

**PRAKTEK
METEOROLOGI KELAUTAN**

PRAKTEK METEOROLOGI KELAUTAN

**Drs. Soerjadi Wirjohamidjojo
Sugarin, S. Si**

Soerjadi Wirjohamidjojo

Praktek Meteorologi Kelautan / Soerjadi Wirjohamidjojo dan Sugarin, SSI
Jakarta : Badan Meteorologi dan Geofisika, 2008.

192 hlm; 21 cm

ISBN : 978-979-1241-15-1

1. Cuaca. I. Judul. II. Sugarin

551.6

Penulis : Soerjadi Wirjohamidjojo
Sugarin, SSI

Kontributor : Prof. Dr. Mezak A. Ratag

Penerbit : Badan Meteorologi dan Geofisika
Jl. Angkasa I No.2 Kemayoran, Jakarta, Indonesia 10720
Telp. (+6221) 4246321; Faks. (+6221) 4246703

(C) Badan meteorologi dan Geofisika, 2008

Motto :

*bila memberi sesuatu
berikan sesuatu yang bermanfaat
agar mereka yang menerimanya
dapat memanfaatkan
dan
merasakan manfaatnya*

KATA PENGANTAR

Buku yang diberi judul PRAKTIK METEOROLOGI KELAUTAN ini berisi uraian tentang informasi cuaca dalam kaitannya dengan kegiatan kelautan. Buku ini disajikan kepada masyarakat meteorologi dan masyarakat kelautan khususnya dan masyarakat lain pada umumnya dengan maksud untuk memberi tambahan pengetahuan tentang meteorologi yang diperlukan dalam kegiatan kelautan.

Mengingat bahwa kegiatan kelautan terus meningkat, maka aturan-aturan yang berkaitan dengan meteorologi kelautan juga terus-menerus disesuaikan. Oleh karena itu, contoh-contoh mengenai berbagai hal yang diambil dari aturan-aturan atau rujukan yang pada saat itu berlaku mungkin tidak lagi sama dengan aturan-aturan yang diubah setelah buku ini diterbitkan.

Uraian dalam buku ini dimaksudkan sebagai pengetahuan tentang apa dan bagaimana informasi cuaca dimanfaatkan dalam kegiatan kelautan. Isi buku disusun dalam enam bab dengan sistematika sebagai berikut:

Bab I Pendahuluan

Bab II Kegiatan Kelautan

Bab III Sistem Cuaca Laut

Bab IV Sistem Informasi Cuaca Laut

Bab V Penyajian Informasi Cuaca Laut

Bab VI Dampak Dan Kegunaan Cuaca Dalam Kegiatan Kelautan

Bab I, sebagai pembukaan, memuat uraian secara umum tentang sensitivitas kelautan terhadap cuaca dan penggunaan informasi cuaca dalam kelautan, khususnya yang berkaitan dengan keselamatan kelautan.

Dalam kelautan informasi meteorologi termasuk salah satu dari berbagai macam informasi kelautan. Semua informasi tersebut dibuat dengan maksud untuk membantu peningkatan efisiensi dan keselamatan di laut. Uraian mengenai berbagai macam informasi kelautan tersebut dimuat dalam Bab II.

Dalam Bab III diuraikan tentang cuaca laut, yakni cuaca yang diperlukan dan yang perlu diperhatikan dalam kegiatan kelautan. Uraian tentang cuaca kelautan tersebut penulis pandang perlu mengingat bahwa setiap orang atau setiap kegiatan mempunyai tanggap dan kepekaan berbeda kepada cuaca. Bagaimana proses penyediaan informasi cuaca dalam kelautan tersebut dibahas dalam Bab IV.

Informasi cuaca kelautan tidak hanya digunakan oleh kalangan terbatas, melainkan oleh masyarakat banyak dan bahkan dalam lingkup internasional. Oleh karena itu, penyajiannya perlu diatur dalam waktu dan dengan format tertentu yang ditetapkan. Penjelasan tentang penyajian dan penyampaian informasi cuaca tersebut dimuat dalam Bab V.

Pada dasarnya informasi cuaca dalam kelautan adalah untuk meningkatkan keselamatan dan meningkatkan efisiensi kegiatan kelautan. Beberapa contoh dampak cuaca yang membahayakan dan teknik penerapan cuaca untuk memperoleh peningkatan efisiensi kelautan diuraikan dalam Bab VI.

Karena informasi kelautan, termasuk informasi cuaca laut, digunakan oleh masyarakat kelautan secara luas, baik dalam lingkup nasional maupun internasional, maka dalam informasi tersebut banyak digunakan istilah asing dan istilah-istilah yang khusus atau kata sandi dalam bahasa asing. Dalam hal tersebut penulis mencoba

menerjemahkan istilah-istilah tersebut ke dalam istilah bahasa Indonesia dengan merujuk kepada istilah-istilah meteorologi yang telah dibakukan. Selanjutnya, untuk istilah dalam bahasa Indonesia yang dipandang masih asing, istilah asingnya ditulis dalam kurung dibelakangnya dengan huruf yang dicetak miring. Selain itu, juga banyak digunakan kata-kata singkatan dan kata sandi sesuai dengan yang ditetapkan oleh Organisasi Meteorologi Dunia (*World Meteorological Organization* = WMO). Kesemuanya itu menunjukkan kekhususan dari informasi cuaca dalam kegiatan kelautan yang berbeda dengan yang diperlukan dalam bidang lain. Namun demikian karena informasi cuaca kelautan juga diperlukan bagi masyarakat lain, misalnya para nelayan, para wisata, eksplorasi, maka informasi cuaca perlu disajikan dalam bentuk sederhana yang mudah dipahami.

Selain itu pada lampiran disajikan pula daftar kata akronim yang banyak digunakan dalam kaitannya dengan meteorologi kelautan.

Penulis menyadari bahwa buku ini masih banyak kekurangan; oleh karena itu, penulis sangat mengharapkan kritik, koreksi, dan masukan guna penyempurnaan di kemudian hari.

Ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada Kepala Badan Meteorologi dan Geofisika (Ibu Ir. Sri Woro Budiarti Harjono MSc) yang telah merestui penulisan buku ini. Ucapan terima kasih juga penulis sampaikan kepada Kepala Pusat Penelitian dan Pengembangan Meteorologi dan Geofisika Badan Meteorologi dan Geofisika (Prof. DR. Mezak A. Ratag) yang telah memberikan koreksi, fasilitas, dan lain-lain sehingga penyusunan buku dapat dilakukan dengan tepat waktu.

Akhirnya penulis menyampaikan penghargaan dan terima kasih kepada semua pihak yang telah memberikan bantuan data, bahan, dan

lain-lain sehingga penyusunan buku ini dapat terselesaikan sampai penerbitannya.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Jakarta, Juli 2008

Penulis

Daftar Gambar

Gambar 1.1	Bagan sistematika pembedangan meteorologi dan klimatologi.	4
Gambar 1.2	Kawasan pantai	6
Gambar 2.1	Kegiatan bongkar muat di pelabuhan laut.	13
Gambar 2.2	Kegiatan nelayan/perikanan di laut dangkal.	15
Gambar 2.3	Kapal dan bangunan panggung (platform) pengeboran minyak lepas pantai.	17
Gambar 3.1	Pengamatan cuaca laut di Bouy yang ditempatkan tetap.	27
Gambar 3.2	Stasiun pengamatan cuaca di kapal laut.	28
Gambar 3.3	Sebaran suhu muka laut.	36
Gambar 3.4	Peta isobar permukaan.	37
Gambar 3.5	Palung tekanan rendah	37
Gambar 3.6	Perenggan.	38
Gambar 3.7	Vektor angin termal	47
Gambar 3.8	Awan badaiguntur.	54
Gambar 3.9	Bagan badai guntur massa udara	55
Gambar 3.10	Awan badai guntur termal.	56
Gambar 3.11	Awan badai guntur orografi.	57
Gambar 3.12	Bagan tingkat pertumbuhan sel badai guntur (a) muda, (b) dewasa, (c) tua.	57
Gambar 3.13	Badai guntur pada tingkat dewasa.	59
Gambar 3.14	Awan puting beliung.	66
Gambar 3.15	Belalai air.	68
Gambar 3.16	Bagan siklon.	69
Gambar 3.17	Gelombang timuran di laut Karibia.	70
Gambar 3.18	Daerah sumber dan arah gerak siklon tropis.	73
Gambar 3.19	Foto siklon tropis dari satelit cuaca.	74
Gambar 3.20	Refraksi sepanjang pantai rata yang kontur kedalamannya sejajar.	84
Gambar 3.21	Refraksi sepanjang pantai rata yang kontur kedalamannya berbentuk panggung.	85

