

EKOSISTEM MANGROVE

(Keanekaragaman, Fitoremediasi, Stok Karbon, Peran dan Pengelolaan)

Nana Kariada Tri Martuti | Dewi Liesnoor Setyowati | Satya Budi Nugraha



Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Negeri Semarang
Tahun 2018

EKOSISTEM MANGROVE

**(Keanekaragaman, Fitoremediasi, Stok Karbon,
Peran dan Pengelolaan)**

Oleh:
Nana Kariada Tri Martuti
Dewi Liesnoor Setyowati
Satya Budi Nugraha

Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat
Universitas Negeri Semarang
2019

Ekosistem Mangrove (Keanekaragaman, Fitoremediasi, Stok Karbon, Peran dan Pengelolaan)

Penulis : Dr. Ir. Nana Karida Tri Martuti, M.Si
Prof. Dr. Dewi Liesnoor Setyowati, M.Si
Satya Budi Nugraha S.T., M.T., M.Sc
Penyunting : Prof. Dr. Sri Ngabekti, MS.
Desain sampul dan tata letak : Dhita P. Mutiatari, S.Pd.

Hak Cipta dilindungi Undang-Undang

Dilarang memperbanyak Buku Referensi ini sebagian atau seluruhnya, baik dalam bentuk fotocopy, cetak, mikrofilm, elektronik maupun bentuk lainnya, kecuali untuk keperluan pendidikan atau non-komersial lainnya dengan mencantumkan sumbernya sebagai berikut:

Martuti, N.K.T., Setyowati, D.L., dan Nugraha, S.B. 2019. Ekosistem Mangrove (Keanekaragaman, Fitoremediasi, Stok Karbon, Peran dan Pengelolaan). Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat, Universitas Negeri Semarang. Semarang, Indonesia.

Diterbitkan oleh:

Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat, Universitas Negeri Semarang
Gedung Prof Dr Retno Sriningsih Satmoko Kampus Sekaran, Gunungpati, Semarang 50229
Telp/fax: (024) 8508089; Surel: lp2m@mail.unnes.ac.id; laman: lp2m.unnes.ac.id

ISBN 978-602-52868-5-8

ISBN 978-602-52868-5-8



PRAKATA

Puji syukur kami panjatkan kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayahNya, sehingga penulis dapat menyelesaikan buku Referensi ini.

Buku dengan judul **Ekosistem Mangrove (Keanekaragaman, Fitoremediasi, Stok Karbon, Peran dan Pengelolaan)** merupakan edisi ke 2 dari revisi buku pertama (2018) dengan **Judul Ekosistem Mangrove (Perannya di Pesisir)**. Isi buku merupakan hasil dari beberapa penelitian dan pengabdian kepada masyarakat pada rentang waktu 2013-2018. Sumber dana penelitian dan pengabdian berasal dari DRPM skim penelitian Fundamental, Hibah Doktor, Penelitian Unggulan Perguruan Tinggi, dengan kajian yang berbeda-beda. Pengabdian kepada masyarakat dari skim lbM dan PPPE yang dilakukan di beberapa lokasi pesisir Kota Semarang.

Buku Referensi ini terdiri dari enam bab, pada BAB I Pendahuluan; BAB II Keanekaragaman Mangrove; BAB III Mangrove sebagai Fitoremediasi Logam; Bab IV Mangrove sebagai Stok Karbon; Bab V Peran Mangrove bagi Manusia; dan Bab VI Mangrove untuk Masa Depan.

Penulis menyadari bahwa penyelesaian Buku Referensi ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak. Dalam kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada berbagai pihak yang telah memberikan bantuan untuk terwujudnya Buku Referensi ini.

Tiada gading yang tak retak, tiada sesuatu yang sempurna di dunia ini. Oleh karena itu untuk perbaikan Buku Referensi ini dimasa mendatang, penulis dengan terbuka menerima saran dan masukan yang membangun untuk perbaikan buku ini.

Semarang, Mei 2019

Penulis

DAFTAR ISI

PRAKATA.....	iv
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR TABEL.....	vii
DAFTAR GAMBAR	viii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
A. Mangrove bagi Kehidupan.....	2
B. Hutan Mangrove di Indonesia	5
C. Hutan Mangrove di Pesisir Kota Semarang.....	9
BAB II KEANEKARAGAMAN MANGROVE	15
A. Jenis-Jenis Mangrove	15
B. Zonasi Mangrove di Wilayah Pesisir	19
C. Habitat Lingkungan Hidup Mangrove.....	19
D. Hutan Mangrove di Indonesia dan Kota Semarang.....	23
BAB III MANGROVE SEBAGAI FITOREMEDIASI LOGAM.....	27
A. Mangrove sebagai Fitoremediasi	28
B. Penyerapan Logam dan Pengaruhnya pada Tumbuhan	31
C. Kemampuan Mangrove sebagai Bioakumulator Logam	35
D. Siklus Biologi Logam pada Ekosistem Mangrove	36
BAB IV MANGROVE SEBAGAI STOK KARBON	39
A. Peran Mangrove dalam Mengurangi Emisi Karbon	39
B. Biomassa dan Stok Karbon pada Mangrove	41
C. Perhitungan Biomassa dan Stok Karbon Mangrove.....	43
D. Stok Karbon Mangrove di Pesisir Kota Semarang.....	44
BAB V PERAN MANGROVE BAGI MANUSIA.....	53
A. Peran Mangrove pada Perikanan.....	53
B. Mangrove dalam Mitigasi Bencana	55
C. Mangrove sebagai Bahan Makanan	58
D. Mangrove sebagai Bahan Pewarna Batik	60
E. Ekoeduwisata Mangrove	63

BAB VI MANGROVE UNTUK MASA DEPAN	68
A. Pengelolaan Ekosistem Mangrove di Pesisir Kota Semarang	68
B. Pengelolaan Mangrove Berbasis Wanamina	70
C. Pengelolaan Ekosistem Mangrove berbasis masyarakat	72
DAFTAR PUSTAKA	79
GLOSARIUM	91
INDEKS	101

DAFTAR TABEL

Tabel 1.	Faktor lingkungan Taman Lele, Tapak, dan Pantai Tirang.....	21
Tabel 2.	Luas Area Mangrove Per Kecamatan Pesisir Kota Semarang pada Tahun 2010 dan 2015.	25
Tabel 3.	Bio Concentration Factor (BCF) Logam Cu pada Akar dan Air Serta Sedimen	29
Tabel 4.	Translocation Factors (TF) Logam Cu pada Serasah dan Akar A. marina	30
Tabel 5.	Model Alometrik Pendugaan Biomassa Pohon Mangrove	43
Tabel 6.	Distribusi Jenis Mangrove Sejati dan Asosiasi yang Ditemui di Pesisir Kota Semarang.....	45
Tabel 7.	Total Biomassa dan Kandungan Karbon di Atas Permukaan ...	46
Tabel 8.	Bulk Density dan Kandungan Organik Tanah pada Area Penelitian.....	49
Tabel 9.	Data Total Karbon Tanah di Pesisir Kota Semarang	49

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.	Penyebaran Mangrove di Daerah Tropis	2
Gambar 2.	Diagram Rantai Makanan pada Ekosistem Mangrove.....	3
Gambar 3.	Peta Persebaran Mangrove di Indonesia.	17
Gambar 4.	Rhizopora sp Beserta Bagian-Bagian Tumbuhannya.....	18
Gambar 5.	Avicennia sp Beserta Bagian-Bagian Tumbuhannya.....	18
Gambar 6.	Zonasi Mangrove di Pesisir Kota Semarang	18
Gambar 7.	Zonasi Penyebaran Jenis Pohon Mangrove	19
Gambar 8.	Sebaran Mangrove di Wilayah Pesisir Kota Semarang Tahun 2015, Vegetasi Mangrove Ditandai dengan Warna Hijau.	25
Gambar 9.	Fitoremediasi Logam dalam Tumbuhan.....	33
Gambar 10.	Uptake dan Translokasi Logam dalam Tumbuhan	34
Gambar 11.	Siklus Logam Cu pada Ekosistem Mangrove	37
Gambar 12.	Hubungan Jumlah Biomassa Tanaman, Kandungan Karbon di Atas Permukaan dan Kemampuan Serapan Karbon pada Pesisir Kota Semarang	47
Gambar 13.	Total Cadangan Karbon pada Masing-Masing Ekosistem di Pesisir Kota Semarang	51
Gambar 14.	Jaring-Jaring Makanan dan Pemanfaatan Mangrove di Indonesia.....	54
Gambar 15.	Propagul Mangrove sebagai Bahan Baku Pewarna Batik	62
Gambar 16.	Warna Batik yang Dihasilkan dari Propagul Rhizopora	62
Gambar 17.	Ekosistem Hutan Mangrove yang Dapat Menjadi Motif Batik.....	63

Gambar 18. Buah Mangrove dan Motif Batik Mangrove	63
Gambar 19. Ekoeduwisata Mangrove di Wilayah Tapak, Tugurejo, Semarang	66
Gambar 20. Tambak wanamina dengan model mangrove terpisah kolam ikan.....	71
Gambar 21. Model Kemitraan Penta Helix dalam Program Rehabilitasi Pesisir di Kota Semarang	73
Gambar 22. Pemasangan APO dari Ban Bekas di Dukuh Tapak Kelurahan Tugurejo.....	75
Gambar 23. APO Yang Dibangun oleh Kelompok Biota Foundation di Pesisir Mangunharjo.....	77
Gambar 24. Kondisi ekosistem mangrove yang ditanam serta APO HE yang dibuat oleh kelompok lingkungan Sringin	78

BAB I

PENDAHULUAN

Mangrove merupakan ekosistem yang berada pada wilayah intertidal, dimana pada wilayah tersebut terjadi interaksi yang kuat antara perairan laut, payau, sungai, dan terestrial. Dengan adanya interaksi ini menjadikan ekosistem mangrove mempunyai keanekaragaman yang tinggi berupa flora dan fauna laut, tawar, dan spesies daratan (Macintosh & Ashton 2002). Mangrove hidup di daerah tropik dan subtropik, terutama pada garis lintang 25° LU dan 25° LS. Tumbuh-tumbuhan tersebut berasosiasi dengan organisme lain (fungi, mikroba, alga, fauna, dan tumbuhan lainnya) membentuk komunitas mangrove. Komunitas mangrove tersebut berinteraksi dengan faktor abiotik (iklim, udara, tanah, dan air) membentuk ekosistem mangrove (Sengupta, 2010). Tanpa kehadiran tumbuhan mangrove, kawasan tersebut tidak dapat disebut sebagai ekosistem mangrove (Jayatissa *et al.*, 2002).

Tumbuhan mangrove memiliki kemampuan khusus untuk beradaptasi dengan kondisi lingkungan yang ekstrim, seperti kondisi tanah yang tergenang, kadar garam yang tinggi serta kondisi tanah yang kurang stabil. Pada kondisi lingkungan seperti itu, beberapa jenis mangrove mengembangkan mekanisme yang secara aktif dapat mengeluarkan garam dari jaringan, sementara yang lainnya mengembangkan sistem akar napas untuk membantu memperoleh oksigen bagi sistem perakarannya. Dalam hal lain, beberapa jenis mangrove berkembang dengan buah yang sudah berkecambah sewaktu masih di pohon induknya (*vivipar*), seperti *Kandelia*, *Bruguiera*, *Ceriops* dan *Rhizophora* (Noor *et al.*, 2006).

A. Manfaat Mangrove bagi Kehidupan

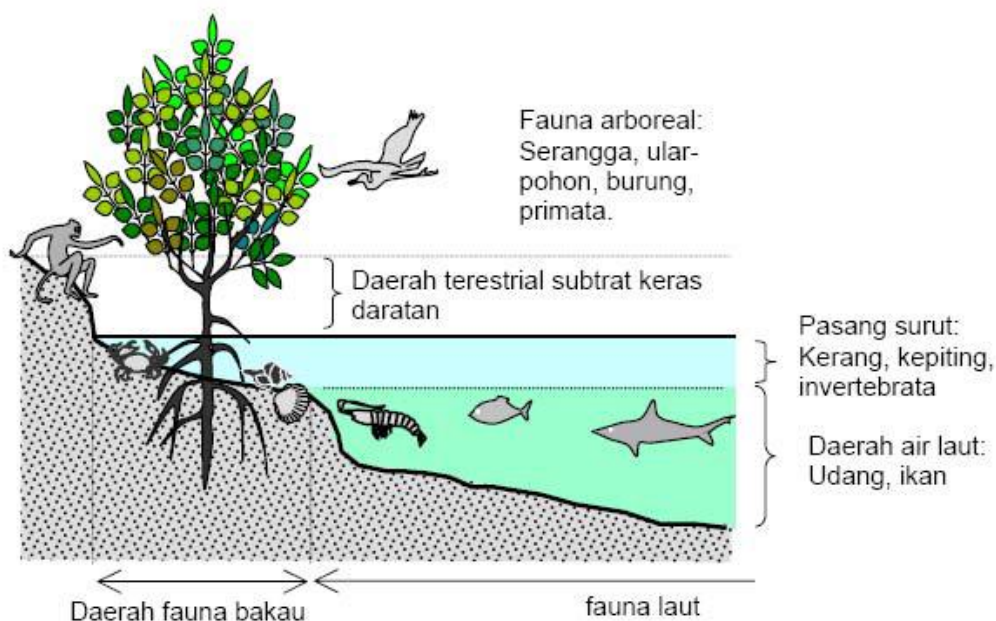
Hutan mangrove mempunyai fungsi ekologis yang cukup banyak. Kawasan mangrove menyediakan jasa lingkungan yang sangat besar, yaitu perlindungan pantai dari abrasi oleh ombak, pelindung dari tiupan angin, penyaring intrusi air laut ke daratan, menyerap kandungan logam berat yang berbahaya serta menyaring bahan pencemar, pengatur iklim mikro, serta sebagai stok karbon. Hutan mangrove juga berperan sebagai habitat atau tempat tinggal berbagai jenis biota laut, tempat mencari makan (*feeding ground*), tempat asuhan dan pembesaran (*nursery ground*), tempat pemijahan (*spawning ground*). Serta berperan sebagai tempat singgah migrasi berbagai jenis burung. Melihat berbagai fungsi tersebut, maka keberadaan hutan mangrove akan memberi dampak bagi kondisi lingkungan di kawasan pesisir. Hutan mangrove biasa ditemukan di sepanjang pantai daerah tropis dan subtropis, antara 32° Lintang Utara dan 38° Lintang Selatan.



Gambar 1. Penyebaran Mangrove di Daerah Tropis (Irwanto, 2006)

Ekosistem mangrove merupakan mata rantai utama yang berperan sebagai produsen dalam jaring makanan ekosistem pantai. Ekosistem ini memiliki produktivitas yang tinggi dengan menyediakan makanan berlimpah

bagi berbagai jenis hewan laut dan menyediakan tempat berkembang biak, memijah, dan membesarkan anak bagi beberapa jenis ikan, kerang, kepiting, dan udang. Berbagai jenis ikan baik yang bersifat herbivora, omnivora maupun karnivora hidup mencari makan di sekitar mangrove terutama pada waktu air pasang (Gunarto 2004).



Gambar 2. Diagram Rantai Makanan pada Ekosistem Mangrove (Irwanto, 2006)

Hutan mangrove adalah sebutan umum yang digunakan untuk menggambarkan suatu varietas komunitas pantai tropik, yang didominasi oleh beberapa spesies pohon-pohon yang khas atau semak-semak yang mempunyai kemampuan untuk tumbuh dalam perairan asin. Hutan mangrove yaitu formasi hutan khas daerah tropika dan sedikit subtropika, terdapat di pantai rendah dan tenang, berlumpur, sedikit berpasir, serta mendapat pasang surut air laut (Nybakken,1992; Arief, 2003).

Hutan mangrove adalah tipe hutan yang khas terdapat di sepanjang pantai atau muara sungai yang dipengaruhi oleh pasang surut air laut. Hutan mangrove atau sering disebut hutan bakau merupakan sebagian

wilayah ekosistem pantai yang mempunyai karakter unik dan khas serta memiliki potensi kekayaan hayati. Mangrove tumbuh pada pantai-pantai yang datar yang berada pada sepanjang sisi pulau yang terlindungi dari angin atau di belakang terumbu karang di lepas pantai (Nontji, 1987; Nybakken, 1992).

Pada umumnya formasi tanaman di dominasi oleh tanaman bakau. Oleh karena itu istilah bakau digunakan hanya untuk jenis-jenis tumbuhan dari genus *Rhizophora*. Sedangkan istilah mangrove dipergunakan untuk komunitas pohon-pohonan atau rumput-rumputan yang tumbuh di kawasan pesisir maupun untuk individu jenis. tumbuhan lainnya yang tumbuh yang berasosiasi dengannya (Pramudji, 2001). Lebih lanjut Saenger *et al* (1986), mengartikan hutan mangrove sebagai suatu formasi hutan, yang dipengaruhi oleh adanya pasang-surut air laut dengan keadaan tanah yang anaerobic. Sukardjo (1996), mendefinisikan hutan mangrove sebagai sekelompok tumbuhan yang terdiri atas berbagai macam jenis tumbuhan dari famili yang berbeda, namun memiliki persamaan daya adaptasi morfologi dan fisiologi yang sama terhadap habitat yang dipengaruhi oleh pasang surut.

Disamping fungsi ekologis, mangrove juga mempunyai fungsi ekonomis dan sosial yang penting dalam pembangunan di wilayah pesisir. Keberadaan hutan mangrove sangat memberikan manfaat ekonomi bagi masyarakat pesisir berupa barang yang didapat melalui peningkatan hasil tangkapan dan perolehan kayu bakau yang mempunyai nilai ekspor tinggi. Selain itu ekosistem mangrove memberikan manfaat bagi masyarakat melalui kegiatan ekowisata pesisir (Wardhani, 2011; Heriyanto & Subiandono, 2011).

B. Hutan Mangrove di Indonesia

Hutan mangrove dikenal sebagai hutan payau merupakan ekosistem hutan yang memiliki ciri khas berupa dominasi pepohonan yang mampu tumbuh di perairan asin. Komunitas pepohonan hutan mangrove diantaranya *Rhizophora spp*, *Avicennia spp*, dan *Sonneratia spp*. Pepohonan mangrove tersebut mampu tumbuh di daerah yang landai dan berlumpur, serta tahan terhadap hempasan ombak karena memiliki akar-akar yang kuat.

Indonesia sebagai suatu negara kepulauan terbesar di dunia dengan 17.508 pulau, memiliki potensi sumberdaya pesisir dan lautan yang sangat besar. Sebagai negara kepulauan, Indonesia memiliki banyak hutan mangrove, bahkan merupakan yang terluas di dunia. Menurut Schaduw (2015), Indonesia memiliki ekosistem mangrove terbesar di dunia, sebesar 19% dari luas ekosistem mangrove dunia. Indonesia memiliki banyak tantangan dalam pengelolaan ekosistem mangrove, khususnya ekosistem mangrove pada kawasan pulau-pulau kecil. Ekosistem mangrove pulau-pulau kecil seringkali mendapat berbagai tantangan, antara lain adalah dampak dari aktivitas manusia yang melakukan pemanfaatan di sekitar ekosistem mangrove dan dampak dari luar seperti pemanasan global. Selain itu ancaman lain berupa bencana alam seperti badai, angin topan, dan gelombang.

Pada tahun 1982 luas hutan mangrove Indonesia mencapai 5.209.543 ha, dan menurun pada tahun 1987 menjadi 3.234.700 ha. Penurunan ini terus berlangsung hingga pada tahun 1993 hasil survei menyatakan bahwa luasan hutan mangrove tinggal sekitar 2.496.185 ha. Hal ini dikarenakan pemanfaatan yang bersifat destruktif yang diterapkan pada ekosistem mangrove sangat sulit dikendalikan (Dahuri, 2004). Dari jumlah ekosistem mangrove yang tersisa, pengelolaan dan kondisinya berbeda-beda. Ada hutan mangrove dalam kondisi baik dan ada yang dalam kondisi rusak ataupun tidak terpelihara.

Salah satu ekosistem lingkungan yang paling terancam di dunia adalah ekosistem hutan mangrove. Kerusakan yang terjadi pada hutan mangrove sebagian besar disebabkan oleh perilaku manusia yang cenderung merusak hutan mangrove dengan menebangi mangrove dan mencemari hutan mangrove. Di sisi lain secara ekologis hutan mangrove disamping sebagai habitat biota laut, juga merupakan tempat pemijahan bagi ikan yang hidup di laut bebas. Keragaman jenis mangrove dan keunikannya juga memiliki potensi sebagai hutan wisata dan penyangga perlindungan wilayah pesisir dan pantai, dari berbagai ancaman sedimentasi, abrasi, pencegahan intrusi air laut, serta sebagai sumber pakan habitat biota laut. Oleh karena itu hutan mangrove juga mempunyai peran yang besar dalam menunjang perekonomian masyarakat pesisir, karena perannya yang besar bagi nelayan dan petani tambak.

Laju kerusakan hutan mangrove di Indonesia ternyata merupakan yang tercepat dan terbesar di dunia. Menurut data *Food and Agriculture Organisation* (FAO) pada tahun 2007, dalam tiga dekade terakhir, Indonesia kehilangan sekitar 40 persen dari hutan mangrove. Kerusakan ini disebabkan oleh alih fungsi hutan mangrove menjadi tambak, industri, perkebunan, aktivitas pembalakan liar, serta pembuangan limbah industri yang dapat mematikan tanaman mangrove. Setyawan *et al* (2003) menyatakan bahwa *Total Economic Value* (TEV) ekosistem mangrove per tahun di Pulau Madura mencapai Rp. 49 triliun, Papua Rp. 329 triliun, Kalimantan Timur Rp. 178 triliun dan Jawa Barat Rp. 1,357 triliun. Sedangkan untuk seluruh Indonesia diperkirakan bernilai Rp. 820 triliun. Namun pengelolaan mangrove di Indonesia belum dilakukan secara berkelanjutan dan terpadu. Akibatnya terjadi kerusakan parah sehingga dalam waktu 11 tahun (1982 - 1993) Indonesia kehilangan 50% dari luasan hutan mangrove.

Berdasarkan lokasinya, konsentrasi hutan mangrove terdapat pada kawasan estuari pulau-pulau besar dan kawasan pulau-pulau kecil.

Persebaran hutan mangrove pada pulau besar terdapat di pantai timur Pulau Sumatera, Kalimantan, beberapa pantai Pulau Sulawesi dan Jawa, serta sepanjang pantai Papua. Di Pulau Papua, Kalimantan dan Pulau Sumatera memiliki banyak aliran sungai besar dan panjang dengan tipe delta yang beragam, sebagai akibat arus sungai yang membawa material ke muara maupun air pasang dari laut. Kondisi ini memberikan dukungan terhadap keberadaan mangrove untuk tumbuh dan berkembang dengan subur pada pantai berlumpur lunak, delta, sungai besar dan teluk yang terlindung. Pada pulau-pulau kecil atau gugusan pulau karang, mangrove nampak seperti gerumbulan tipis dan strukturnya sederhana, dan bahkan sering hanya berupa tegakkan tunggal, seperti yang dijumpai di beberapa daerah di Pulau Ambon, Kepulauan Tanimbar dan Kepulauan Aru, Maluku Tenggara.

Pemanasan global saat ini menjadi isu lingkungan yang utama karena mempunyai dampak yang sangat besar bagi dunia dan kehidupan makhluk hidup yang menghuninya, yakni perubahan iklim dunia dan kenaikan permukaan laut. Peningkatan konsentrasi karbon dioksida di atmosfer merupakan salah satu penyebab terbesar terjadinya pemanasan global (Sunu, 2001). Perairan pesisir, termasuk mangrove, berperan penting terhadap total budget karbon (Nasprianto et al, 2016). Tegakan mangrove, melalui proses fotosintesis menyerap karbon dioksida dari atmosfer yang diubahnya menjadi karbon organik dalam bentuk biomassa (Sutaryo, 2009). Pelestarian hutan mangrove sangat penting dilakukan dalam mitigasi perubahan iklim global (Kordi, 2012), karena tumbuhan mangrove menyerap karbon dioksida dan mengubahnya menjadi karbon organik yang disimpan dalam biomassa tubuhnya, seperti akar, batang, daun, dan bagian lainnya (Hairiah dan Rahayu, 2007).

Mangrove sebagai salah satu ekosistem pendukung kehidupan penting di wilayah kepebisiran dan laut. Mangrove selain mempunyai fungsi ekologis sebagai penyedia nutrient bagi biota perairan, tempat pemijahan dan asuhan bagi berbagai macam biota, penahan abrasi, amukan angin taufan dan

tsunami, penyerap limbah, pencegah intrusi air laut, dan lain sebagainya, hutan mangrove juga mempunyai fungsi ekonomis penting seperti penyedia kayu, daun-daunan sebagai bahan baku obat-obatan, dan lain-lain. Lebih dari 70 macam pohon mangrove telah diidentifikasi berguna bagi kepentingan umat manusia, baik produk langsung seperti bahan bakar dan bahan bangunan, maupun produk tidak langsung seperti tempat rekreasi dan bahan makanan (Dahuri et al., 2001). Bahkan Mangrove juga memiliki potensi stok karbon dan dapat menurunkan gas emisi rumah kaca, dengan potensi 3 sampai 5 kali lebih besar dari hutan biasa. Ekosistem hutan mangrove merupakan salah satu sumberdaya hayati yang sangat potensial, karena memiliki karakteristik unik dan khas yang mampu beradaptasi pada perubahan lingkungan perairan yang ekstrim.

Guna mendukung pengelolaan ekosistem mangrove berkelanjutan, pemerintah telah menerbitkan Peraturan Presiden Nomor 73 Tahun 2012 tentang Strategi Nasional pengelolaan Ekosistem Mangrove. Peraturan tersebut mengamanatkan kepada Menteri Koordinator Bidang Perekonomian selaku Ketua Pengarah Tim Koordinasi Nasional untuk menetapkan kebijakan, strategi, program dan indikator kinerja pengelolaan ekosistem mangrove. Selain itu juga telah dikeluarkan Peraturan Menteri Koordinator Bidang Perekonomian (Permenko) Nomor 4 Tahun 2017 tentang Kebijakan, Strategi, Program, dan Indikator Kinerja, Pengelolaan Ekosistem Mangrove Nasional. "Dalam Permenko tersebut ditetapkan target ekosistem mangrove berkategori baik seluas 3,49 juta hektar pada tahun 2045. Ini artinya diperlukan pemulihan ekosistem mangrove seluas 1,82 juta hektare. Pengelolaan hutan mangrove berkelanjutan mengacu kepada konsep pembangunan berkelanjutan, seperti termuat dalam UU No. 32 Tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup, yaitu upaya sadar dan terencana yang memadukan aspek lingkungan hidup, sosial, dan ekonomi kedalam strategi pembangunan untuk menjamin keutuhan

lingkungan hidup serta keselamatan, kemampuan, kesejahteraan dan mutu hidup generasi masa kini dan generasi masa depan.

Banyaknya kawasan mangrove yang rusak, maka perlu dilakukan rehabilitasi hutan mangrove. Diharapkan dapat mengembalikan fungsi ekologisnya untuk menyediakan jasa lingkungan bagi masyarakat sekitarnya dan bagi masyarakat yang berada di luar kawasan tersebut. Namun, kegiatan rehabilitasi tersebut tidak bisa mengabaikan isu-isu ekonomi dan sosial terkait kehadiran masyarakat di sekitarnya. Pada aspek sosial ekonomi, pengelolaan mangrove berkelanjutan menjadi sulit karena: 1) perbedaan pemahaman tentang nilai dan fungsi ekosistem mangrove dan pentingnya upaya rehabilitasi; 2) Partisipasi masyarakat lokal belum optimal; 3) Sebagian besar masyarakat di sekitar ekosistem mangrove tergolong miskin; 4) Kegiatan pemanfaatan ekosistem mangrove ramah lingkungan belum berkembang dan 5) Pertumbuhan penduduk tinggi dan aktivitas ekonomi memicu alih fungsi lahan.

