwa pada awal penelitian diperoleh nilai rata-rata kadar hematokrit sebesar 33%. Menurut Alifuddin (1993:69), hasil pemeriksaan terhadap hematokrit dapat dijadikan sebagai salah satu indikator untuk menentukan keadaan kesehatan ikan, nilai hematokrit kurang dari 25% menunjukkan terjadinya anemia. Rendahnya hematokrit juga dapat menunjukkan terjadinya kontaminasi, ikan kekurangan makan, kandungan protein pakan rendah, kekurangan vitamin, stres atau terjadi infeksi. Perbedaan kadar hematokrit awal penelitian yang didapat dengan literatur diduga disebabkan oleh perbedaan bobot ikan, habitat, makanan, umur, dan jenis kelamin. Pernyataan ini diperkuat dengan pernyataan Dellman dan Brown (1989:94) melaporkan bahwa apabila terkena infeksi, nafsu makan ikan akan menurun dan nilai hematokrit darah akan menurun. Pada kasus seperti anemia mikrositik, jumlah dan ukuran sel darah merah berkurang, sehingga kadar hematokrit juga rendah. Nilai hematokrit juga dipengaruhi oleh jenis kelamin, ukuran tubuh dan masa pemijahan (Jawad *et al.*, 2004:88). Hal tersebut diperkuat juga oleh Hesser (1960:90), parameter yang berpengaruh terhadap pengukuran volume sel darah merah adalah hematokrit. Sastradipradja *et al.* (1989:45) melaporkan bahwa hematokrit merupakan persen volume sel darah merah di dalam darah. Nilai hematokrit pada ikan teleostei berkisar antara 20-30 %, dan pada beberapa spesies ikan laut sekitar 42 % (Bond, 1979:69). Kuswardani (2006:73) Kadar hematokrit ini bervariasi tergantung pada faktor nutrisi, umur ikan, jenis kelamin, ukuran tubuh dan masa pemijahan. Nilai hematokrit sebesar 20% berarti dalam darah mengandung 20% sel darah merah.

Fujaya (2014:48) menyatakan bahwa ada korelasi yang kuat antara hematokrit dan jumlah hemoglobin darah, semakin rendah jumlah eritrosit, maka semakin rendah pula kandungan hemoglobin dalam darah. Banyak faktor yang mempengaruhi rendah nya kadar hemoglobin menurut Dellman and Brown (1989:87) mengatakan kadar hemoglobin dibawah kisaran normal mengindikasikan rendahnya kandungan protein pakan, defisiensi vitamin dan kualitas air buruk atau ikan mendapat infeksi. Hal ini diperkuat dengan pernyataan Lagler *et al.*, (1977:62) konsentrasi hemoglobin dalam darah berkorelasi kuat dengan jumlah eritrosit. Semakin rendah jumlah eritrosit, maka semakin rendah pula konsentrasi hemoglobin didalam darah.

Menurut Bastiawan *et al.*, (2001:47) apabila ikan nafsu makannya menurun maka jumlah eritrosit darahnya menjadi tidak normal dan diikuti dengan nilai hematokrit yang juga akan rendah. Eritrosit diproduksi di dalam organ ginjal bagian depan dan organ limpa. Rendahnya jumlah eritrosit merupakan indikator terjadinya anemia, sedangkan tingginya jumlah eritrosit mengindikasikan bahwa ikan dalam keadaan stress (Wedemeyer dan Yatsuke, 1977:64).

Menurut Wedemeyer dan Yasutake (1977:62) jumlah eritrosit yang tinggi menandakan bahwa ikan dalam keadaan stres. Robert (1978:91) Seperti halnya pada hematokrit, kadar eritrosit yang rendah menunjukkan terjadi anemia. Sedangkan kadar tinggi menunjukkan bahwa ikan dalam keadaan stress (Wedemeyer dan Yasutake, 1977:63). Kadar hemoglobin dalam darah berhubungan erat dengan jumlah sel darah merah (eritrosit). Konsentrasi haemoglobin diukur berdasarkan pada intensitas warna dan dinyatakan dalam satuan gram haemoglobin/100 ml darah (gr/100 ml) (Lagler *et al.*, 1977:41).

Kadar hemoglobin sejalan dengan jumlah eritrosit (Royan *et al.*, 2014:66). Seperti yang dinyatakan oleh Matofani *et al.*, (2013:74) hemoglobin berkaitan erat dengan eritrosit, semakin sedikit kadar hemoglobin maka ikan tersebut diduga mengalami anemia. Kemampuan mengikat oksigen dalam darah tergantung pada jumlah hemoglobin yang terdapat dalam eritrosit. Rendahnya kadar hemoglobin menyebabkan laju metabolisme menurun dan energi yang dihasilkan menjadi rendah. Hal ini membuat ikan menjadi lemah dan tidak memiliki nafsu makan serta terlihat diam di dasar atau menggantung di bawah permukaan air (Bastiawan *et al.*, 2001:83).

Pada saat ikan stress nilai hematokrit akan cenderung menurun (Barton *et al.*, 1987:37). Stres pada ikan juga menyebabkan terjadinya penyimpangan fisiologis dan ketidakseimbangan hormon, sehingga menyebabkan komponen-komponen darah juga ikut mengalami perubahan. Perubahan gambaran darah dan kimia darah, baik secara kualitatif maupun kuantitatif, dapat menentukan kondisi kesehatannya (Wedemeyer, 1977:74).

Penurunan nilai hematokrit mengindikasikan ketidaknyamanan kondisi dari suatu organisme dan menyebabkan anemia (Nirmala *et al.*, 2012:95). Nabib dan Pasaribu (1989:48) menyatakan bahwa nilai hematokrit di bawah 30 % menunjukkan adanya defisiensi eritrosit. Jumlah sel darah merah, hematokrit, dan hemoglobin semakin menurun seiring dengan bertambahnya konsentrasi merkuri di dalam media pemeliharaan. Penurunan kadar hematokrit dan hemoglobin dalam darah ikan oleh merkuri dipengaruhi oleh kontaminasi, absorpsi dan akumulasi merkuri yang dapat menyebabkan anemia pada ikan (Yuniar, 2009:77).

Anderson dan Swicki (1993:81) menyatakan bahwa persentase volume kandungan sel darah merupakan petunjuk terhadap kondisi kesehatan ikan, salah satu komponen sel darah yang berfungsi sebagai pertahanan non spesifik yang akan melokalisasi dan mengeliminasi organisme patogen.