Gambar	3.22	Refraksi sepanjang pantai rata yang kontur kedalamannya berbentuk palung.	85
Gambar	3.23	Refraksi sepanjang pantai yang tidak teratur.	86
Gambar	3.24	Gelombang pecah.	87
Gambar	3.25	Daerah jangkauan angin pembentuk gelombang	88
Gambar	3.26	Bagan peredaran air pada permukaan laut.	89
Gambar	3.27	Variasi angin mengikut kedalaman.	90
Gambar	3.28	Bagan arah angin dalam bulan Januari.	105
Gambar	3.29	Bagan arah angin dalam bulan Juli.	105
Gambar	3.30	Posisi PPAT paling utara.	112
Gambar	3.31	Posisi PPAT paling selatan.	113
Gambar	4.1	Stasiun Meteorologi Maritim : 10	118
Gambar	4.2	Stasiun Pengamatan Pasangsurut BAKOSURTANAL	118
Gambar	4.3	Daerah dan Negara penanggungjawab penyediaan Ikhtisar Klimatologi Cuaca Laut.	126
Gambar	5.1	Daerah cakupan satelit penyiaran Sistem Keselamatan dan Marabahaya Laut Global	136
Gambar	5.2	Daerah tanggungjawab penyedia buletin cuaca laut daerah laut dalam.	138
Gambar	6.1	Peta sebaran suhu muka laut.	162
Gambar	6.2	Daerah yang rawan polusi laut dari transportasi.	165

Daftar Tabel

Tabel	3.1	Pengamatan unsur cuaca yang diwajibkan (x) bagi stasiun kapal bergerak.	32
Tabel	3.2	Skala Beaufort dan kecepatan angin.	40
Tabel	3.3	Angin geostrofik dan isobar	43
Tabel	3.4	Angin landaian.	44
Tabel	3.4a	Angin landaian (lanjutan)	45
Tabel	3.5	Rata-rata keseringan hari badai guntur pertahun di beberapa tempat di Indoensia.	62
Tabel	3.6	Data kematian karena siklon tropis.	72
Tabel	4.1	Istilah angin dan kondisi laut dalam gawar.	123

DAFTAR ISI

PENGANTAR	i
DAFTAR GAMBAR	v
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR ISI	viii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1. Bidang Ilmu	2
1.2. Kelautan	5
1.2.1. Wilayah Laut	6
1.2.2. Kapal Laut	7
1.2.3. Bandar Laut	8
1.2.4. Alur Pelayaran	8
1.3. Keselamatan Pelayaran	8
BAB 2 KEGIATAN KELAUTAN	11
2.1. Kegiatan Pelabuhanan	12
2.2. Kegiatan Pelayaran	14
2.3. Kegiatan Nelayan / Perikanan	15
2.4. Kegiatan Eksplorasi	16
2.5. Kegiatan SAR (<i>Search And Rescue</i>)	17
2.6. Kegiatan Penelitian	17
BAB 3 SISTEM CUACA LAUT	19
3.1. Interaksi Atmosfer - Laut	19
3.1.1. Perbedaan Rapat Massa	20
3.1.2. Perbedaan Sifat Optik	21
3.1.3. Perbedaan Sifat Tekanan	22
3.1.4. Perbedaan Kapasitas Bahang (<i>Heat Capacity</i>)	24
3.2. Pertukaran dan Perpindahan Sifat	25
3.2.1. Pertukaran dan Perpindahan Momentum	25
3.2.2. Pertukaran Dan Perpindahan Energi	26
3.3. Pengamatan Cuaca Laut	27

3.3.1.	Stasiun Pengamatan Cuaca Laut	27
3.3.2.	Unsur Cuaca Laut	31
3.3.3.	Fenomena Cuaca Laut	50
3.4.	Sistem Cuaca Laut Kawasan Indonesia	93
3.4.1.	Monsun di Sekitar Indonesia	94
3.4.2.	Monsun di Indonesia	103
3.4.3.	Pasat	104
3.4.4.	Pias Pumpun Antartropis (PPAT)	111
BAB 4	SISTEM INFORMASI CUACA LAUT	117
4.1.	Stasiun Meteorologi Kelautan (Maritim)	117
4.2.	Informasi Cuaca Laut	118
4.2.1.	Penyediaan Informasi	119
4.2.2.	Macam Informasi	120
4.2.3.	Format Dan Isi Informasi	120
4.2.4.	Informasi Klimatologi Cuaca Laut	125
BAB 5	PELAYANAN INFORMASI CUACA LAUT	129
5.1.	Koordinasi Internasional	130
5.2.	Pelayanan Informasi Cuaca Untuk Kegiatan Kelautan di Laut Dalam	134
5.2.1.	Umum	134
5.2.2.	Pelayanan	143
5.3.	Pelayanan Informasi Cuaca Untuk Kegiatan Di Pantai Dan Di Lepas Pantai	144
5.3.1.	Umum	144
5.3.2.	Pelayanan	145
BAB 6	DAMPAK DAN KEGUNAAN CUACA DALAM KEGIATAN KELAUTAN	155
6.1.	Dalam Kegiatan Ke Pelabuhanan	157
6.2.	Dalam Kegiatan Pelayaran	157
6.2.1.	Informasi klimatologi	157
6.2.2.	Pemilihan alur pelayaran	158
6.3.	Dalam Kegiatan Nelayan	161

6.4. Dalam Kegiatan Eksplorasi	163
6.5. Dalam Kegiatan Industri Maritim	164
6.6. Dalam Kegiatan Penanggulangan Polusi Laut	164
DAFTAR RUJUKAN	167
LAMPIRAN :	
LAMPIRAN I. NAMA-NAMA SIKLONTROPIK	171
LAMPIRAN II. CONTOH PETA YANG DISAJIKAN OLEH STASIUN METEOROLOGI MARITIM TANJUNG PRIOK	188
LAMPIRAN III. DAFTAR AKRONIM	188
BIODATA PENULIS	195

|| BAB 1 ||

PENDAHULUAN

Banyak pendapat bahwa cuaca sudah dikenal sejak adanya manusia. Pada saat itu sikap manusia kepada cuaca hanya bersifat menerima dan menyerah karena cuaca dipandang sebagai sesuatu kekuatan yang ajaib. Dari cerita prasejarah orang sudah mengenal musim. Di India misalnya, G. C. Asnani dalam bukunya *Tropical Meteorology*, mengemukakan bahwa menurut buku *The Rig Veda of India*, lebih dari 3000 tahun SM telah dikenal musim dan monsun. Kemudian dikemukakan oleh Kautiliya dari India bahwa pada abad ke-4 sebelum Masehi telah disebutkan pentingnya pemerhatian curah hujan. Namun demikian, cerita tentang cuaca yang sudah banyak ditemukan tersebut tidak didukung dengan data yang dihasilkan dari pengukuran. Pengamatan dan pengukuran cuaca baru dapat dimulai dari abad ke-17 sesudah alat-alat ukur mulai ditemukan, misalnya termometer yang ditemukan oleh Galileo pada tahun 1600, penakar hujan yang ditemukan oleh Casteli, murid Galileo pada tahun 1639, barometer pengukur tekanan udara yang ditemukan oleh Torricelli, juga murid Galileo, pada tahun 1644.

Di Indonesia sebenarnya kepedulian tentang cuaca juga sudah lama dipunyai bangsa Indonesia seperti yang dilakukan oleh Susuhunan Pakubuwono VII, yang pada tahun 1855 membuat pembagian *pranoto mongso* (penetapan musim), meskipun pada dasarnya penetapan musim tersebut banyak didasarkan oleh peristiwa astronomi, fenologi tanaman

dan perilaku binatang. Menurut catatan Nugroho Notosusanto yang ditulis dalam buku Sejarah Nasional (Depdikbud 1980) "raja-raja dan para sultan di Jawa zaman dahulu dalam menjalankan pemerintahan selalu erat berhubungan dengan pejabat-pejabat kerajaan, meskipun audiensi tidak dilakukan setiap hari. Kebiasaan raja melakukan audiensi atau sidang kerajaan dilakukan pada masa-masa tertentu, misalnya pada permulaan musim hujan atau masa peralihan, meskipun ada juga sidang-sidang kecil yang dilakukan pada setiap hari Sabtu". Para nelayan juga sudah memperhatikan cuaca; mereka berangkat ke laut pagi-pagi ketika angin darat masih bertiup dan kembali ke darat pada sore hari ketika angin laut masih kencang. Data cuaca di Indonesia sudah ada sejak lama meskipun tidak dihasilkan dari pengamatan yang secara terus-menerus dari tempat yang tetap. Dalam buku *Observation Made at Secondary Stations* Vol. I Dr. W. Van Bemmelen menuliskan bahwa data cuaca di Jakarta seperti pengamatan suhu dan tekanan atmosfer sudah ada pada tahun 1758, yang pengamatannya dilakukan oleh para nahkoda kapal yang sedang berlabuh di Jakarta tahun 1758 (Januari). Selanjutnya perhitungan hari hujan di Jakarta tahun 1778, pengamatan badai di Laut Banda, pengamatan cuaca laut oleh *Vessels Gouvernements Marine* Jakarta pada 2 April 1778.

1.1. BIDANG ILMU

Sebagai bidang ilmu, meteorologi sudah lama dikenal. Ribuan tahun sebelum Masehi cerita-cerita tentang cuaca dan pemanfaatan cuaca telah ditemukan sehingga dikenal iklim sejarah, yaitu ilmu cuaca yang didasarkan atas cerita-cerita dan atau tanda-tanda zaman lampau.