C. Hutan Mangrove di Pesisir Kota Semarang

Kondisi hutan mangrove di pesisir Kota Semarang sejak lama mengalami degradasi secara luas, akibat dari abrasi dan perubahan lahan. Kelurahan Tugurejo terletak di wilayah pesisir Semarang bagian barat dengan mayoritas masyarakatnya bermata pencaharian sebagai petani tambak. Abrasi terjadi pada pesisir Laut Jawa, maka secara langsung masyarakat mengalami dampak negatif. Permasalahan yang muncul antara lain tergerusnya daratan yang mengakibatkan penyempitan luasan tambak, abrasi dan rob yang menyebabkan hilangnya tambak serta menurunnya kualitas air tambak secara drastis sehingga menyebabkan kuantitas dan kualitas produksi tambak menurun. Kondisi lingkungan akibat pembangunan belasan industri di sekitar wilayah kelurahan tersebut telah memperburuk keadaan karena keluaran limbah industri berupa limbah kimia. Sungai Tapak

yang berada di wilayah tersebut merupakan andalan dalam penyediaan air tawar dan saluran irigasi pertanian, saat ini telah tercemar limbah rumah tangga dan limbah industri. Kondisi ini menyebabkan kualitas air menurun dan membahayakan ikan-ikan yang dibudidayakan dalam tambak (Ermiliansa et al., 2014).

Keberadaan fenomena kerusakan pantai dan lahan mangrove di kawasan pesisir Kota Semarang mengakibatkan menurunnya kualitas lingkungan wilayah pesisir. Beberapa kerusakan ekosistem mangrove di pesisir Kota Semarang berupa kerusakan keanekaragaman hayati, menurunnya fungsi biofilter atau kemampuan fitoremediasi, dan masalah stok karbon. Ketiga jenis penurunan kualitas mangrove dapat menurunkan peran dan fungsi mangrove, sehingga pengelolaan hutan mangrove harus ditingkatkan lagi.

Keanekaragaman hayati hutan mangrove semakin menurun seiring dengan menurunnya kualitas lingkungan pantai. Eksploitasi kawasan mangrove yang terus menerus dilakukan berpotensi mereduksi keanekaragaman spesies tumbuhan yang memiliki peran dan fungsi utama secara ekologis dan potensial untuk dimanfaatkan secara sosial ekonomi. Konversi kawasan mangrove menjadi lahan tambak ikan/udang, industri dan permukiman merupakan penyebab utama rusaknya ekosistem mangrove. Informasi tentang keanekaragaman spesies tumbuhan pada ekosistem mangrove Wilayah pesisir Kota Semarang perlu dilakukan dalam upaya pengelolaan kawasan mangrove yang berkelanjutan.

Keberadaan mangrove di wilayah pantai harus dipertahankan, karena mangrove dapat berfungsi sebagai biofilter, yaitu sebagai agen pengikat dan perangkap polutan, serta memiliki toleransi yang tinggi terhadap logam. Pencemaran yang terjadi pada perairan di wilayah pesisir Kota Semarang, akan mempengaruhi kualitas ikan yang ada di perairan maupun yang dipelihara pada tambak. Oleh karena itu diperlukan kajian tentang peranan

mangrove sebagai fitoremediasi logam di perairan, untuk memperbaiki kualitas lingkungan perairan pesisir.

Fungsi Hutan mangrove sebagai stok karbon dapat mengikat karbon dan mengantisipasi fenomena perubahan iklim. Keberadaan ekosistem mangrove yang banyak terdapat di wilayah pesisir, mempunyai kemampuan yang sangat efektif dalam mengurangi konsentrasi gas karbondioksida (CO₂) di alam. Oleh karena itu perlu dikaji potensi karbon tersimpan pada tegakan mangrove di Wilayah pesisir Tapak, Kota Semarang.

Mangrove memiliki potensi dan peran yang sangat besar bagi kehidupan. Berbagai produk dari mangrove dapat dihasilkan baik secara langsung maupun tidak langsung, diantaranya: bahan baku makanan, bahan pewarna batik, obat-obatan dan perikanan. Melihat beragamnya manfaat mangrove, maka perlu dikaji peran mangrove bagi kehidupan di wilayah pesisir. Keberadaan mangrove ini secara tidak langsung mempengaruhi taraf hidup dan perekonomian wilayah pesisir.

Kelestarian mangrove akan menjamin kelestarian lingkungan pantai untuk masa depan. Pengelolaan ekosistem mangrove di wilayah pesisir secara terpadu, merupakan upaya dari berbagai lintas sektoral antara pemerintah, komunitas, ilmu pengetahuan, manajemen, kepentingan sektoral dengan kepentingan masyarakat. Perlu dikaji bagaimana pengelolaan ekosistem mangrove yang baik dan berkelanjutan, diharapkan dapat meningkatkan kualitas lingkungan di wilayah pesisir, sekaligus menjaga keanekaragaman hayati dan produktifitas dari ekosistem pesisir.

Permasalahan yang terjadi pada ekosistem mangrove tersebut membutuhkan suatu upaya penanggulangan. Konservasi mangrove sebagai usaha adaptasi dampak perubahan iklim di kawasan pesisir yang efektif. Konservasi mangrove sering terkendala dengan kepentingan pembangunan lainnya yang tidak kalah pentingnya bagi kemajuan Kota Semarang. Upaya terpadu dan tegas diperlukan dalam konservasi mangrove mendatang. Harian surat kabar Semarang Raya menyebutkan bahwa Kota Semarang

sebagai kota pesisir minim lahan untuk areal konservasi seperti di Dusun Tapak, Kelurahan Tugurejo, Kecamatan Tugu tersebut. Kepemilikan lahan 200 ha di pesisir Tugu masih didominasi swasta dan pribadi. Pesisir merupakan salah satu fungsi strategis bagi kepentingan konservasi dengan mendorong Pemerintah Kota Semarang mengkaji serius tentang pengembangan pesisir seperti pengembangan ekowisata mangrove (Afri, 2012)

Salah satu upaya yang telah dilakukan Pemerintah Kota Semarang dalam mendukung program pengelolaan hutan mangrove di Wilayah Pesisir Tugurejo adalah dengan bekerja sama dengan Mercy Corps, sebuah organisasi nirlaba (LSM) dari Amerika Serikat melalui Program ACCCRN (Asian Cities Climate Change Resilience Network). Pada tahun 2010, sebagai proyek percontohan ACCCRN, di Dusun Tapak, Kelurahan Tugurejo telah dilakukan penanaman tidak kurang dari 20.000 bibit mangrove dan pembuatan tanggul penahan ombak atau lebih dikenal sebagai alat pemecah ombak (APO) yang terbuat dari ban bekas mobil sejauh 120 meter di sepanjang garis pantai wilayah pesisir Tugurejo. Dengan bekerja sama dengan masyarakat Tapak dan Pemerintah Kota Semarang, pada tahun 2011 Program ACCCRN telah menanam lebih dari 285.000 bibit mangrove dan pembuatan APO yang mencapai panjang 785 meter dari panjang 1.900 meter yang dibutuhkan. Pada tahun 2012 ini, sekitar satu miliar rupiah telah diajukan oleh Dinas Kelautan dan Perikanan Kota Semarang untuk membeli sebidang tanah di Tugurejo dari pihak swasta yang akan digunakan untuk mendirikan Pusat Pendidikan Bakau dan Konservasi Berbasis Masyarakat di Tugurejo (Mercy Corps, 2012).

Beberapa permasalahan kerusakan hutan mangrove di pesisir Kota Semarang dapat diupayakan perbaikannya. Beberapa metode yang diterapkan untuk mengantisipasi permasalahan diuraikan sebagai berikut. Kajian pembuatan *data base* tanaman mangrove dilakukan dengan mengidentifikasi sebaran mangrove dan tingkat kerapatan vegetasi

mangrove. Sedangkan data lapangan pengukuran vegetasi mangrove meliputi kerapatan jenis, frekuensi jenis, nilai penting, indeks keanekaragaman, dan indeks keseragaman.

Data vegetasi mangrove dianalisis untuk mendapatkan Indeks Nilai Penting (INP), yaitu besaran yang menunjukkan kedudukan suatu jenis terhadap jenis lain dalam satu wilayah, merujuk pada Fachrul (2007). Indeks ini merupakan akumulasi parameter Kerapatan Relatif (KR), Dominansi Relatif (DR), dan Frekuensi Relatif (FR) dari jenis yang menyusun wilayah tersebut. Distribusi individu dalam komunitas merujuk McIntosh (1962), dan tingkat keanekaragaman mangrove merujuk pada Odum (1993).

Setelah dilakukan pengambilan sampel dilapangan pada setasiun penelitian yang sudah ditentukan, selanjutnya pengukuran logam dan karbon pada air, sedimen dan tumbuhan mangrove dilakukan di laboratorium. Analisis logam dengan menggunakan *Teflon bomb extraction* yang dilanjutkan dengan pembacaan logam dengan menggunakan AAS. Sedangkan untuk perhitungan karbon di atas permukaan digunakan metode alometrik dengan pengukuran DBH.

Identifikasi luas kawasan hutan mangrove dan perubahannya dapat dianalisis dengan melakukan pemetaan hutan mangrove di pesisir Kota Semarang. Metode pemetaan menggunakan pengolahan citra Landsat 8, menggunakan saluran merah dan inframerah dekat sebagai sumber datanya. Selanjutnya hasil pengolahan tersebut menghasilkan citra NDVI yang menggambarkan tingkat kerapatan vegetasi ekosistem mangrove di lokasi penelitian. Sebelum dilakukan pengolahan NDVI, citra Landsat 8 dilakukan koreksi citra terlebih dahulu, baik koreksi geometrik dan radiometrik agar citra yang digunakan memiliki kesamaan dari segi lokasi dan tampilan dengan kondisi yang sebenarnya di permukaan bumi.

Metode studi kasus secara inkuiri empiris dilakukan untuk menemukan dan menggambarkan fenomena serta konteks peran serta

yang telah dilakukan oleh masyarakat dalam upaya merehabilitasi ekosistem mangrove wilayah pesisir Kota Semarang. Subjek penelitian adalah anggota masyarakat yang secara pribadi maupun berkelompok memiliki keterlibatan dalam upaya rehabilitasi pesisir.

BAB II

KEANEKARAGAMAN MANGROVE

Keanekaragaman hayati menurut Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 29 Tahun 2009 tentang Pedoman Konservasi Keanekaragaman Hayati di Daerah, adalah keanekaragaman makhluk hidup di muka bumi dan peranan-peranan ekologisnya yang meliputi keanekaragaman ekosistem, keanekaragaman spesies, dan keanekaragaman genetik.

Keanekaragaman mangrove di Indonesia sangat beragam. Keberagaman jenis mangrove satu pulau dengan pulau-pulau yang lain berbeda-beda. Dari 202 jenis mangrove yang telah diketahui, 166 jenis terdapat di Pulau Jawa, 157 jenis di Sumatera, 150 jenis di Kalimantan, 142 jenis di Irian Jaya, 135 jenis di Sulawesi, 133 jenis di Maluku dan 120 jenis di Kepulauan Sunda Kecil. Meskipun daftar ini tidak terlalu komprehensif, akan tetapi dapat memberikan gambaran urutan penyebaran jenis mangrove di pulau-pulau Indonesia. Pengecualian untuk Pulau Jawa, meskipun memiliki keragaman jenis yang paling tinggi, akan tetapi sebagian besar dari jenis-jenis yang tercatat berupa jenis-jenis gulma (seperti *Chenopodiaceae*, *Cyperaceae*, *Poaceae*). Selain itu, penelitian mangrove lebih intensif dilakukan di pulau ini dibandingkan dengan pulau-pulau lainnya. Satu hal yang harus diperhatikan adalah bahwa pembangunan yang mengakibatkan kerusakan dan peralihan peruntukan lahan mangrove telah terjadi di mana-mana. Hal ini menunjukkan jenis-jenis yang tercatat dalam daftar diatas sebenarnya sudah tidak ditemukan di pulau tertentu.

A. Jenis-Jenis Mangrove

Indonesia memiliki ± 202 jenis tumbuhan mangrove, meliputi 89 jenis pohon, 5 jenis palma, 19 jenis pemanjat, 44 jenis herba tanah, 44 jenis epifit

dan 1 jenis paku. Dari 202 jenis tersebut, 43 jenis (diantaranya 33 jenis pohon dan beberapa jenis perdu) ditemukan sebagai mangrove sejati (*true mangrove*), sementara jenis lain ditemukan disekitar mangrove dan dikenal sebagai jenis mangrove ikutan (*associate asociate*) (Noor *et al.*, 2006). Saenger *et al.*, (1983) mencatat di seluruh dunia terdapat 60 jenis tumbuhan mangrove sejati. Data tersebut menunjukkan bahwa Indonesia memiliki keragaman jenis mangrove yang tinggi.

Lebih lanjut Noor *et al.* (2006) menyampaikan, yang termasuk dalam mangrove sejati meliputi: *Acanthaceae*, *Pteridaceae*, *Plumbaginaceae*, *Myrsinaceae*, *Loranthaceae*, *Avicenniaceae*, *Rhizoporaceae*, *Bombacaceae*, *Euphorbiaceae*, *Asclepiadaceae*, *Sterculiaceae*, *Combretaceae*, *Arecaceae*, *Myrtaceae*, *Lythraceae*, *Rubiaceae*, *Sonneratiaceae*, *Meliaceae*. Sedangkan untuk mangrove tiruan meliputi: *Lecythidaceae*, *Guttiferae*, *Apocynaceae*, *Verbenaceae*, *Leguminosae*, *Malvaceae*, *Convolvulaceae*, *Melastomataceae*.

Adanya keanekaragaman spesies tumbuhan yang sebagian besar tergolong spesies asosiasi mangrove dan spesies berhabitus pohon, mengindikasikan adanya percampuran spesies daratan sebagai akibat adanya zona transisi dari zona sungai menuju daratan (Indriani *et al.*, 2009). Sementara itu Irwanto (2006) menyampaikan, dari sekian banyak jenis mangrove di Indonesia, jenis mangrove yang banyak ditemukan antara lain adalah jenis api - api (*Avicennia sp*), bakau (*Rhizopora sp*), tancang (*Bruguiera sp*), dan bogem atau pedada (*Sonneratia sp*), merupakan tumbuhan mangrove utama yang banyak dijumpai. Jenis-jenis mangrove tersebut adalah kelompok mangrove yang menangkap, menahan endapan dan menstabilkan tanah habitatnya.



Gambar 3. Peta Persebaran Mangrove di Indonesia (Noor *et al.*, 2006).

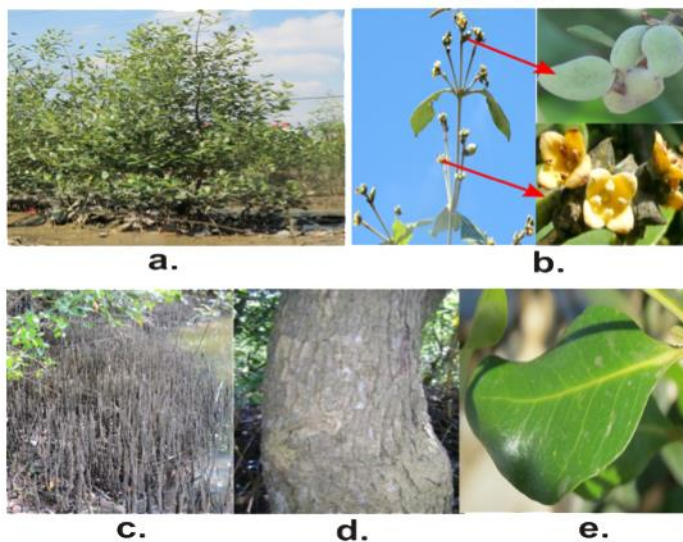
Program rehabilitasi ekosistem mangrove di Kota Semarang sudah berjalan, terbukti dengan adanya peningkatan luas penanaman mangrove di beberapa wilayah pesisir. Jenis mangrove yang dijumpai di wilayah Kota Semarang menunjukkan hasil jenis *A. marina* dan *R. mucronata* memiliki nilai penting yang besar. Kondisi tersebut menjelaskan bahwa kedua jenis mangrove ini memiliki kedudukan penting dan lebih menguasai komunitasnya. Dominansi *Avicennia* dan *Rhizophora* pada beberapa stasiun pengamatan menandakan bahwa kedua jenis ini sangat cocok hidup di habitat mangrove pesisir Semarang (Martuti, 2013).

Avicennia, *Rhizophora*, dan *Xylocarpus* merupakan bibit spesies mangrove yang penting, karena mangrove tersebut tumbuh dengan baik pada salinitas 10-20 ppt, yaitu sekitar sepertiga sampai dua pertiga konsentrasi air laut pesisir (31-35 ppt) (Clough 1992 dalam Macintosh & Ashton 2002). *Avicennia marina* memiliki batas toleran yang cukup tinggi terhadap perairan dengan kondisi yang ekstrim seperti salinitas yang tinggi, kondisi substrat yang berlumpur, ini ditunjang dengan sistem perakaran yang dimiliki *A. marina* yakni dengan sistem akar nafas (*pneumatofor*).

Avicennia merupakan genus yang memiliki kemampuan toleransi terhadap kisaran salinitas yang luas dibandingkan dengan genus lainnya (Susanto et al., 2013).



Gambar 4. *Rhizophora sp* Beserta Bagian-Bagian Tumbuhannya (Irsadi dan Martuti, 2012)



Gambar 5. *Avicennia sp* Beserta Bagian-Bagian Tumbuhannya (Irsadi dan Martuti, 2012)

Berdasarkan hasil pengamatan dan identifikasi Dinas Pertanian Kota Semarang (2015), secara keseluruhan ditemukan 26 spesies mangrove di pesisir Kota Semarang. Jenis-jenis mangrove tersebut meliputi spesies mangrove komponen mayor, komponen minor, dan komponen asosiasi. Spesies mangrove mayor yang ditemukan antara lain: *Avicennia marina* (Forssk.) Vierh, dan *Rhizophora mucronata* Lam. Selain itu, ditemukan pula beberapa spesies mangrove minor yang meliputi: *Excoecaria agallocha* L., *Pemphis acidula* J. R. Forst & G. Forst. Sedangkan jenis mangrove asosiasi yang ditemukan antara lain: *Acanthus ilicifolius* L., *Sesuvium portulacastrum* (L.) L., *Calotropis gigantea* (L) R. Br., *Casuarina equisetifolia* L., *Terminalia catappa* L., *Ipomoea pes-capre* (L) Sweet, *Spinifex littoreus* (Burm.f.) Merr., *Hibiscus tiliaceus* L., *Pandanus odoratissimus* Park. Ditemukan pula vegetasi yang terdapat di wilayah pesisir, antara lain *Pleuchea indica* (L.) Less., *Wedelia biflora* (L.) DC., *Sesbania grandiflora* (L.) Poiret., *Canavalia maritima* Thouars, dan *Morinda citrifolia* L. Spesies mangrove mayor tersebut ditemukan dalam kategori pohon (diameter Batang ≥ 4 cm), Anakan/Sapling (diameter Batang 1 s/d < 4 cm) dan Semai/Seedling (diameter batang < 1 cm).

B. Zonasi Mangrove di Wilayah Pesisir

Sebaran spesies tumbuhan mangrove terkait dengan kemampuan beradaptasi terhadap kondisi lingkungan (faktor abiotik). Tumbuhan mangrove umumnya memiliki bentuk morfologi dan mekanisme fisiologi tertentu untuk beradaptasi terhadap lingkungan mangrove. Bentuk adaptasi ini umumnya terkait dengan adaptasi terhadap garam, adaptasi sistem reproduksi (propagul), dan adaptasi terhadap tanah yang gembur dan bersifat anoksik (anaerob). Spesies mangrove mampu tumbuh pada lingkungan dengan salinitas rendah hingga tinggi. Kemampuan ini disebabkan adanya mekanisme ultrafiltrasi pada akar untuk mencegah

masuknya garam, adanya sistem penyimpanan garam, dan adanya sistem ekskresi pada daun untuk membuang garam yang terlanjur masuk ke jaringan tubuh (Setyawan *et al.*, 2005).

Distribusi sebaran jenis vegetasi mangrove dipengaruhi faktor alam dan manusia. Hal ini tampak pada distribusi tingkat pertumbuhan komunitas mangrove yang ditemukan diberbagai wilayah mengalami persebaran secara tidak normal dan terdistribusi secara buatan. Kesuksesan program penanaman akan didukung dengan penentuan zonasi mangrove yang tepat. Dengan mempertimbangkan sifat ekologis beberapa spesies di atas tersebut, dan faktor lingkungan seperti fisiografi pantai, pasang surut air laut, gelombang dan arus laut, iklim (cahaya matahari, curah hujan, temperatur, dan angin), salinitas, oksigen terlarut, jenis sedimentasi, dan kandungan unsur hara pada tiap lokasi, serta mengingat bahwa kekuatan arus pada lokasi penelitian tidak signifikan cukup berpengaruh terhadap pertumbuhan mangrove, maka zonasi yang paling ideal adalah sebagai berikut.

- a. Pada daerah yang paling dekat dengan laut ditanami *Avicennia spp* dan *Sonneratia spp*.
- b. Lebih ke arah darat, ditanami dengan *Rhizophora spp* dan *Xylocarpus spp*.
- c. Zona berikutnya ditanami *Bruguiera spp*.
- d. Sedangkan pada zona transisi antara hutan mangrove dengan daratan dekat pantai sebaiknya ditanami *Nypa fruticans* dan beberapa spesies palem lainnya.

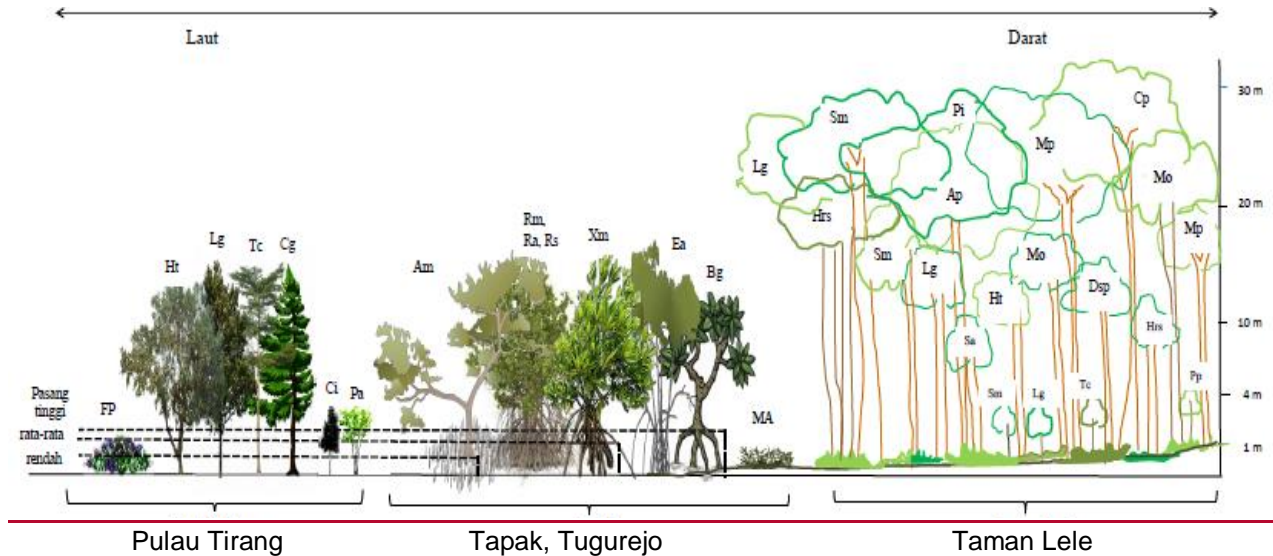
Keberhasilan pertumbuhan vegetasi yang ada di wilayah pesisir, tidak terlepas dari faktor lingkungan tempat tumbuhnya vegetasi tersebut. Sebagaimana hasil pengukuran parameter factor lingkungan yang dilakukan Martuti *et al* (2019) di pesisir Kota Semarang, mulai dari Taman Lele, Tapak, hingga Pantai Tirang menunjukkan hasil yang bervariasi (Tabel 1).

Tabel 1. Faktor lingkungan Taman Lele, Tapak, dan Pantai Tirang

Parameter Lingkungan	Taman Lele	Tapak	Pantai Tirang
Suhu udara (°C)	29	32	38
Intensitas cahaya (lux)	540	612	765
Kelembaban udara (%)	66	62	59
Salinitas (‰)	0	7	18
pH tanah	6,4	6,2	7,2
Kerikil (%)	0,59	0,37	0,19
Pasir kasar (%)	9,16	6,14	27,06
Pasir halus (%)	29,69	50,05	70,05
Lanau (%)	93,58	44,9	2,79
Lempung (%)	16,5	23,6	0
Jenis substrat	Lanau	Berlumpur	Berpasir

(Martuti et al, 2019)

Perbedaan kondisi lingkungan dan topografi yang ada di Pesisir Kota Semarang, juga menunjukkan adanya perbedaan vegetasinya. Hal tersebut dapat dilihat dari adanya perbedaan topografi dan factor lingkungan yang ada mulai Taman Lele (Kecamatan Ngaliyan) hingga Pulau Tirang yang ada di Kelurahan Tugurejo, Kecamatan Tugu Kota Semarang. Taman Lele merupakan ekosistem darat, sedangkan Tapak (Tugurejo) merupakan jenis ekosistem payau, dan Pulau Tirang merupakan ekosistem pantai hingga laut. Ketiga tempat tersebut memiliki karakteristik tanah yang khas dan berbeda. Taman Lele memiliki jenis tanah lanau, sedangkan jenis tanah di Tapak berlumpur, dan Pantai Tirang memiliki tipe tanah berpasir (Martuti et al, 2019). Sifat tanah sangat berpengaruh terhadap kemampuan tanah untuk mendukung kehidupan tanaman. Adanya sifat fisik tanah yang berbeda akan berpengaruh terhadap pertumbuhan dan produksi tanaman, karena akan menentukan penetrasi akar di dalam tanah, kemampuan tanah menahan air, drainase, aerasi tanah dan ketersediaan unsur hara tanah (Holilullah *et al.*, 2015).



Gambar 6. Zonasi Mangrove di Pesisir Kota Semarang (Martuti et al, 2019)

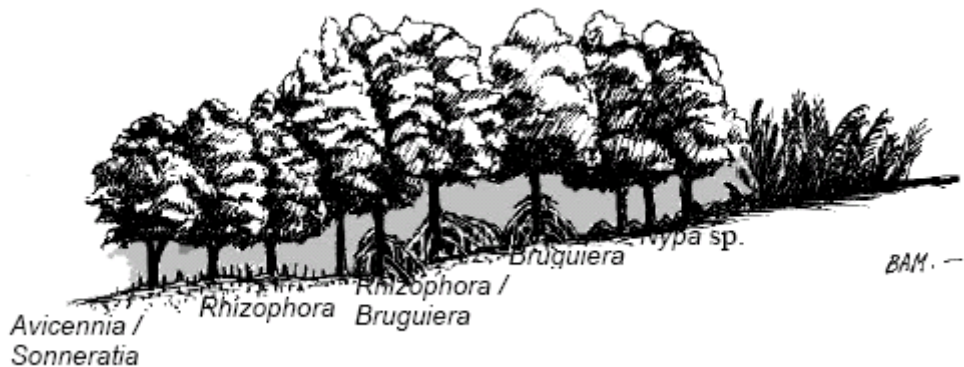
Keterangan:

Cp : *Caesalpinia pulcherrima*
Mo : *Moringa oleifera*
Mp : *Microcos paniculata*
Sm : *Swietenia mahagoni*
Pp : *Pometia pinnata*
Pi : *Pterocarpus indicus*
Ap : *Arenca pinnata*
Lg : *Leucaena glauca*
Hn : *Hibiscus-rosa sinensis*

Sa : *Sauropus androgynus*
Ht : *Hibiscus tiliaceus*
Dsp : *Dracaena sp*
Tc : *Terminalia catappa*
MA : Mangrove Asosiasi
Bg : *Bruquiera gymnorrhiza*
Ea : *Excoecaria aqallocha*
Xm : *Xylocarpus moluccensis*
Rm : *Rhizophora mucronata*

Ra : *Rhizophora apiculata*
Rs : *Rhizophora stylosa*
Am : *Avicennia marina*
Pa : *Phempis acidula*
Ci : *Clerodendrum inerme*
Cg : *Casuarina junghuhniana*
FP : Formasi pes caprae

Berdasarkan zonasinya umumnya di perbatasan daerah laut didominasi jenis mangrove pionir *Avicennia spp.* dan *Sonneratia spp.* Di pinggiran atau bantaran muara sungai, *Rhizophora spp.* yang menempati. Di belakang zona ini merupakan zona campuran jenis mangrove seperti *Rhizophora spp.*, *Sonneratia spp.*, *Bruguiera spp.*, dan jenis pohon yang berasosiasi dengan mangrove seperti tingi (*Ceriops sp.*) dan panggang (*Excoecaria sp.*). Di sepanjang sungai di bagian muara biasanya dijumpai pohon nipah (*Nypa fruticans*) (Irwanto, 2006).