Selanjutnya, dari hasil pengukuran juga diketahui bahwa tingkat kepadatan masing-masing perlakuan berbanding lurus dengan penurunan hematokrit. Artinya semakin tinggi jumlah kepadatan, maka hematokrit akan semakin turun. Hal ini terlihat dari hasil pengukuran rata-rata kadar hematokrit yang terus menunjukkan penurunan dari perlakuan A sebesar 30% yang turun terus menerus pada setiap perlakuan hingga menjadi sebesar 18,6% pada perlakuan E. Penurunan kadar hematokrit pada tingkat kepadatan tersebut juga terjadi setelah dilakukan ujiantang dengan *Edwardsiella tarda*. Hasil pengukuran setelah ujiantang pada perlakuan A diperoleh nilai rata-rata kadar hematokrit sebesar 20,6% yang meningkat terus menerus pada setiap perlakuan hingga menjadi sebesar 13,2% pada perlakuan E.

Salah satu cara untuk memenuhi jumlah kebutuhan ikan mas maka harus diperhatikan teknik budidayanya. Teknik budidaya ikan mas cukup mudah dan relatif murah, namun seringkali para petani ikan dihadapkan pada masalah kematian ikan yang diserang penyakit. Penyakit merupakan segala sesuatu yang dapat menimbulkan gangguan pada ikan baik secara langsung maupun tidak langsung. Timbulnya serangan penyakit ini salah satunya dapat diakibatkan oleh pemeliharaan ikan yang kurang baik. Pemeliharaan yang kurang baik akan mengakibatkan ikan menjadi stres. Salah satu faktor yang dapat menyebabkan ikan stres misalnya kepadatan ikan yang terlalu tinggi (Lesmana, 2010:24). Kepadatan ikan yang terlalu tinggi akan meningkatkan kompetisi pakan, *dissolved oxygen* menurun dan peningkatan limbah organik di perairan (Harper and Wolf, 2009:37). Dari hasil penelitian diketahui bahwa ikan hias air tawar jenis *Sparus aurata* (Sea Bream) dan *Oreochromis mossambicus* mengalami peningkatan glukosa darah dan kortisol pada kepadatan tinggi selama 2 jam pertama, hal ini menandakan bahwa kepadatan ikan yang terlalu tinggi dapat dikategorikan sebagai *stressor* (Vijayan *et al.*, 2007:26). *Stressor* merupakan suatu stimulus yang menyebabkan timbulnya keadaan stres (Harper and Wolf, 2009:34).

Dampak negatif stres pada ikan dapat menurunkan sistem imun, sehingga ikan akan mudah terserang berbagai macam penyakit (Pickering and Pottinger, 2007:68). Menurut Lesmana (2010:70) bahwa ikan yang mengalami stres berat melakukan aktifitas yang sangat tinggi, sehingga setelah melewati fase stres ikan menjadi lemas dan aktifitasnya menurun tajam. Dampak negatif terjadinya stres pada ikan yaitu terjadinya penurunan sistem imun dan rentan terhadap penyakit.

Stres merupakan suatu kondisi yang dapat menyebabkan gangguan fisiologis dan psikologis sehingga mengakibatkan terjadinya pelepasan hormon stres dan menghasilkan respon fisiologis tertentu. Stres dapat terjadi dalam waktu singkat dan mendadak, dan dapat menimbulkan kematian pada ikan apabila terjadi dalam jangka waktu yang panjang (Tulloch, 2011:50). Tingkat stres yang mempengaruhi setiap ikan berbeda-beda ditentukan oleh seberapa parahnya stres, durasi dan jenis *stressor* (Iwama *et al.*, 2009:39).

Terjadinya stres pada ikan akan menimbulkan peningkatan denyut jantung, tekanan darah, peningkatan glukosa darah dan pelepasan kortisol. Pada saat stres kortisol akan menekan sistem imun, sehingga menyebabkan limfosit meningkat dan meningkatnya sekresi kortisol juga dapat menyebabkan terjadinya penurunan monosit dan basofil. Dalam tubuh ikan, Monosit berperan dalam fagositosis benda asing. Sel ini mempunyai kemampuan untuk membunuh berbagai jenis agen patogen, termasuk bakteri dan larva cacing. Fungsi basofil berhubungan dengan kepekaan antigen, gejala stres dan fagositosis. Apabila ikan terpapar *stressor* dalam jangka waktu panjang, selanjutnya akan terjadi stres kronis pada ikan yang mengakibatkan terjadinya penurunan sistem imun sehingga ikan mudah terkena serangan bakteri, jamur dan parasit. Penurunan sistem imun biasanya diikuti oleh kejadian kematian pada ikan (Harper and Wolf, 2009:70).

Stres terdiri atas 3 komponen yaitu *stressor*, proses dan respon. Istilah stres tidak hanya merujuk pada sumber stres namun keterkaitan antara ketiganya. *Stressor* adalah suatu kejadian, situasi, atau obyek yang merupakan unsur penyebab terjadinya stres dan menimbulkan reaksi stres sebagai hasilnya. Terdapat empat macam faktor stres yaitu *stressor* kimia, dapat berupa kualitas air, polusi, adanya senyawa nitrogen dan zat sisa metabolisme. *Stressor* biologis, dapat berupa kepadatan, parasit, mikroba, jamur dan bakteri. *Stressor* fisika, berupa suara, dan intensitas cahaya. *Stressor* prosedural berupa handling, transportasi dan penanganan penyakit (Linder *et al.*, 2013:55).

Untuk menguji respon kepadatan terhadap daya tahan tubuh benih ikan mas, digunakan bakteri *Edwardsiella tarda*, gambaran darah suatu organisme dapat digunakan untuk mengetahui kondisi kesehatan yang sedang dialami oleh ikan, salah satunya dilihat dari persentase hematokrit yang memiliki peran penting sebagai pertahanan dari serangan bakteri yang masuk ke dalam tubuh ikan. Beberapa kurun waktu terakhir, bakteri *Edwardsiella tarda* marak dibicarakan karena banyak menyerang beberapa jenis ikan air tawar di Indonesia misalnya ikan mas di Pontianak, ikan nila (*Oreochromis niloticus*) di Yogyakarta dan ikan lele (*Clarias bathracus*) di Semarang dan Lumajang (Narwiyani, 2011:80).