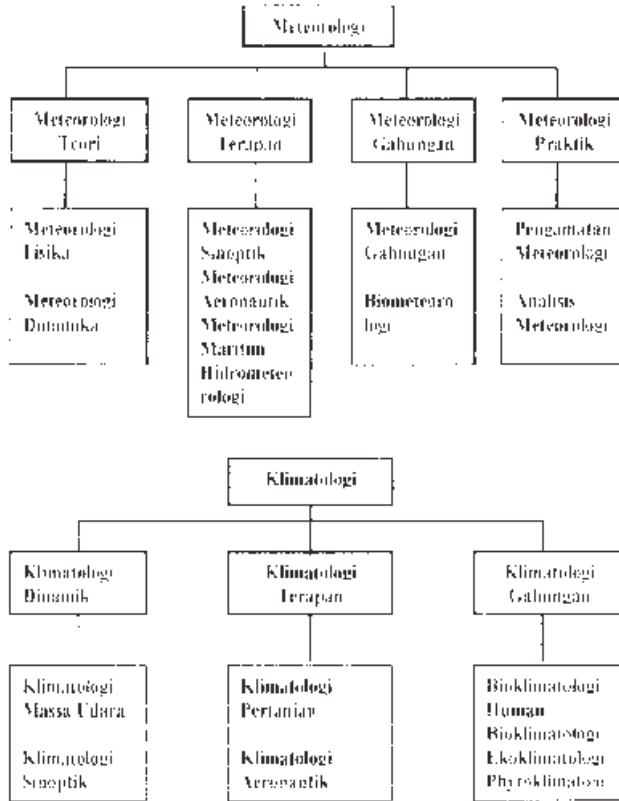
Dalam *Glossary of Meteorology* yang diterbitkan oleh *American Meteorological Society*, Ralph E. Huschke menyebutkan bahwa

meteorologi kelautan adalah bagian dari meteorologi yang membahas tentang cuaca di kawasan laut dan sekitarnya termasuk pantai dan daratan di laut, yang diperlukan bagi kegiatan kelautan pada umumnya dan khususnya kegiatan pelayaran.

Meteorologi Kelautan (Maritim) termasuk cabang Meteorologi Terapan. Seperti yang disebutkan dalam buku *Meteorological Vocabulary* yang diterbitkan Organisasi Meteorologi Dunia (OMD = *World Meteorological Organization*, WMO), Meteorologi sebagai bidang ilmu dibagi menjadi Meteorologi Teori, Meteorologi Terapan, Meteorologi Gabungan, dan Meteorologi Praktik.

Bidang meteorologi lain yang termasuk dalam Meteorologi Terapan adalah Meteorologi Sinoptik, Meteorologi Penerbangan, Meteorologi Pertanian, Hidrometeorologi, dan Meteorologi Kesehatan. Meteorologi Praktik membahas tentang Pengamatan, Analisis, Prakiraan, dan Pelayanan Meteorologi. Namun demikian dari definisi dan pembidangan seperti yang telah diuraikan kiranya tidak mudah dipisahkan antara meteorologi terapan dan meteorologi praktik. Pembahasan dalam meteorologi terapan memerlukan pula penjelasan tentang hal-hal yang termasuk dalam meteorologi praktik.

Sebagai bagian dari meteorologi praktik, Pengamatan Meteorologi membahas tentang sistem pengamatan untuk memperoleh data yang digunakan sebagai bahan dasar pembuatan informasi selanjutnya. Analisis Meteorologi membahas tentang tata cara untuk mengetahui sifat dan menginterpretasi perilaku unsur meteorologi, dan Prakiraan Meteorologi membahas tentang perkembangan cuaca dan penaksiran cuaca di waktu kemudian. Selanjutnya Pelayanan Meteorologi membahas tentang informasi dan penyajian informasi meteorologi kepada pengguna.



Gambar 1.1. Bagan sistematis pembedaan meteorologi dan klimatologi.

Informasi meteorologi pada dasarnya dibagi dalam tiga macam, yakni informasi cuaca waktu lampau, informasi cuaca yang sedang berlangsung, dan informasi cuaca yang akan terjadi pada waktu kemudian. Informasi-informasi tersebut mempunyai andil banyak dalam hal, utamanya dalam bidang keselamatan, efisiensi, dan efektifitas. Namun demikian, karena setiap kegiatan mempunyai

tanggap kepada cuaca berbeda-beda, maka macam informasi yang diperlukan juga berbeda. Oleh karena itu Pelayanan Meteorologi juga berbeda untuk setiap kegiatan, baik materi maupun cara penyajiannya, sesuai dengan macam kegiatannya. Berbagai macam pelayanan meteorologi antara lain pelayanan meteorologi kepada masyarakat penerbangan, pelayanan meteorologi kepada masyarakat kelautan, pelayanan meteorologi kepada masyarakat pertanian, pelayanan meteorologi kepada masyarakat umum.

Dengan menggunakan pengertian-pengertian dasar tersebut dalam buku ini dibahas tentang informasi cuaca yang diperlukan dalam kegiatan kelautan. Kegiatan kelautan sangat peka terhadap cuaca. Selain diperlukan dalam meningkatkan keselamatan dan efisiensi kegiatan kelautan, cuaca berpotensi memberikan dampak kepada berbagai hal yang berkaitan dengan kegiatan kelautan. Informasi cuaca mempunyai andil besar dalam pembuatan rencana dan operasi kegiatan kelautan. Namun demikian, dalam pelayanan meteorologi kelautan sering mengalami kesulitan karena kegiatan kelautan banyak macamnya dan masing-masing mempunyai sensitivitas kepada cuaca dan iklim yang berbeda-beda. Oleh karena itu, pelayanan meteorologi dalam kelautan memerlukan tata cara tertentu.

1.2. KELAUTAN

Masalah laut menyangkut banyak hal, tetapi dalam buku ini yang dimaksud dengan kelautan adalah perihal laut dan kegiatan di laut yang berkaitan dengan cuaca. Hal-hal yang berkaitan dengan masalah meteorologi kelautan yang dibahas adalah wilayah laut, kapal laut, Bandar laut atau pelabuhan, alur pelayaran, dan masalah keselamatan di laut.

1.2.1. Wilayah Laut

Dalam kaitannya dengan cuaca dan pelayanan informasi cuaca, wilayah laut meliputi kawasan pantai, laut dangkal, dan laut dalam atau lautan atau samudera. Namun demikian batas-batas yang nyata dari masing-masing kawasan tersebut tidak dapat ditunjukkan dengan jelas.

Secara geografis, pantai adalah daerah pita atau lajur tanah yang membatasi antara daratan dan laut dan menjadi tempat pertemuan daratan dan laut. Batas ke laut adalah jarak terjauh tepi laut pada pasang rendah, dan batas ke darat adalah jarak ke darat tertinggi yang masih terkena ombak laut.



Gambar 1.2. Kawasan pantai.

Dalam kaitannya dengan cuaca laut digunakan istilah "laut dangkal" dan "laut dalam". Pembagian tersebut didasarkan nilai-nilai

klimatologi yang dicirikan dengan sifat gelombang laut di atasnya. Laut dalam adalah laut dengan kedalaman yang secara statistik lebih besar dari $\frac{1}{4}$ panjang gelombang. Laut dangkal adalah laut dengan kedalaman yang secara statistik lebih kecil dari $\frac{1}{25}$ panjang gelombang. Penjelasan rinci tentang laut dangkal dan laut dalam yang berkaitan dengan gelombang laut tersebut termuat dalam Bab III.

1.2.2. Kapal Laut

Kapal adalah kendaraan air dengan bentuk dan jenis apapun, yang digerakkan dengan tenaga mekanik, tenaga angin, atau ditunda, termasuk kendaraan yang berdaya dukung dinamis, kendaraan di bawah permukaan air, serta alat apung dan bangunan terapung yang tidak berpindah-pindah. (UU No. 21 tahun 1992 tentang Pelayaran). Umumnya kapal laut dirancang sesuai dengan penggunaannya serta disesuaikan dengan wilayah laut tempat dioperasikannya kapal yang bersangkutan. Kapal-kapal yang dioperasikan di kawasan laut dalam dibuat lebih besar dan kuat serta dilengkapi dengan peralatan yang cukup, termasuk peralatan komunikasi dan alat pemantau cuaca; sedangkan kapal-kapal yang dioperasikan di laut dangkal lebih kecil dengan peralatan yang lebih sederhana. Dalam penyajian informasi cuaca, jenis kapal termasuk salah satu pertimbangan dalam penetapan nilai-nilai cuaca yang perlu diinformasikan. Misalnya untuk informasi bagi kapal di laut dalam, gelombang yang tingginya 2 meter tidak penting karena gelombang setinggi itu dampaknya tidak dirasakan bagi kapal di laut dalam yang berukuran besar; tetapi bagi kapal-kapal di laut dangkal dan kegiatan pantai gelombang laut setinggi 2 meter sudah dapat dirasakan dampaknya. Oleh karena itu, penyediaan informasi cuaca berbeda, demikian pula cara penyampaiannya juga berbeda bagi kapal dan kegiatan lain di laut dalam dan di laut dangkal.

1.2.3. Bandar Laut

Bandar Laut atau Pelabuhan adalah tempat yang terdiri dari daratan dan perairan di sekitarnya dengan batas-batas tertentu sebagai tempat kegiatan pemerintahan dan kegiatan ekonomi yang dipergunakan sebagai tempat kapal bersandar, berlabuh, naik turun penumpang, dan atau bongkar muat barang yang dilengkapi dengan fasilitas keselamatan pelayaran dan kegiatan penunjang pelabuhan serta sebagai tempat perpindahan intra dan antar-moda transportasi. Selain faktor keselamatan, efisiensi dan efektivitas merupakan faktor yang sangat diperhatikan karena kegiatan kepelabuhanan yang bersifat pelayanan bagi berbagai kegiatan.