Gambar 7. Zonasi Penyebaran Jenis Pohon Mangrove (Irwanto, 2006)

C. Habitat Lingkungan Hidup Mangrove

Mangrove merupakan ekosistem yang berada pada wilayah intertidal, dimana pada wilayah tersebut terjadi interaksi yang kuat antara perairan laut, payau, sungai dan terestrial. Mangrove hidup di daerah tropik dan subtropik, terutama pada garis lintang 25° LU dan 25° LS. Ekosistem mangrove banyak ditemukan di pantai-pantai teluk yang dangkal, estuaria, delta dan daerah pantai yang terlindung (Bengen, 2000). Tumbuh-tumbuhan tersebut berasosiasi dengan organisme lain (fungi, mikroba, alga, fauna, dan tumbuhan lainnya) membentuk komunitas mangrove. Komunitas mangrove tersebut berinteraksi dengan faktor abiotik (iklim, udara, tanah, dan air) membentuk ekosistem mangrove (Sengupta, 2010).

Hutan mangrove menangkap dan mengumpulkan sedimen yang terbawa arus pasang surut dari daratan lewat aliran sungai. Hasil analisis hubungan karakteristik sedimen terhadap vegetasi mangrove menunjukkan substrat sedimen lumpur memiliki hubungan positif (sempurna) terhadap vegetasi mangrove. Sedangkan, pada substrat pasir menunjukkan hubungan negatif (berkebalikan) terhadap vegetasi mangrove (Fadli *et al.*, 2015).

Tipe substrat yang cocok untuk pertumbuhan mangrove adalah lumpur lunak, mengandung *silt*, *clay* dan bahan-bahan organik yang lembut (Walsh *dalam* Kordi *et al.*, 2012). Sebagian besar jenis-jenis mangrove tumbuh dengan baik pada tanah berlumpur, terutama di daerah dimana endapan lumpur terakumulasi. Di Indonesia, substrat berlumpur ini sangat baik untuk tegakan *Rhizophora mucronata* dan *Avicennia marina* (Kint, 1934 dalam Noor *et al.*, 2006).

Sistem sirkulasi air laut berupa arus dan gelombang yang terjadi di daerah pesisir pantai sangat efektif menggerakkan material sedimen. Kasar atau halus nya material sedimen pesisir tersebut tergantung dari arus dan gelombang laut yang terjadi di daerah tersebut. Adanya arus dan gelombang tersebut juga akan mempengaruhi jenis sedimen yang ada di wilayah pesisir. Sedimen hutan mangrove yang berada di wilayah pesisir mempunyai ukuran butir $>1,70$ mm dengan persentase volume 4% - 10%, sedangkan ukuran butir $<0,09$ mm memiliki persentase 28% - 29%. Material sedimen yang jauh dari hutan mangrove ukuran $>1,70$ mm memiliki persentase volume 11% - 16% dan ukuran $<0,09$ mm memiliki persentase 25% - 27% (Hendromi *et al.*, 2015). Sedangkan Susiana (2015) menyampaikan, bahwa sebagian besar mangrove alami maupun rehabilitasi, tumbuh pada kondisi substrat lempung berdebu.

Kondisi tanah mempunyai kontribusi besar dalam membentuk zonasi penyebaran tanaman dan hewan seperti perbedaan spesies kepiting pada kondisi tanah yang berbeda. Api-api dan pedada tumbuh sesuai di

zona berpasir, mangrove cocok di tanah lembek berlumpur dan kaya humus sedangkan jenis tancang menyukai tanah lempung dengan sedikit bahan organik

Hasil analisis korelasi antara nilai kerapatan vegetasi mangrove terhadap nilai karakteristik sedimen pada substrat lumpur menunjukkan hubungan korelasi positif atau hubungan sempurna (berbanding lurus) artinya jika nilai persentase substrat lumpur tinggi maka nilai kerapatan juga akan semakin tinggi. Pada substrat pasir menunjukkan hubungan korelasi negatif atau hubungan berkebalikan artinya jika jumlah persentase substrat pasir tinggi maka jumlah kerapatan akan semakin rendah. Hal ini menunjukkan bahwa substrat lumpur merupakan media tumbuh yang baik bagi vegetasi mangrove karena substrat lumpur memiliki hara dan nutrisi yang cukup bagi pertumbuhan dan perkembangan mangrove tersebut. Bengen (2004) menyatakan bahwa vegetasi mangrove dapat tumbuh dengan baik pada substrat (tanah) yang berlumpur dan dapat mentoleransi tanah lumpur berpasir.

Disisi lain hutan mangrove juga mempunyai kemampuan mempengaruhi sedimen yang ada di lingkungannya. Sehingga sedimen di lingkungan mangrove tersebut memiliki jenis dan karakteristik yang berbeda dengan daerah lainnya (Satriadi, 2004).

Mangrove adalah khas daerah tropis yang mempunyai kemampuan hidup dan berkembang baik pada temperatur 19°- 40°C, dengan toleransi fluktuasi $\pm 10^{\circ}\text{C}$ (Irwanto, 2006). Berbagai jenis Mangrove yang tumbuh di bibir pantai dan merambah tumbuh menjorok ke zona berair laut, merupakan suatu ekosistem yang khas. Khas karena bertahan hidup di dua zona transisi antara daratan dan lautan, sementara tanaman lain tidak mampu bertahan. Kumpulan berbagai jenis pohon yang seolah menjadi garda depan garis pantai yang secara kolektif disebut hutan Mangrove. Hutan Mangrove memberikan perlindungan kepada berbagai organisme lain baik hewan darat maupun hewan air untuk bermukim dan berkembang biak.

Batas toleransi salinitas untuk pertumbuhan mangrove, secara umum berkisar antara 10‰-30‰ (Irwanto, 2006). Kondisi salinitas sangat mempengaruhi komposisi mangrove. Berbagai jenis mangrove mengatasi kadar salinitas dengan cara yang berbeda-beda. Beberapa diantaranya secara selektif mampu menghindari penyerapan garam dari media tumbuhnya, sementara beberapa jenis yang lainnya mampu mengeluarkan garam dari kelenjar khusus pada daunnya (Noor *et al.*, 2006).

Avicennia merupakan marga yang memiliki kemampuan toleransi terhadap kisaran salinitas yang luas dibandingkan dengan marga lainnya. Pada salinitas ekstrim, pohon tumbuh kerdil dan kemampuan menghasilkan buah hilang. Jenis-jenis *Sonneratia* umumnya ditemui hidup di daerah dengan salinitas tanah mendekati salinitas air laut, kecuali *S. caseolaris* yang tumbuh pada salinitas kurang dari 10 ‰. Beberapa jenis lain juga dapat tumbuh pada salinitas tinggi seperti *Aegiceras corniculatum* pada salinitas 20 – 40 ‰, *Rhizophora mucronata* dan *R. Stylosa* pada salinitas 55 o/oo, *Ceriops tagal* pada salinitas 60 ‰ dan pada kondisi ekstrim ini tumbuh kerdil, bahkan *Lumnitzera racemosa* dapat tumbuh sampai salinitas 90 o/oo (Chapman, 1976a). Jenis-jenis *Bruguiera* umumnya tumbuh pada daerah dengan salinitas di bawah 25 ‰. MacNae (1968) menyebutkan bahwa kadar salinitas optimum untuk *B. parviflora* adalah 20 ‰, sementara *B. gymnorrhiza* adalah 10 – 25 ‰ (Noor *et al.*, 2006).

Nilai kisaran pH masih pada batas toleransi pertumbuhan mangrove, secara umum dapat hidup pada pH berkisar 5,0– 8,5 (Widyastuti & Wahyu, 1998). Nilai pH air merupakan salah satu faktor yang dapat mempengaruhi produktivitas perairan, dimana perairan dengan pH 6,5-7,5 termasuk perairan yang produktif, perairan dengan pH 7,5-8,5, adalah perairan yang memiliki produktivitas yang sangat tinggi, dan perairan dengan pH yang lebih besar dari 8,5 dikategorikan sebagai perairan yang tidak produktif (Kaswadji (1971) dalam Jesus 2012). Sedangkan hasil penelitian Susiana (2015), menunjukkan bahwa kondisi kualitas perairan pada daerah

mangrove alami memiliki kisaran yang luas, dengan pH antara 7,99-8,13. Nilai pH lingkungan akan mempengaruhi proses biokimia perairan seperti proses nitrifikasi, dengan hasil akhir pada kondisi pH rendah (Bengen, 2000).

Zona vegetasi mangrove nampaknya berkaitan erat dengan pasang surut. Di Indonesia, areal yang selalu digenangi walaupun pada saat pasang rendah umumnya didominasi oleh *Avicennia alba* atau *Sonneratia alba*. Areal yang digenangi oleh pasang sedang didominasi oleh jenis-jenis *Rhizophora*. Adapun areal yang digenangi hanya pada saat pasang tinggi, yang mana areal ini lebih ke daratan, umumnya didominasi oleh jenis-jenis *Bruguiera* dan *Xylocarpus granatum*, sedangkan areal yang digenangi hanya pada saat pasang tertinggi (hanya beberapa hari dalam sebulan) umumnya didominasi oleh *Bruguiera sexangula* dan *Lumnitzera littorea* (Noor *et al.*, 2006).

D. Ekosistem Mangrove di Indonesia dan Kota Semarang

Luasan hutan mangrove di Indonesia sekitar 8,6 juta hektar, terdiri atas 3,8 juta hektar di dalam kawasan hutan dan 4,8 juta hektar di luar kawasan hutan. Kerusakan hutan mangrove di dalam kawasan hutan sekitar 1,7 juta hektar atau 44,73 persen dan kerusakan di luar kawasan hutan 4,2 juta hektar atau 87,50 persen, antara tahun 1982-1993 telah terjadi pengurangan hutan mangrove seluas 513.670 ha atau 46.697 ha per tahunnya (Gunawan & Anwar, 2005).

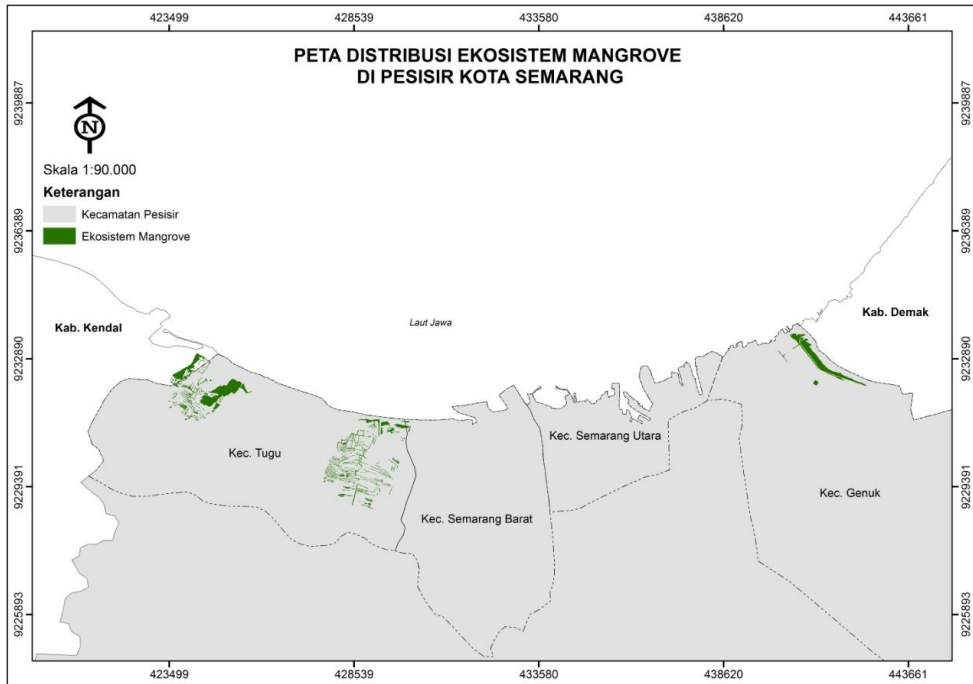
Mangrove ditemukan hampir diseluruh pesisir pulau-pulau yang ada di Indonesia. Mangrove terluas terdapat di Irian Jaya sekitar 1.350.600 ha (38%), Kalimantan 978.200 ha (28 %) dan Sumatera 673.300 ha (19%) (Dit. Bina Program INTAG, 1996). Mangrove tumbuh dan berkembang dengan baik di pantai yang memiliki sungai yang besar dan terlindung.

Dalam pengelolaan tata ruang wilayah Kota Semarang telah ditetapkan Perda No. 14 tahun 2011 tentang Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) Kota Semarang Tahun 2011 – 2031. Pengaturan tata ruang wilayah yang erat kaitannya dengan pengelolaan wilayah pesisir adalah penetapan sempadan pantai. Sempadan pantai ditetapkan seluas 50 – 100 m berfungsi sebagai pelindung pantai dari kerusakan dan area mitigasi bencana di wilayah pesisir Kota Semarang.

Berdasarkan kajian Dinas Pertanian Kota Semarang (2015), luas areal hutan mangrove di wilayah pesisir Kota Semarang seluas 84,39 Ha, yang terdiri dari 279 unit kelompok-kelompok kecil mangrove dan rata-rata setiap kelompok seluas 0,30 Ha. Luas minimum adalah 0,015 Ha sedangkan luas maksimum sebesar 8,58 Ha terdapat di Kecamatan Tugu, Semarang Barat dan Kecamatan Genuk, dapat dikemukakan sebagai berikut.

Mangrove di pesisir Kota Semarang tersebar di beberapa daerah. Dengan menggunakan citra Landsat 8 perekaman tahun 2015 kita dapat mengetahui sebaran mangrove di wilayah pesisir Semarang pada tahun 2015 yang selengkapnya terdapat pada Gambar 8.

Lebih lanjut Dinas Pertanian (2015) menjelaskan perbandingan lahan mangrove pada tahun 2010 dan 2015, menggunakan citra Landsat 7 perekaman 2010 dan Citra Landsat 8 perekaman 2015. Hasil kajian menunjukkan pada tahun 2015 luas lahan mangrove di Kota Semarang mengalami penambahan luasan mencapai 207,34 %, yaitu dari 32,85 ha pada tahun 2010 menjadi 68,13 ha pada tahun 2015 (Tabel 2).



Gambar 8. Sebaran Mangrove di Wilayah Pesisir Kota Semarang Tahun 2018, Vegetasi Mangrove Ditandai dengan Warna Hijau (Martuti et al, 2018).

Tabel 2. Luas Area Mangrove Per Kecamatan Pesisir Kota Semarang pada Tahun 2010 dan 2015.

No.	Wilayah Kecamatan	Luas Mangrove tahun 2010 (ha) (a)	Luas Mangrove tahun 2015 (ha) (b)	Presentase Perubahan Lahan Mangrove (%)
1	Genuk	8,18	15,93	94,70
2	Tugu	18,63	48,24	158,90
3	Semarang Barat	5,94	3,96	33,33
Jumlah (Ha)		32,85	68,13	107,34%

Sumber Data :

a. Citra Landsat 7 perekaman tahun 2010.

b. Citra Landsat 8 perekaman tahun 2015.

Berdasarkan wilayah administrasi luas vegetasi mangrove di wilayah pesisir Kota Semarang berdasarkan data Dinas Kelautan dan Perikanan (2015) adalah sebesar 94,39 ha. Kecamatan dengan vegetasi mangrove

terluas terdapat di Kecamatan Tugu 46,19 ha (48,93%); terluas kedua adalah Kecamatan Genuk sebesar 22,72 ha (24,47 %), ketiga Kecamatan Semarang Barat seluas 13,40 ha (14,20%) dan paling sedikit terdapat di Kecamatan Utara seluas 12,07 ha (12,79%). Kondisi vegetasi mangrove tersebut tidak merata dan cenderung semakin menurun karena desakan kebutuhan pemanfaatan lahan pesisir, masih kurangnya penegakan hukum dan desakan berbagai kepentingan pemanfaatan lahan pemukiman, kawasan industri, sarana dan prasarana dasar di wilayah pesisir dan lain-lain.

BAB III

MANGROVE SEBAGAI FITOREMIDIASI LOGAM

Fitoremediasi merupakan proses bioremediasi dengan menggunakan berbagai tanaman untuk menghilangkan, memindahkan, dan atau menghancurkan kontaminan dalam lingkungan, baik pada lingkungan tanah maupun perairan. Konsep penggunaan tanaman untuk penanganan limbah dan sebagai indikator pencemaran udara dan air sudah lama ada, yaitu fitoremediasi dengan sistem lahan basah, lahan alang-alang, dan tanaman apung.

Phyto berasal dari kata Yunani yang berarti tumbuhan/tanaman (*plant*), Remediation berasal dari kata latin *remediare (to remedy)* yaitu memperbaiki atau membersihkan bahan xenobiotic dari lingkungannya. Jadi Fitoremediasi (*Phytoremediation*) merupakan suatu sistem dimana tanaman tertentu pada lingkungan (tanah atau perairan) yang dapat mengubah zat kontaminan (pencemar/polutan) menjadi kurang atau tidak berbahaya. Salah satu keuntungan utama dari fitoremediasi adalah biaya yang relatif rendah dibandingkan dengan metode lainnya, utamanya menggunakan metode fisik ataupun kimia.

Metode bioremediasi dikenal dengan dua cara yaitu penggunaan mikroorganisme (mikro flora dan mikro fauna) untuk mendegradasi senyawa xenobiotik dan rekalsitran serta fitoremediasi yang menggunakan tumbuhan dalam penyerapan, transformasi dan imobilisasi logam berat serta senyawa organik lainnya. Proses fitoremediasi dapat dilakukan di lokasi tanah yang tercemar (*in situ*) dan diluar tempat tanah yang tercemar (*ex situ*). Keunggulan penerapan fitoremediasi adalah biaya yang relatif murah dibanding dengan remediasi berbasis fisika-kimia dan dapat menghemat biaya hampir 90%. Di samping itu, Indonesia memiliki keanekaragaman hayati tumbuhan dan mikroorganisme yang cukup besar dan mampu untuk

mendegradasi serta mengimobilisasi senyawa logam berat dan senyawa organik lainnya (Moenir, 2010).

A. Mangrove sebagai Fitoremediasi

Mangrove merupakan salah satu jenis tanaman *hyperaccumulators* yang baik, mangrove bukan saja mampu tumbuh di tanah dengan konsentrasi unsur beracun yang tinggi, tetapi juga dapat mengakumulasi unsur tersebut di dalam batang dan daun dengan jumlah yang lebih tinggi dan mematikan bagi organisme hidup lainnya (Kr´bek *et al.*, 2011). Mangrove adalah suatu komunitas tumbuhan atau suatu individu jenis tumbuhan yang membentuk komunitas di daerah pasang surut, hutan mangrove atau sering disebut hutan bakau merupakan sebagian wilayah ekosistem pantai yang mempunyai karakter unik dan khas, dan memiliki potensi kekayaan hayati. Ekosistem mangrove adalah suatu sistem yang terdiri dari lingkungan biotik dan abiotik yang saling berinteraksi di dalam suatu habitat mangrove.

Mangrove yang tumbuh di ujung sungai besar berperan sebagai penampung terakhir bagi limbah dari industri di perkotaan dan perkampungan hulu yang terbawa aliran sungai. Limbah padat dan cair yang terlarut dalam air sungai terbawa arus menuju muara sungai dan laut lepas. Area hutan mangrove akan menjadi daerah penumpukkan limbah, terutama jika polutan yang masuk ke dalam lingkungan estuari melampaui kemampuan pemurnian alami oleh air. Mangrove alami berperan efektif dalam melindungi pantai dari tekanan alam dan erosi (Mulyadi *et al.*, 2009).

Avicennia marina merupakan salah satu jenis mangrove yang mempunyai potensi sebagai fitoremediasi karena kemampuannya hidup pada lingkungan yang tercemar. Sebagaimana Usman *et al.* (2013) dalam penelitiannya menyampaikan hasil bahwa *A. marina* mempunyai potensi yang baik dalam mengakumulasi Cu dari sedimen, hal ini ditunjukkan adanya akumulasi Cu yang tinggi pada daun dengan *Bio Concentration*

Factor (BCF) dan *Translocation Factor* (TF) dengan nilai > 1. Dari hasil penelitian Martuti & Irsadi (2015), diperoleh hasil bahwa tumbuhan mangrove (*Avicennia marina*) mempunyai kemampuan dalam mengakumulasi logam berat dari lingkungan tempat hidupnya. Berdasarkan perhitungan BCF akar mangrove mampu mengakumulasi logam Cu di air 39-58 dan 0,12-0,15 dari sedimen (Tabel 3).

Tabel 3. *Bio Concentration Factor* (BCF) Logam Cu pada Akar dan Air Serta Sedimen

Hari ke	Akar	Air	BCF	Sedimen	BCF
1	1,27	0,02	57,50	8,35	0,15
30	1,45	0,04	39,10	12,52	0,12
60	1,75	0,03	58,20	12,79	0,14

(Martuti et al, 2016)

Hasil tersebut di atas menunjukkan adanya kemampuan akar di dalam mengakumulasi logam Cu dari air yang cukup tinggi. Sedangkan kemampuan akumulasi akar dari sedimen relative rendah. Defew *et al.* (2005) dalam penelitiannya menyampaikan, logam berat yang masuk ke dalam lingkungan perairan akan mengalami pengendapan, pengenceran dan dispersi, kemudian diserap oleh organisme yang hidup di perairan tersebut.

Tabel 3 dapat dilihat adanya peningkatan logam dalam sedimen dari waktu ke waktu (hari ke 1 - hari ke 60). Peningkatan kadar logam dalam sedimen menunjukkan meningkatnya kandungan logam dalam akar *A. marina*, meskipun relatif kecil. Hal ini menunjukkan adanya kemampuan akar dalam mengakumulasi logam di lingkungan hidupnya. Hasil ini sejalan dengan penelitian Deri *et al.* (2013), yang menunjukkan hasil bahwa tumbuhan *A. marina* mempunyai kemampuan dalam menyerap materi toksik Pb di lingkungan hidupnya. Lebih lanjut MacFarlane *et al.* (2000), menyampaikan, bahwa mangrove merupakan tumbuhan tingkat tinggi di

kawasan pantai yang dapat berfungsi untuk menyerap bahan-bahan organik dan non-organik sehingga dapat dijadikan bioindikator logam berat.

Sedangkan berdasarkan kemampuan tanaman dalam memindahkan logam *Translocation Factors* (TF) dari akar ke daun dan serasah adalah sebagai berikut:

Tabel 4. *Translocation Factors* (TF) Logam Cu pada Serasah dan Akar *A. marina*

Hari ke	Serasah	Daun	Akar	TF
1	2,97	1,17	1,27	2,35
30	3,14	1,20	1,45	2,17
60	3,42	1,91	1,75	1,96

(Martuti, 2016)

Hasil laboratorium terhadap kandungan logam Cu pada akar dan daun *A. marina* diperoleh hasil perhitungan *TF* logam Cu antara 1,96 - 2,35. Hasil ini menunjukkan kemampuan perpindahan logam dari akar ke daun *A. marina*. Tabel 4, menunjukkan hasil dari waktu (hari ke 1) ke waktu (hari ke 30 dan 60) terdapat peningkatan kandungan logam Cu dari akar ke daun dan serasah, dimana kadar logam tertinggi di serasah (Martuti & Irsadi, 2015). Tumbuhan mempunyai kemampuan dalam mendetoksifikasi racun di jaringan tubuhnya dengan cara mengeluarkan/ melepaskan logam ke lingkungannya. Hal ini sesuai dengan penelitian Fitter & Hay (1992), tumbuhan mempunyai mekanisme dalam menghadapi konsentrasi toksik dengan cara - cara sebagai berikut: Penanggulangan (ameliorasi). Terdapat empat pendekatan dalam ameliorasi, yaitu (a) lokalisasi (intraseluler atau ekstraseluler), biasanya di dalam akar; (b) ekskresi, secara aktif melalui kelenjar pada tajuk atau secara pasif melalui akumulasi pada daun-daun tua yang diikuti dengan absisi daun; (c) dilusi yaitu melalui pengenceran; dan (d) inaktivasi secara kimia.

Salah satu mekanisme detoksifikasi logam pada tumbuhan *A. marina* dengan mengeluarkan racun melalui daun. Seperti yang disampaikan oleh MacFarlane & Burchett (2000), bahwa pada tumbuhan

logam Zn dan Cu yang ditemukan dalam jaringan tumbuhan akan dikeluarkan dari kelenjar garam pada permukaan bawah daun. Pengenceran dengan penyimpanan air di dalam jaringan biasanya terjadi pada daun dan diikuti dengan terjadinya penebalan daun (sukulensi). Ekskresi juga merupakan upaya yang dapat terjadi, yaitu dengan menyimpan materi toksik logam berat di dalam jaringan yang sudah tua seperti daun yang sudah tua dan kulit batang yang mudah mengelupas, sehingga dapat mengurangi konsentrasi logam berat di dalam tubuhnya. Bila di pesisir pantai terdapat tanaman mangrove, maka serasah daun mangrove mempunyai kemampuan mengembalikan logam berat ke dalam lingkungan dalam bentuk *bioavailable*. Serasah daun biasanya cepat tersebar ke perairan meskipun kemampuan melepaskan logamnya relatif rendah (Saenger & McConchie, 2004).

B. Penyerapan Logam dan Pengaruhnya pada Tumbuhan

Mekanisme penyerapan dan akumulasi logam berat oleh tumbuhan menurut Priyanto & Prayitno (2007) dapat dibagi menjadi tiga proses yang berkesinambungan, yaitu :

1. Penyerapan oleh akar. Senyawa-senyawa yang larut dalam air diambil oleh akar bersama air, sedangkan senyawa-senyawa hidrofobik diserap oleh permukaan akar.
2. Translokasi logam dari akar ke bagian tumbuhan lain. Setelah logam menembus endodermis akar, logam atau senyawa asing lain mengikuti aliran transpirasi ke bagian atas tumbuhan melalui jaringan pengangkut (xilem dan floem) ke bagian tumbuhan lainnya.
3. Lokalisasi logam pada sel dan jaringan. Hal ini bertujuan untuk menjaga agar logam tidak menghambat metabolisme tumbuhan. Sebagai upaya untuk mencegah peracunan logam terhadap sel, tumbuhan mempunyai mekanisme detoksifikasi, misalnya dengan menimbun logam di dalam organ tertentu seperti akar.