Edwardsiella tarda menyebabkan sakit pada ikan mas karena bakteri tersebut memiliki virulensi (derajat patogenitas) yang sangat tinggi dan mampu mengeluarkan racun lipopolisakarida (LPS) yang merupakan konjugasi antara karbohidrat dan lemak dalam jumlah yang berlebihan di tubuh inang dan selanjutnya dilepaskan saat mikroorganisme mengalami lisis atau pecahnya sel (endotoksin). Penghitungan persentase hematokrit merupakan salah satu pendekatan yang digunakan untuk bisa mengenali tubuh ikan saat stres. Hematokrit merupakan persentase volume sel darah merah (eritrosit) dalam darah ikan. Apabila nilai hematokrit kurang dari 25% menunjukkan terjadinya anemia (Kuswardani, 2007:90). Mekanisme terjadinya perubahan persentase hematokrit selama stres dimulai dari diterimanya informasi penyebab faktor stres oleh organ reseptor. Selanjutnya informasi tersebut disampaikan ke otak bagian hypothalamus melalui system saraf. Hypothalamus memerintahkan sel kromafin untuk mensekresikan katekolamin melalui serabut saraf simpatik. Adanya katekolamin ini akan mengaktifasi lipopolisakarida yang menyerang komponen darah yang fungsinya dapat menurunkan hematokrit pada ikan (Sdorow, 1990). Peningkatan hematokrit terjadi sejak 6 jam pasca injeksi dan setelah itu mengalami penurunan, ini menandakan bahwa bakteri *Edwardsiella tarda* dapat menyebabkan perubahan kestabilan tubuh ikan atau dapat dikatakan ikan menjadi stress akibat adanya infeksi (Harris, 2011:114).

Dampak *Edwardsiella tarda* terhadap kepadatan ikan mas, semakin padat populasi ikan pada suatu kolam maka ikan akan semakin stress sehingga dapat menurunkan sistem imun pada tubuh ikan. Penurunan sistem imun dalam tubuh ikan akan mengakibatkan mudahnya bakteri *Edwardsiella tarda* masuk ke tubuh ikan sehingga menimbulkan infeksi. Apabila ikan terpapar infeksi dalam jangka waktu panjang, ikan yang berada disekitarnya akan tertular dan selanjutnya akan terjadi penyakit kronis yang dapat mengakibatkan kematian (Harper and Wolf, 2009:129).

Nilai hematokrit ikan teleostei berkisar antara 20-30 % dan untuk ikan laut sebesar 42 %, nilai hematokrit normal *Cyprinus carpio* adalah 29.62 (21.42 - 43.29 %) (Bond,1979:153). Penurunan nilai hematokrit terlihat pada persentase nilai rata-rata hematokrit pada masing-masing perlakuan. Semakin tinggi jumlah kepadatan maka terjadi peningkatan respon stres pada ikan yang berakibat pada menurunnya persentase hematokrit. Setelah di uji tantang menggunakan *E. tarda* terlihat pada grafik yang menunjukkan adanya fluktuasi nilai pada perlakuan A hingga perlakuan E. Hal ini dapat dipengaruhi oleh adanya reaksi sistem imun masing-masing ikan terhadap pemaparan infeksi bakteri yang berbeda-beda.. Penurunan nilai hematokrit dapat dijadikan petunjuk mengenai rendahnya kandungan protein, defisiensi vitamin atau ikan yang terkena infeksi (Mc Donald and Milligan 1997:96).

Penurunan nilai hematorit dapat terjadi apabila pada saat stres ikan tidak dapat mempertahankan kondisi homestatis dimana pada tahap *General Adaptation Syndrome* (GAS) terjadi reaksi pertahanan terhadap *stressor* yang menyebabkan terjadinya perubahan denyut jantung, perubahan respirasi, dan kapasitas *supply* darah. Pada saat terjadi reaksi pertahanan, tubuh akan memberikan respon primer yang berupa peningkatan sekresi kortikosteroid dan katekolamin (Foo dan Lam, 1993:77). Kemudian katekolamin akan mengeluarkan hormon-hormon yang yang dapat meningkatkan kapasitas pembawa oksigen dalam sel darah merah ikan (Randall dan Perry,1992:136) dan merangsang pelepasan sel darah merah dari limpa ke dalam sirkulasi eritrosit dan akan meningkatkan pembentukan hemoglobin akan oksigen (Primmet *et al.*, 1986:162). Nilai hematokrit yang terukur berhubungan langsung dengan jumlah eritrosit dan kadar hemoglobin. Ketika ikan

mengalami stres, kontraksi limpa akan menurun sehingga sirkulasi sel darah merah menjadi lemah, sehingga akhirnya menurunkan nilai hematokrit (Swenson, 1984:43).

2. Kualitas Air

Data pengukuran menunjukkan kisaran suhu pada masing-masing perlakuan adalah suhu berkisar antara 27-29°C, kisaran pH yaitu 5,17-5,33, untuk oksigen terlarut yaitu 6,0 mg/L. Kadar amonia pada perlakuan A sebesar 1,0 (mg/L), perlakuan B dan C sebesar 2,0 (Mg/l), perlakuan D dan E sebesar 4,0 (mg/L).

KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil penelitian dan analisis data yang dilakukan diketahui bahwa kepadatan pada masing-masing perlakuan, perlakuan A (5 ekor), B (10 ekor), C (15 ekor), D (20 ekor), E (25 ekor), dengan kisaran DO 6,0 mg/l dan suhu 27°C-29°C, berpengaruh terhadap penurunan jumlah kadar hematokrit. Semakin tinggi jumlah kepadatan ikan, maka terjadi penurunan terhadap persentase hematokrit, rata-rata hematokrit mengalami penurunan dari perlakuan A sebesar 30% yang turun terus menerus pada setiap perlakuan hingga menjadi sebesar 18,6% pada perlakuan E. Hal ini juga terjadi setelah dilakukan uji tantangan menggunakan bakteri *Edwardsiella tarda* (3×10^5 CFU/ml) bahwa pada perlakuan A diperoleh nilai rata-rata kadar hematokrit sebesar 20,6% yang turun terus menerus pada setiap perlakuan hingga menjadi sebesar 13,2% pada perlakuan E.