1.2.4. Alur Pelayaran

Alur pelayaran adalah bagian dari perairan yang alami maupun buatan yang dari segi kedalaman, lebar, dan hambatan pelayaran lainnya dianggap sama untuk dilayari. Dalam pelayaran pemilihan alur pelayaran sangat penting dalam kaitannya dengan keselamatan, kenyamanan, dan efisiensi waktu berlayar.

1.3. KESELAMATAN PELAYARAN

Keselamatan Pelayaran adalah upaya yang menjamin kapal sebagai alat angkutan atau transportasi dapat berlayar, mengangkut muatan, mengangkut penumpang dari suatu tempat atau pelabuhan ke pelabuhan yang lain dengan aman (*safe*).

Dalam lingkup internasional perihal keselamatan di laut diatur dengan konvensi SOLAS (*Save Our Life At Sea*). Berbagai Negara telah

meratifikasi Konvensi tersebut. Dalam kaitannya dengan keselamatan tersebut Undang-Undang No. 21 tahun 1992 pasal 9 menyebutkan bahwa Pemerintah berkewajiban memberikan pelayanan berita marabahaya, meteorologi, dan siaran tandawaktu standar. Pelayanan meteorologi meliputi :

- (a) pemberian informasi mengenai cuaca dan laut,
- (b) kalibrasi dan sertifikasi perlengkapan peralatan pengamatan cuaca di kapal,
- (c) bimbingan teknis pengamatan cuaca di laut oleh kapal dan pembinaan kesadaran kepada awak kapal untuk menunjang masukan data meteorologi,
- (d) siaran tanda waktu standar, yakni pancaran tanda waktu untuk kapal-kapal, stasiun radio pantai, dan bagi pihak lain yang memerlukan, untuk menentukan waktu dan mencocokkan kronometer, yang penyiarannya dilakukan melalui stasiun radio pantai tertentu, Radio Republik Indonesia (RRI) dan Televisi Republik Indonesia (TVRI).

BAB 2

KEGIATAN KELAUTAN

Laut diperkirakan terbentuk 4,4 milyar tahun yang lalu. Awalnya bersifat sangat asam dengan air yang mendidih karena panasnya bumi pada saat itu. Asamnya air laut terjadi karena saat itu atmosfer bumi yang penuh dengan karbon dioksida. Keasaman air inilah yang menyebabkan tingginya pelapukan yang terjadi yang menghasilkan garam-garaman yang menyebabkan air laut menjadi asin seperti sekarang ini. Pada saat itu, gelombang tsunami sering terjadi karena seringnya asteroid menghantam bumi. Pasang surut laut yang terjadi pada saat itu besar sekali tingginya karena jarak bulan begitu dekat dengan bumi.

Ketika bumi mulai mendingin akibat mulai berkurangnya aktivitas vulkanik, dan tertutupnya atmosfer bumi oleh debu-debu vulkanik yang mengakibatkan terhalangnya sinar matahari untuk masuk ke bumi, uap air di atmosfer mulai mengembun dan terbentuklah hujan. Hujan tersebut demikian besarnya sehingga kemudian mengisi cekungan-cekungan di bumi dan terbentuklah lautan.

Secara perlahan-lahan, jumlah karbon dioksida yang ada di atmosfer mulai berkurang akibat terlarut dalam air laut dan bereaksi dengan ion karbonat membentuk kalsium karbonat. Akibatnya, langit mulai menjadi cerah sehingga sinar Matahari dapat kembali masuk menyinari Bumi dan mengakibatkan terjadinya proses penguapan sehingga volume air laut di Bumi juga mengalami pengurangan dan

bagian-bagian di Bumi yang awalnya terendam air mulai kering. Proses pelapukan batuan terus berlanjut akibat hujan yang terjadi dan terbawa ke lautan, menyebabkan air laut semakin asin.

Pada 3,8 milyar tahun yang lalu, planet bumi mulai terlihat biru karena laut yang sudah terbentuk. Suhu bumi semakin dingin karena air di laut berperan dalam menyerap energi panas yang ada, namun pada saat itu diperkirakan belum ada bentuk kehidupan di bumi. Kegiatan di laut termasuk kegiatan yang terlama dilakukan manusia. Seperti yang dilaporkan oleh Herodotus, ahli sejarah bangsa Yunani, menyebutkan bahwa pada tahun 700 sebelum Masehi pelaut bangsa Phoensia telah berlayar mengelilingi Afrika. Kegiatan terus berkembang, utamanya dalam kegiatan pelayaran. Di seluruh dunia saat ini diperkirakan lebih dari 60.000 kapal niaga mengarungi lautan (Pustaka Pengetahuan Modern).

Kegiatan di laut banyak ragamnya, yang dalam buku ini dibahas mengenai kegiatan di pelabuhan, pelayaran, nelayan/perikanan, eksplorasi (migas, komunikasi bawah laut, dll.), kegiatan SAR, kegiatan-kegiatan di pantai (wisata laut, industri, dll.), penelitian oseanografi, utamanya yang sangat banyak dipengaruhi oleh cuaca. Guna menunjang keselamatan dan efisiensi kegiatan-kegiatan tersebut diperlukan informasi cuaca dan laut.

2.1. KEGIATAN PELABUHANAN

Seperti yang telah dijelaskan dalam Bab I, pelabuhan adalah tempat yang terdiri dari daratan dan perairan di sekitarnya dengan batas-batas tertentu sebagai tempat kegiatan pemerintahan dan kegiatan ekonomi, sebagai tempat yang digunakan kapal bersandar, berlabuh,

naik turun penumpang, dan atau bongkar muat barang. Pelabuhan dilengkapi dengan fasilitas keselamatan pelayaran dan kegiatan penunjang pelabuhan serta sebagai tempat perpindahan intra dan antar-modala transportasi. Namun demikian tingkat kesibukan kegiatan berbeda menurut besar kecilnya pelabuhan. Pada dasarnya kegiatan di pelabuhan pada umumnya meliputi kegiatan pemanduan kapal untuk masuk dan keluar pelabuhan, dan kegiatan bongkar muat.

Di Indonesia, dari jenis lingkungannya pelabuhan dibedakan antara pelabuhan alam dan pelabuhan buatan.

Gambar 2.1. Kegiatan bongkar muat di pelabuhan laut.



Pelabuhan alam adalah pelabuhan yang terbentuk oleh alam sendiri. Di pelabuhan alam umumnya kapal-kapal berlabuh jauh dari darat tidak merapat ke dermaga.

Pelabuhan buatan adalah pelabuhan yang dibuat oleh manusia. Di pelabuhan buatan umumnya kapal-kapal berlabuh dan bersandar

rapat ke dermaga. Ukuran, desain, serta fasilitas-fasilitasnya disesuaikan dengan maksud pembuatan pelabuhan yang bersangkutan.

Salah satu fasilitas yang berkaitan dengan penyajian informasi cuaca di pelabuhan adalah fasilitas komunikasi yang umumnya dikelola oleh unit kegiatan "radio pantai". Melalui radio pantai tersebut informasi cuaca disiarkan ke kapal-kapal yang sedang di laut dan kegiatan-kegiatan lain di laut.

2.2. KEGIATAN PELAYARAN

Sebagaimana disebutkan dalam Undang-Undang No. 21 tahun 1992 Tentang Pelayaran, pelayaran adalah segala sesuatu yang berkaitan dengan angkutan di perairan, kepelabuhanan, serta keamanan dan keselamatannya. Pelayaran sebagai salah satu moda transportasi diselenggarakan dengan tujuan untuk memperlancar arus perpindahan orang dan/atau barang melalui perairan.

Kegiatan pelayaran meliputi pelayaran di laut dalam atau laut bebas atau pelayaran samudra, dan pelayaran di laut dangkal atau di dekat pantai atau di kawasan suatu Negara.

Di Indonesia lalu lintas di perairan dibedakan menurut daerah pelayaran, yakni pelayaran pantai, pelayaran antar pulau (interinsuler), dan pelayaran samudra.

Di kawasan pelayaran pantai umumnya beroperasi kapal-kapal ukuran kecil, sedangkan di kawasan pelayaran antar pulau beroperasi kapal-kapal yang berukuran lebih besar.

Pelayaran samudra adalah pelayaran di laut dalam yang melakukan pelayaran antar Negara atau antar benua. Kapal-kapal yang

digunakan untuk pelayaran samudra lebih besar dan lebih lengkap peralatannya dibandingkan kapal-kapal yang digunakan dalam pelayaran pantai dan pelayaran antar pulau.

2.3. KEGIATAN NELAYAN/PERIKANAN

Kegiatan nelayan/perikanan pada umumnya meliputi tiga bagian kegiatan, yakni kegiatan pelayaran menuju ke lokasi penangkapan, kegiatan di lokasi penangkapan, dan kegiatan kembali pelayaran ke pelabuhan.

Gambar 2.2. Kegiatan nelayan/perikanan di laut dangkal.