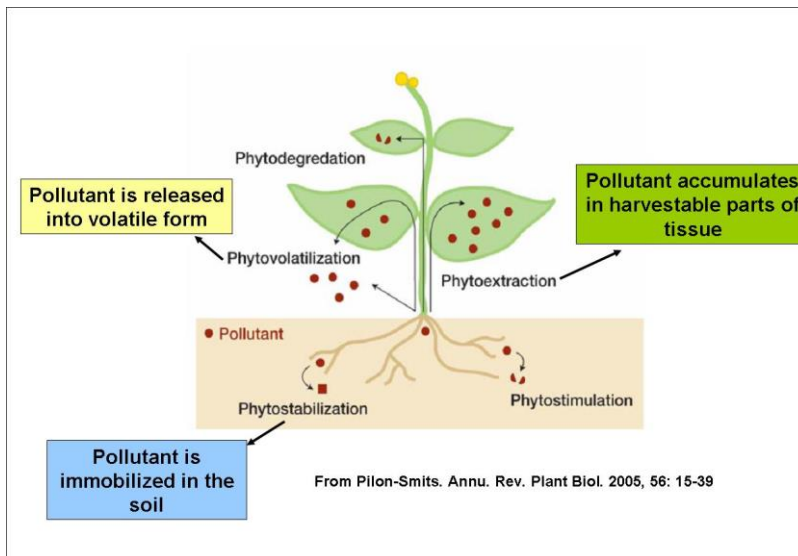
Fitter & Hay (1992) menyampaikan, tumbuhan mempunyai mekanisme dalam menghadapi konsentrasi toksik dengan cara-cara sebagai berikut:

1. Penanggulangan (ameliorasi). Terdapat empat pendekatan dalam ameliorasi, yaitu (a) lokalisasi (intraseluler atau ekstraseluler), biasanya di dalam akar; (b) ekskresi, secara aktif melalui kelenjar pada tajuk atau secara pasif melalui akumulasi pada daun-daun tua yang diikuti dengan absisi daun; (c) dilusi yaitu melalui pengenceran; dan (d) inaktivasi secara kimia.
2. Toleransi, yaitu tumbuhan mengembangkan sistem metabolik yang dapat berfungsi pada konsentrasi toksik. Pada beberapa kasus, enzim dinding sel, terutama fosfatase asam, telah memperlihatkan toleran terhadap tingkat toksin ion-ion yang jauh lebih tinggi (Cu^{2+} , Zn^{2+}) dalam ketahanannya dibandingkan pada tumbuhan normal.

Terdapat serangkaian proses fisiologis yang berperan dalam akumulasi logam sepanjang siklus hidup tumbuhan. Proses pertama adalah interaksi rizosferik pada zona perakaran, dimana terjadi proses pengolahan unsur-unsur di dalam tanah dari bentuk yang tidak dapat diserap menjadi bentuk yang dapat diserap dengan melibatkan sejumlah eksudat yang diproduksi akar. Penyerapan logam oleh akar yang antara lain ditentukan oleh permeabilitas, transpirasi dan tekanan akar serta kehadiran dari sistem pemacu penyerap logam (*enhanced metal uptake system*), yang diperkirakan hanya dimiliki oleh tumbuhan hiperakumulator (Hidayati, 2013).

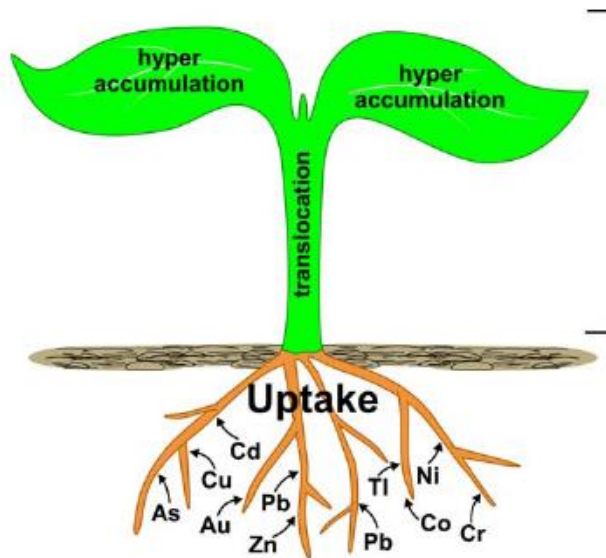
Tumbuhan memperoleh bahan-bahan yang diperlukan untuk pertumbuhan melalui akar dengan menyerap air dari lingkungan sekitarnya secara osmosis. Akar juga menyerap mineral dari lingkungan sekitarnya bersamaan dengan penyerapan air. Pengangkutan air dan garam-garam mineral dilakukan melalui penyerapan oleh sel-sel akar. Setelah melewati sel-sel akar, yang terlarut akan masuk ke pembuluh kayu (*xylem*) dan selanjutnya terjadi pengangkutan secara vertikal dari akar menuju batang

sampai ke daun, kemudian dibawa keseluruhan bagian tumbuhan oleh jaringan tanaman yaitu *floem* (Cleon & Frank, 2005).



Gambar 9. Fitoremediasi Logam dalam Tumbuhan (Pilon-smits, 2005)

Akar yang tumbuh di dalam media tanam melakukan kontak yang sangat baik dengan ion (termasuk ion tembaga) di dalam larutan media tanam pada tempat terjadinya pertukaran atau serapan (Agustina, 2004). Translokasi unsur hara tanaman merupakan proses yang terjadi terus-menerus, dari akar ke bagian tanaman atau bagian yang sedang tumbuh, kemudian ke bagian produksi (Hanafiah, 2005).



Gambar 10. *Uptake* dan Translokasi Logam dalam Tumbuhan (Rascio & Navari-Izzo, 2011)

Mwegoha (2008); Jadia & Fulekar (2009) menyampaikan, proses fitoekstraksi merupakan penyerapan polutan oleh tanaman dari air atau tanah melalui akar yang kemudian disimpan di bagian tajuk tanaman. Tanaman yang mempunyai kemampuan fitoekstraksi dapat berperan sebagai hiperakumulator. Tanaman hiperakumulator tersebut mampu mengakumulasi logam dengan konsentrasi lebih dari 100 kali melebihi tanaman normal. Hal ini terjadi karena adanya perbedaan serangkaian proses fisiologis dan biokimiawi serta ekspresi gen-gen yang mengendalikan penyerapan, akumulasi dan toleransi tanaman terhadap logam (Hidayati, 2013).

Proses selanjutnya yang menentukan tumbuhan menjadi hiperakumulator adalah translokasi logam dari akar ke tajuk yang terbukti memiliki laju jauh melebihi tumbuhan normal. Translokasi ini dikendalikan oleh dua proses utama yakni pergerakan ion ke xilem dan volume fluks dalam xilem yang dimediasi oleh tekanan akar dan transpirasi. Hal ini juga

mengindikasikan adanya sistem translokasi logam dari akar ke tajuk yang efisien (Gabbrielli *et al.*, 1991).

Setiap tanaman memiliki kemampuan yang berbeda-beda untuk menyerap dan mentranslokasikan ion-ion logam. Setiap tanaman dapat melakukan lokalisasi logam pada jaringan untuk mencegah terjadinya keracunan sel terhadap logam yang diserap Yuliani *et al.* (2013). Oleh karena itu tumbuhan akan melakukan detoksifikasi, misalnya menimbun logam kedalam organ tertentu seperti akar ataupun daun. Hasil tersebut dipertegas dengan pendapat Andani & Purbayanti (1981) yang menyampaikan, pengeluaran ion toksik oleh tumbuhan selain melalui daun dilakukan melalui akar. Ion-ion tersebut secara aktif ditarik dari xilem kembali ke xilem *parenchym* dan kemudian dilepaskan dari akar kembali ke media.

C. Kemampuan Mangrove sebagai Bioakumulator Logam

Hutan mangrove adalah sebutan umum yang digunakan untuk menggambarkan suatu varietas komunitas pantai tropik yang didominasi oleh beberapa spesies pohon-pohon yang khas atau semak-semak yang mempunyai kemampuan untuk tumbuh dalam perairan asin. Hutan mangrove yaitu formasi hutan khas daerah tropika dan sedikit subtropika, terdapat di pantai rendah dan tenang, berlumpur, sedikit berpasir, serta mendapat pasang surut air laut (Nybakken, 1992; Arief, 2003).

Ekosistem mangrove memainkan peran penting sebagai filter dan pengendalian polusi alami karena kekhasan sistem akarnya yang berhasil mengendalikan kualitas air dan merupakan perangkap sedimen serta partikel yang dibawa oleh arus dari muara menuju lautan (Kumar *et al.*, 2011; Gautier *et al.*, 2001). Hal ini diperkuat oleh pendapat MacFarlane *et al.* (2007) yang menyatakan, ekosistem mangrove berperan sebagai *phytostabilizers* yang berpotensi membantu menetralkan logam beracun dari lingkungan hidupnya. Dengan kemampuannya tersebut adanya ekosistem

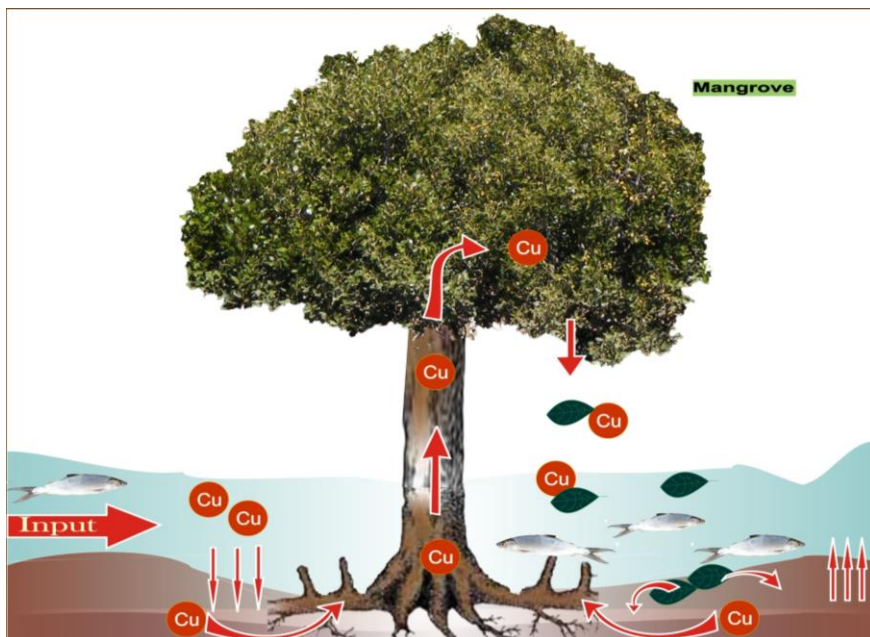
mangrove ini dapat mengurangi transportasi logam dari sungai menuju muara dan perairan laut. Oleh karena itu, menghilangkan hutan mangrove tidak hanya akan menghilangkan potensi polutan yang dapat berperan sebagai perangkap yang sangat efektif dalam melindungi lingkungan yang berdekatan, tetapi juga dapat melepaskan beberapa polutan yang sebelumnya terakumulasi di hutan mangrove (Saenger & McConchie, 2004). Machado *et al.* (2002) dalam penelitiannya menyatakan, ekosistem mangrove mempunyai kemampuan mempertahankan dan mengurangi perpindahan logam dari sedimen, karena dapat mengurangi transportasi logam dari sedimen keperairan karena adanya ikatan antara logam dan sedimen yang disebabkan oleh proses fisik dan biogeokimia.

Mangrove bukan saja memiliki kemampuan remediasi sedimen, tetapi juga mampu mengakumulasi logam berat dalam batang dan daunnya dalam jumlah tinggi yang dapat menyebabkan kematian bagi organisme hidup lainnya. Beberapa tumbuhan mangrove merupakan *metalrophytes* yang dapat tumbuh meskipun dengan kandungan logam dalam konsentrasi yang sangat tinggi (Kr'bek *et al.*, 2011).

D. Siklus Biologi Logam pada Ekosistem Mangrove

Kemampuan mangrove untuk mengakumulasi logam berat berbeda untuk tiap spesies, konsentrasi logam berat antar organ tumbuhan seperti akar, cabang, daun juga berbeda dalam tiap spesies. Perbedaan konsentrasi logam berat pada organ tumbuhan tertentu berkaitan dengan proses fisiologis tumbuhan tersebut (Tam & Wong, 1996). Dari hasil penelitian Kartikasari *et al.* (2002) tentang akumulasi logam berat pada tumbuhan mangrove di Sungai Babon Semarang diperoleh hasil, terdapat perbedaan akumulasi logam berat Cr dan Pb antar organ tumbuhan akar, cabang dan daun mangrove *A. Marina*, akumulasi logam Cr akar > cabang > daun. Sedangkan akumulasi Pb dalam akar, cabang dan daun mengikuti urutan akar > cabang < daun.

Mulyadi *et al.* (2009) dalam penelitiannya memperoleh hasil bahwa akar pohon api-api (*A. marina*) dapat mengakumulasi tembaga (Cu). Selain akumulasi, diduga *A. marina* ini memiliki kemampuan penanggulangan toksik lain. Diantaranya dengan melemahkan efek racun melalui pengenceran (dilusi), yaitu dengan menyimpan banyak air untuk mengencerkan konsentrasi logam berat dalam jaringan tubuhnya sehingga dapat mengurangi toksisitas logam tersebut. Akar *A. marina* dapat digunakan sebagai indikator biologi spaparan lingkungan Cu, Pb dan Zn. Hal ini menunjukkan potensi *A. marina* sebagai spesies fitoremediasi untuk ekosistem mangrove (MacFarlane *et al.*, 2003). Pertumbuhan *A. marina* lebih subur dibandingkan dengan spesies mangrove lainnya, hal ini dikarenakan kemampuan adaptasinya yang baik pada kondisi yang tercemar (Kumar *et al.*, 2011).



Gambar 11. Siklus Logam Cu pada Ekosistem Mangrove (Martuti *et al.*, 2016)

Penelitian yang dilakukan oleh Krupadam *et al.* (2007) menunjukkan hasil bahwa input *organic matter* (OM) dari serasah hutan mangrove memainkan peran penting dalam membersihkan logam dari kolom air dan penggabungan di dalam dasar sedimen muara untuk menambah mineral dalam detritus dan tanah liat. Fraksi bahan organik tersebut dalam sedimen lebih mudah diakses logam berat dan merupakan ligan utama yang tersedia untuk kompleksasi, khususnya, Zn dan Cu yang terikat istimewa dengan OM. Akumulasi logam berat pada tanaman dan peranan tumbuhan dalam menghapus polutan harus dipahami dalam melakukan fitoremediasi yang memanfaatkan tanaman untuk mengekstrak, mentransfer dan menstabilkan logam berat dari tanah dan air. Saenger & McConchie (2004) dalam penelitiannya mendapatkan hasil, serasah daun mangrove dapat mengembalikan logam berat terhadap lingkungan dalam bentuk bioavailable tetapi jumlah logam yang terlibat rendah, serasah daun biasanya cepat tersebar, dan tingkat pelepasan logam dari serasah daun rendah. Produktivitas biomassa dan serasah dari hutan mangrove bervariasi dengan usia mangrove, spesies dominan, dan lokalitas (Wen Qiu *et al.*, 2011).

BAB IV

MANGROVE SEBAGAI STOK KARBON

Ekosistem mangrove mempunyai peranan yang sangat penting dalam pengurangan emisi karbon yang diproduksi oleh berbagai sektor, hal ini didasari adanya kemampuannya tumbuhan mangrove dalam menyerap karbon. Eong (1993) memperkirakan tanaman mangrove dapat menyerap karbon dari atmosfer sebanyak 75-150 Tg C ha⁻¹y⁻¹. Namun demikian, sumbangan emisi karbon hutan mangrove juga cukup besar karena kerusakan ekosistemnya. Sebagaimana diketahui kawasan pesisir dengan vegetasi hutan mangrove memiliki potensi sebagai penyerap karbon cukup baik dibandingkan dengan tipe hutan tropis lainnya (Donato *et al.*, 2011). Sementara itu Pendleton *et al.* (2012) juga merekomendasikan, perlunya kebijakan pengelolaan ekosistem pesisir secara signifikan untuk mengurangi emisi karbon karena selama ini masih kurang diperhatikan.

A. Mangrove dalam Mengurangi Emisi Karbon

Pemanasan global dalam beberapa dekade terakhir menjadi isu menarik untuk dibahas seiring upaya masyarakat dunia menanggulangi masalah tersebut. Puncak terjadinya pemanasan global diawali oleh emisi Gas Rumah Kaca (GRK) yang seolah membentuk lapisan di atmosfer, sehingga panas matahari yang masuk ke dalam bumi tidak berhasil kembali ke atmosfer karena energinya tidak mampu melewati lapisan tersebut. Kontribusi antropogenik dalam menyumbang GRK merupakan yang terbesar sejajar dengan emisi dari bahan bakar fosil. Laporan Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC, 2014) mencatat sektor pertanian, kehutanan, dan penggunaan lahan menyumbang emisi sebesar 24%, sedangkan sektor transportasi dan industri berturut-turut

menyumbang 14% dan 21% emisi global. Peningkatan GRK dari aktivitas antropogenik terbesar disumbang dari sektor penggunaan lahan, khususnya deforestasi dan alih fungsi lahan sebanyak 8-20% (Van der Werf *et al.*, 2009). Berbagai strategi pengurangan emisi dilakukan untuk menekan laju pemanasan global. Salah satu cara adalah dengan kebijakan *Reducing Emissions from Deforestation and Forest Degradation* (REDD), yakni menawarkan insentif bagi negara berkembang untuk mengontrol emisi karbon dari lahan hutan.

Kebijakan REDD disusulkan oleh UNEP, Bank Dunia, GEF dan LSM Lingkungan sebagai strategi mitigasi perubahan iklim dengan mengintegrasikan pengelolaan hutan ke dalam skema penyerapan karbon (Beymer-Farris & Bassett, 2012). Menurut Munawar *et al.* (2015) insentif yang diberikan untuk nilai jumlah karbon dapat digunakan untuk penghidupan yang berkelanjutan masyarakat sekitar hutan. Namun demikian, keterbatasan pelaksanaan REDD adalah minimnya data jumlah luasan hutan dan cadangan karbon yang terkandung (Alongi, 2011).

Upaya mitigasi lahan selama ini telah cukup baik diimplementasikan pada kawasan hutan terestrial. Namun, perhatian terhadap kerusakan pesisir belum menjadi prioritas utama. Beberapa hasil penelitian menunjukkan bahwa kawasan hutan mangrove merupakan daerah dengan alih fungsi lahan dan deforestasi cukup cepat karena aktivitas budidaya perikanan dan pusat pembangunan (Donato *et al.*, 2011; Bournazel *et al.*, 2015). Secara umum, perairan bakau melepaskan jumlah CO₂ ke atmosfer lebih dari 2,5 kali (-42,8 Tg Cy⁻¹) yang dipancarkan dari seluruh perairan pesisir subtropis dan tropis lainnya (Alongi & Mukhopadhyay, 2015).

Kota Semarang merupakan salah satu kota di Indonesia yang berada di wilayah pesisir. Secara geografis Kota Semarang terletak diantara 06°50 – 7°10 Lintang Selatan (LS) dan 109°35 - 110°50 Bujur Timur (BT) dengan luas wilayah darat sebesar 37.360,947 Ha, dengan rata-rata ketinggian antara 0,75 - 384 m diatas permukaan air laut (Dpl). Dataran

rendah meliputi luas 65,22% wilayah dataran dengan rata-rata kemiringan 25% dan seluas 37,78 % merupakan daerah perbukitan dengan rata-rata kemiringan 15-40%.

Hasil pemetaan vegetasi mangrove Kota Semarang berdasarkan data satelit Landsat 8 pada perekaman Februari 2015 diketahui luasan mangrove di Kota Semarang yang terbagi pada 3 Kecamatan (Kecamatan Tugu, Kecamatan Semarang Barat dan Kecamatan Genuk) sejumlah 68,13 ha. Jenis vegetasi mangrove dan vegetasi pantai lain yang ditemukan di wilayah pesisir Kota Semarang ditemukan sejumlah 19 spesies mangrove dengan *Avicennia marina* sebagai jenis yang dominan (Martuti *et al.*, 2017).

Kawasan pesisir Kota Semarang juga memiliki variasi tipe ekosistem, meliputi ekosistem tambak (buatan), ekosistem sungai (alami), dan ekosistem pantai (alami). Berdasarkan hasil observasi diketahui masing-masing ekosistem memiliki perbedaan dari struktur jenis tanaman dan jumlah kerapatan mangrove. Kondisi tersebut akan mempengaruhi jumlah kandungan karbon pada masing-masing ekosistem. Seperti di jelaskan oleh Liu *et al.* (2014) dalam penelitiannya tentang kandungan karbon hutan mangrove di China menemukan kerapatan jenis pada ekosistem mangrove mempengaruhi kandungan karbon.

Berdasarkan studi dokumen belum terdapat database stok karbon (*carbon sequestration*) di Kawasan Pesisir Semarang. Merujuk pada hal tersebut maka penelitian ini menjadi prioritas peneliti, karena hasil penghitungan karbon dapat digunakan sebagai instrumen (*tools*) melindungi kawasan mangrove. Mengingat strategi pengurangan emisi karbon berbasis lahan melalui kebijakan REDD harus didukung dengan database stok karbon dan potensial karbon tersimpan.

B. Biomassa dan Stok Karbon pada Mangrove

Stok karbon atau *carbon sequestration* merupakan kemampuan mangrove dalam menyerap sebagian besar karbon dari atmosfer dan

menyimpannya dalam daun, batang, akar, dan tanah. Beberapa penelitian menjelaskan bahwa mangrove memiliki kemampuan lebih baik dalam menyerap dan menyimpan karbon (Adame *et al.*, 2013; Abino *et al.*, 2014). Menurut Dharmawan & Siregar (2008); Liu *et al.* (2014) menjelaskan bahwa jumlah stok karbon yang tersimpan juga dipengaruhi oleh jenis tumbuhan, kerapatan dan kesuburan tanah (senyawa organik tanah). Pola penanaman monokultur dan campuran jenis tumbuhan mangrove juga berpengaruh terhadap jumlah stok karbon (L. Chen *et al.*, 2012).

Pendapat tersebut sejalan dengan beberapa hasil penelitian terhadap perbedaan jumlah stok karbon dan biomassa pada masing-masing ekosistem karena pengaruh aspek fisik, kimia dan biologi. Hasil penelitian Adame *et al.* (2013) mencatat bahwa jumlah stok karbon pada ekosistem mangrove dengan vegetasi pohon tinggi dan berasosiasi dengan air tawar memiliki jumlah stok karbon tertinggi, sedangkan pada daerah rawa memiliki jumlah terkecil, nilainya berturut-turut sebesar 1.325 Mg ha⁻¹ dan 250 Mg ha⁻¹. Sementara itu, penelitian Kauffman *et al.* (2014) mencatat jumlah stok karbon pada lahan bervegetasi mangrove lebih tinggi dibandingkan dengan jumlah stok karbon pada tambak udang, nilainya berturut-turut 1.131 Mg ha⁻¹ dan 95 Mg ha⁻¹.

Menurut Stringer *et al.* (2015) bahwa tingkat serapan karbon pada mangrove juga dipengaruhi oleh tinggi dan usia tegakan. Hal tersebut terkait dengan jumlah biomassa tumbuhan, sehingga semakin besar biomassa maka jumlah stok karbon juga akan semakin banyak. Namun demikian, jumlah biomassa di bawah permukaan tanah (*bellow ground*) tidak terpengaruh dengan ukuran DBH (*Diameter at Breast Height*) tegakan di atasnya (Abino *et al.*, 2014). Mengingat pada jumlah biomassa di bawah permukaan tanah dipengaruhi juga oleh faktor fisik, biologi dan kimia tanah (Patil *et al.*, 2012). Beberapa penelitian menunjukkan bahwa nilai biomassa di bawah permukaan tanah lebih kecil dibandingkan dengan jumlah biomassa tegakan (*above ground*).

C. Perhitungan Biomassa dan Stok Karbon Mangrove

Sebagian besar biomassa pada vegetasi mangrove merupakan karbon dan nilai karbon yang terkandung dalam vegetasi mangrove merupakan potensi dari mangrove dalam menyimpan karbon. Salah satu cara untuk mengetahui nilai karbon tersimpan yang dimiliki oleh vegetasi mangrove adalah dengan cara mengestimasi. Perhitungan dan prediksi jumlah karbon setidaknya memerlukan beberapa syarat seperti tingkat akurasi yang tinggi, mudah dilakukan, hemat biaya dan mudah untuk diverifikasi.

Menurut Hairiah *et al.* (2001) penggunaan metode destruktif biasanya digunakan untuk pengukuran biomassa di bawah permukaan (*below ground*) dan jenis tegakan yang belum memiliki nilai alometrik. Berikut ini adalah beberapa model alometri pada beberapa jenis tegakan pohon mangrove (Balitbang Kehutanan, 2013).

Tabel 5. Model Alometrik Pendugaan Biomassa Pohon Mangrove

Jeni Pohon	Model Alometrik	DBH	R ²
<i>Avicennia marina</i>	$BBA=0,1848 D^{2,3524}$	6,4-35,2	0,98
<i>Bruguiera gymnorhiza</i>	$\log BBA=-0,552+2,244 \log D$	5,0-60,9	0,99
<i>Rhizophora apiculata</i>	$\log BBA=-1,315+2,641 \log D$	2,5-67,1	0,96
<i>Xylocarpus granatum</i>	$\log BBA=-0,763+2,230 \log D$	5,9-49,4	0,95

Keterangan: BBA (Biomassa Bagian Atas), D (Diameter setinggi dada (DBH))

Pendugaan stok karbon berdasarkan biomassa dibutuhkan nilai faktor konversi biomassa ke stok karbon yang disebut dengan fraksi karbon. Nilai fraksi karbon sebaiknya menggunakan nilai yang sesuai dengan jenis dan tipe ekosistem. Sedangkan, jika nilai fraksi karbon yang spesifik dari aspek jenis atau ekosistem tidak tersedia, maka dapat menggunakan nilai *default* IPCC sebesar 0,47. Konversi stok karbon ke CO₂-ekuivalen dapat menggunakan perbandingan massa atom relatif C (12) dengan massa molekul relatif CO₂.

D. Stok Karbon Mangrove di Pesisir Kota Semarang

1. Biomassa dan karbon atas permukaan (*aboveground*)

Dalam Penelitian ini lokasi pengambilan sampel dikumpulkan dari 4 wilayah di pesisir Kota Semarang, yaitu Kelurahan Mangunharjo, Kelurahan Mangkang Wetan, Kelurahan Tugurejo dan Kelurahan Trimulyo. Penentuan plot sampel dilakukan secara purposive dengan mempertimbangkan lokasi yang meliputi ekosistem hutan mangrove, tambak, sungai dan pantai. Pada penelitian ini ukuran *Diameter at Breast Height* (DBH) pohon sampel yang diambil adalah ukuran > 3 cm.

Distribusi jenis mangrove sejati dan asosiasi yang menyusun berbagai ekosistem pada pesisir Kota Semarang tersaji pada Tabel 5. Total terdapat 8 jenis mangrove sejati dan asosiasi yang ditemukan pada area penelitian. Jenis *A. marina* dan *R. mucronata* tercatat lebih mendominasi dibandingkan dengan jenis mangrove yang lain. Bahkan *A. marina* ditemukan pada seluruh ekosistem yang menyusun pesisir Kota Semarang. Pada ekosistem pantai dengan substrat lumpur berpasir ditemukan lebih banyak variasi jenis mangrove, meliputi *A. alba*, *A. marina*, *R. mucronata*, *Casuarina equisetifolia*, *Terminalia spp*, dan *Xylocarpus granatum*. Sementara itu, pada ekosistem hutan mangrove tercatat hanya ditemukan satu jenis mangrove, yaitu *A. marina* (Martuti *et al.*, 2017).

Berdasarkan data hasil penelitian diketahui ukuran DBH pohon mangrove bervariasi dengan rentang terkecil 3,19 cm dan terbesar 44,59 cm. Ukuran DBH, usia, jenis dan kerapatan mangrove menentukan kandungan jumlah kandungan karbon. Seperti disampaikan oleh Ati *et al.* (2014) besarnya nilai biomassa diperoleh dari jumlah kerapatan suatu jenis dan besarnya lingkaran batang pohon. Potensi biomassa yang berindikasi langsung terhadap kemampuannya menyimpan karbon.