DAFTAR PUSTAKA

- Amri, K. dan Khairuman. (2002). *Menanggulangi Penyakit Pada Ikan Mas Dan Koi*. Agromedia Pustaka. Jakarta. Hal 11-14.
- Arrie, U. da C. Muharrom. (2009). *Panen Ikan Mas 2,5 Bulan (Bobot Panen 180-200g Per Ekor)*. Penebar Swadaya. Jakarta.
- Austin, B. and D.A. Austin. (1999). *Bacterial Fish Pathogens: Disease of Farmed And Wild Fish*. Praxis Publishing Ltd. UK
- Bachtiar, Y. (2002). *Pembesaran Ikan Mas di Kolam Perkarangan*. Agromedia Pustaka. Jakarta.
- Barton, B.A. (2002). *Stress in Fishes: A Diversity of Responses with Particular Reference to Changes in Circulating Coercitosteroids*. *Integ and Comp*. Pp 517-525.
- Benli, A.C.K and H.Y. Yildiz. (2004). *Blood Parameters in Nile Tilapia (Oreochromis niloticus L.) Spontaneously Infected with Edwardsiella tarda*. *Aquaculture Resume*. pp 1388-13906
- Bullock, G.L., and R.L. Herman. (1985). *Edwardsiella Infections of Fishes*. *US Fish and Wildlife Publication*. University of Nebraska, Lincoln.
- Sari, C.N., Zuhrawati N. A., Asmilia, N. (2017). Profil Hematologi Ikan Mujair (*Oreochromis mossambicus*) Yang Terpapar Merkuri Klorida ($HgCl_2$). The Profile of Tilapia Fish (*Oreochromis mossambicus*) Hematology Expose to Mercury Chloride ($HgCl_2$). *JIMVET*. 01(3), 439-447 ISSN: 2540-9492
- Royan, F., Rejeki, S., A.H. Condro Haditomo. (2014). Pengaruh Salinitas Yang Berbeda Terhadap Profil Darah Ikan (*Oreochromis niloticus*) The Effects of Different Salinity on Blood Profile Parameters of Tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Journal of Aquaculture Management and Technology*, 3(2), 109-117.
- Harper, C. and J. C. Wolf. (2009). *Morphologic Effects of The Stress Response in Fish*.
- Health Agency. 2001. *Edwardsiella tarda*. Material Safety Data Sheets (MSDS). Public Health Agency Of Canada. Jan. <http://www.phac-aspc.gc.ca/msds-ftss/msds57e-eng.php>. 30 November 2011.
- Kusunoki, A.T.W and L.E.A. del-Angel. (2011). *First Record of The Common Carp Cyprinus carpio var. communis (Linnaeus 1758) and The Mirror Carp Cyprinus carpio var. Specularis (Lacepede, 1803) in Tobasco, Southern Gulf of Mexico*. *Journal of Aquatic Invasions*, vol 6.
- Mohanty, B.R. and P.K. Sahoo. (2007). *Edwardsiellosis in Fish: A Brief Review*. *Central Institute of Freshwater Aquaculture*. Kausalyaganga, Bhubaneswar, India.
- Narwiyani, S. (2011). *Studi Patogenitas dan Isolat Edwardsiella tarda Pada Ikan Air Tawar di Indonesia*. Disertasi. Universitas Gajah Mada. Yogyakarta.
- Porchas, M.M., L.R.M. Cordova and R.R. Enriquez. (2009). *Pan- American Journal of Aquatic Sciences: "Cortisol and Glucose: Reliable Indicators of Fish Stress"*. Hermosillo, Sonora.
- Meidiza, R., A. Arimbi, Hastutiek, P. (2017). Gambaran Patologi Hepar Ikan Lele Dumbo (*Clarias gariepinus*) yang Diinfeksi Bakteri *Edwardsiella tarda*. *Featuring Liver Pathology Of Clarias*

- garipepinus That Were Infected By Edwardsiella tarda. *Jurnal Ilmiah Perikanan dan Kelautan* (ISSN: 2085-5842). *JIPK*, 9(1), 47-56
- Sarah Pabiola Saragih, Henni Syawal, Morina Rauwaty. Total Of Erythrocytes, Haematocrit, And Haemoglobin Changes Of Pangasius Hypophthalmus That Were Immersed In Curcumin Extract And That Were In Infected By Aeromonas hydrophila
- Oktafa, U., Suprastyani, H., Handayani, S., Gumala, G. A., Fatikah, N. M., Wahyudi, M., ... & Pratama, R. (2017). Pengaruh Pemberian Bakteri Lactobacillus plantarum Terhadap Histopatologi dan Hematologi Ikan Patin Jambal (Pangasius djambal) yang Diinfeksi Bakteri Edwardsiella tarda. *JFMR-Journal of Fisheries and Marine Research*, 1(1), 31-38.
- Vijayan MM., C. Pereira, E.G Grau, and G.K Iwama. (1997). *Metabolic Response Associated with Confinement Stress in Tilapia: The Role Cortisol*. *Comp Biochem Physiol Pharmacol Toxicol Endocrinol*.pp 89-95

OPTIMASI PROSES *PRETREATMENT* PADA SISIK IKAN BANDENG (*Chanos Chanos, Forskal*) DENGAN *RESPONSE SURFACE METHODOLOGY*

Optimization of Pretreatment Process from Milkfish (Chanos chanos, Forskal) Scale Using Response Surface Methodology

Yus Isnainita Wahyu

Program Studi Teknik Pengolahan Produk Perikanan,
Politeknik Kelautan dan Perikanan Sidoarjo,
Jl Raya Buncitan Kotak Pos 1 Sedati, Sidoarjo 69351, Indonesia

Corresponding author e-mail: wahyunita1@gmail.com

ABSTRAK

Proses *pretreatment* merupakan tahapan penting untuk proses ekstraksi kolagen. Proses *pretreatment* diperlukan untuk mengubah struktur serat kolagen sehingga akan mempermudah pada saat proses ekstraksi. Kadar abu pada sisik ikan relatif tinggi sehingga perlu dilakukan proses *pretreatment* sisik untuk menghilangkan lemak dan mineral lainnya yang akan mengganggu pada efektifitas kolagen. *Pretreatment* yang tidak tepat dapat menyebabkan hilangnya kolagen. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan waktu perendaman yang tepat untuk proses *pretreatment* tanpa kehilangan kolagen yang banyak. Optimasi dilakukan dengan metode *Response Surface Methodology (RSM)* dengan rancangan *Central Composite Design (CCD) Single Factor*. Variabel bebas adalah dengan pengamatan pada respon adalah kadar protein terlarut dan kadar hidroksiprolin. Persamaan model kuadrat pada respon kadar protein terlarut yaitu $Y = -327,84066 + 135,20312x - 9,22769x^2$ dengan R^2 0.9666 dan pada respon kadar hidroksiprolin yaitu $Y = -28,27458 + 10,76690x - 0,84303x^2$ dengan R^2 0.8387. Titik optimum waktu *pretreatment* adalah 8 jam dengan kadar protein terlarut sebesar 160.666 mg/l dan kadar hidroksiprolin 3.805 mg/l. ketepatan pada hasil verifikasi untuk kadar protein terlarut sebesar 98.45% dan kadar hidroksiprolin sebesar 97.44%.