Selama menuju ke lokasi penangkapan dilakukan persiapan. Selama di lokasi penangkapan dilakukan kegiatan penangkapan yang teknik dan metodenya sesuai dengan jenis ikan yang diburu dan jenis kegiatan perikanannya. Kegiatan penangkapan dilakukan beberapa waktu, sehari, seminggu, atau selama waktu lebih lama. Setelah kegiatan

pengkapan selesai nelayan kembali ke pelabuhan dengan membawa hasil tangkapan. Setiap kegiatan mempunyai tanggap yang berbeda kepada kondisi cuaca laut.

Dari lokasinya, kegiatan nelayan/perikanan dibedakan kegiatan di laut dalam atau laut bebas, dan kegiatan di laut dekat pantai atau lepas pantai.

Kegiatan perikanan di laut dalam umumnya menggunakan kapal dan peralatan besar, dan kegiatan dilakukan dalam waktu lama; sedangkan kegiatan perikanan di lepas pantai umumnya dengan menggunakan kapal dan peralatan kecil serta waktu pelaksanaan kegiatan yang lebih pendek.

2.4. KEGIATAN EKSPLORASI

Kegiatan eksplorasi, misalnya pengeboran minyak, yang sensitif terhadap cuaca laut berkaitan dengan pemasangan alat-alat bor, konstruksi bangunan panggung (*platform*), kegiatan operasi di panggung.

Selama pengeboran terjadi guncangan-guncangan kepada peralatan pengeboran karena angin dan ombak laut. Umumnya peralatan mempunyai toleransi sampai sekitar 10 % dari kedalaman laut.

Konstruksi panggung mudah terganggu oleh angin dan gelombang laut. Kegiatan di panggung yang banyak berkaitan dengan cuaca laut adalah transportasi pengangkutan penumpang dan barang dengan menggunakan kapal dan helikopter.

Gambar 2.3. Kapal dan bangunan panggung (*platform* pengeboran



minyak lepas pantai).

2.5. KEGIATAN SAR (SEARCH AND RESCUE)

Kegiatan SAR melibatkan banyak kegiatan yang memerlukan pengoperasian berbagai sarana angkutan, baik kapal besar, kapal kecil, helikopter, penerjunan, dan lain-lain, yang kesemuanya mempunyai sensitifitas tinggi kepada cuaca laut.

2.6. KEGIATAN PENELITIAN

Kegiatan penelitian banyak ragamnya yang masing-masing mempunyai tanggap berbeda kepada cuaca laut. Informasi cuaca laut lebih banyak digunakan untuk penyusunan rencana kegiatan penelitian.

|| BAB 3 ||

SISTEM CUACA LAUT

Dalam hal cuaca atmosfer dan laut tidak dapat dipisahkan. Istilah "*maritime continent*" seperti yang digunakan Ramage dalam kaitannya dengan cuaca di Indonesia memang perlu didalami, karena mengandung banyak pengertian mendasar yang dapat digunakan sebagai titik awal mempelajari cuaca kawasan tersebut.

3.1. INTERAKSIATMOSFER - LAUT

Laut dan pulau dengan ciri-cirinya mempunyai daya untuk berinteraksi dan memodifikasi sifat udara yang melaluinya hingga terbentuk sifat cuaca lokal yang sangat kuat. Berbagai keadaan misalnya, banyak awan di sepanjang pantai pada pagi hari, dan banyak hujan malam dan pagi di Teluk Jakarta, intensitas hujan tinggi di Sulawesi Selatan bagian barat, musim hujan dalam bulan Agustus di Maluku, banyak hujan di Cilacap pada musim kemarau, garis gebos (*squall*) yang timbul dari deretan awan kumulonimbus di selat Malaka, adalah contoh yang menunjukkan adanya kaitan yang kuat antara atmosfer dan laut dari perilaku *maritime continent*. Pengeluaran bahang kondensasi dari bagian atas kumululus dan kumulonimbus di kawasan tropik yang bertindak sebagai energi pendorong peredaran atmosfer global adalah contoh interaksi laut atmosfer dalam skala besar. Pengeluaran bahang tersebut dikendalikan oleh perpindahan musiman

dari penyinaran matahari dan termodifikasi oleh keadaan lapisan batas atmosfer.

Contoh lain, *El Nino-Southern Oscillation* (ENSO) adalah fenomena skala besar yang berkaitan dengan pasangan laut - darat - atmosfer. Terganggunya suhu permukaan lautan Pasifik mengubah pemanasan dalam skala luas atmosfer tropik sehingga peredaran atmosfer tropik dalam skala besar terganggu.

Monsun di India sangat berkaitan dengan suhu permukaan laut lautan India dan keadaan laut Pasifik. Pemanasan lemah di lautan India yang terjadi pada tahun 1983, 1986/1987 misalnya, berkaitan dengan keadaan di lautan Pasifik yang pada waktu itu terjadi pemanasan (Paolino 1983; Rasmusson 1983; Carpenter 1983).

Kasus-kasus tersebut menunjukkan betapa pentingnya persinggungan antara atmosfer-darat-dan lautan. Namun demikian persinggungan antara atmosfer dan laut tidak berjalan dua arah karena perbedaan yang sangat mencolok dari sifat-sifat fisis udara dan laut, antara lain perbedaan rapat massa, sifat optik, tekanan, dan perbedaan kapasitas bahang (*heat capacity*).

3.1.1. Perbedaan Rapat Massa

Air jauh lebih padat dibandingkan udara. Rapat massa air laut sekitar 1.025 kg/m^3 , dan rapat massa udara hanya sekitar $0,0013 \text{ kg/m}^3$ atau sekitar $1/800$ rapat massa air laut. Dari beda rapat massa yang sangat besar tersebut timbul sifat lain yang sangat penting, antara lain :

- (1) Sentuhan antara udara dan air laut sangat kuat sehingga sulit dipisahkan antara keduanya, tetapi tidak berbentuk suatu campuran;

bidang sentuhnya disebut bidang batas. Bidang batas tersebut menjadi tempat pertukaran atau perpindahan sifat laut ke atmosfer dan sifat atmosfer ke laut.

- (2) Perpindahan sifat dari laut ke atmosfer berbeda dengan perpindahan sifat dari atmosfer ke laut. Misalnya perpindahan bahang dari laut ke atmosfer berlangsung melalui lambungan udara panas yang naik beberapa ratus meter; sedangkan perpindahan sifat dari atmosfer ke laut, utamanya perpindahan energi, berlangsung melalui angin.

3.1.2. Perbedaan Sifat Optik

Perbedaan kontras sifat lain antara udara dan laut adalah sifat optik. Matahari memancarkan sinar secara terus-menerus. Sinaran yang dipancarkan tersebut mengandung energi. Matahari memancarkan energi yang terbanyak dibawa oleh sinaran dengan panjang gelombang antara 0,2 dan 4 μm . Sekitar 40% sinaran mempunyai panjang gelombang antara 0,4 dan 0,7 μm yang disebut "gelombang tampak". Setiap m^2 permukaan atmosfer menerima energi yang dipancarkan matahari sebanyak kurang lebih 2 kalori tiap menit atau sekitar 1400 watt per m^2 . Nilai sebanyak itu kemudian disebut tetapan surya (*solar constant*). Di dalam atmosfer terdapat banyak macam gas dan bahan-bahan yang mempunyai tanggap berbeda terhadap sinar matahari. Ada bahan yang sifatnya menyerap sebagian atau seluruhnya sinaran yang melewatinya, ada yang mempunyai sifat memantulkan, ada pula yang mempunyai sifat menghamburkan. Diperhitungkan bahwa sepanjang penjarannya melalui atmosfer, sekitar 25% energi tersebut diserap, dan 75% sisanya, kira-kira sebesar 1,4 kalori setiap menit setiap m^2 atau sekitar 344 W/m^2 sampai di permukaan bumi. Namun demikian karena bumi berbentuk bulat dan berputar pada porosnya serta beredar

mengelilingi Matahari, maka setiap bagian permukaan bumi menerima energi dari matahari tidak secara bersamaan dan tidak dalam jumlah yang sama. Daerah tropik mendapat sinaran paling banyak, bahkan di sekitar khatulistiwa hampir sama sepanjang tahun. Sedangkan ke arah mendekati kutub setiap waktu menerima jumlah sinaran yang berbeda dan lebih sedikit dibandingkan yang diterima oleh permukaan bumi di daerah tropik.

Berbeda dengan atmosfer, laut mempunyai daya serap sinaran matahari lebih besar dibandingkan daya serap atmosfer. Dari seluruh sinaran yang sampai ke permukaan laut sekitar 80% masuk ke dalam laut diserap oleh air laut sampai kedalaman sekitar 10 meter, sisanya dipantulkan kembali ke atmosfer. Di kawasan pantai penyerapan lebih banyak karena kadar bahan yang ada di dalam air laut pantai lebih banyak dibandingkan air laut jauh dari pantai. Karena menyerap sinaran, laut menjadi panas; makin ke dalam suhunya makin rendah karena banyaknya sinaran yang diserap berkurang.