Tabel 6. Distribusi Jenis Mangrove Sejati dan Asosiasi yang Ditemui di Pesisir Kota Semarang

Jenis	DBH (cm)		Jumlah Individu			
	Min	Mak	Hutan mangrove	Sungai	Tambak	Pantai
<i>Avicennia alba</i>	8,28	-	-	-	-	1
<i>Avicennia marina</i>	4,14	44.59	83	9	60	12
<i>Casuarina equisetifolia</i>	5,09	18.15	-	-	-	18
<i>Rhizophora mucronata</i>	3,19	25.79	-	93	17	13
<i>Rhizophora stylosa</i>	9,87	14.33	-	13	-	-
<i>Rhizophora apiculata</i>	7,01	22.93	-	29	-	-
<i>Terminalia spp</i>	7,64	8.92	-	-	-	3
<i>Xylocarpus granatum</i>	8,60	10.83	-	-	-	2
Jumlah			83	144	77	49

(Martuti et al, 2018)

Tabel 7 menunjukkan jumlah kandungan biomassa dan kandungan karbon di atas permukaan tanah di Pesisir Kota Semarang. Keragaman kandungan biomassa pada tanaman mangrove dari 24 plot sampel menunjukkan perbedaan hingga 5 kali lipat antara jumlah biomassa terkecil hingga terbesar. Total biomassa tanaman mangrove di pesisir Kota Semarang rata-rata kisaran terkecil 15,74 ton/ha pada ekosistem tambak hingga tertinggi terdapat pada ekosistem sungai sebesar 77,26 ton/ha. Demikian juga dengan jumlah kandungan karbon di atas permukaan jumlah terbesar terdapat pada ekosistem sungai, yakni sebesar 245,959 tonC/ha. Berturut-turut jumlah kandungan karbon pada masing-masing ekosistem dari terbesar hingga terkecil adalah Ekosistem sungai > Ekosistem Hutan mangrove > Ekosistem Tambak > Ekosistem Pantai.

Hubungan antara biomassa dengan kandungan karbon diatas permukaan dijelaskan oleh Chanan (2012) yang menyatakan bahwa setiap penambahan kandungan biomassa akan diikuti oleh penambahan kandungan karbon. Hal ini menjelaskan bahwa karbon dan biomassa

memiliki korelasi yang positif sehingga apapun yang menyebabkan peningkatan ataupun penurunan biomassa maka akan menyebabkan peningkatan dan sebaliknya.

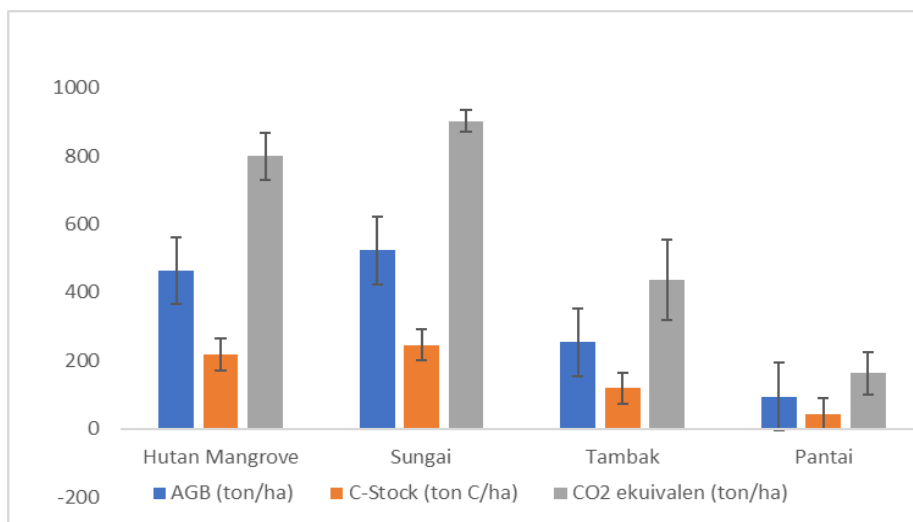
Tabel 7. Total Biomassa dan Kandungan Karbon di Atas Permukaan

Ekosistem	Jumlah Plot	AGB (ton/ha)		C-Stock (ton C/ha)	
		Rata-rata	Total	Rata-rata	Total
Hutan Mangrove	6	77,26 ± 28,12	463,58	36.31 ± 13,21	217,88
Sungai	6	87,22 ± 25,94	523,32	40,99 ± 12,19	245,96
Tambak	6	42,24 ± 14,23	253,42	19,85 ± 6,69	119,11
Pantai	6	15,74 ± 6,65	94,46	7,40 ± 3,12	44,39

(Martuti et al, 2018)

Keragaman struktur mangrove diperkirakan sebagai faktor tingginya kandungan karbon pada ekosistem sungai, dimana terdapat 4 jenis mangrove dan 144 individu. Seperti disampaikan oleh Adame *et al.* (2013) yang menjelaskan bahwa keragaman kandungan karbon dalam berbagai jenis vegetasi terlihat dari struktur dan komposisi vegetasi di atas permukaan tanah. Meskipun demikian, perlu dilihat dari sudut pandang lain yang juga terkait, misalnya usia mangrove walaupun dalam penelitian ini tidak tercakup. Informasi tentang perubahan kandungan karbon dan sumbernya dengan usia hutan mangrove sangat penting guna memahami proses penyerapan karbon (Chen *et al.*, 2018).

Gambar 11 menampilkan grafik perbandingan *Above Ground Biomass* (AGB), kandungan karbon, dan kandungan CO₂ yang tersimpan di masing-masing ekosistem. Berdasarkan grafik tersebut di bawah ini diketahui pada ekosistem sungai mengandung AGB, kandungan karbon, dan CO₂ terbesar dibandingkan dengan ekosistem lainnya.



Gambar 12. Hubungan Jumlah Biomassa Tanaman, Kandungan Karbon di Atas Permukaan dan Kemampuan Serapan Karbon pada Pesisir Kota Semarang (Martuti et al, 2018)

2. Biomassa dan Karbon Tanah (*soil carbon*)

Pada pengukuran cadangan karbon terkandung di bawah permukaan secara akurat, dibutuhkan 3 parameter yang harus diukur: (1) kedalaman tanah; (2) *bulk density*; dan 3) konsentrasi karbon organik tanah.

Selanjutnya hasil pengukuran dan pengumpulan sampel tanah yang dilakukan pada masing-masing plot penelitian di wilayah pesisir, dilakukan dengan metode sebagai berikut.

- a. Sampel tanah diambil dari 5 titik pada lokasi yang sudah ditentukan, yaitu pada keempat arah mata angin dan di tengah-tengah plot.
- b. Tanah diambil dengan metode komposit, yaitu mencampurkan contoh tanah dari kelima titik contoh
- c. Tanah diambil pada kedalaman 0 - 15 cm pada masing-masing plot. Pengambilan sampel tanah ini tergantung pada tingkat genangan air di hutan mangrove. Apabila lokasi sampling selalu tergenang air laut, maka pengambilan sampel tanah hanya dibagian permukaan tanah saja.

- d. Tanah yang terdapat dari *ring soil sampler* selanjutnya dimasukkan ke dalam plastik, untuk ditimbang berat basahnya untuk dianalisis di laboratorium.
- e. Ukur *bulk density*, dan konsentrasi karbon organik tanah.
- f. Penghitungan karbon tanah menggunakan rumus sebagai berikut:

$$Ct = Kd \times BD \times \% C \text{ Organik}$$

Keterangan:

Ct adalah kandungan karbon tanah (g/cm^2)

Kd adalah kedalaman tanah (cm)

BD adalah *Bulk Density* (g/cm^3)

% C Organik adalah nilai kandungan organik tanah (%)

Hasil analisis bulk density dan kandungan organik tanah di pesisir Kota Semarang disajikan pada Tabel 8. Berdasarkan hasil penelitian diketahui rata-rata rentang bulk density pada masing-masing ekosistem antara $0,014 \pm 0,004 g/m^3$ – $0,062 \pm 0,013 gr/m^3$. Ekosistem mangrove memiliki rata-rata nilai *bulk density* terbesar kemudian berturut-turut hingga terkecil adalah ekosistem pantai, sungai dan tambak. Meskipun demikian, nilai *bulk density* terbesar ditemukan pada ekosistem pantai sebesar $0.125 g/m^3$.

Sementara itu, kandungan organik tanah pada pesisir Kota Semarang menunjukkan data yang bervariasi dengan rata-rata berkisar terkecil pada ekosistem pantai $0,275 \pm 0,183 \%$ hingga $2,225 \pm 0,437 \%$ terbesar pada ekosistem tambak (Martuti *et al.*, 2017). Bila melihat data tersebut terdapat kesenjangan yang lebar antara kandungan organik tanah antara ekosistem pantai dan ekosistem tambak.

Tabel 8. Bulk Density dan Kandungan Organik Tanah pada Area Penelitian

Ekosistem	Soil Bulk Density (g/cm ³)			C-Organik (%)		
	Min	Mak	Rata-rata	Min	Mak	Rata-rata
Hutan Mangrove	0,026	0,117	0,062 ± 0,013	0,010	1,500	0,652 ± 0,225
Pantai	0,015	0,125	0,042 ± 0,016	0,010	1,150	0,275 ± 0,183
Sungai	0,008	0,032	0,021 ± 0,004	1,070	2,790	2,128 ± 0,303
Tambak	0,011	0,015	0,014 ± 0,000	1,570	4,370	2,225 ± 0,437

(Martuti et al, 2018)

Bulk density dan kandungan organik tanah berhubungan dengan kesuburan tanah. Hasil analisis korelasi diperoleh nilai yang signifikan ($p < 0,05$) antara *bulk density* dengan kandungan organik karbon. Semakin kecil *bulk density* maka nilai kandungan organik karbon semakin besar.

Jumlah kandungan karbon tanah pada area penelitian diperoleh data terkecil ditemukan pada ekosistem pantai 84,641 tC/ha dan nilai total terbesar ditemukan pada ekosistem tambak 396,995 tC/ha. Berturut-turut jumlah kandungan karbon pada masing-masing ekosistem dari terbesar hingga terkecil adalah ekosistem sungai > ekosistem hutan mangrove > ekosistem tambak > ekosistem pantai. Tabel 8 menampilkan data total karbon tanah pada masing-masing ekosistem pesisir Kota Semarang.

Tabel 9. Data Total Karbon Tanah di Pesisir Kota Semarang

Ekosistem	Min	Mak	Rata-rata	Total C Tanah (t/ha)
Hutan Mangrove	0,995	124,490	48,903 ± 18,614	293,419
Pantai	0,281	65,396	14,106 ± 10,426	84,641
Sungai	12,098	113,200	66,166 ± 14,387	396,995
Tambak	32,550	72,481	43,886 ± 5,944	263,318

(Martuti et al, 2018)

Bila merunut pada data minimal dan maksimal masing-masing plot pada setiap ekosistem terdapat kesenjangan data yang lebar. Sebagaimana dapat dilihat pada ekosistem hutan mangrove, total karbon berkisar antara 0,995 tC/ha hingga 124,490 tC/ha. Perbedaan nilai total karbon pada

masing-masing plot penelitian diperkirakan karena pengaruh bulk density, kandungan organik tanah dan lokasi. Pengaruh lokasi yang dimaksud adalah kondisi terpapar pasang surut dan struktur jenis mangrove yang menyusun di area tersebut. Wang *et al.* (2013) dalam penelitiannya menyampaikan bahwa perbedaan pasang surut berpengaruh signifikan terhadap kandungan karbon.

Sementara itu, Liu *et al.* (2014) hasil penelitiannya menunjukkan pada wilayah dengan struktur mangrove yang terdiri atas *Rhizophora stylosa* memiliki kandungan karbon tanah lebih tinggi dibandingkan jenis lainnya. Hal tersebut juga sekaligus mendukung data, dimana pada ekosistem sungai dengan struktur tanaman *Rhizophora spp.* memiliki total karbon tanah lebih besar dibandingkan dengan ekosistem lainnya.

3. Total Karbon di Pesisir Kota Semarang

Total karbon terkandung di pesisir Kota Semarang dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut.

$$C_{Tot} = C_{ag} + C_{soil}$$

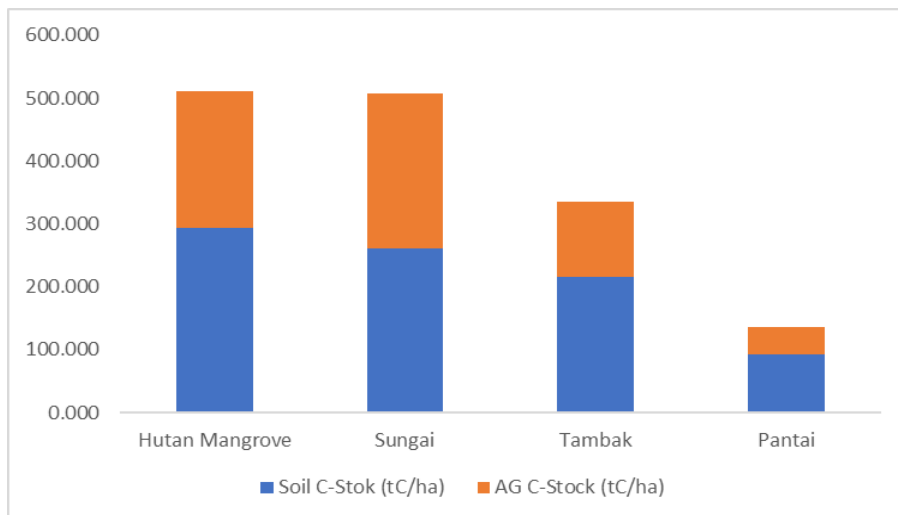
Keterangan:

C_{Tot} = Total karbon

C_{ag} = Total karbon di atas permukaan (*aboveground*)

C_{soil} = Total karbon di tanah

Gambar 12 menunjukkan total cadangan karbon yang terkandung pada masing-masing ekosistem di pesisir Kota Semarang. Hasil penelitian diperoleh total karbon yang terkandung di pesisir Kota Semarang sebesar 1.490,908 tC/ha yang terdiri atas total karbon atas permukaan (*aboveground*) 627,348 tC/ha dan 863,560 tC/ha untuk total karbon tanah. Perbandingan total karbon antar ekosistem menunjukkan nilai total karbon terbesar terdapat pada ekosistem hutan mangrove sebesar 511,320 tC/ha. Selanjutnya berturut-turut ekosistem sungai 507,580 tC/ha, ekosistem tambak 335,472 tC/ha, dan terkecil 136,553 tC/ha.



Gambar 13. Total Cadangan Karbon pada Masing-Masing Ekosistem di Pesisir Kota Semarang (Martuti et al, 2018)

Pada masing-masing ekosistem di pesisir Kota Semarang, total kandungan karbon tersimpan dalam tanah lebih besar bila dibandingkan dengan total karbon di atas permukaan. Adame *et al.* (2013) dalam penelitiannya di Sian Ka'an Biosphere Meksiko menemukan bahwa kandungan karbon terdapat di bawah permukaan tanah (*below ground*). Kandungan karbon di bawah permukaan seringkali merupakan kumpulan besar pada ekosistem mangrove (Castillo *et al.*, 2017). Oleh karena itu, sangat penting untuk mengukurnya guna menentukan dinamika jangka panjang yang terkait dengan perubahan iklim dan pengelolaan penggunaan lahan.

Berdasarkan hasil penelitian di pesisir Kota Semarang, terdapat beberapa hal yang bisa dipelajari, (1) bahwa masing-masing ekosistem di pesisir Kota Semarang memiliki peran dalam menyerap dan menyimpan karbon, (2) komunitas mangrove yang terdapat pada masing-masing ekosistem sangat menentukan total cadangan karbon yang tersimpan di atas maupun di bawah permukaan, dan (3) alih fungsi lahan dan hilangnya

komunitas mangrove akan berakibat pada terlepasnya kembali karbon ke atmosfer. Akhirnya dengan harapan bahwa temuan penelitian ini dapat menjadi bahan pengelolaan dan perlindungan di pesisir Kota Semarang.

BAB V

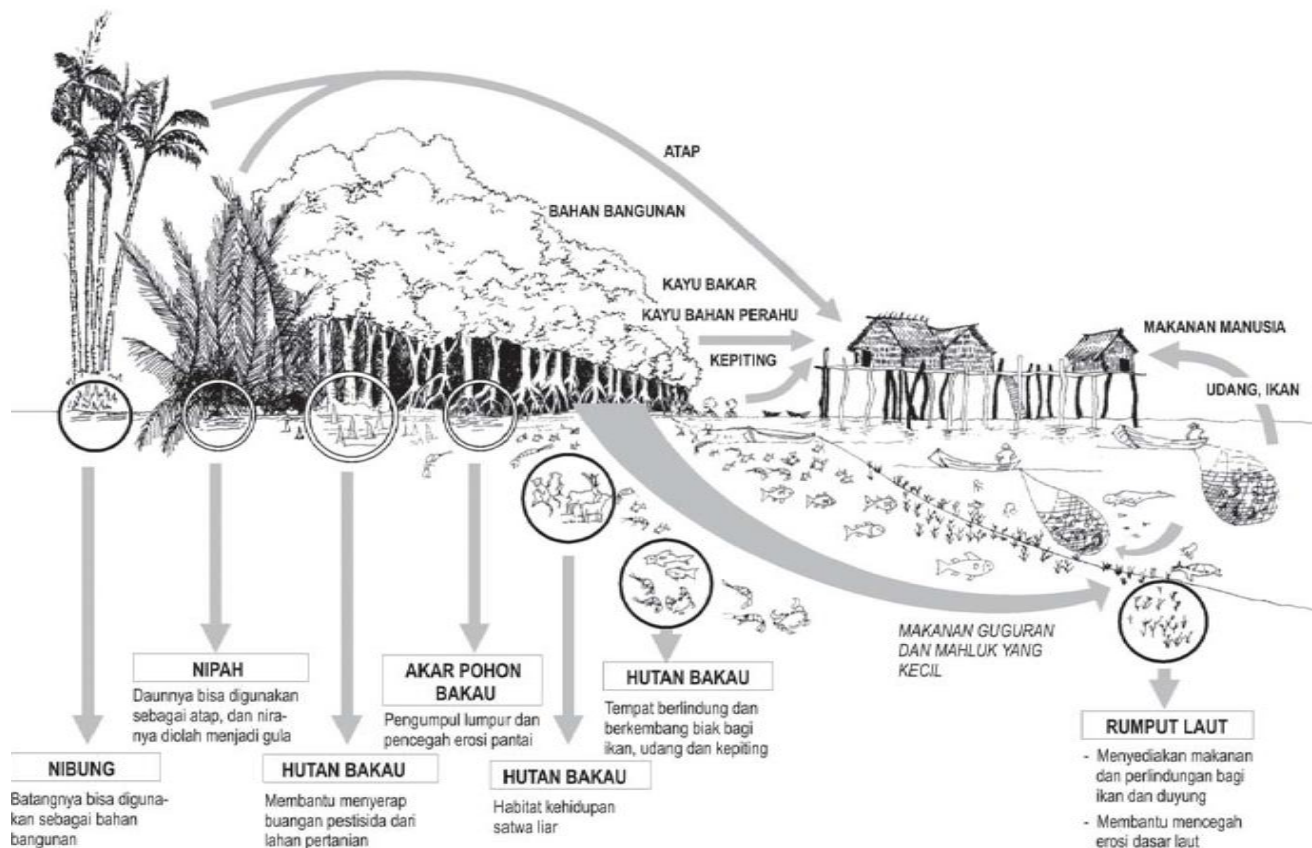
PERAN MANGROVE BAGI MANUSIA

Mangrove merupakan ekosistem yang sangat produktif. Berbagai produk dari mangrove dapat dihasilkan baik secara langsung maupun tidak langsung, diantaranya: bahan baku makanan, bahan pewarna batik, obat-obatan dan perikanan. Melihat beragamnya manfaat mangrove, maka tingkat dan laju perekonomian wilayah pesisir seringkali sangat bergantung pada habitat mangrove yang ada di sekitarnya. Keberadaan mangrove ini secara tidak langsung mempengaruhi taraf hidup dan perekonomian wilayah pesisir.

A. Peran Mangrove pada Perikanan

Pada bidang perikanan, ekosistem mangrove menjadi hal yang sangat penting, hal ini didasarkan pada peran ekosistem mangrove sebagai tempat pemijahan dan mencari makan bagi ikan. Banyak jenis ikan yang bernilai ekonomi tinggi menghabiskan sebagian siklus hidupnya pada habitat mangrove. Sehingga keberadaan mangrove ini berkaitan erat dengan tingkat produksi perikanan. Beberapa daerah-daerah perikanan potensial yang ada di Indonesia kesemuanya masih berbatasan dengan hutan mangrove yang cukup luas dan bahkan masih perawan. Seperti wilayah Sumatera, pantai selatan dan timur Kalimantan, pantai Cilacap dan pantai selatan Papua (Soewito, 1984).

Dari penelitian Rejeki *et al.* (2013) di ekosistem mangrove Desa Bedono, Sayung, Demak, ditemukan sembilan famili ikan yakni Ambassidae, Ariidae, Mugilidae, Tetraodontidae, Phallostethidae, Drepanidae, Gobiidae, Aplocheilidae, dan Syngnathidae. Dengan spesies yang sering ditemukan adalah Mugilidae dan Ambassidae.



Gambar 14. Jaring-Jaring Makanan dan Pemanfaatan Mangrove di Indonesia (diadaptasi dari AWB-Indonesia, 1992; Noor et al., 2006)

Disamping ikan, ekosistem mangrove juga menjadi tempat hidup yang baik untuk berbagai jenis udang dan kepiting (Gambar 14). Udang yang banyak dijumpai dan dibudidayakan di ekosistem mangrove pesisir Jawa dari jenis udang windu (*Penaeus monodon*), udang putih atau yang lebih dikenal dengan udang **Vannamei** (*Litopenaeus vannamei*). Berdasarkan hasil pengamatan dan identifikasi yang dilakukan oleh DKP Kota Semarang (2015), pada vegetasi mangrove kawasan pesisir Kota Semarang, ditemukan Crustasea dari 8 famili yang terdiri dari 10 genus yaitu : *Episesarma sp.*, *Perisesarma sp.*, *Parasesarma sp.*, *Scylla serrata*, *Metopograpsus sp.*, *Uca sp.*, *Alpheus sp.*, *Clibanarius longartatus*.

B. Peran Mangrove dalam Mitigasi Bencana

Konversi kawasan pesisir menjadi kawasan permukiman, industri, tambak ikan, dan udang merupakan penyebab utama rusaknya kawasan pesisir. Perubahan tata guna lahan pesisir tersebut dapat mempengaruhi kondisi ekosistem pesisir, termasuk di antaranya ekosistem mangrove yang merupakan vegetasi khas di kawasan pesisir (Martuti et al, 2018). Ekosistem mangrove hanya tersisa pada bagian tertentu yang sangat terisolasi atau ditanam di tepi tambak yang berbatasan dengan pantai atau sungai untuk mencegah terjadinya abrasi (Setyawan & Winarno, 2006). Sehingga adanya kerusakan pantai dan lahan mangrove di kawasan pesisir Kota Semarang mengakibatkan kualitas lingkungan kawasan pesisir menurun. Selanjutnya penurunan kualitas lingkungan tersebut berdampak pada kualitas sosial-ekonomi masyarakatnya pesisir (Keles, 2012; Streimikiene, 2015).

Hasil kajian Ambariyanto & Sugianto (2012) tentang pengembangan desa pesisir tangguh di Kota Semarang menunjukkan bahwa kawasan pesisir Kota Semarang, termasuk dalam kategori kerentanan rendah dan sedang. Berbagai upaya telah dilakukan oleh masyarakat untuk

memperbaiki kawasan pesisir antara lain dengan penanaman mangrove dan pemasangan Alat Pemecah Ombak (APO).

Pelestarian hutan mangrove sangat penting dilakukan dalam mitigasi perubahan iklim global (Gedan et al., 2011; Kordi, 2012; Duarte et al., 2013). Hal ini didasari adanya peran ekosistem mangrove yang berhubungan dengan fungsi fisik adalah sebagai mitigasi bencana seperti peredam gelombang dan angin badai bagi daerah yang ada di belakangnya, pelindung pantai dari abrasi, gelombang air pasang (rob), tsunami, penahan lumpur dan perangkap sedimen yang diangkut oleh aliran air permukaan, pencegah intrusi air laut ke daratan, serta dapat menjadi penetralisir pencemaran perairan pada batas tertentu (Lasibani dan Eni, 2009).

Ekosistem mangrove yang berada di daerah tepi pantai yang dipengaruhi oleh pasang surut air laut, sehingga lantainya selalu tergenang air. Ekosistem mangrove berada di antara level pasang naik tertinggi sampai level di sekitar atau di atas permukaan laut rata-rata pada daerah pantai yang terlindungi (Supriharyono, 2009), serta menjadi pendukung berbagai jasa ekosistem di sepanjang garis pantai di kawasan pesisir (Gedan et al., 2011; Donato et al, 2012; Murdiyarto et al., 2015).

Perluasan lahan tambak yang merambah pada areal pantai menyebabkan perubahan hutan mangrove menjadi lahan tambak udang. Dampak negatif dari hilangnya hutan mangrove tersebut, menyebabkan terjadinya genangan pasang yang dipengaruhi oleh meningkatnya intensitas erosi pantai, rusaknya pantai akibat hantaman gelombang laut, tidak ada lagi laju yang menahan laju erosi dan tidak ada lagi habitat untuk ikan-ikan kecil yang biasanya menjadi aset para nelayan. Eksploitasi kawasan mangrove yang terus-menerus dilakukan berpotensi mereduksi keanekaragaman spesies tumbuhan, yang memiliki peran dan fungsi utama secara ekologis dan potensial untuk dimanfaatkan secara sosial-ekonomi (Valiela, Bowen, & York, 2001; Martuti et al 2018).

Untuk mengantisipasi kerusakan yang lebih parah dari ekosistem mangrove tersebut, perlu adanya pelibatan masyarakat yang dapat berkontribusi penting dalam menjaga serta melakukan rehabilitasi kawasan pesisir. Pelibatan tersebut meliputi persiapan program, implementasi maupun monitoring sehingga masyarakat merasa bertanggung jawab dalam rehabilitasi dan pemeliharaan lingkungan guna terciptanya lingkungan pesisir yang lestari.

Pengelolaan lingkungan di pesisir cukup dinamis mengingat keberadaan kelompok-kelompok lingkungan yang saling bersinergi memperbaiki lingkungan. Penanaman mangrove oleh kelompok lingkungan dilakukan di lokasi sekitar tambak ikan/udang milik kelompok petani tambak. Namun, belum ada sosialisasi, pendampingan, serta percontohan terkait pola penanaman yang dapat memberi keuntungan bagi semua pihak tanpa merusak lingkungan (Martuti, Widianarko, & Yulianto, 2016).

Kelembagaan sosial diperlukan untuk meningkatkan peran masyarakat dalam perlindungan wilayah dan sumber daya alam (Armitage, 2005; Cox, Arnold, & Tomás, 2010; Pretty, 2003). Tujuannya adalah untuk mendorong peranan masyarakat secara bersama-sama. Semangat kebersamaan tersebut akan mendorong upaya pemberdayaan masyarakat untuk melindungi wilayahnya dari kerusakan yang dapat mengancam perekonomian. Adanya pemberdayaan masyarakat melalui pengembangan lembaga sosial diharapkan untuk memperkuat posisi masyarakat dalam menjalankan fungsi manajemen kawasan pesisir. Fitriansah (2012) menyampaikan bahwa program pengelolaan lingkungan berbasis masyarakat dapat berperan sebagai dasar bagi pengembangan ekonomi kawasan pesisir. Melalui pelibatan pemerintah daerah, masyarakat, dan pemangku kepentingan lainnya program tersebut diharapkan dapat memberikan dampak lanjutan terutama dalam pengembangan ekonomi di kawasan pesisir melalui sistem pembelajaran sederhana dalam membuat perencanaan dan menata sendiri permukiman dan lingkungannya. Program

pengelolaan lingkungan berbasis masyarakat dapat berperan sebagai dasar bagi pengembangan ekonomi kawasan pesisir. Proses pembelajaran tersebut dimulai dari proses perencanaan ruang kawasan permukiman oleh masyarakat dengan didampingi oleh pemerintah daerah dan tenaga pendamping.