Kata Kunci: *Central Composite Design Single Factor; pretreatment; sisik ikan bandeng*

ABSTRACT

Pretreatment process is an important step for collagen extraction process. The pretreatment process is needed to change the structure of the collagen fibers to facilitate during the extraction process. Relatively high levels of ash in fish scales need to be pretreatment scales to remove other fats and minerals that will release the effectiveness of collagen. Inappropriate pretreatment can cause collagen damage. This study aims to determine the proper immersion time for the pretreatment process without the loss of collagen. Optimization with Single Factor Central Composite Design (CCD) Method. The independent variable is time by observing the protein content and hydroxyproline level. The equation of quadratic model on the protein content response is $Y = -327,84066 + 135,20312x - 9,22769x^2$ with R^2 0.9666 and at response of hydroxyproline content that is $Y = -28,27458 + 10,76690x - 0,84303x^2$ with R^2 0.8387. The optimum point of pretreatment time was 8 hours with protein content 160,666 mg / l and hydroxyproline 3,805 mg / l. Accuracy on the verification result for protein content of 98.45% and hydroxyproline level of 97.44%.

Keyword: *Central Composite Design Single Factor; milkfish scale; pretreatment*

PENDAHULUAN

Ikan bandeng (*milk fish*) merupakan salah satu komoditas perikanan yang dikenal memiliki nilai ekonomis yang tinggi. Ikan bandeng dikenal dengan nama *Milkfish* merupakan sejenis ikan laut yang mempunyai bentuk tubuh yang agak gepeng dengan sisik yang kecil dan halus. Tubuh ikan bandeng berwarna putih keperak-perakan dan dagingnya berwarna putih susu. Pertumbuhan ikan bandeng relatif cepat yaitu ikan bandeng yang dipelihara dalam tambak dapat mencapai berat rata-rata 0,60 kg pada usia 5-6 bulan (Murtidjo, 2002). Produksi budidaya Ikan Bandeng pada tahun 2013 sebanyak 626.878 ton meningkat sekitar 25% jauh lebih tinggi dibandingkan tahun 2012 sebanyak 421.757 ton (Kementerian Kelautan dan Perikanan, 2014). Peningkatan tersebut disebabkan adanya

pengembangan produk dari bandeng menjadi produk bandeng tanpa duri segar (*milk fish boneless*). Usaha diversifikasi ini menghasilkan limbah padat yang mencapai 25% yang berupa sisik, jerohan, tulang dan duri. Limbah hasil perikanan saat ini pemanfaatannya masih terbatas penggunaannya sebagai bahan pakan ikan dan ternak, serta dibuang langsung ke lingkungan dengan cara dikubur yang tentunya akan berakibat buruk pada lingkungan (Suseno, 2011).

Beberapa penelitian mengenai pemanfaatan sisik ikan sebagai sumber kolagen telah dilakukan diantaranya adalah kolagen dari sisik ikan horse mackerel, grey mullet (Minh Thuy *et al.*, 2015) dan kolagen dari sisik ikan nila (Duan *et al.*, 2009). Pemanfaatan kolagen dari limbah perikanan tidak hanya menghasilkan produk yang halal secara Islam tetapi juga dapat meningkatkan pendapatan industri perikanan (Yung Huang, 2016). Limbah industri perikanan menghasilkan hasil samping berupa kulit ikan sekitar 6-10% dan sisik ikan mencapai 3-4%. Kedua hasil samping tersebut berpotensi untuk dijadikan sebagai sumber kolagen, namun lemak pada sisik ikan relatif lebih rendah daripada kulit ikan, dimana lemak pada kulit mencapai 3-6% sementara sisik hanya mengandung 0,06% (Hsiung Pan *et al.*, 2010).

Proses ekstraksi kolagen melalui tahapan yaitu proses *pretreatment* dan ekstraksi dengan asam. *Pretreatment* diperlukan untuk mengubah struktur serat kolagen sehingga mempermudah proses ekstraksi dengan asam pada tahap berikutnya. Kadar abu pada sisik ikan relatif tinggi sehingga perlu dilakukan proses *pretreatment* pada sisik, disamping itu juga untuk menghilangkan lemak dan mineral lainnya yang akan mengganggu pada efektifitas proses ekstraksi kolagen (Nur'aenah, 2013). Proses *pretreatment* yang tidak tepat dapat melarutkan yang menyebabkan hilangnya kolagen pada saat *pretreatment* dengan NaOH (Bellali *et al.*, 2015).

Optimasi merupakan desain eksperimental yang diturunkan secara statistik modern yang dipandang sebagai cara untuk mencapai tujuan dengan biaya terendah secara keseluruhan (Arteaga *et al.*, 1996). Oleh karena itu, penelitian ini menggunakan metode *Response Surface Methodology* (RSM) karena metode ini dianggap sebagai metode yang paling efektif untuk digunakan dalam optimasi dan monitoring proses pengolahan makanan (Wangtueai dan Noomhorm, 2009). Proses *pretreatment* mempengaruhi jumlah hidrosiprolin, waktu yang tidak tepat dapat mengakibatkan larutnya hidrosiprolin yang mengakibatkan rendahnya mutu kolagen yang dihasilkan (Liu *et al.*, 2015). Penelitian ini bertujuan untuk melihat adanya pengaruh waktu terhadap kadar protein dan kadar hidrosiprolin selama *pretreatment* serta untuk dapat mengetahui solusi optimum untuk proses *pretreatment* yang tepat dengan mengendalikan waktu dan konsentrasi pelarut selama proses *pretreatment*.

MATERI DAN METODE

Bahan

Sisik ikan bandeng berasal dari tambak budidaya di kecamatan Sedati kabupaten Sidoarjo yang digunakan sebagai bahan baku pengolahan bandeng tanpa duri skala pilot di *Teaching Factory* (Tefa) Politeknik Kelautan dan Perikanan Sidoarjo. Ikan yang sampai di unit usaha segera dihilangkan sisiknya. Sisik ditampung dalam bak yang berisi air, kemudian disaring dan dicuci dengan air dingin ≤ 5 °C. Sisik selanjutnya disimpan dalam cold storage suhu -20 °C. Bahan lain yang digunakan dalam penelitian ini antara lain NaOH (Merk), kertas saring whatman 40, aquades, ethanol (Merk), *Bovine Serum Albumin* (Merk), *Coomassie Brilliant Blue* (Merk), asam fosfat 85% (Merk), L-Hidrosiprolin (Sigma – Aldrich SIN), chloramines t (TCI Tokyo), metyl cellosolve (TCI Tokyo), P-dimethylamine benzaldehyde (Sigma – Aldrich SIN), preclorine acid (Merk) dan HCL (Merk).

Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari alat untuk *pretreatment* sisik ikan dan alat untuk analisa. Alat untuk *pretreatment* sisik ikan terdiri dari lemari pendingin, *beaker glass*, labu ukur, *erlemeyer*, spatula kaca, *magnetic stirrer* dan *refrigerated sentrifuse*. Peralatan yang diperlukan untuk analisa adalah oven, spektrofotometer UV-VIS (Shimadzu Japan), pH Paper, pH Meter, pengaduk, timbangan analitik dan pipet volum.

Proses Pretreatment

Proses *pretreatment* untuk mengeluarkan protein non kolagen dilakukan dengan menggunakan NaOH 0.1 M selama 4, 6, 7 dan 8 jam pada suhu 4°C (1:8). Air perendaman diganti sebanyak dua kali. Filtrat dikumpulkan dan dilakukan uji protein terlarut dan kadar hidroksiprolin.

Analisa

Uji protein terlarut dengan metode Bradford (1976) dilakukan untuk menentukan konsentrasi protein pada sampel dengan *Bovine Serum Albumin* (BSA) sebagai standart. Sampel kemudian ditentukan absorbansinya dengan spektrofotometer pada $\lambda = 595$ nm.

Pengukuran kadar hidroksiprolin yaitu sampel cair ditambahkan dengan HCL 6 N dihidrolisis pada suhu 110°C selama 22 jam. Larutan dinetralkan dengan NaOH 10 N prosedur pengujian sesuai dengan metode Woessner (1961) dengan L Hidroksiprolin sebagai standart. Sampel dianalisa dengan spektrofotometer $\lambda = 558$ μ .

Rancangan Percobaan

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui *pretreatment* terbaik pada sisik dengan kondisi yang berbeda menggunakan metode optimasi dengan *Respon Surface Methodology* (RSM) *Central Composite Design* (CCD) *single factor* untuk menentukan titik optimum. Optimasi proses *pretreatment* dari sisik ikan bandeng yang terdiri dari variabel independen dan variabel dependen. Variabel independen adalah lama waktu *pretreatment* (X_1 ,jam) sedangkan variabel dependen adalah kadar protein terlarut (Y_1 ,mg/L) dan kadar hidroksiprolin (Y_2 ,mg/L). Rancangan ini menggunakan Desain Ekspert 7.1.6 (State-Ease Inc.,Minneapolis,USA).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Desain Percobaan

Proses ini bertujuan untuk menentukan waktu perendaman yang tepat untuk proses *pretreatment* tanpa kehilangan kolagen yang banyak. Liu *et al.* (2015) menyatakan bahwa proses deproteinasi dipengaruhi oleh waktu, suhu dan konsentrasi larutan terhadap total pengurangan protein pada saat proses deproteinasi dengan larutan alkali sehingga perlu dilakukan penentuan waktu yang tepat untuk membuang protein non kolagen dan pigmen tanpa membuang banyak kandungan kolagen. Penentuan perlakuan *pretreatment* yang tepat diharapkan dapat menghasilkan kolagen yang tinggi.

Design percobaan pada tahap ini menggunakan *Respon Surface Methodology Single Factor* dengan rancangan seperti Tabel 1.

Tabel 1. Hasil analisis protein dan kadar hidroksiprolin sampel air rendam

Perlakuan	Kode	Aktual (Jam)	Respon	
			Kadar Protein (mg/L)	Kadar Hidroksiprolin (mg/L)
1	-1.00	4	68.93	1.375
2	-1.00	4	64.16	1.083
3	-0.50	5	107.46	4.375
4	0.50	7	155.87	4.250
5	1.00	8	173.26	5.167
6	1.00	8	155.87	3.208
7	0.00	6	155.87	6.083
8	0.00	6	156.55	6.083
9	0.00	6	156.55	7.000

Tabel 2. Model permukaan respon untuk kadar protein dan kadar hidroksiprolin

Respon	Model	Signifikan ($p < 0,05$)	Lack of fit	R ²
Kadar protein	Kuadratik	< 0.0001	0.1250	0.9666
Kadar hidroksiprolin	Kuadratik	0.0042	0.2053	0.8387

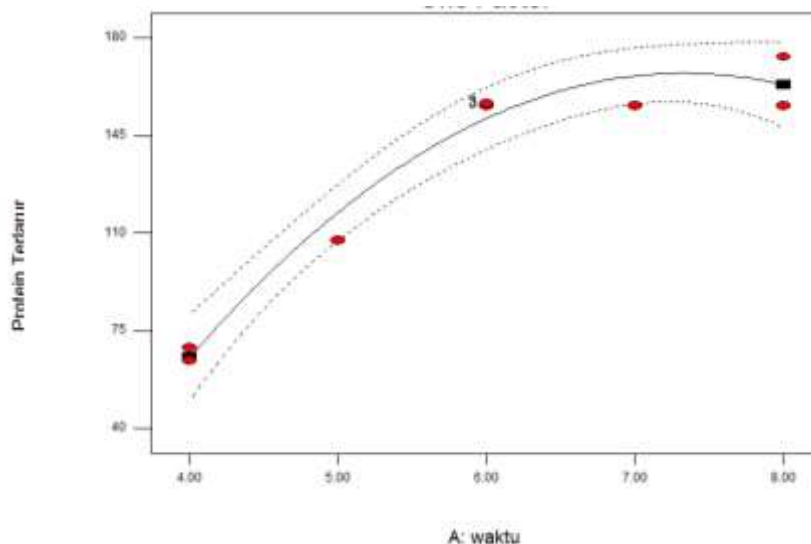
Kadar Protein

Kadar protein terlarut pada proses pretreatment yaitu 64.16 mg/l sampai dengan 178.26 mg/l. Analisa sidik ragam pada respon kadar protein terlarut menunjukkan pola kuadrat dengan nilai R^2 ($R^2 = 0.9666$), model kuadrat memberikan pengaruh yang signifikan terhadap kadar protein terlarut dengan nilai P kurang dari 5%, variabel waktu menunjukkan pengaruh yang sangat nyata $p < 0,0001$ dan waktu kuadrat menunjukkan pengaruh yang nyata/signifikan terhadap respon protein terlarut. Nilai *lack of Fit* atau ketidaksesuaian model 12,5% ($P > 5\%$). Hal tersebut menunjukkan bahwa model tersebut sesuai dengan seluruh rancangan. Hasil sidik ragam juga menunjukkan bahwa variabel X_1 , dan X^2 memberikan pengaruh yang signifikan pada repon kadar protein terlarut dengan $p < 0.0001$ dan 0.0012. Program memberikan persamaan terhadap respon kadar protein terlarut dalam bentuk variabel aktual, yaitu :

$$Y = -327,84066 + 135,20312 x - 9,22769 x^2 \quad (1)$$

Dimana : Y = Kadar Protein Terlarut
X = Lama Waktu Perendaman

Nilai persamaan tersebut dapat digunakan untuk menentukan nilai respon protein terlarut yang diinginkan berdasarkan waktu tertentu.