3.1.3. Perbedaan Sifat Tekanan

Seperti halnya benda-benda lain, atmosfer mempunyai berat karena gravitasi bumi, sehingga permukaan bumi menahan beban sebesar berat atmosfer. Apabila dibayangkan bahwa di atas suatu bagian permukaan bumi terdapat kolom yang berisi udara, maka beban yang diterima oleh permukaan tersebut sama dengan berat udara dalam kolom di atasnya mulai dari permukaan sampai puncak atmosfer. Berat atmosfer yang diterima permukaan tiap satuan luas disebut tekanan atmosfer.

Dari hasil penelitiannya Torricelli mengemukakan bahwa tekanan tersebut rata-rata sama dengan beratnya air raksa yang terdapat

dalam tabung sepanjang 76 cm dan penampangnya 1 cm². Dengan demikian apabila berat jenis air raksa 13,6 g/cm³ maka tekanan atmosfer tersebut sebesar $76 \times 13,6 = 1033,6$ g/cm² dan disebut 1 atmosfer (1 atm). Untuk menyatakan besarnya tekanan atmosfer digunakan satuan milibar (mb).

$$1 \text{ mb} = 1000 \text{ dyne/cm}^2 = 1 \text{ hPa (hektopascal)}$$

$$1 \text{ atm} = 1013,250 \text{ mb}$$

Tekanan atmosfer selalu berubah dan berbeda di setiap tempat. Di kawasan tropik tekanan udara umumnya lebih kecil dibandingkan rata-rata tekanan atmosfer daerah luar tropik. Perubahannya mempunyai ciri khas bahwa dalam satu hari berubah dengan dua kali mencapai maksimum dan dua kali mencapai minimum. Maksimum terjadi pada sekitar pukul 10 pagi dan pukul 10 malam waktu setempat, dan minimum pada sekitar pukul 4 sore dan pukul 4 pagi waktu setempat. Perubahan yang demikian itu berkaitan dengan pasang surut atmosfer.

Rapat massa air laut sekitar 1.025 kg/m³, atau sebesar 1,025 g/cm³ maka tekanan air laut pada kedalaman 1m sebesar $1,025 \text{ g/cm}^3 \times 100 \text{ cm} = 102,5 \text{ g/cm}^2 = 102,5/1033,6 \text{ atm} \approx 0,1 \text{ atm} = 100 \text{ mb}$. Oleh karena itu, untuk air laut tekanan dinyatakan dalam db (desibar). 1 db = 100 mb.

Menurut persamaan hidrostatis, tekanan fungsi kedalaman air laut yang dinyatakan dengan $p = gz$. Bila gz menyatakan kedalaman geopotensial maka makin ke dalam air laut mempunyai geopotensial makin besar.

Perubahan dan perbedaan geopotensial berkaitan dengan suhu dan salinitas. Tetapi korelasinya dengan suhu lebih besar dibandingkan korelasinya dengan salinitas.

Dalam atmosfer, landaian (*gradient*) suhu vertikalnya besar. Di dalam laut, landaian vertikal suhu yang besar hanya sampai kedalaman 1500 meter; pada kedalaman lebih dari 1500 meter landaian suhu vertikalnya kecil. Daerah kedalaman yang landaian suhu vertikalnya besar atau isotermnya rapat disebut "termoklin (*thermocline*)". Daerah kedalaman dengan landaian salinitas besar disebut "haloklin (*halocline*)". Di tempat dengan termoklin tinggi atau di daerah yang termoklinnya terdapat di dekat permukaan, air laut cenderung bergerak ke atas.

Dalam meteorologi nilai atau parameter geopotensial biasanya digunakan untuk menyatakan ketinggian dalam atmosfer, sedangkan dalam oseanografi untuk menyatakan kedalaman di dalam laut digunakan parameter "kepadatan potensial (*potential density*).". Kepadatan potensial adalah kepadatan air laut yang memungkinkan gugus air laut komposisinya tetap apabila gugus air laut tersebut diturunkan atau dinaikkan dari suatu tekanan rujukan (p_r) secara adiabat. Besarnya kepadatan potensial bergantung kepada paras tekanan rujukan yang diambil, suhu potensial (θ), dan salinitas (s).

$$(\rho_{pot}) = (\rho_r, \theta, s)$$

3.1.4. Perbedaan Kapasitas Bahang (*Heat Capacity*)

Perbedaan besar dari sifat atmosfer dan laut adalah kapasitas bahang atau bahang jenis (*specific heat*). Kapasitas bahang suatu bahan adalah banyaknya bahang yang diperlukan atau dikeluarkan agar suhu bahan bertambah atau berkurang 1 °C. Kapasitas bahang air laut sekitar empat kali lebih besar dibandingkan kapasitas bahang udara. Kapasitas bahang per satuan luas pada kedalaman 2,5 meter sebesar $10^7 \text{ J m}^{-2} \text{ K}^{-1}$ atau sama dengan kapasitas bahang per satuan luas seluruh atmosfer.

Dengan nilai tersebut berarti bahwa banyaknya bahang yang diperlukan untuk menaikkan suhu seluruh atmosfer sebesar 1 K sama dengan menaikkan suhu 1 K air laut dengan kedalaman 2,5 meter saja.

Kapasitas bahang yang besar dari air laut memberi sifat air laut lebih lama menyimpan bahang. Bahang yang tersimpan disebut "bahang pendam (*latent heat*)". Bahang pendam dapat keluar melalui penguapan; oleh karena itu sifat kapasitas bahang yang besar tersebut sangat penting dalam kaitannya dengan perubahan/penggantian musim.

3.2. PERTUKARAN DAN PERPINDAHAN SIFAT

Atmosfer dan lautan sangat erat kaitannya, tetapi perpindahan dan pertukaran sifatnya tidak berlangsung dua arah, misalnya perpindahan energi kinetik terjadi dari udara ke laut melalui angin, sedangkan perpindahan bahang pendam dan perpindahan bahang terindra (*sensible heat*) berlangsung dari laut ke atmosfer. Perpindahan sifat lain yang penting adalah perpindahan momentum dan perpindahan bahang.

3.2.1. Pertukaran dan Perpindahan Momentum

Gaya pendorong utama pada permukaan laut adalah angin. Angin ditimbulkan utamanya oleh adanya perbedaan tekanan di suatu tempat dan di tempat sekitarnya. Karena gesekan maka arah dan kecepatan angin di dekat permukaan berubah dengan makin rendah mendekati permukaan; dan pada permukaan kecepatannya sama dengan nol.

Gaya dari atmosfer yang menyentuh permukaan di bawahnya dapat terjadi dalam dua cara yang berbeda. Pertama dengan mendesak

rintangan-rintangan yang ada pada permukaan, dan kedua dengan gesekan yang menimbulkan tegangan kekentalan.

Permukaan laut dapat dipandang sebagai permukaan halus yang tidak merintang angin sehingga gaya lebih banyak menimbulkan tegangan permukaan. Perpindahan momentum dari udara ke dalam laut sebagian menimbulkan arus laut dan sebagian besar menimbulkan gelombang gravitasi. Banyaknya perpindahan momentum bergantung banyak faktor. Berdasarkan eksperimen di laut dalam gelombang yang tingginya 3 meter berkaitan dengan angin yang kecepataannya 12 m/detik atau sekitar 24 knot, atau yang kekuatannya 6 skala Beaufort (Perry A.H, 1977). Bila angin menekan permukaan laut terjadi tegangan, dan selanjutnya terjadi gelombang laut. Penjelasan rinci mengenai gelombang laut tersebut termuat dalam Subbab 3.3.3 bagian B.

3.2.2. Pertukaran dan Perpindahan Energi

Perbedaan kepadatan yang besar antara udara dan air laut, menjadi faktor utama kurangnya pertukaran atau perpindahan momentum; sebaliknya yang paling terlihat adalah pertukaran atau perpindahan energi atau bahang.

Perpindahan bahang dari laut ke atmosfer berlangsung melalui lambungan udara panas yang naik beberapa ratus meter yang kemudian bercampur dengan udara sekitarnya. Bahang tersebut dibawa oleh penguapan yang laju penguapannya (E) secara empirik berkaitan dengan rapat massa udara (ρ_a), kecepatan angin (u), beda antara lembap spesifik jenuh udara pada suhu permukaan laut (q_s) dan lembap jenuh spesifik udara pada suhu di ketinggian 10 meter di atas permukaan laut (q_a), yang ditulis :

$$E = \rho_a u (q_s - q_a) \quad (3.1)$$

3.3. PENGAMATAN CUACA LAUT

Cuaca yang dimaksud dalam buku ini adalah keadaan atmosfer beserta fenomena atmosfer pada suatu tempat dan pada setiap saat. Cuaca laut meliputi cuaca dan fenomena-fenomena yang timbul dari interaksi atmosfer-laut di kawasan laut.

3.3.1. Stasiun Pengamatan Cuaca Laut

Tempat dilakukannya pengamatan cuaca disebut stasiun pengamatan cuaca. Stasiun pengamatan cuaca ada yang tetap disebut stasiun pengamatan cuaca tetap dan ada yang berpindah-pindah yang disebut stasiun cuaca bergerak.

A. Stasiun Pengamatan Tetap

Gambar 3.1. Pengamatan cuaca laut di bouy yang ditempatkan tetap.



Stasiun pengamatan cuaca laut tetap ada yang dalam kapal yang ditempatkan tetap pada suatu tempat, di pulau kecil, atau bouy yang dipasang tetap yang secara otomatis mengirimkan data hasil pengamatan ke suatu pusat pengumpulan data.