C. Mangrove sebagai Bahan Makanan

Belum banyak pengetahuan tentang potensi dan manfaat mangrove sebagai sumber pangan. Disisi lain beberapa jenis mangrove menghasilkan buah-buahan yang dapat dikonsumsi sebagai bahan makanan dan minuman yang belum dieksploitasi dengan baik. Jenis Lindur (*Burquiera Gymmorrhisa*), Api-api (*Avicennia Alba*), Pedada (*Sonneratia spp*), Nipah (*Nypa fructicans*), dan Jeruju (*Achantus iliciofolius*) merupakan jenis mangrove yang dapat diolah menjadi makanan. Makanan dan minuman yang dihasilkan dari buah mangrove berupa: kue kering: kripik bawang, krupuk, dan nastar; kue basah: bolu, dodol, klepon, onde-onde, *pudding*, dan kolak nipah dan minuman berupa sirup. Kelebihan dari makanan dan minuman buah ini adalah sebagai obat berbagai macam penyakit, karena kadar serat yang tinggi dan kaya kalori (Prabowo, 2015).

Mangrove mengandung energi dan karbohidrat yang cukup tinggi, bahkan melampaui berbagai jenis pangan sumber karbohidrat yang biasa dikonsumsi masyarakat seperti beras, jagung singkong atau sagu. Penelitian yang dilakukan oleh IPB bekerjasama dengan Badan Bimas Ketahanan Pangan Nusa Tenggara Timur menghasilkan kandungan energi buah mangrove ini adalah 371 kalori per 100 g, lebih tinggi dari beras (360 kalori per 100 g), dan jagung (307 kalori per 100 g). Kandungan karbohidrat buah bakau sebesar 85,1 g per 100 g, lebih tinggi dari beras (78,9 g per 100 g) dan jagung (63,6 g per 100 g) (Fortuna, 2005).

Mangrove Action Project (MAP) Indonesia (2007) menyampaikan, *Sonneratia* merupakan jenis mangrove yang banyak dikonsumsi di

Indonesia. *Sonneratia caseolaris* dengan ciri buah yang besar dan harum merupakan jenis yang paling banyak digunakan sebagai bahan campuran makanan. Sedangkan buah pedada (*Sonneratia sp*) dapat dimakan langsung atau dibuat sebagai bahan baku sirup atau jus. Api api (*Avicennia marina*) yang banyak terdapat di pesisir pantai Indonesia, merupakan salah jenis mangrove yang cepat pertumbuhannya. Pada umur dua tahun, tumbuhan telah mampu menghasilkan buah. Buah api api membutuhkan perlakuan yang khusus untuk menghilangkan racun dalam buahnya sebelum bisa dijadikan bahan makanan. Buah api api yang telah diolah, dapat dijadikan bolu, onde onde, kerupuk, keripik, dawet, dan jenis makanan lainnya.

Bruguiera gymnorrhiza merupakan salah satu buah mangrove yang cocok untuk dieksplorasi sebagai sumber pangan lokal baru. Hal ini disebabkan karena spesies ini buahnya mengandung karbohidrat yang sangat tinggi. Spesies *Bruguiera gymnorrhiza* yang mempunyai nama lokal antara lain: lindur (Jawa dan Bali), kajang-kajang (Sulawesi), aibon (Biak) dan mangi-mangi (Papua) (Priyono *et al.*, 2010). Buah mangrove jenis lindur (*Bruguiera gymnorrhiza*) mengandung energi dan karbohidrat cukup tinggi melampaui berbagai jenis pangan seperti beras, jagung singkong atau sagu. Nugget lindur merupakan alternatif diversifikasi olahan yang belum banyak dilakukan Secara tradisional diolah menjadi kue, cake, dicampur dengan nasi atau dimakan langsung dengan bumbu kelapa (Sadana, 2007).

Penepungan merupakan salah satu solusi untuk mengawetkan buah lindur. Proses penepungan ini menjadikan buah lindur lebih awet karena kandungan airnya rendah dan lebih fleksibel untuk diolah menjadi berbagai jenis pangan lainnya. Sedangkan untuk mengurangi dan menghilangkan racun-racun yang ada pada buah lindur (tanin dan HCN), diperlukan proses perebusan dan perendaman Priyono *et al.* (2010).

Disamping mangrove sejati, di ekosistem mangrove juga terdapat nipah yang merupakan mangrove ikutan (*associate associate*), yang dapat diolah menjadi makanan. Nipah yang merupakan satu-satunya spesies palem yang tumbuh di ekosistem mangrove. Buah nipah berbentuk tandan seperti pohon palem pada umumnya dengan kulit yang keras, terdapat sabut dan tempurung yang melindungi isi di bagian dalamnya. Bagian isi dari buah nipah dapat dimakan secara langsung. Nira buah nipah juga disadap dan dijadikan minuman segar atau dimasak menjadi gula merah (MAP, 2007).

D. Mangrove sebagai Bahan Pewarna Batik

Batik mangrove merupakan salah satu bentuk perkembangan motif dan corak batik yang cukup digemari masyarakat. Mangrove merupakan salah satu tumbuhan yang unik, hal ini dikarenakan mangrove hanya tumbuh di daerah pesisir. Dikatakan unik karena tumbuhan mangrove mampu hidup pada daerah pasang surut dengan kadar garam yang tinggi dan mempunyai akar napas. Secara ekonomi ekosistem mangrove berfungsi sebagai tempat mencari nafkah, bahan bangunan, bahan pewarna tekstil, makanan dan obat-obatan (Gunarto, 2004; Setyawan & Winarno, 2006). Disamping sebagai motif, tumbuhan mangrove juga berperan sebagai pewarna batik alami yang saat ini sedang menjadi tren di masyarakat. Adanya pewarna alami menjadikan batik mangrove lebih unik dengan motif dan corak menawan yang bercirikan atau mengusung ciri khas daerah pesisir (Martuti *et al.*, 2017).

Motif batik mangrove sebagai tanaman pesisir belum diekspose dengan optimal. Sementara itu lingkungan pesisir dengan flora dan faunanya mempunyai potensi yang luar biasa sebagai motif batik. Disamping sebagai motif, tumbuhan mangrove juga dapat digunakan sebagai pewarna batik alami yang saat ini sedang menjadi tren di masyarakat. Pemanfaatan mangrove sebagai pewarna alami ini disamping

memberikan nuansa warna alami dan motif yang indah, juga dapat mengurangi pencemaran lingkungan.

Pemanfaatan mangrove sebagai pewarna alami disamping memberikan nuansa warna alami dan motif yang indah, juga dapat mengurangi pencemaran lingkungan yang menjadikan masalah besar bagi lingkungan sekitarnya. Pemanfaatan mangrove sebagai pewarna alami juga berperan dalam eksploitasi ekosistem mangrove tanpa harus merusak. Hal ini dikarenakan bagian mangrove yang dimanfaatkan sebagai pewarna adalah limbah atau bagian tanaman yang sudah tidak terpakai. Buah mangrove dari jenis *Rhizophora* yang telah mengering, bisa menghasilkan warna cokelat, cokelat muda, tua, hitam, hingga merah muda. Selain ramah lingkungan, bahan bakunya terbilang murah, hanya saja prosesnya memakan waktu lama (Martuti *et al.*, 2017). Pembuatan selembat batik dengan warna alam memerlukan waktu satu minggu. Sedangkan proses pembuatan batik dengan pewarna kimia sedikit lebih mudah, hanya memakan waktu 3 hari untuk selembat batik.

Untuk mengurangi kerusakan lingkungan sebagai akibat penggunaan bahan sintetik sebagai pewarna, beberapa pengrajin batik mulai menggunakan pewarna alami untuk kain batik yang dihasilkannya. Salah satu pewarna alami yang mulai digunakan tersebut adalah *Rhizophora* yang merupakan salah satu jenis dari mangrove yang banyak tumbuh di wilayah pesisir. Hasil penelitian Kwartiningsih *et al.* (2013), diperoleh hasil bahwa buah mangrove jenis *Rhizophora mucronata* mengandung zat warna alami berupa tanin sebesar 4,326 mg tanin per gram buah mangrove.

Dari buah *Rhizophora* (propagul) yang telah kering bisa didapatkan warna cokelat, cokelat muda, tua, hitam, hingga merah marun. Warna tersebut sesuai dengan hasil penelitian Paryanto *et al.* (2015) yang menunjukkan hasil, penguncian pewarna mangrove dengan tawas memberika warna coklat muda. Pencelupan zat warna dengan *fixer* kapur tohor memberikan warna coklat, sesuai warna asli ekstrak buah mangrove

dan *fixer* dengan tunjung memberikan warna kehitaman. Selain ramah lingkungan, bahan bakunya terbilang murah hanya saja prosesnya memakan waktu lama. Pengelolaan lingkungan berbasis ekonomi, dengan cara pengelolaan ekosistem mangrove di wilayahnya, tetapi dapat memanfaatkan sumberdaya yang ada sebagai pewarna alami batik.



Gambar 15. Propagul Mangrove sebagai Bahan Baku Pewarna Batik



Gambar 16. Warna Batik yang Dihasilkan dari Propagul *Rhizopora* (Martuti et al, 2018)

Dalam kegiatan ini dikembangkan motif dan corak batik mangrove. Adanya variasi motif dan corak dengan latar belakang ekosistem mangrove diharapkan akan lebih mengenalkan ekosistem mangrove yang banyak terdapat di wilayah pesisir. Motif dan corak berlatar belakang mangrove dapat berasal dari pewarna alami limbah mangrove. Motif dan corak batik ini juga dapat mengenalkan flora maupun fauna ekosistem mangrove yang

terdiri dari ikan, kepiting, burung dan berbagai jenis tumbuhan yang ada di ekosistem mangrove.

Berikut beberapa motif batik yang menggambarkan ekosistem mangrove yang indah (Gambar 17 dan 18). Adanya motif ekosistem mangrove tersebut juga dapat menjadi media pendidikan lingkungan bagi masyarakat untuk mengenal ekosistem pesisir.



Gambar 17. Ekosistem Hutan Mangrove yang Dapat Menjadi Motif Batik (Martuti et al, 2016)



Gambar 18. Buah Mangrove dan Motif Batik Mangrove

E. Ekoeduwisata Mangrove

Ekowisata adalah suatu bentuk perjalanan wisata ke area alami yang dilakukan dengan tujuan mengkonservasi lingkungan dan melestarikan kehidupan dan kesejahteraan penduduk setempat. Sebagai penjabaran dari pengembangan pariwisata berkelanjutan, mulai

dikembangkan pula ekoeduwisata, yang merupakan konsep dari pengembangan pengelolaan lingkungan hidup melalui sektor pariwisata yang memberikan nilai tambah terhadap upaya pelestarian lingkungan (Braddon, 2001). Pengertian tentang ekowisata mengalami perkembangan dari waktu ke waktu. Namun, pada hakekatnya, pengertian ekowisata adalah suatu bentuk wisata yang bertanggung jawab terhadap kelestarian area yang masih alami (*natural area*), memberikan manfaat secara ekonomi dan mempertahankan keutuhan budaya pada masyarakat setempat. Atas dasar pengertian ini, bentuk ekowisata pada dasarnya merupakan bentuk gerakan konservasi yang dilakukan oleh penduduk.

Sumberdaya ekowisata terdiri dari sumberdaya alam dan sumberdaya manusia yang dapat diintegrasikan menjadi komponen terpadu bagi pemanfaatan wisata. Berdasarkan konsep pemanfaatan, wisata dapat diklasifikasikan menjadi (Fandeli, 2000):

- a. Wisata alam (*nature tourism*), merupakan aktivitas wisata yang ditujukan pada pengalaman terhadap kondisi alam atau daya tarik panoramanya.
- b. Wisata budaya (*cultural tourism*), merupakan wisata dengan kekayaan budaya sebagai obyek wisata dengan penekanan pada aspek pendidikan.
- c. Ekowisata (*ecotourism, green tourism* atau *alternative tourism*), merupakan wisata berorientasi pada lingkungan untuk menjembatani kepentingan perlindungan sumberdaya alam/lingkungan dan industri kepariwisataan.

Sudiarta (2006) menyampaikan, ekowisata merupakan salah satu produk pariwisata alternatif yang mempunyai tujuan pembangunan pariwisata berkelanjutan. Pembangunan pariwisata secara ekologis diharapkan dapat memberikan manfaat yang layak secara ekonomi dan sosial terhadap masyarakat, serta dapat memenuhi kebutuhan wisatawan.

Adanya ekowisata tersebut diharapkan tetap memperhatikan kelestarian kehidupan sosial-budaya, dan memberi peluang bagi generasi muda sekarang dan yang akan datang untuk memanfaatkan dan mengembangkannya lingkungannya secara berkelanjutan.

Pemanfaatan ekosistem mangrove untuk konsep wisata (ekoeduwisata) sejalan dengan pergeseran minat wisatawan yang datang untuk melakukan wisata, dengan di dalamnya terdapat unsur pendidikan dan konservasi. Adanya ekoeduwisata mangrove dapat berfungsi sebagai penunjang konservasi mangrove sekaligus untuk belajar tentang alam. Hal ini didukung dengan adanya ekologi dan ketersediaan flora dan fauna yang terdapat di ekosistem mangrove sebagai sarana wisata dan pendidikan (Umam *et al.*, 2015). Oleh karena itu ekosistem mangrove yang unik di wilayah pesisir, dapat dijadikan sebagai alternatif wisata pendidikan lingkungan di Kota Semarang.

Fungsi hutan mangrove telah lama diyakini sebagai bagian dari perlindungan ekosistem pesisir yang berkelanjutan. Berdasarkan Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) Kota Semarang tahun 2011-2031, zona berdasarkan pola ruang wilayah Kota Semarang yaitu kawasan pantai berhutan mangrove adalah kawasan pesisir laut yang merupakan habitat alami hutan yang berfungsi memberikan perlindungan kepada perikehidupan pantai dan lautan. Untuk mencapai tujuan tersebut, Dinas Kelautan dan Perikanan Kota Semarang telah melakukan perencanaan pengembangan lahan konservasi mangrove yang dibuat konsep ekoeduwisata. Konsep ini merupakan konsep pengembangan wisata yang menghargai kaidah-kaidah alam dengan melaksanakan program pembangunan dan pelestarian secara terpadu, antara upaya konservasi sumberdaya alam yang dilakukan dengan melaksanakan program pembangunan yang memperhatikan kualitas daya dukung dan ramah lingkungan. Sebagian dari hasil wisata tersebut digunakan sebagai

sumbangan dana bagi upaya konservasi sumberdaya alam dan keanekaragaman hayati (Ermiliansa, 2014).



Gambar 19. Ekoeduwisata Mangrove di Wilayah Tapak, Tugurejo, Semarang

Dahuri (1996) menyampaikan, adanya alternatif pemanfaatan ekosistem mangrove yang dapat dilakukan tanpa merusak ekosistem ini meliputi: penelitian ilmiah (*scientific research*), pendidikan (*education*), dan rekreasi terbatas/ekoturisme (*limited recreation/ecotourism*). Potensi rekreasi dalam ekosistem mangrove antara lain (Bahar, 2004):

- a. Bentuk perakaran yang khas yang umum ditemukan pada beberapa jenis vegetasi mangrove seperti akar tunjang (*Rhizophora spp.*), akar lutu (*Bruguiera spp.*), akar pasak (*Sonneratia spp.*, *Avicenia spp.*), akar papan (*Heritiera spp.*).
- b. Buah yang bersifat viviparous (buah berkecambah semasa masih menempel pada pohon) yang terlihat oleh beberapa jenis vegetasi mangrove seperti *Rhizophora spp.* dan *Ceriops spp.*

- c. Adanya zonasi yang sering berbeda mulai dari pinggir pantai sampai pedalaman (transisi zonasi).
- d. Berbagai jenis fauna yang berasosiasi dengan ekosistem mangrove seperti
- e. Beraneka ragam jenis burung, serangga dan primata yang hidup di tajuk pohon serta berbagai jenis fauna yang hidup di dasar mangrove seperti babi hutan, biawak, buaya, ular, udang, ikan, kerang-kerangan, keong, kepiting dan sebagainya
- f. Atraksi adat istiadat masyarakat setempat yang berkaitan dengan sumberdaya mangrove

BAB VI.

MANGROVE UNTUK MASA DEPAN

Pengelolaan ekosistem mangrove di wilayah pesisir secara terpadu, merupakan upaya dari berbagai lintas sektoral antara pemerintah, komunitas, ilmu pengetahuan, manajemen, kepentingan sektoral dengan kepentingan masyarakat. Pengelolaan secara terpadu tersebut dilakukan untuk mempersiapkan dan merencanakan perlindungan dan pengembangan ekosistem mangrove di pesisir beserta sumberdayanya. Adanya pengelolaan ekosistem mangrove yang baik dan berkelanjutan, diharapkan dapat meningkatkan kualitas lingkungan di wilayah pesisir, sekaligus menjaga keanekaragaman hayati dan produktifitas dari ekosistem pesisir.

A. Pengelolaan Ekosistem Mangrove di Pesisir Kota Semarang

Kondisi ekosistem mangrove di wilayah pesisir Kota Semarang bersifat dinamis. Hal ini menjadikan faktor kesulitan untuk memanfaatkan kawasan sempadan pantai dan sempadan sungai (kawasan muara sungai) yang dapat dijadikan daerah sabuk hijau yang belum dapat sepenuhnya ditegakkan. Sesuai dengan Perda Nomor 14 tahun 2011 tentang Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) Kota Semarang dan hasil kajian BLH Kota Semarang (2015), berisi kebijakan: (1) Wilayah sempadan pantai yang dialokasikan untuk kawasan sabuk hijau mangrove mempunyai kedalaman lebih dari 1 (satu) meter, (2) Fenomena erosi/abrasi di wilayah pesisir masih cukup tinggi, sehingga mutlak diperlukan pelindung fisik untuk bisa membuat sabuk pantai dan (3) Kepemilikan lahan yang tidak jelas. Berdasarkan pertimbangan berbagai hal tersebut diatas, maka direkomendasikan lokasi yang akan dijadikan lokasi penanaman mangrove

sebagai kawasan hijau, merupakan wilayah yang sudah terhindar atau terlindungi dari erosi/abrasi. Hal tersebut dilakukan sebagai persyaratan yang dapat dilakukan dalam penanaman mangrove. Disamping itu perlu diperhatikan adanya persyaratan teknis terkait dengan kepemilikan lahan, terutama wilayah pertambangan yang dimiliki oleh swasta, Pemerintah Provinsi Jawa Tengah atau Kota Semarang.

BLH Kota Semarang (2015) merencanakan masterplan konservasi mangrove di Kelurahan Trimulyo Kecamatan Genuk Kota Semarang ini dibagi menjadi 6 zona pembagian zona berdasarkan atas kebutuhan suatu kawasan konservasi. Zona yang ada yaitu zona konservasi, zona ekowisata, zona pendidikan, zona sempadan sungai dan juga zona penerimaan. Dalam zona penerimaan dibagi menjadi 2 entrance (pintu masuk) dan juga exit (pintu keluar) yang letaknya berada di area kawasan industri dan juga area Kelurahan Trimulyo.

Salah satu hal yang dilakukan Pemkot Semarang dalam menjaga lingkungan mangrove berbasis masyarakat, yaitu membentuk Kelompok Kerja Mangrove Kota Semarang (KKMKS) melalui Surat Keterangan Walikota Semarang No.0504/466 tanggal 22 Desember 2010. KKMKS merupakan sebuah forum silaturahmi dan kerjasama antara para penggiat mangrove yang ada di Kota Semarang, beranggotakan berbagai lapisan masyarakat. Anggota KKMKS membentuk sebuah jaringan mangrove di Kota Semarang yang berfungsi mengkoordinasikan program dan proyek mangrove yang sudah, sedang dan akan dijalankan. Tujuan dari didirikannya KKMKS adalah untuk mengendalikan kerusakan ekosistem mangrove, sehingga perlu dilakukan langkah strategis yang dapat menjamin terselenggaranya perlindungan, pelestarian, dan pemanfaatan ekosistem mangrove sebagai sumberdaya di wilayah pesisir, sistem penyangga kehidupan dan kekayaan alam yang bernilai tinggi.

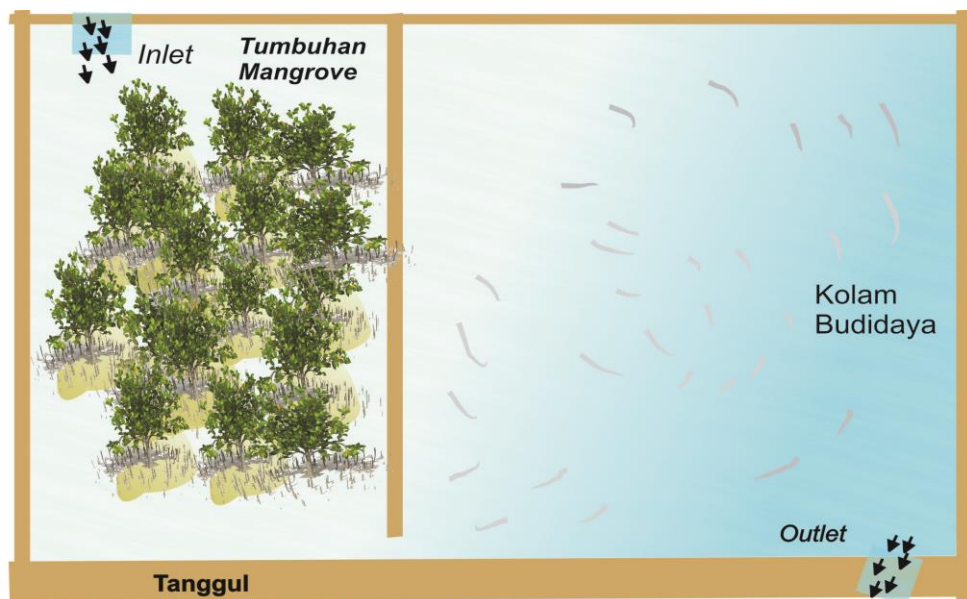
Kegiatan konservasi dengan pelibatan masyarakat, merupakan kunci keberhasilan dalam kegiatan pemulihan dan pengelolaan pelestarian

mangrove wilayah pesisir (Wardhani, 2011). Upaya tersebut harus disertai dengan peningkatan kesejahteraan masyarakat berbasis potensi lokal. Kegiatan dilakukan untuk mencapai pembangunan pesisir yang berkelanjutan, sehingga dapat memberikan manfaat ekonomi yang optimum bagi masyarakat dan pemerintah daerah, sekaligus mempertahankan kualitas ekosistem mangrove sebagai sistem penyangga kehidupan.

B. Pengelolaan Mangrove Berbasis Wanamina

Konsep wanamina merupakan salah satu strategi yang dapat dikembangkan untuk mendapatkan jalan keluar yang terbaik dalam pengembangan wilayah pesisir Semarang. Martuti (2016) dalam penelitiannya menyampaikan, adanya konsep Wanamina diharapkan dapat tercipta keseimbangan antara kepentingan ekonomi masyarakat berupa tambak ikan, dengan kepentingan perlindungan kawasan pesisir dengan penanaman mangrove. Pengelolaan wanamina sesuai dengan UU Nomor 32 Tahun 2009 Pasal 1 ayat 2, bahwa adanya perlindungan dan pengelolaan lingkungan hidup adalah upaya sistematis dan terpadu yang dilakukan untuk melestarikan fungsi lingkungan hidup dan mencegah terjadinya pencemaran dan/atau kerusakan lingkungan hidup yang meliputi perencanaan, pemanfaatan, pengendalian, pemeliharaan, pengawasan, dan penegakan hukum.

Konsep wanamina diberikan untuk memisahkan kolam penanaman mangrove dengan kolam ikan. Adanya kolam terpisah peran tumbuhan mangrove sebagai fitoremediasi akan tetap berlangsung, tanpa mengganggu kolam ikan yang dipelihara. Strategi pertama ini dilakukan untuk menghindari kembalinya logam ke lingkungan karena adanya eliminasi logam melalui defoliasi serasah.



Gambar 20. Tambak wanamina dengan model mangrove terpisah kolam ikan (Martuti, 2016)

Revitalisasi dengan penanaman mangrove di lingkungan tambak dapat dilakukan dengan kerjasama yang baik antara petani tambak dengan masyarakat peduli lingkungan. Revitalisasi dapat pula dilakukan bersama-sama dengan dinas terkait, hal tersebut dimungkinka karena adanya program penanaman yang dilakukan oleh beberapa dinas. Disamping itu diperlukan adanya sosialisasi dan pembinaan terhadap masyarakat khususnya petani tambak mengenai penerapan wanamina. Program wanamina dilakukan untuk mendukung pengelolaan mangrove yang baik dengan tetap menjaga keutuhan dan kelestarian lingkungan. Adanya wanamina dapat memberikan manfaat ekonomi dan sosial yang besar kepada masyarakat secara berkelanjutan. Budidaya ikan dengan sistem wanamina sesuai dengan Pasal 3 UU Nomor 5 Tahun 1990 Tentang Konservasi Sumberdaya Alam Hayati dan Ekosistemnya, konservasi sumberdaya alam hayati dan ekosistemnya bertujuan mengusahakan terwujudnya kelestarian sumberdaya alam hayati serta keseimbangan

ekosistemnya sehingga dapat lebih mendukung upaya peningkatan kesejahteraan masyarakat dan mutu kehidupan manusia.

Keuntungan kolam terpisah antara mangrove dan ikan, dapat memaksimalkan fungsi mangrove sebagai fitoremediasi, tanpa mengganggu kolam sebagai tempat budidaya ikan. Sebagaimana disampaikan oleh Kumar *et al.* (2011); Gautier *et al.* (2001), adanya ekosistem mangrove memainkan peran penting sebagai filter dan pengendalian polusi alami karena kekhasan sistem akarnya yang berhasil mengendalikan kualitas air dan merupakan perangkap sedimen serta partikel yang dibawa oleh arus dari muara menuju lautan. Pernyataan tersebut diperkuat oleh pendapat MacFarlane *et al.* (2007) yang menyatakan, ekosistem mangrove berperan sebagai *phytostabilisers* yang berpotensi membantu menetralkan logam beracun dari lingkungan hidupnya.

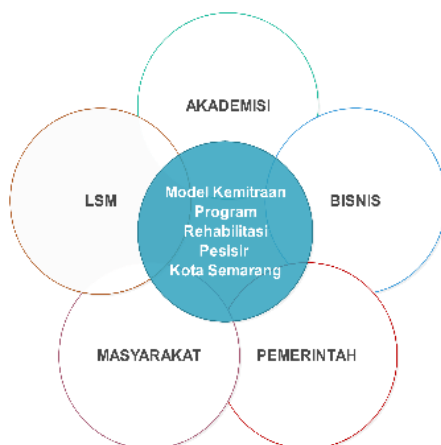
Pemilihan jenis mangrove yang tepat dan pengaturan kerapatan mangrove menjadi salah satu hal yang harus diperhatikan. Dukuh Tapak hingga tahun 2016 belum ada aturan ataupun ketentuan untuk menanam jumlah dan jenis mangrove tertentu di Tambak. Menurut Fitzgerald and William. (2002), kepadatan mangrove hendaknya disesuaikan dengan spesies budidaya yang dilaksanakan, untuk ikan bandeng sebaiknya menggunakan kerapatan mangrove rendah (2000 ind/ha). Untuk budidaya udang dan kepiting dapat menggunakan tingkat kerapatan yang lebih tinggi. Adanya penerapan sistem wanamina dapat memberikan manfaat ekonomi dari kawasan mangrove dengan tetap menjaga aspek kelestarian lingkungan.

C. Pengelolaan Ekosistem Mangrove Berbasis Masyarakat

Berbagai upaya rehabilitasi kawasan pesisir Kota Semarang telah dilakukan oleh berbagai elemen masyarakat, baik dari kelompok peduli lingkungan, perguruan tinggi, lembaga swadaya masyarakat (LSM), swasta,

dan instansi pemerintah yang ada di Kota Semarang. Kepedulian terhadap rehabilitasi tersebut di antaranya mencakup penanaman mangrove, pembuatan APO, dan *breakwater* yang didanai oleh Badan Lingkungan Hidup (BLH) Kota Semarang dan Provinsi Jawa Tengah, Dinas Kelautan dan Perikanan Kota Semarang dan Provinsi Jawa Tengah, Perguruan Tinggi, Mercy Corps Indonesia, dan Djarum Foundation.