Gambar 1. Grafik respon kadar protein terlarut terhadap lama waktu perendaman larutan alkali

Dari Gambar 1 dapat kita ketahui bahwa tren protein yang terlarut semakin naik seiring dengan penambahan lama waktu perendaman, kadar protein terlarut pada waktu perendaman 4 jam sebesar 64,162 mg/l sedangkan pada waktu perendaman 6 jam dan 8 jam nilainya semakin besar dan jumlahnya sedikit menurun pada jam ke 8. Hal ini karena selama perendaman terjadi pembengkakan atau *swelling* sehingga semakin lama waktu perendaman protein non kolagen mudah terlepas karena hancurnya sebagian ikatan silang kolagen dalam kondisi basa. Sementara penurunan setelah waktu optimum disebabkan karena lepasnya ikatan struktur protein pada waktu awal proses perendaman menyebabkan konsentrasi protein yang terlarut semakin menurun seiring dengan lamanya waktu perendaman karena protein sudah terlarut pada waktu awal proses *pretreatment* (Wulandari *et al.*, 2016).

Kadar Hidroksiprolin

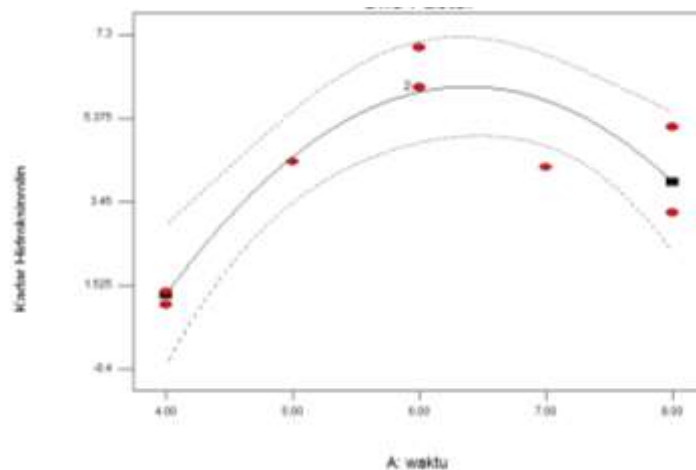
Kadar hidroksiprolin pada proses pretreatment yaitu 1.08333 mg/l sampai dengan 7 mg/l. Analisa sidik ragam pada respon kadar protein terlarut menunjukkan pola kuadrat dengan nilai R^2 ($R^2 = 0.8387$), model kuadrat memberikan pengaruh yang signifikan terhadap kadar hidroksiprolin dengan nilai P kurang dari 5% ($p = 0.0042$), variabel waktu menunjukkan pengaruh yang nyata $p = 0.0286$ dan waktu kuadrat menunjukkan pengaruh yang nyata/signifikan terhadap respon kadar hidroksiprolin $p = 0.0030$. Nilai *lack of Fit* atau ketidaksesuaian model 20.5% ($P > 5\%$). Hal tersebut menunjukkan

bahwa model tersebut sesuai dengan seluruh rancangan. Hasil sidik ragam juga menunjukkan bahwa variabel X_1 , dan X^2 memberikan pengaruh yang signifikan pada respon kadar protein terlarut dengan $p < 0.0001$ dan 0.0012 . Program memberikan persamaan terhadap respon kadar hidroksirolin dalam bentuk variabel aktual, yaitu :

$$Y = -28,27458 + 10,76690 x - 0,84303 x^2 \quad (2)$$

Dimana : Y = Kadar hidroksirolin
X = Lama Waktu Perendaman

Nilai persamaan tersebut dapat digunakan untuk menentukan nilai respon kadar hidroksirolin yang diinginkan berdasarkan waktu tertentu. Pengaruh lama waktu perendaman terhadap kadar hidroksirolin dapat pula dilihat dari grafik respon kadar hidroksirolin seperti pada Gambar 2.



Gambar 2. Grafik respon kadar hidroksirolin terhadap lama waktu perendaman larutan alkali

Dari Gambar 2 dapat kita ketahui kadar hidroksirolin cenderung mengalami kenaikan selama perendaman 4 sampai dengan 6 jam dan mengalami penurunan setelah perendaman 8 jam. Hal ini disebabkan karena seiring peningkatan waktu menyebabkan hilangnya hidroksirolin akan semakin besar (Bellali *et al.*, 2013), namun seiring dengan peningkatan waktu menyebabkan rusaknya struktur primer protein karena kelebihan OH^- sehingga hidroksirolin akan menurun. Hal ini mengindikasikan bahwa waktu optimal merupakan waktu yang cukup untuk mengeluarkan protein non kolagen tanpa banyak melarutkan protein kolagen (Mohammadi *et al.*, 2016; Wulandari *et al.*, 2016).

Penentuan Titik Optimum Tahap *Pretreatment* Sisik Ikan Bandeng

Tahap selanjutnya setelah analisa respon kadar protein terlarut dan kadar hidroksirolin adalah penentuan titik optimum. Penelitian ini memiliki satu faktor utama yaitu lama waktu perendaman sisik ikan dalam larutan alkali atau proses *pretreatment* sisik ikan bandeng. Kriteria dari respon yaitu kadar protein semaksimal mungkin sedangkan kadar hidroksirolin seminimal mungkin. Penentuan titik optimum berdasarkan analisa *Design Experts* 7.1.6 seperti pada Tabel 3.

Tabel 3. Solusi titik optimum dari *Design Experts*

Solusi ke-	Waktu	Kadar Potein (mg/l)	Kadar Hidroksirolin (mg/l)	Desirability	Statement
1	8,00	163,212	3,90648	0,689	Selected
2	4,88	113,286	4,25268	0,457	

Berdasarkan Tabel 3 program *Design Experts* memberikan dua solusi, solusi pertama yaitu waktu perendaman 8 jam yang diprediksi akan melarutkan protein sebesar 163,212 mg/l dan kadar hidroksiprolin sebanyak 3,90648 mg/l. Solusi kedua yaitu perlakuan lama perendaman 4,88 jam diprediksi akan melarutkan protein sebesar 113,286 mg/l dan kadar hidroksiprolin sebesar 4,25268 mg/l. Program *Design Experts* memberikan dua solusi dan peneliti memilih solusi pertama karena mempunyai *desirability* yang lebih tinggi daripada solusi kedua yaitu 0,689 sedangkan *desirability* solusi kedua 0,457. Nilai *desirability* yang semakin tinggi menunjukkan bahwa kondisi tersebut optimal dan memiliki prediksi yang lebih tepat (Wang *et al.*, 2008).