B. Stasiun Pengamatan Bergerak

Ada stasiun pengamatan yang selalu berpindah, misalnya stasiun pengamatan cuaca kapal yang sedang berlayar, bouy yang dihanyutkan. Tempat pengamatan semacam itu disebut stasiun pengamatan cuaca bergerak.

Pengamatan cuaca di kapal laut ada yang dilakukan di kapal yang khusus untuk pengamatan cuaca laut, dan di kapal-kapal lain yang tidak khusus. Bahkan yang paling banyak pengamatan cuaca kapal dilakukan di kapal-kapal niaga dan disebut "pengamatan cuaca kapal sukarela".

Gambar 3.2. Stasiun pengamatan cuaca di kapal laut.

Meskipun pengamatan dengan alat-alat otomatis dan pengamatan



satelit telah banyak memberikan data cuaca laut, tetapi pengamatan kapal sukarela tersebut masih dianggap penting dan diperlukan dalam pelaksanaan Program Pengamatan Cuaca Dunia (*World Weather Watch*); bahkan menjadi program khusus dari Organisasi Meteorologi Dunia yang disebut Kerangka Pengamatan Kapal Sukarela (*Voluntary*

Observing Ships Scheme).

Konferensi Internasional dalam bidang meteorologi maritim yang diselenggarakan di Brusel tahun 1853 menyetujui metode pengamatan meteorologi dan nautika yang seragam yang dilakukan di kapal-kapal.

Stasiun kapal pengamatan sukarela diklasifikasikan dalam tiga jenis, yakni:

- kapal terpilih (*selected ships*),
- kapal pelengkap (*supplementary ships*),
- kapal pembantu (*auxiliary ships*).

Stasiun kapal terpilih adalah stasiun kapal bergerak yang dilengkapi dengan alat-alat pengamatan meteorologi yang cukup, dengan sekurang-kurangnya barometer (barometer air raksa atau barometer aneroid, dan barograf), termometer untuk mengukur suhu udara permukaan dan suhu laut, psikrometer, dan anemometer. Selain itu juga dilengkapi dengan alat telekomunikasi yang dapat digunakan untuk menyiarkan data hasil pengamatan secara teratur. Data hasil pengamatan dibuat dalam *form* tertentu dan dicatat dalam *logbook*.

Stasiun kapal pelengkap adalah stasiun kapal bergerak yang dilengkapi dengan sejumlah terbatas alat pengamatan meteorologi dan juga dilengkapi dengan alat komunikasi yang dapat digunakan untuk mengirimkan data cuaca hasil pengamatan secara teratur. Data hasil pengamatan dibuat dalam *form* tertentu dan dicatat dalam *logbook*.

Stasiun kapal pembantu adalah stasiun kapal bergerak yang hanya memiliki alat-alat meteorologi sederhana. Hasil pengamatan tidak dikirim secara teratur dan tidak harus dibuat dalam *form* tertentu.

Mengingat bahwa ukuran kapal berbeda-beda dan juga berbeda alat pengamatan yang digunakan, maka dalam menganalisis data hasil pengamatan kapal perlu memperhatikan hal-hal berikut:

- (a) Nama kapal,
- (b) Kode Panggilan kapal,
- (c) Tipe kapal,
- (d) Ukuran kapal,
- (e) Daerah atau lajur pelayaran yang biasanya dilalui,
- (f) Jenis barometer yang digunakan,
- (g) Jenis termometer yang digunakan,
- (h) Sensor termometer,
- (i) Jenis higrometer atau psikrometer,
- (j) Sensor higrometer atau psikrometer,
- (k) Metode pengukuran suhu muka laut ,
- (l) Jenis barograph,
- (m) Keterangan alat-alat meteorologi lain yang digunakan,
- (n) Jenis radiokomunikasi, termasuk INMARSAT,
- (o) Tinggi pemasangan barometer (dalam meter dari geladak),
- (p) Tinggi pemasangan anemometer (dalam meter dari geladak),
- (q) Metode pengukuran suhu dalam laut.

Dalam lingkup internasional Organisasi Meteorologi Dunia mencatat bahwa pengamatan cuaca yang dilakukan oleh kapal-kapal tidak tetap setiap tahunnya. Pada tahun 1993 sebanyak 7062 yang terdiri atas 4230 dari stasiun pengamatan kapal terpilih, 1375 dari stasiun pelengkap, dan 1457 dari stasiun pengamatan pembantu.

Sampai akhir tahun 2007 Badan Meteorologi dan Geofisika telah membina kapal-kapal niaga untuk melakukan pengamatan cuaca bila sedang dalam pelayaran sebanyak 20 kapal, dan menerima *logbook*

sebanyak rata-rata 10 setiap bulan.

3.3.2. Unsur Cuaca Laut

Data cuaca laut umumnya diperoleh dari pengamatan yang dilakukan di stasiun-stasiun pengamatan tetap di laut dan dari pengamatan yang dilakukan di kapal-kapal yang sedang dalam pelayaran; namun jumlahnya masih sedikit dibandingkan dengan luas lautan yang ada. Kini dengan teknologi satelit dapat diperoleh ukuran berbagai parameter yang dapat digunakan untuk menaksir nilai-nilai unsur cuaca laut. Selain itu penaksiran unsur cuaca laut dapat dilakukan dengan menggunakan hasil analisis cuaca sinop, antara lain dari isobar, angin geostrofik, angin landaian, angin termal untuk menaksir arah dan kecepatan angin permukaan yang selanjutnya dapat digunakan untuk penaksiran gelombang laut. Oleh karena itu, analisis data sinop masih diperlukan.

Pengamatan cuaca laut dari stasiun kapal bergerak, baik kapal terpilih, kapal pelengkap, maupun kapal pembantu, memuat berita tentang fenomena yang membahayakan, misalnya siklon tropis, badai atau angin kencang lebih dari 10 skala Beaufort, hujan beku, es laut dan gunung es.

Sedangkan pengamatan cuaca permukaan berbeda yang diwajibkan sesuai dengan jenis kapal, seperti yang ditetapkan oleh Organisasi Meteorologi Dunia dalam **Tabel 3.1** berikut:

Tabel 3.1. Pengamatan unsur cuaca yang diwajibkan (x) bagi stasiun kapal bergerak..

Sumber: WMO No. 471 (2001).

Unsur	Kapal terpilih	Kapal pelengkap	Kapal tambahan
A. Suhu Udara dan Laut			
Cuaca berlangsung dan cuaca lampau	x	x	lkan panasnya
Arifin, arah dan kecepatan	x	x	naran matahari
Jumlah awan	x	x	kan, sebagian
Jenis dan dasar benda	x	x	mengakibatkan
Banglas	x	x	s, diantaranya
Suhu	x	x	yang menurut
Stefan Boltzmann	x	-	la hitam, yakni
Kecenderungan	x	x	arkan kembali
Tekanan atm.	x	-	ig dipancarkan
Kecenderungan	x	-	cut :
Arah dan kecepatan kapal	x	-	$\bar{B} = T^4$
Suhu laut	x	-	- (3.2)
Gelombang laut	x	-	--
Dengan arah, periode, dan tinggi	x	-	disebut tetapan
Es laut	x	x	\bar{K} / detik ; dan T
Fenomena khusus	x	-	na itu, apabila
banyaknya sinaran matahari			suhunya juga

berubah.

Setiap bagian atmosfer mempunyai suhu yang berbeda; demikian pula berbeda pada setiap saat. Perbedaan tersebut terjadi karena berbeda jumlah sinaran yang diterima dan karena berbagai faktor lainnya, antara lain karena kedudukan matahari, tinggi rendahnya tempat, struktur dan jenis permukaan. Dalam arah mendatar di dekat permukaan bumi ke arah kutub suhu makin berkurang.

Daerah tropik mempunyai suhu rata-rata paling tinggi karena

matahari terus-menerus di atas kawasan khatulistiwa sehingga kawasan tersebut banyak menerima sinaran. Karena bumi berputar pada porosnya dan beredar mengelilingi matahari maka suhu udara di dekat permukaan bumi mempunyai perubahan harian dan perubahan musiman. Di kawasan luar tropik perubahan suhu banyak berkaitan dengan lataan (*advection*) massa udara.

Di kawasan tropik variasi harian (*diurnal variation*) sangat besar dan menjadi ciri khas kawasan tersebut; beda suhu siang dan malam dapat lebih dari 10 °C, sedangkan variasi musiman atau variasi tahunannya (*annual variation*) kecil tidak lebih dari 5 °C. Sebaliknya di kawasan luar tropik dan mendekati kutub, variasi harian kecil; beda suhu siang dan malam tidak lebih dari 5 °C, sedangkan variasi musiman besar; beda suhu rata-rata pada musim panas dan musim dingin lebih dari 10 °C.