Keterlibatan berbagai pemangku kepentingan (*multi stakeholder*) dalam upaya rehabilitasi kawasan pesisir di Kota Semarang menunjukkan sebuah model kemitraan *penta helix*, meliputi unsur akademisi, bisnis, pemerintah, masyarakat, dan LSM. Kemitraan *penta helix* tersebut dapat didefinisikan sebagai model rehabilitasi pesisir untuk mendorong pemulihan dan perbaikan fungsi ekosistem pesisir yang seimbang melalui kolaborasi dan kemitraan yang menguntungkan. Pendekatan program dengan model kemitraan *multi stakeholder* meningkatkan potensi kepastian (legalitas) dan keberhasilan program (Soesilowati *et al.*, 2017). Gambar 21 memperlihatkan model kemitraan *penta helix* sebagai upaya rehabilitasi kawasan pesisir di Kota Semarang yang diadopsi dari Halibas, Sibayan, & Maata (2017) dan Prabantarikso *et.al.* (2018).



Gambar 21. Model Kemitraan Penta Helix dalam Program Rehabilitasi Pesisir di Kota Semarang (Martuti *et al*, 2018)

Dalam kolaborasi *penta helix* di Gambar 21 tersebut setiap pemangku kepentingan memiliki peran berdasarkan potensi dan kewenangan yang dimiliki. Peran dan kewenangan tersebut yaitu: (1) akademisi dengan modal pengetahuan dan keahlian diposisikan dalam konsultasi program dan pemberdayaan masyarakat; (2) bisnis atau *private sector* dengan alokasi pendanaan *corporate social responsibility* (CSR); (3) pemerintah sebagai pembuat kebijakan, sumber pembiayaan untuk infrastruktur dan transfer teknologi, pelaksana fungsi stimulan dan koordinasi; (4) masyarakat sebagai aktor kunci dan akselerator keberhasilan program; dan (5) LSM terlibat dalam penyediaan sumber pembiayaan alternatif, pendampingan, dan pengkondisian masyarakat.

Berbagai upaya rehabilitasi kawasan ekosistem mangrove di pesisir Kota Semarang telah dilakukan oleh masyarakat untuk perbaikan wilayahnya, yang dapat dijabarkan sebagai berikut:

Dalam upaya pengelolaan lingkungan pesisir, masyarakat Dukuh Tapak Kelurahan Tugurejo telah melakukan rehabilitasi lingkungan terkait dengan perbaikan wilayahnya. Sejak tahun 2003, melalui Kelompok Prenjak warga mulai merintis upaya-upaya dalam pengelolaan lingkungan. Kegiatan-kegiatan yang dilakukan meliputi penanaman mangrove, pembuatan APO hingga pelibatan seluruh elemen masyarakat seperti petani tambak dan nelayan untuk mencetuskan Dukuh Tapak sebagai daerah konservasi dan ekowisata mangrove.

Masyarakat setempat melakukan rehabilitasi kawasan pesisir dengan menanam mangrove dan mengurangi dampak abrasi dengan memasang ban bekas yang disusun secara rapi serta diisi sedimen lumpur pada bagian dalamnya, yang oleh masyarakat setempat disebut sebagai APO. Upaya yang mereka lakukan ternyata cukup efektif. Hal ini dibuktikan dengan kondisi ban bekas yang masih terpasang baik sejak tahun 2006, meskipun masyarakat harus melakukan pengisian lumpur sebagai proses perawatan terhadap konstruksi ini. Keberadaan APO melindungi lahan tambak di

sekitarnya dari abrasi yang mengikis daratan Pulau Tirang. APO juga dapat melindungi tanaman mangrove dari hempasan gelombang dan angin kencang (Hartati *et.al* , 2016). Upaya ini sejalan dengan hasil studi Yulistiyanto (2009) yang menyimpulkan bahwa perlindungan dan pengamanan pantai dapat dilakukan dengan reboisasi mangrove sebagai bentuk perlindungan alami. Namun, reboisasi mangrove memerlukan dukungan struktur APO yang baik, sehingga tanaman mangrove dapat tumbuh cukup besar dan mampu menahan gelombang.

Pembangunan APO banyak memberikan dampak positif sehingga masyarakat dengan sadar melakukan perawatan secara mandiri agar manfaat yang mereka terima dapat dirasakan dalam jangka waktu yang lama (Hartati et al., 2016). Pemilihan bahan baku APO dari bambu dan ban bekas dilakukan karena pertimbangan dasar pantai yang berupa lumpur berpasir. APO tipe bambu dan ban mampu melindungi tambak dari gelombang dan pasang tinggi. Pembangunan APO tipe ini memungkinkan pemulihan habitat mangrove yang membutuhkan pendangkalan sedimen halus dan tingkat sedimentasi yang lebih besar, sehingga pemulihan kerusakan pesisir dapat dilakukan lebih cepat (Hartati et al., 2016).



Gambar 22. Pemasangan APO dari Ban Bekas di Dukuh Tapak Kelurahan Tugurejo (Martuti et al, 2018)

Kelompok-kelompok masyarakat di Mangunharjo tidak hanya melakukan adaptasi untuk perbaikan ekonomi, tetapi juga melakukan adaptasi untuk perbaikan lingkungan. Kapasitas adaptasi menurut Sakuntaladewi & Sylviani (2014) meliputi perbaikan lingkungan biofisik, variasi sumber penghasilan, ekstensifikasi lahan usaha, penerapan teknologi pertanian dan perikanan, penyesuaian jadwal kegiatan usaha dengan perkiraan musim, alih profesi tetap pada kegiatan lama dan berharap pada keuntungan, kuatnya kelembagaan masyarakat, bantuan atau program pembangunan desa, dan pendampingan yang intensif

Selama ini, kelompok masyarakat pesisir Mangunharjo melakukan upaya perbaikan lingkungan dengan menanam mangrove dan membuat sabuk pantai atau *breakwater* dari beton (Martuti et al, 2018). Sebagaimana disampaikan oleh Hartati et al. (2016), pendekatan dalam perencanaan pembangunan perlindungan pantai buatan dapat dilakukan dengan: (a) mengurangi energi gelombang yang mengenai pantai dengan membangun pemecah gelombang lepas pantai (*breakwater/APO*); (b) memperkuat tepi pantai sehingga tahan terhadap gempuran gelombang dengan membangun *revetment* atau *sea wall*; (c) menambah suplai sedimen ke pantai dengan cara *sand by passing* atau *beach nourishment*; dan (d) melakukan penghijauan pantai dengan pohon bakau, api-api, atau nipah.

Beberapa kelompok masyarakat pesisir melakukan penanaman mangrove karena inisiatif sendiri, tetapi banyak juga yang melakukan penanaman karena dorongan (stimulan) dari pihak luar. Selain melakukan penanaman, kelompok-kelompok lingkungan tersebut juga melakukan pembibitan mangrove sebagai alternatif penghasilan. Pembibitan mangrove yang dikembangkan di Kelurahan Mangunharjo terdiri dari jenis *Rhizophora sp* dan *Avicennia marina*. *Avicennia marina* merupakan salah satu jenis mangrove yang termasuk tumbuhan pionir pada kawasan pesisir yang

terlindungi, serta mempunyai kemampuan untuk tumbuh pada habitat pasang-surut yang mempunyai salinitas tinggi. Akar *Avicennia marina* sering membantu mengikat sedimen dan mempercepat proses pembentukan sedimentasi (Martuti, et.al, 2016). Selain berperan untuk menanggulangi abrasi, mangrove juga mempunyai peran sebagai tempat berpijah berbagai jenis ikan, udang, dan biota laut lainnya, menyerap logam, dan menjaga stok karbon yang tinggi, sehingga mempunyai peran yang baik untuk menjaga lingkungan (Martuti, et.al, 2017).



(a)

(b)

Gambar 23. APO Yang Dibangun oleh Kelompok Biota Foundation di Pesisir Mangunharjo (Martuti et al, 2018)

Adanya kerusakan pesisir di Kelurahan Trimulyo, Kecamatan Genuk, Kota Semarang, yang terus terjadi berdampak pada hilangnya beberapa lahan tambak warga dan pantai. Semakin bertambahnya kerusakan wilayah pesisir tersebut, menggerakkan masyarakat untuk melakukan konservasi dan rehabilitasi kawasan pesisir Kelurahan Trimulyo. Aktivitas yang dilakukan antara lain dengan melakukan penanaman mangrove dan pembuatan APO.

Kelompok Sringin Kelurahan Trimulyo, merupakan kelompok nelayan yang juga aktif di bidang lingkungan, telah melakukan pembangunan APO (2012-2015) yang terbuat dari kombinasi beton dan ranting-ranting pohon (*Hybrid Engineering/HE*). Selanjutnya bagian atas APO HE tersebut diberi

bambu yang dapat berfungsi sebagai *jogging track* bagi wisatawan yang melakukan ekowisata mangrove di wilayah Trimulyo. APO HE tersebut bersifat meredam energi gelombang dan tidak memantulkan gelombang, menciptakan kondisi air yang tenang untuk endapan lumpur. Disamping itu tidak perlu penampang atau landasan seperti pada APO tipe bambu ban, sehingga sangat cocok untuk tipe sedimen lumpur sebagai lokasi penanaman mangrove (Hartati et al, 2016)



Gambar 24. Kondisi ekosistem mangrove yang ditanam serta APO HE yang dibuat oleh kelompok lingkungan Sringin (Martuti, 2018).

DAFTAR PUSTAKA

- Abino, A. C., Castillo, J. A. A., & Lee, Y. J. (2014). Assessment of species diversity , biomass and carbon sequestration potential of a natural mangrove stand in Samar , the Philippines. *Forest Science and Technology*, 10(March 2014), 1–8. <https://doi.org/10.1080/21580103.2013.814593>
- Adame, M. F., Kauffman, J. B., Medina, I., Gamboa, J. N., Torres, O., Caamal, J. P., ... Herrera-Silveira, J. A. (2013). Carbon Stocks of Tropical Coastal Wetlands within the Karstic Landscape of the Mexican Caribbean. *PLoS ONE*, 8(2). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0056569>
- Afiati, R. N., Rustam, A., Kepel, T. L., Sudirman, N., Astrid, M., Daulat, A., ... Pesisir, S. (2013). Karbon stok dan struktur komunitas mangrove sebagai, (Station 1).
- Afri, 2012, “Lestarikan Mangrove, Antisipasi Abrasi Pesisir”, Harian Semarang Raya, 10 Nopember, hal. 12.
- Alan, J., Castillo, A., Apan, A. A., Narayan, T., & Iij, S. G. S. (2017). Geoderma Soil C quantities of mangrove forests , their competing land uses , and their spatial distribution in the coast of Honda Bay , Philippines. *Geoderma*, 293, 82–90. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2017.01.025>
- Alongi, D. M. (2011). Carbon payments for mangrove conservation: ecosystem constraints and uncertainties of sequestration potential. *Environmental Science & Policy*, 14(4), 462–470. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2011.02.004>
- Alongi, D. M., & Mukhopadhyay, S. K. (2015). Contribution of mangroves to coastal carbon cycling in low latitude seas. *Agricultural and Forest Meteorology*, 213, 266–272. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2014.10.005>
- Andani, S. dan E.D. Purbayanti. 1981. Fisiologi Lingkungan Tanaman. Gajah Mada University Press, Yogyakarta.
- Arif, A. 2003. Hutan Mangrove: Fungsi dan Manfaatnya. Kanisius. Yogyakarta. Arifin, Z. 2008. Beberapa Unsur Mineral Esensial Mikro Dalam Sistem Biologi dan Metode Analisisnya. Jurnal Litbang Pertanian, 27(3),99-10.

- Armitage, D. (2005). Adaptive Capacity and Community-Based Natural Resource Management. *Environmental Management*, 35(6), 703–715. <https://doi.org/10.1007/s00267-004-0076-z>
- Ati, R.N.A., Rustam, A., Kepel, T. L., Sudirman, N., Astrid, M., Daulat, A., Mangindaan, P., Salim, H.L dan AA Hutahaean, A.A. 2014. Stok Karbon dan Struktur Komunitas Mangrove sebagai Blue Carbon di Tanjung Lesung, Banten . *J. Segara* 10 (2): 119-127.
- Bahar, A. 2004. Kajian Kesesuaian dan Daya Dukung Ekosistem Mangrove untuk Pengembangan Ekowisata di Gugus Pulau Tanakeke Kabupaten Takalar, Sulawesi Selatan. Bogor :Institut Pertanian Bogor
- Bengen, D. G. 2000. Sinopsis Ekosistem dan Sumberdaya Alam Pesisir. Pusat Kajian Sumberdaya Pesisir dan Lautan IPB
- Beymer-Farris, B. a., & Bassett, T. J. (2012). The REDD menace: Resurgent protectionism in Tanzania’s mangrove forests. *Global Environmental Change*, 22(2), 332–341. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2011.11.006>
- Bournazel, J., Kumara, M. P., Jayatissa, L. P., Viergever, K., Morel, V., & Huxham, M. (2015). The impacts of shrimp farming on land-use and carbon storage around Puttalam lagoon, Sri Lanka. *Ocean & Coastal Management*, 113, 18–28. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2015.05.009>
- Braddon, K.2001. Ecotourism and Conservation.Kumpulan mata kuliah ekowisata. Bogor : Institut Pertanian Bogor
- Castillo, JA., Apan, A. A., Narayan, T., and Salmo III, S. G. 2017. Geoderma Soil C quantities of mangrove forests , their competing land uses , and their spatial distribution in the coast of Honda Bay , Philippines. *Geoderma*, 293, 82–90.
- Chanan, M. 2012. Pendugaan cadangan karbon (C) tersimpan di atas permukaan tanah pada vegetasi hutan tanaman jati (*Tectona grandis* Linn.F)(di RPH Sengguruh BKPH Sengguruh KPH Malang Perum Perhutani II Jawa Timur). *J GAMMA*, 7(2), 61–73.
- Chen, G., Gao, M., Pang, B., Chen, S., & Ye, Y. (2018). Forest Ecology and Management Top-meter soil organic carbon stocks and sources in restored mangrove forests of di ff erent ages. *Forest Ecology and Management*, 422(March), 87–94. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2018.03.044>
- Chen, L., Zeng, X., Tam, N. F. Y., Lu, W., Luo, Z., Du, X., & Wang, J.

- (2012). Comparing carbon sequestration and stand structure of monoculture and mixed mangrove plantations of *Sonneratia caseolaris* and *S. apetala* in Southern China. *Forest Ecology and Management*, 284, 222–229. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2012.06.058>
- Cleon, W dan Frank, B. 1995. Fisiologi tumbuhan Jilid 1. Bandung: ITB.
- Cox, M., Arnold, G., & Tomás, S. V. (2010). A Review of Design Principles for Community-based Natural Resource. *Ecology and Society*, 15(4), 38.
- Dahuri, R., Rais, J., Ginting, S.P., Sitepu, M.J. 2004. Pengelolaan Sumberdaya Wilayah Pesisir dan Lautan Secara Terpadu. Jakarta: PT Pradnya Paramitha
- Defew, L.H., Mair, J.M. and Guzman, H.M. 2005. An assessment of metal contamination in mangrove sediments and leaves from Punta Mala Bay, Pacific Panama. *Marine Pollution Bulletin* 50 : 547–552.
- Deri, E dan Afu, L.O.A . 2013. Kadar Logam Berat Timbal (Pb) pada Akar Mangrove *Avicennia marina* di Perairan Teluk Kendari. *Jurnal Mina Laut* 01 (01) : 38-48.
- Dharmawan, I., & Siregar, H. A. (2008). Karbon Tanah dan Pendugaan Karbon Tegakan *Avicennia marina* (Forsk.) Vierh. di Ciasem, Purwakarta. *Penelitian Hutan Dan Konservasi Alam*, 4(4), 317–328.
- Dinas Kelautan dan Perikanan. 2015. Penyusunan Updating Data Potensi dan Kerusakan Pesisir Kota Semarang. Kota Semarang.
- Dinas Pertanian. 2015. Penyusunan Pemetaan Penutupan Mangrove Kota Semarang. Laporan Akhir. Pemerintah Kota Semarang.
- Donato, D. C., Kauffman, J. B., Murdiyarso, D., Kurnianto, S., Stidham, M., & Kanninen, M. (2011). Mangroves among the most carbon-rich forests in the tropics. *Nature Geoscience*, 4(5), 293–297. <https://doi.org/10.1038/ngeo1123>
- Duarte, C. M., Losada, I. J., Hendriks, I. E., Mazarrasa, I., & Marbà, N. (2013). The role of coastal plant communities for climate change mitigation and adaptation. *Nature Climate Change*, 3(11), 961–968. <https://doi.org/10.1038/nclimate1970>
- Ermiliansa, D., Samekto, A dan Purnawen, H. 2014. Peran Prenjak dalam Mewujudkan Daerah Konservasi Berbasis Eco Edu Wisata Mangrove di Dusun Tapak Tugurejo Kota Semarang. *Jurnal EKOSAINS* VI (1): 62-67

- Eong, O. J. (1993). Mangroves-A Carbon Source and Sink. *Chemosphere*, 27(6), 1097–1107.
- Ernawati dan Nugroho, M. 2017. Pengaruh Penambahan Tepung Mangrove Jenis Lindur (*Bruquiera gymnorhiza*) Terhadap Karakteristik Nugget Ikan Lele Dumbo (*Clarias gariepinus*). *Jurnal Ilmu Ilmu Pertanian AGRIKA* 11 (1) : 36-51
- Fandeli, C. 2000. *Pengusahaan Ekowisata*. Yogyakarta : Fakultas Kehutanan. Universitas Gadjah Mada.
- Fitter, A.H dan Hay, R.K.M. 1992. *Fisiologi Lingkungan Tanaman*. Gajah Mada University Press. Yogyakarta.
- Fitriansah, H. (2012). Keberlanjutan pengelolaan lingkungan pesisir melalui pemberdayaan masyarakat di Desa Kwala Lama Kabupaten Serdang Bedagai. *Jurnal Pembangunan Wilayah & Kota*, 8(4), 360–370.
- Fortuna, James de, 2005. Ditemukan Buah Bakau Sebagai Makanan Pokok. [http:// www. Tempointeraktif.com](http://www.Tempointeraktif.com).
- Gabrielli, R., Mattioni, C., Vergnano, O. 1991. Accumulation mechanisms and heavy metal tolerance of a nickel hyperaccumulator. *Journal of Plant Nutrition* 14 (10):1067-1080.
- Gautier, D., Amador, J and Newmark, F. 2001. The use of mangrove wetland as a biofilter to treat shrimp pond effluents: preliminary results of an experiment on the Caribbean coast of Colombia. *Aquaculture Research* 32 (10): 787–799.
- Gedan, K. B., Kirwan, M. L., Wolanski, E., Barbier, E. B., & Silliman, B. R. (2011). The present and future role of coastal wetland vegetation in protecting shorelines : answering recent challenges to the paradigm. *Climatic Change*, 106, 7–29. <https://doi.org/10.1007/s10584-010-0003-7>
- Gunarto. 2004. Konservasi Mangrove Sebagai Pendukung Sumber Hayati Perikanan Pantai. *Jurnal Litbang Pertanian*, 23(1): 15-21.
- Hairiah, K., dan Rahayu, S., 2007. Petunjuk Praktis Pengukuran Karbon Tersimpan di Bagian Macam Penggunaan Lahan. World Agroforestry Centre ICRAF Southeast Asia. Bogor.
- Hairiah, K. Dewi, S. Agus, F. Velarde, S. Ekadinata, A. Rahayu, S. Noordwijk, M. (2011). *Measuring Carbon Stocks: Across Land Use Systems*. Bogor, Indonesia: World Agroforestry Center (ICRAF), SEA Regional Office.

- Halibas, A. S., Sibayan, R. O., Lyn, R., & Maata, R. (2017). The Penta Helix Model of Innovation in Oman: An HEI Perspective, (May). <https://doi.org/10.28945/3735>
- Hanafiah, K.A. 2005. Dasar-dasar Ilmu Tanah Edisi 1. Jakarta: Raja Grafindo Persada.
- Hartati, R., Pribadi, R., Astuti, R. W., Yesiana, R., & H, I. Y. (2016). Kajian Pengamanan Dan Perlindungan Pantai Di Wilayah Pesisir Kecamatan Kajian Pengamanan Dan Perlindungan Pantai Di Wilayah Pesisir Kecamatan Tugu Dan Genuk , Kota Semarang. *Jurnal Kelautan Tropis*, 19(2), 95–100. <https://doi.org/10.14710/jkt.v19i2.823>
- Hendromi., Jumarang, M.I., dan Putra, Y.S. 2015. Analisis Karakteristik Fisik Sedimen Pesisir Pantai Sebala Kabupaten Natuna. *Prisma Fisika III (01):21 – 28*.
- Hidayati, N. 2013. Mekanisme Fisiologis Tumbuhan Hiperakumulator Logam Berat. *Jurnal Teknik Lingkungan*. 14 (2) : 75-82.
- Indriani DP, Marisa H, dan Zakaria. 2009. Keanekaragaman spesies tumbuhan pada kawasan mangrove Nipah (*Nypa fruticans* Wurmb.) di kecamatan Pulau Rimau Kab. Banyuasin Sumatera Selatan. *J Penel Sains* 12(3):1-4.
- Irsadi, A dan Martuti, N.K.T. 2012. Peranan Mangrove Sebagai Biofilter Pencemaran Air di Wilayah Tambak Bandeng Tapak, Semarang. Laporan Penelitian. UNNES
- Irwanto, 2006. Keanekaragaman Fauna pada Habitat mangrove. Yogyakarta www.irwantosht.com. [20 Desember 2009]
- Jadia, C.D and Fulekar, M.H. 2009. Review: Phytoremediation of Heavy Metals – Recent Techniques. *African Journal of Biotechnology* 8 (6) : 921-928.
- Jesus A. 2012. Kondisi Ekosistem Mangrove Di Sub District Liquisa Timor-Leste. *Depik* 1(3): 136-143.
- Kartikasari, V., Tandjung, S.D dan Sunarto. 2002. Akumulasi Logam Berat Cr dan Pb Pada Tumbuhan Mangrove *Avicennia marina* Di Muara Sungai Babon Perbatasan Kota Semarang dan Kabupaten Demak Jawa Tengah. *Jurnal Manusia dan Lingkungan*, Vol. IX No. 3. Hal. 137-147.
- Kauffman, J. B., Heider, C., Norfolk, J., & Payton, F. (2014). Carbon stocks of intact mangroves and carbon emissions arising from their conversion

- in the Dominican Republic. *Ecological Applications*, 24(3), 518–527.
<https://doi.org/10.1890/13-0640.1>
- Keles, R. 2012. The Quality of Life and the Environment. *Procedia-Social and Behavioral Sciences* 35: 23-32.
- Kordi, H.G.M., 2012. Ekosistme Mangrove: Potensi, Fungsi, dan Pengelolaan. Rineka Cipta. Jakarta
- Kr'bek, Bohdan; Martin Mihaljevic; Ondra Sracek ;Ilija Kne'sl ; Vojte'ch Ettler and Imasiku Nyambe. 2011. The Extent of Arsenic and of Metal Uptake by Aboveground Tissues of *Pteris vittata* and *Cyperus involucratus* Growing in Copper- and Cobalt-Rich Tailings of the Zambian Copperbelt. *Arch Environ Contam Toxicol* 61:228–242
- Krupadam, R.J., Ahuja, R. and Wate, S. R. 2007. Heavy metal binding fractions in the sediments of the Godavari estuary, East Coast of India. *Environmental Modeling and Assessment* 12 (2): 145-155.
- Kumar, N.J.I., Sajish, P.R., Kumar, R.N., George, B and Vijol, S. 2011. Bioaccumulation of Lead, Zinc and Cadmium in *Avicennia marina* Mangrove Ecosystem near Narmada Estuary in Vamleshwar, West Coast of Gujarat, India. *Journal International. Environmental Application & Science*, 6 (1): 008-013.
- Kwartiningsih, E., Paryanto, Wibowo, W.A., Masturi, E., Jati, A.K., dan Santoso, D.P. 2013. Ekstraksi Tanin dari BuahMangrove (*Rhizophora mucronata*). *Prosiding Simposium RAPI XII, Fakultas Teknik UMS*. No. ISSN 1412-9612.
- Lasibani S.M., dan Eni, K., 2009. Pola Penyebaran Pertumbuhan "Propagul" Mangrove *Rhizophoraceae* di Kawasan Pesisir Sumatera Barat. *Jurnal Mangrove dan Pesisir* 10(1): 33-38.
- Liu, H., Ren, H., Hui, D., Wang, W., Liao, B., & Cao, Q. (2014). Carbon stocks and potential carbon storage in the mangrove forests of China. *Journal of Environmental Management*, 133, 86–93.
<https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2013.11.037>
- MacFarlane, G.R and Burchett, M.D. 2000. Cellular distribution of copper, lead and zinc in the grey mangrove, *Avicennia marina* (Forsk.) Vierh. *Aquatic Botany* 68 : 45–59.
- MacFarlane, G.R., Pulkownik, A. and Burchett, M.D. 2003. Accumulation and distribution of heavy metals in the grey mangrove, *Avicennia marina* (Forsk.) Vierh.: biological indication potential. *Environmental Pollution* 123 : 139–151.

- MacFarlane, G.R., Koller, C.E. and Blomberg, S.P.. 2007. Accumulation and partitioning of heavy metals in mangroves: A synthesis of field-based studies. *Chemosphere* 69 : 1454–1464.
- Machado, W., Moscatelli, M., Rezende, L.G. and Lacerda, L.D. 2002. Mercury, zinc, and copper accumulation in mangrove sediments surrounding a large landfill in southeast Brazil. *Environmental Pollution* 120 : 455–461.
- MacIntosh DJ & Ashton EC. 2002. A Review of Mangrove Biodiversity Conservation and Management. Centre for Tropical Ecosystems Research (center Aarhus).
- Mangrove Action Project Indonesia. 2007. Resep Panganan Dari Tumbuhan Mangrove. MAP-Indonesia dan Pusat Studi Asia Pasifik UGM. Yogyakarta
- Martuti, N., 2013. Keanekaragaman Mangrove di Wilayah Tapak, Tugurejo, Semarang. *Jurnal MIPA*, 36(1): 123-130.
- Martuti, N.K.T dan Irsadi, A. 2014. Peranan Mangrove Sebagai Biofilter Pencemaran Air Wilayah Tambak Bandeng Tapak, Semarang. *J. Manusia dan Lingkungan*, 21 (2): 188-194.
- Martuti, N. T. K., Widianarko, B., & Yulianto, B. (2016). Eliminasi logam Cu oleh serasah *Avicennia marina* di lingkungan tambak bandeng wilayah Tapak tugurejo, Semarang. *Jurnal Manusia Dan Lingkungan*, 23(3), 304–309. <https://doi.org/10.22146/jml.18800>
- Martuti, N.K.T. 2016. Pola Translokasi Logam Cu dalam Tumbuhan *Avicennia marina*. *Laporan Penelitian Hibah Disertasi Doktor. UNNES*.
- Martuti, N.K.T. 2016. Dinamika Logam Cu Dalam Tambak Bandeng: Interaksi Antara Media Lingkungan, *Avicennia marina* Dan Ikan Bandeng (*Chanos chanos*). *Disertasi Doktor DIL. UNDIP*. Semarang.
- Martuti, N.K.T., Soesilowati dan Na'am, M.F. 2016. IbM Kelompok Pengrajin Batik Mangrove. Laporan Pengabdian IbM. UNNES. Semarang.
- Martuti, N. K. T., Setyowati, D. L., Nugraha, S. B., & Mutiatari, D. P. (2017). Carbon stock potency of mangrove ecosystem at Tapak Sub-village, Semarang, Indonesia. *AAAL Bioflux*, 10(6), 1524–1533.
- Martuti, N.K.T., Hidayah, I., dan Margunani. 2018. Peran Mangrove dalam Perkembangan Batik Pesisiran di Kota Semarang. *Semnas*

Konservasi dan Pemanfaatan Keragaman Hayati untuk Kesejahteraan Bangsa: 45-52. <https://ejurnal.unisri.ac.id/index.php/prosemnas/article/view/2102/1872>.