Verifikasi Titik Optimum

Verifikasi dilakukan untuk menentukan kesesuaian dengan prediksi optimasi program *Design Experts*. Hasil verifikasi dengan melihat kadar protein dan kadar hidroksiprolin berdasarkan waktu optimal dari program. Hasil verifikasi seperti Tabel 4.

Tabel 4. Verifikasi titik optimum

	Lama Perendaman (Jam)	Respon	
		Kadar Protein (mg/l)	Kadar Hidroksiprolin (mg/l)
Prediksi	8	163,212	3,906
Hasil penelitian	8	160,666 ±0,87	3,805 ±1.69
Perbedaan nilai respon prediksi dengan hasil penelitian(%)	8	1,55	2,56

Data Tabel 4 menunjukkan bahwa nilai prediksi dengan hasil penelitian kurang dari 5%, hal ini menunjukkan bahwa hasil prediksi sesuai dengan hasil penelitian atau tidak berbeda nyata. Wu *et al.* (2006) menyatakan bahwa model dikatakan cukup tepat atau sesuai jika hasil penelitian dengan prediksi tidak lebih dari 5%.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Hasil *pretreatment* menunjukkan waktu 8 jam merupakan waktu yang paling tepat untuk proses *pretreatment* tanpa melarutkan protein kolagen yang banyak. Hasil optimasi *pretreatment* sisik ikan bandeng dengan menggunakan RSM *Central Composite Design Single factor* menunjukkan bahwa waktu optimum dalam menghasilkan kadar protein tertinggi dan kadar hidroksiprolin yang terendah adalah 8 jam dengan kadar protein terlarut sebesar 160.666 mg/l dan kadar hidroksiprolin 3.805 mg/l.

Saran

Perlu dilakukan penelitian lanjutan mengenai perlakuan variasi suhu lebih dari 4°C.

UCAPAN TERIMA KASIH

Kami sampaikan terima kasih kepada Puji Sugeng Ariadi, Ivy Dian Puspitasari, Angela Wulansari, Ulfatul Mardiah dan Dina Susanti atas semua dukungan selama pelaksanaan kegiatan ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Kementerian Kelautan dan Perikanan Indonesia. (2014). Analisis data pokok kelautan dan perikanan. Pusat Data Statistik dan Informasi Kementerian Kelautan dan Perikanan Indonesia.
- Bellali, F, Kharroubi, M., Lahlou, FZ, Lotfi, M, Radi, Y, & Bourhim N. (2013). Response surface methodology optimization of deproteinization from sardine (*Sardina pilchardus*) scale of Moroccan coast. *The International Journal of Biotechnology*, 2(11), 182-192
- Bradford MM. (1976). A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. *Analytical Biochemistry*, 72, 248-254.
- Duan, R., Zhang, J., Du, X., Yao, X., & Konno, K. (2009). Properties of collagen from skin, scale and bone of carp (*Cyprinus carpio*). *Food Chemistry*, 112, 702-706.
- Hsiung Pan, M., Mei-Ling Tsai, Wen-Ming Chen, Ann Hwang, Bonnie Sun Pan, Yu-Ren Hwang, & Jen-Min Kuo. (2010). Purification and Characterization of a Fish Scale-Degrading Enzyme

- from a Newly Identified *Vogesella* sp. *Journal Agriculture. National Taiwan Ocean University, Keelung, Taiwan, R.O.C.*
- Liu, D., Wei, G., Li, T., Hu, J., Regenstein, J., & Zhou, P. (2015). Effect of Alkaline Pretreatments and Acid Extraction Condition on The Acid-Soluble Collagen From Grass Carp (*Ctenopharyngodon idella*) Skin. *Journal Food Chemistry*, 172, 836-843.
- Minh Thuy L., Okazaki, E., & Osako, K. (2014). Isolation and Characterization of Acid-Soluble Collagen from the Scales of Marine Fishes from Japan and Vietnam. *Food Chem*, 149, 264-70.
- Mohammadi, R., Mohammad Amin Mohammadifar, Amir Mohammad, Jahan B.G., & Zohre Delshadian. (2016). Extraction optimization of pepsin-soluble collagen from eggshell membrane by response surface methodology (RSM). *Food Chemistry*, 190, 186-193.
- Murtidjo, B. (2002). *Budidaya dan Pembenihan Bandeng*. Kanisius. Yogyakarta.
- Nur'aenah N. (2013). *Ekstraksi dan karakterisasi kolagen dan nanopartikel kolagen dari kulit ikan pari (pastinachus solocirostris) sebagai bahan baku kosmetik*. Institut Pertanian Bogor.
- Suseno. (2011). *Model pengembangan teknologi pengolahan dan pola kemitraan agroindustri bandeng tanpa duri berorientasi ekspor*. Universitas Brawijaya.
- Wang, L., Bao Yang, Xiuqiao Du, Yinfen Yang, & Jianlong Liu. (2008). Optimization of condition for extraction of acid soluble collagen from Grass Carp (*Ctenopharyngodon idella*) by Response Surface Methodology. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 9, 604-607.
- Wangtueai, S. & Noomhorm, A. (2009). Processing optimization and characterization of gelatin from lizardfish (*Saurida* spp.) scales. *LWT- Food Science and Technology*, 42(4), 825-834.
- Woessner, J.F. (1961). The Determination of Hidroxyproline in Tissue and Protein Samples Containing Small Proportion of This Imino Acid. *Archives of Biochemistry and Biophysics*, 93, 440-447.
- Wu, M, Sing H, Wang S., & Xu S. (2006). Optimizing Condition for the Purification of Linoleic Acid From Sun Flower Oil by Urea Complex Fractination. *J Am Oil Chem*, 85, 677-684.
- Wulandari, Pipih Suptijah, & Kustiariyah Tarman. (2015). *Efektivitas Pretreatment Alkali dan hidrolisis Asam Asetat Terhadap Karakteristik Kolagen Dari Kulit Ikan Gabus*. *JPHPI*, 18(3)
- Yung Huan, C., Min Kuo, J., Jing Wu, S., & Tsung Tsai. (2016). Isolation and characterization of fish collagen from Tilapia (*Oreochromis sp.*) by a novel extrusion-hydro-extraction process. *Journal Food Chem.*, 997-1006.

2019

BARCODE ISBN

FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS TRUNOJOYO MADURA
Jl. Raya Telang, PO. Box. 2 Kamal, Bangkalan - Madura
Telp: (031) 3013234, Fax. (031) 3011506