- Martuti, N.K.T., Setyowati, D.L., Nugraha, S.B dan Sidiq, W.A.B.N. 2018. Model Estimasi Stok Karbon Ideal Mangrove Untuk Antisipasi Perubahan Iklim di Pesisir Kota Semarang. *Laporan Akhir Penelitian Terapan Unggulan Perguruan Tinggi*. UNNES. Semarang.
- Martuti, N.K.T., Susilowati, S.M.E., Sidiq, W.A.B.U dan Mutiatari, D.P. 2018. Peran Kelompok Masyarakat dalam Rehabilitasi Ekosistem Mangrove di Pesisir Kota Semarang. *Jurnal Wilayah dan Lingkungan* 6 (2): 100-114.
- Martuti, N.K.T., Anggraito, Y.U., and Anggraini, S. 2019. Vegetation Stratification in Semarang Coastal Area. *Biosaintifika* 11 (1) : 139-147.
- Munawar, S., Fahim, M., & Atif, S. (2015). International Biodeterioration & Biodegradation Reducing emissions from deforestation and forest degradation implementation in northern Pakistan. *International Biodeterioration & Biodegradation*, 102, 316–323. <https://doi.org/10.1016/j.ibiod.2015.02.027>
- Murdiyarto, D., Purbopuspito, J., Kau, J. B., Warren, M. W., Sasmito, S. D., Donato, D. C., ... Kurnianto, S. (2015). The potential of Indonesian mangrove forests for global climate change mitigation. *Nature Climate Change*, 8–11. <https://doi.org/10.1038/NCLIMATE2734>
- Mwegoha, W.J.S. 2008. The use of phytoremediation technology for abatement soil and groundwater pollution in Tanzania: opportunities and challenges. *Journal of Sustainable Development in Africa* 10 (1): 140–156.
- Nasprianto, Desy, M.H.M., Terry L.K., Restu, N.A.A., dan Andreas, H., 2016. Distribusi Karbon di Beberapa Perairan Sulawesi Utara. *Jurnal Manusia dan Lingkungan*, 23(1):34-41.
- Nybaken. J.W. 1992. *Biologi Laut: Suatu Pendekatan Ekologis*. PT. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.
- Paryanto., Kwartiningsih E., Agung W., Pranolo S.H., Haningtyas V., Hidayat R., dan Roy I.S. 2015. Pengambilan Zat Warna Alami Dari Buah Mangrove Spesies *Rhizophora mucronata* Untuk Pewarna Batik Ramah Lingkungan. *Jurnal Purifikasi* 15 (1): 34-40

- Patil, V., Singh, A., Naik, N., Seema, U., & Sawant, B. (2012). Carbon Sequestration in Mangroves Ecosystems. *Journal of Environmental Research and Development*, 7(1), 576–583.
- Pendleton, L., Donato, D. C., Murray, B. C., Crooks, S., Jenkins, W. A., Sifleet, S., ... Baldera, A. (2012). Estimating Global “Blue Carbon” Emissions from Conversion and Degradation of Vegetated Coastal Ecosystems. *PLoS ONE*, 7(9).
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0043542>
- Pretty, J. (2003). Social Capital and the Collective Management of Resources. *Science*, 302, 1912–1914.
<https://doi.org/10.1126/science.1090847>
- Pilon-Smits, E. 2005. Phytoremediation. *Annual Review of Plant Biology* 56 : 15-39.
- Prabantarikso, M., Fahmi, I., Fauzi, A.M, and Nuryantono, N. 2018. Strategic Collaborative Model of BGAC+ for Sustainable Housing Development in Indonesia. *IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci.*145 012128: 1-8.
- Prabowo, R.E. 2015. Peluang Bisnis Kuliner Buah Mangrove. *Prosiding Seminar Nasional Multi Disiplin Ilmu & Call For Papers Unisbank (Sendi_U). Kajian Multi Disiplin Ilmu untuk Mewujudkan Poros Maritim dalam Pembangunan Ekonomi Berbasis Kesejahteraan Rakyat.* ISBN: 978-979-3649-81-8
- Pramudji. 2001. Ekosistem Hutan Mangrove dan Peranannya sebagai Habitat berbagai Fauna Akuatik. *Oseana*, XXVI (4):13 - 23
- Priyanto, B dan Prayitno, J. 2007. Fitoremediasi sebagai Sebuah Teknologi Pemulihan Pencemaran, Khususnya Logam Berat. <http://tlt.bppt.tripod.com/sublab/flora1.htm>. diakses tanggal 15 Februari 2013.
- Priyono, A., Ilminingtyas, D., Mohson., Yuliani, L.S., dan Hakim, T.L. 2010. Beragam Produk Olahan Berbahan Dasar Mangrove. *KeSEMaT Semarang*.
- Rascio, N and Navari-Izzo, F. 2011. Review: Heavy metal hyperaccumulating plants: How and why do they do it? And what makes them so interesting. *Plant Science* 180 (2011) 169–181.
- Rejeki, S., Irwani, dan Hisyam, F.M. 2013. Struktur Komunitas Ikan pada Ekosistem Mangrove di Desa Bedono, Sayung, Demak. *Buletin Oseanografi Marina* 2 : 78 - 86

- Saenger, P., Hegerl, E.J. and Davie, J.D.S. (Eds.), 1983. Global Status of Mangrove Ecosystems. *The Environmentalist* 3 (Supplement):1-88.
- Saenger, P and McConchie, D. 2004. Heavy metals in mangroves: methodology, monitoring and management. *Envis Forest Bulletin*(4): 52-62.
- Sakuntaladewi, N., & Sylviani, S. (2014). Kerentanan dan upaya adaptasi masyarakat pesisir terhadap perubahan iklim. *Jurnal Penelitian Sosial Dan Ekonomi Kehutanan*, 11(4), 281–293.
- Satriadi, A., 2004. Jenis dan Karakteristik Sedimen Daerah Mangrove di Pantai Kabongan Lor Kabupaten Rembang. Laporan Penelitian. Universitas Dipenogoro, Semarang
- Schaduw, Joshian Nicolas William, 2015. Keberlanjutan Pengelolaan Ekosistem Mangrove Pulau Mantehage, Kecamatan Wori, Kabupaten Minahasa Utara Provinsi Sulawesi Utara. *Jurnal LPPM Bidang Sains dan Teknologi* 2 (2): 60-70.
- Setyawan A.D., Winarno, K dan Purin, C.P. 2003b. Ekosistem Mangrove di Jawa: Restorasi. *Jurnal Biodiversitas* 4 (2): 105-118
- Sengupta, R. 2010. Mangrove Soldiers of our Coasts. *Mangrove For The Future India*, 20, Anand Lok, August Kranti Marg. India.
- Setyawan AD, Indrowuryatno, Wiryanto, Winarno K, & Susilowati A. 2005. Tumbuhan mangrove di pesisir Jawa Tengah: 1. Keanekaragaman jenis. *J Biodiversitas* 6 (2):90-94.
- Setyawan, AD dan K. Winarno. 2006. Pemanfaatan Langsung Ekosistem Mangrove di Jawa Tengah dan Penggunaan Lahan di Sekitarnya; Kerusakan dan Upaya Restorasinya. *Jurnal Biodiversitas*; 7 (3) 282-291.
- Soesilowati, E., Kariada, N., & Margunani, M. (2017). Model for empowering farmers at dry land through quadruple helix approach. *Journal of Arts & Humanities*, 6(4), 1–9. <https://doi.org/10.18533/journal.v6i4.1131>
- Soewito. 1984. Status Ekosistem Hutan Mangrove dalam Kaitannya dengan Kepentingan Perikanan di Indonesia dan Kemungkinan Pengembangannya. Dalam *Prosiding Seminar II Ekosistem Mangrove*. Jakarta. hal 124-125.
- Streimikiene, D. 2015. Environmental Indicators for the Assessment of Quality of Life. *Intellectual Economics* 9: 67-79.

- Stringer, C. E., Trettin, C. C., Zarnoch, S. J., & Tang, W. (2015). Carbon stocks of mangroves within the Zambezi River Delta, Mozambique. *Forest Ecology and Management*, 354, 139–148. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2015.06.027>
- Sudiarta, M. 2006. Ekowisata Hutan Mangrove: Wahana Pelestarian Alam Dan Pendidikan Lingkungan. *Jurnal Manajemen Pariwisata* 5(1): 1-25
- Sukardjo, S. 1984. EKOSISTEM MANGROVE. *Oseana*. IX (4) : 102-115
- Sunu. 2001. Melindungi Lingkungan dengan Menerapkan ISO 14001. PT. Gramedia, Jakarta.
- Supriharyono, 2009. Konservasi Ekosistem Sumberdaya Hayati di Wilayah Pesisir dan Laut Tropis. Pustaka Pelajar. Yogyakarta.
- Susanto AH, Soedarti T, & Purnobasuki H. 2013. Struktur komunitas mangrove di sekitar jembatan Suramadu sisi Surabaya. *J Bioscientiae* 10(1):1-10.
- Susiana. 2015. Analisis Kualitas Air Ekosistem Mangrove di Estuari Perancak, Bali. *Jurnal Ilmiah agribisnis dan Perikanan (agrikan UMMU-Ternate)*. 8 (1): 42-49.
- Sutaryo, D., 2009. Penghitungan Biomassa, Sebuah Pengantar untuk Studi Karbon dan Perdagangan Karbon. Wetlands International Indonesian Program. Bogo
- Tam N.F.Y and Wong, Y.S. 1996. Retention and distribution of heavy metals in mangrove soils receiving wastewater. *Journal Environmental Pollution* 94: 283-291.
- Umam, K., Sudiarto., dan Winarno, S.T. 2015. Strategi Pengembangan Ekowisata Mangrove Wonorejo Surabaya. *Jurnal Agraris* 1 (1): 38 - 42
- Undang-Undang Nomor 32. 2009. Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup. Lembaran Negara Republik Indonesia Nomor 5059. Republik Indonesia. Jakarta.
- Usman, A.R.A., Alkredaa, R S. and Al-Wabel, M.I. . 2013. Heavy metal contamination in sediments and mangroves from the coast of Red Sea: *Avicennia marina* as potential metal bioaccumulator. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 97 : 263–270.
- Valiela, I., Bowen, J. L., & York, J. K. (2001). Mangrove Forests : One of the World ' s Threatened Major Tropical Environments. *BioScience*, 51(10), 807–815.

- van der Werf, G. R., Morton, D. C., DeFries, R. S., Olivier, J. G. J., Kasibhatla, P. S., Jackson, R. B., ... Randerson, J. T. (2009). CO₂ emissions from forest loss. *Nature Geoscience*, 2(11), 737–738. <https://doi.org/10.1038/ngeo671>
- Wang, G., Guan, D., Peart, M. R., Chen, Y., & Peng, Y. (2013). Ecosystem carbon stocks of mangrove forest in Yingluo Bay, Guangdong Province of South China. *Forest Ecology and Management*, 310, 539–546. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2013.08.045>
- Watson, J.G. 1928. Mangrove forest of the Malay Peninsula. *Malayan Forest Records* 6:1- 275
- Wen Qiu, Y., Yu, K.F., Zhang, G and Wang, W.X. 2011. Accumulation and partitioning of seven trace metals in mangroves and sediment cores from three estuarine wetlands of Hainan Island, China. *Journal of Hazardous Materials* 190 : 631–638.
- White, A.T., P. Martosubroto & M.S.M. Sadorra. Editor. 1989. *The Coastal Environmental Profile of Segara Anakan-Cilacap, South Java, Indonesia*. ICLARM Technical Reports 25, 82 hal. International Center for Living Aquatic Resources Management, Manila, Philippines.
- Widyastuti, M. dan Wahyu, S.L, 1998. Identifikasi dan Pengukuran Parameter Fisik di Lapangan. Kerjasama Fakultas Geografi - UGM dengan Bakosurtanal BANGDA dalam rangka Proyek MREP Sulawesi Selatan
- Yuliani, D.E., Sitorus, S dan Wirawan, T. 2013. Analisis Kemampuan Kiambang (*Salvinia molesta*) Untuk Menurunkan Konsentrasi Ion Logam Cu Pada Media Tumbuh Air. *Jurnal Kimia Mulawarman* 10 (2): 68-73.
- Yulistiyanto, B. (2009). Mangrove dengan alat pemecah ombak (APO) sebagai perlindungan garis pantai. In *Seminar Nasional Manajemen Sumberdaya Air Partisipatif Guna Mengantisipasi Dampak Perubahan Iklim Global*.

GLOSARIUM

A

- Abrasi : Proses pengikisan pantai oleh tenaga gelombang laut dan arus laut yang bersifat merusak, disebut juga erosi pantai.
- AGB : *Above Ground Biomass* adalah biomassa tumbuhan di atas permukaan tanah, berat bahan unsur organik per unit luas pada waktu tertentu yang dihubungkan ke suatu fungsi sistem produksi, umur, tegakkan hutan, dan distribusi organik
- Akar napas : *Pneumatofor* adalah akar khusus yang tumbuh sebagai pembantu proses pernafasan tambahan tumbuhan yang hidup di air.
- Alometrik : Hubungan antara ukuran atau pertumbuhan dari salah satu komponen makhluk hidup dengan keseluruhan komponen dari makhluk hidup tersebut. Sementara itu persamaan alometrik adalah persamaan yang menyatakan hubungan antara ukuran atau pertumbuhan dari salah satu komponen makhluk hidup dengan keseluruhan komponen dari makhluk hidup tersebut. model-model alometrik digunakan untuk pendugaan biomassa pohon.
- Ameliorasi : Salah satu mekanisme tumbuhan dalam menghadapi konsentrasi toksik, yakni meliputi (a) lokalisasi (intraseluler atau ekstraseluler), biasanya di dalam akar; (b) ekskresi, secara aktif melalui kelenjar pada tajuk atau secara pasif melalui akumulasi pada daun-daun tua yang diikuti dengan absisi daun; (c) dilusi yaitu melalui pengenceran; dan (d) inaktivasi secara kimia.
- Anoksik : keadaan tanpa oksigen yang sering kali terdapat di rawa-rawa daerah tropis atau pada permukaan tertentu suatu perairan (anaerob)

- Antropogenik : sumber pencemaran yang tidak alami, timbul karena ada pengaruh atau campur tangan manusia atau aktifitas manusia.
- APO : alat pemecah ombak, prasanana yang dibangun untuk memecahkan ombak/gelombang, dengan menyerap sebagian energi gelombang. Pemecah gelombang digunakan untuk mengendalikan abrasi yang menggerus garis pantai.

B

- BCF : *Bio Concentration Factor* adalah konsentrasi logam berat yang ada di dalam organisme dibagi dengan konsentrasi logam berat dalam medium organisme tersebut.
- Beach nourishment* : Pasokan pasir ke pantai untuk meningkatkan nilai rekreasi dan/atau untuk mengamankan pantai terhadap erosi pantai.
- Bioavailable : Ketersediaan hayati.
- Bioindikator : Organisme yang memiliki sensitifitas terhadap perubahan lingkungan sehingga dapat digunakan sebagai tanda terjadinya perubahan tersebut.
- Bioremediasi : Mekanisme secara biologi dalam menghilangkan, memindahkan, dan atau menghancurkan kontaminan dalam lingkungan, baik pada lingkungan tanah maupun perairan. Metode bioremediasi dikenal dengan dua cara yaitu penggunaan mikroorganisme (mikro flora dan mikro fauna) untuk mendegradasi senyawa xenobiotik dan rekalsitran serta fitoremediasi yang menggunakan tumbuhan dalam penyerapan, tranformasi dan imobilisasi logam berat serta senyawa organic lainnya.
- Biosphere : seluruh ruang hidup yang ditempati organisme.
- Breakwater* : Bangunan yang digunakan untuk melindungi daerah perairan pelabuhan dari gangguan

gelombang.

Bulk Density : Berat partikel per satuan volume tanah beserta porinya.

C

C Organik : Kandungan karbon organik tanah adalah presentase kesuburan dalam tanah yang terdiri dari berbagai ikatan C (karbon)

Carbon : Stok karbon

sequestration
Clay

: Partikel mineral berkerangka dasar silikat yang berdiameter kurang dari 4 μm . Lempung mengandung leburan silika dan/ atau aluminium yang halus.

CO₂-ekuivalen : Jejak karbon terukur dinyatakan dalam CO₂ equivalent/setara dan biasanya dalam satuan ton. Frasa ekuivalen atau setara memberi arti bahwa jejak karbon ini terbentuk dari sejumlah gas rumah kaca yang berbeda, yang telah dikonversi dalam jumlah yang setara dengan CO₂ dengan tujuan agar semua emisi tersebut dinyatakan dalam satu satuan tunggal.

Cr : Kromium adalah suatu unsur kimia dalam tabel periodik dengan nomor atom 24

Cu : Tembaga adalah suatu unsur kimia dalam tabel periodik yang memiliki nomor atom 29

D

DBH : *Diameter at Breast Height* adalah diameter pohon setinggi dada

Defoliasi : Pemotongan atau pengambilan bagian tanaman yang ada di atas permukaan tanah.

Deforestasi : Proses penghilangan hutan alam dengan cara penebangan untuk diambil kayunya atau

mengubah peruntukan lahan hutan menjadi non-hutan. Bisa juga disebabkan oleh kebakaran hutan baik yang disengaja atau terjadi secara alami.

- Detoksifikasi : Proses metabolisme dalam mengurangi kadar racun di dalam jaringan organisme dengan penyerapan, distribusi, biotransformasi dan ekskresi molekul toksin.
- Dilusi : Proses pengenceran dalam proses ameliorasi.

E

- Ekoeduwisata : Suatu bentuk perjalanan wisata ke area alami yang dilakukan dengan tujuan mengkonservasi lingkungan dan melestarikan kehidupan dan kesejahteraan penduduk setempat.
- Ekowisata : Merupakan konsep dari pengembangan pengelolaan lingkungan hidup melalui sektor pariwisata yang memberikan nilai tambah terhadap upaya pelestarian lingkungan
- Ekskresi : Proses metabolisme tumbuhan untuk mengeluarkan produk sisa/limbah dari jaringan tubuhnya
- Eliminasi :

F

- Fisiografi : Salah satu cabang ilmu Geografi yang mempelajari suatu wilayah daerah atau negara berdasarkan segi fisiknya, seperti dari segi garis lintang dan garis bujur, posisi dengan daerah lain, batuan yang ada dalam bumi, relief permukaan bumi, serta kaitannya dengan laut.
- Fitoremediasi : Suatu sistem dimana tanaman tertentu pada lingkungan (tanah atau perairan) yang dapat mengubah zat kontaminan (pencemar/polutan) menjadi kurang atau tidak berbahaya

Fixer : Proses penguncian warna dalam membuat setelah bahan dicelup dengan zat warna alam agar warna memiliki ketahanan luntur yang baik. Ada 3 jenis larutan *fixer* yang biasa digunakan yaitu tunjung ($FeSO_4$), tawas, atau kapur tohor ($CaCO_3$).

G

GRK : Gas Rumah Kaca adalah gas-gas yang ada di atmosfer yang menyebabkan efek rumah kaca

H

Hutan terestrial : Sumberdaya hutan yang berada di daratan.

Hybrid engineering : Teknologi sederhana dengan biaya rendah, yakni membuat bendungan dari kayu, serasah dan ranting.

Hyperaccumulator : Hiperakumulator tumbuhan yang mempunyai kemampuan untuk mengkonsentrasikan logam di dalam biomasnya dalam kadar yang luar biasa tinggi. Tanaman hiperakumulator harus mampu mentranslokasikan unsur-unsur tertentu tersebut dengan konsentrasi sangat tinggi ke pucuk dan tanpa membuat tanaman tumbuh dengan tidak normal dalam arti kata tidak kerdil dan tidak mengalami fitotoksisitas

I

Intertidal : Zona yang dipengaruhi oleh pasang surut air laut dengan luas area yang sempit antara daerah pasang tertinggi dan surut terendah. Pada zona ini terdapat variasi faktor lingkungan yang cukup besar, seperti fluktuasi suhu, salinitas, kecerahan dan lain-lain.

IPCC : Intergovernmental Panel on Climate Change atau

Panel Antarpemerintah Tentang Perubahan Iklim" adalah suatu panel ilmiah yang terdiri dari para ilmuwan dari seluruh dunia.

J

Jogging track : Sarana/jalur khusus yang dibuat untuk fasilitas pejalan kaki atau berlari (jogging).

K

Kapur tohor : Dikenal pula dengan nama kimia kalsium oksida (CaO), adalah hasil pembakaran kapur mentah (kalsium karbonat atau CaCO₃) pada suhu kurang lebih 90 derajat Celcius. Jika disiram dengan air, maka kapur tohor akan menghasilkan panas dan berubah menjadi kapur padam (kalsium hidroksida, CaOH).

L

Landsat 8 : sebuah satelit observasi bumi Amerika yang diluncurkan pada tanggal 11 Februari 2013. Ini adalah satelit kedelapan dalam program Landsat; ketujuh untuk berhasil mencapai orbit. Awalnya disebut Landsat data Continuity Mission (LDCM). Merupakan hasil kolaborasi antara NASA dan Geological Survey Amerika Serikat (USGS).

M

Masterplan : Rencana induk pedoman dalam pembangunan dan pengembangan suatu tempat / daerah yang mencakup seluruh kebutuhan dan penggunaan tanah serta ruang untuk kegiatan-kegiatan penunjang.

Metallophytes : Setiap tanaman yang dapat mentolerir kandungan logam yang tinggi dalam lingkungannya

Mitigasi : Serangkaian upaya untuk mengurangi resiko bencana, baik melalui pembangunan fisik maupun

penyadaran dan peningkatan kemampuan menghadapi ancaman bencana.

- Monokultur : Pertanaman tunggal, yaitu salah satu cara budidaya di lahan pertanian dengan menanam satu jenis tanaman pada satu areal.
- Multi stakeholder : Struktur tata kelola yang berusaha mempersatukan para pemangku kepentingan untuk berpartisipasi dalam dialog, pengambilan keputusan, dan pelaksanaan solusi bagi masalah atau tujuan bersama.

P

- Pb : Timbal suatu unsur kimia dalam tabel periodik yang memiliki nomor atom 82
- Penta-helix : Kerjasama antar lini/bidang *Academic, Business, Community, Government*, dan Media atau dikenal sebagai ABCGM.
- Phytostabilisers : Potensi tanaman dalam menetralsir logam beracun dari lingkungan hidupnya.
- Pneumatofor : Akar napas adalah akar khusus yang tumbuh sebagai pembantu proses pernafasan tumbuhan yang hidup di air atau rawa
- Propagul : Suatu bentuk atau bagian dari organisme yang dipergunakan sebagai alat penyebaran atau reproduksi. Dalam tumbuhan mangrove propagule adalah buah mangrove yang telah mengalami perkecambahan

R

- REDD : *Reducing Emissions from Deforestation and Forest Degradation* (Pengurangan emisi dari deforestasi dan degradasi hutan): Sebuah mekanisme untuk mengurangi emisi GRK dengan cara memberikan kompensasi kepada pihak-pihak yang melakukan pencegahan deforestasi dan

degradasi hutan

- Rehabilitasi : Suatu usaha memulihkan kembali, memperbaiki dan meningkatkan kondisi lahan yang rusak supaya dapat berfungsi secara optimal.
- Revetment* : Struktur pelindung pantai yang dibuat sejajar pantai dan biasanya memiliki permukaan miring. Strukturnya biasa terdiri dari bahan beton, timbunan batu, karung pasir, dan beronjong (gabion).
- Revitalisasi : Suatu proses atau cara dan perbuatan untuk menghidupkan kembali suatu hal yang sebelumnya kurang berdaya.
- Ring Soil Sampler* : Peralatan berbentuk ring atau tabung yang berfungsi untuk mengambil contoh tanah

S

- Sabuk hijau : Ruang terbuka hijau yang memiliki tujuan utama untuk membatasi perkembangan suatu penggunaan lahan atau membatasi aktivitas satu dengan aktivitas lainnya agar tidak saling mengganggu.
- Sabuk pantai : Penghalang fisik buatan ataupun alami yang bermanfaat untuk mencegah atau mengurangi kerusakan ekosistem pantai akibat erosi.
- Salinitas : Tingkat keasinan atau kadar garam terlarut dalam air. Dapat mengacu pula pada kandungan garam dalam tanah.
- Sand by passing* : Solusi permanen untuk mengatasi erosi dan permasalahan pesisir yang mempengaruhi muara sungai dengan melakukan drifting pasir.
- Sea wall* : Bentuk konstruksi pelindung pantai untuk melindungi lingkungan permukiman penduduk, konservasi dan aktivitas pariwisata dari bahaya gelombang/ombak dan tsunami.

- Sempadan pantai : Daratan sepanjang tepian pantai, yang lebarnya proporsional dengan bentuk dan kondisi fisik pantai, minimal 100 m dari titik pasang tertinggi ke arah darat. Batas sempadan pantai adalah ruang sempadan pantai yang ditetapkan berdasarkan metode tertentu
- Silt : Lanau adalah partikel batuan yang berukuran dari 0,002 mm sampai 0,0074 mm.
- Stok karbon : Kandungan karbon tersimpan baik itu pada permukaan tanah sebagai biomasa tanaman, sisa tanaman yang sudah mati (nekromasa), maupun dalam tanah sebagai bahan organik tanah. Perubahan wujud karbon ini kemudian menjadi dasar untuk menghitung emisi, dimana sebagian besar unsur karbon (C) yang terurai ke udara biasanya terikat dengan O₂ (oksigen) dan menjadi CO₂ (karbon dioksida).
- Sukulensi : Penebalan daun

T

- TF : *Translocation Factor* adalah kemampuan tanaman dalam memindahkan logam dari akar ke seluruh jaringan

U

- UNEP : United Nations Environment Programme, suatu badan/agensi yang berperan mengkoordinasikan aktivitas-aktivitas alam sekitar Perserikatan Bangsa-Bangsa dengan membantu negara-negara berkembang melaksanakan kebijakan mengenai alam dan menggalakkan sustainable development di dunia.

V

Viviparous : Kemampuan reproduksi mangrove dimana biji yang telah berkecambah ketika masih melekat pada pohon induknya dan kecambah telah keluar dari buah.

W

Wanamina : Konsep pemisahan kolam penanaman mangrove dengan kolam ikan untuk menjaga peran tumbuhan mangrove sebagai fitoremediasi agar tetap berlangsung, tanpa mengganggu kolam ikan yang dipelihara.

Z

Zn : Timah sari adalah unsur kimia yang memiliki bernomor atom 30

INDEKS

A

AGB : 41
Alometrik: 38
Ameliorasi: 25, 27
Anoksik: 11

B

BCF: 24
Bioavailable: 26, 33
Bioindikator: 25
Bioremediasi: 22
Bulk Density: 42, 43, 44

C

C Organik: 43
Carbon sequestration: 36
Clay: 15
CO₂-ekuivalen: 38
Cr: 31
Cu: 23, 24, 25, 26, 32, 33

D

DBH: 37, 38, 39
Detoksifikasi: 25, 27, 30
Dilusi: 25, 27, 32

E

Ekoeduwisata: 6, 56, 57, 59
Ekowisata: 4, 56, 57
Ekskresi: 12, 25, 26, 27

F

Fisiografi: 12
Fitoremediasi: 5, 22, 23, 32, 33
Fixer: 54

G

GRK: 34

H

Hyperaccumulator: 23

I

Intertidal: 1, 14

M

Metallophytes: 31

P

Pb: 24, 31, 32
Phytostabilizers: 30
Pneumatofor: 9
Propagul: 11, 54

R

REDD: 34, 35, 36
Ring Soil Sampler: 43

S

Sempadan pantai: 19
Silt: 15
Stok karbon: 2, 5, 6, 34, 36, 37, 38, 39
Sukulensi: 26

T

TF: 24, 25

V

Viviparous: 2, 58

Z

Zn: 26, 27, 32, 33

ISBN 978-602-52868-5-8



9 786025 286858