Di atas daratan atau benua, variasi suhu, baik variasi harian maupun variasi musiman lebih besar dibandingkan dengan variasi suhu udara di atas lautan. Perbedaan tersebut dapat terjadi karena daratan atau benua cepat menyerap sinaran matahari yang datang dan cepat memancarkan kembali setelah penyerapan dilakukan; sedangkan laut lebih lama menyimpan sinaran yang diserap. Pemancaran kembali baru dilakukan setelah sinaran matahari berkurang. Jadi, pada siang hari laut banyak menyerap dan menyimpan sinaran dan sedikit saja yang dipancarkan kembali ke atmosfer; sebaliknya pada malam hari energi dari penyerapan dikeluarkan melalui penguapan sehingga memanaskan udara di atasnya. Dalam skala besar, waktu suhu udara di atas laut mencapai maksimum baru terjadi sekitar 3 bulan terhitung dari waktu matahari pada posisi tertinggi di atas lautan yang dimaksud.

Hampir di semua tempat di kawasan tropik suhu udara harian

mencapai maksimum sekitar atau beberapa waktu setelah matahari mencapai titik tertinggi (kulminasi) atau setelah pukul 12 waktu setempat. Di Indonesia umumnya maksimum tercapai sekitar pukul 13 waktu setempat. Tetapi di atas laut variasi harian lebih kecil dibandingkan variasi harian di atas darat.

Suhu laut. Suhu laut baik nilai, variasi, maupun sebarannya berkaitan dengan banyak faktor, utamanya faktor lataan (*advection*), penyinaran, pertukaran dengan atmosfer, pencampuran air dari berbagai lapisan, naiknya air dari bawah (*upwelling*), pembekuan dan pelelehan es, dan hujan.

Badai yang kuat biasanya menimbulkan penurunan suhu permukaan laut.

Suhu muka laut dan suhu udara permukaan di atasnya mempunyai peran banyak dalam perpindahan bahang laut-atmosfer. Dengan mengenali daerah panas dan daerah dingin dapat dikenali letak sumber uap air. Penguapan banyak kaitannya dengan suhu muka laut seperti yang terlihat dalam rumus (Gill, 1982) bahwa banyaknya fluks bahang yang keluar dari laut bergantung kepada suhu udara permukaan dan suhu muka laut serta kecepatan angin:

$$Q_s = c_H u (T_s - T_a) (\rho_a c_p) \quad (3.3)$$

dengan c_H = bilangan tak berdimensi yang disebut "bilangan Stranton" yang besarnya antara $0,83 \times 10^{-3}$ dan $1,10 \times 10^{-3}$, u = kecepatan angin, T_s = suhu permukaan laut, T_a = suhu udara permukaan, ρ_a = rapat massa udara, dan c_p = kapasitas bahang air.

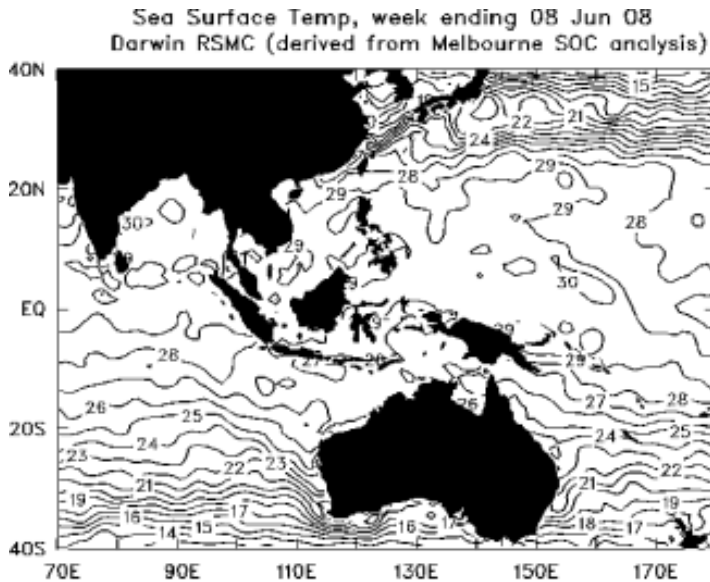
Dari hasil perhitungan dengan rumus tersebut dapat ditaksir, misalnya, daerah panas yang terdapat banyak penguapan dan banyak

awan. Bila suhu muka laut di dekat pantai < 28 C, kelembapan udara kecil dan sulit terbentuk awan. Bila Suhu muka laut lebih dari 29 C cukup tinggi untuk penguapan, dan merupakan syarat mungkin timbulnya siklon tropis. Bila digabung dengan angin dapat digunakan menaksir *upwelling* dan *downwelling*.

Dari susunan isotherm dapat dikenali daerah dingin dan daerah panas. Daerah dingin ditandai dengan susunan isotherm tertutup yang makin ke dalam suhunya makin rendah; sedangkan daerah panas ditandai dengan susunan isotherm tertutup yang makin ke dalam suhunya makin tinggi.

Gambar 3.3. Sebaran suhu muka laut.(Sumber : BOM Australia).

Analisis isotherm juga dilakukan untuk suhu muka laut. Di atas daerah suhu rendah udaranya kering karena penguapan sedikit. Sebaliknya di atas daerah suhu tinggi penguapan dapat berlangsung baik



sehingga jumlah uap lebih banyak.

B. Tekanan Atmosfer

Tekanan atmosfer selalu berubah dan berbeda di setiap tempat. Besarnya tekanan dapat lebih kecil dari 1000 mb, dan juga dapat mencapai lebih tinggi dari 1050 mb. Dari analisis isobar dikenali sel-sel tekanan tinggi dan tekanan rendah.

Di antara dua daerah tekanan tinggi yang berdekatan terdapat palung, perenggan, siklon, siklon tropis, dll. Di daerah lintang tinggi isobar lebih rapat dibandingkan di daerah lintang rendah. Berbagai indikasi dari pola isobar:

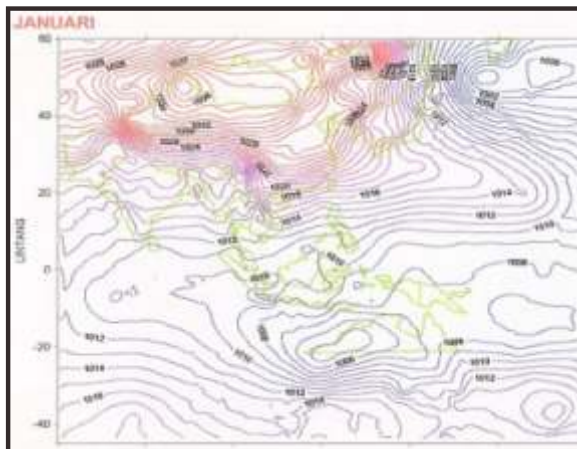
- Daerah tekanan tinggi umumnya bergerak dari barat ke arah timur.
- Diantara dua daerah tekanan tinggi isobar tersusun seperti huruf U atau V. Bila di kedua daerah tekanan tinggi tersebut suhunya tidak

banyak beda, isobar tersusun seperti huruf U; garis yang menghubungkan sudut isobar U disebut palung tekanan.

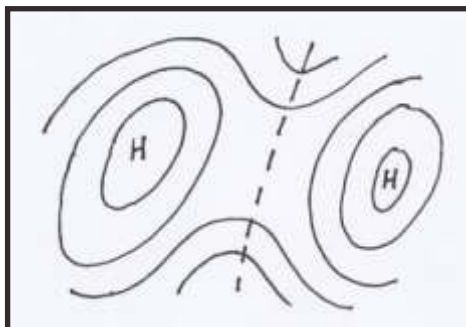
Gambar 3.4. Peta isobar permukaan.

Gambar 3.5. Palung tekanan rendah.

- Bila di kedua daerah tekanan tinggi tersebut suhunya berbeda mencolok, isobar bersudut runcing tersusun seperti huruf V; garis yang menghubungkan sudut isobar V disebut perenggan (*front*).



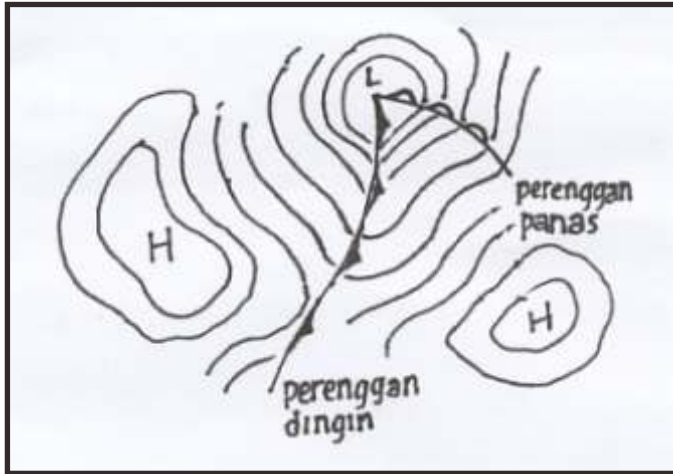
Dengan memperhatikan suhu, angin, susunan awan, dapat dikenali



jenis perenggan.

Gambar 3.6. Perenggan

- Di ujung perenggan kearah kutub adalah tempat siklon.
- Di atas perenggan atau palung dapat timbul cuaca buruk.
- Di kawasan tropis, khususnya di kawasan khatulistiwa umumnya tidak terdapat isobar tertutup, kecuali di tempat siklon tropis.



- Siklon tropis ditandai dengan isobar tertutup dengan tekanan sangat rendah (dapat sampai kurang dari 980 mb).
- Daerah tekanan tinggi bergerak ke arah timur, maka apabila daerah tekanan tinggi di sebelah barat jauh lebih dingin daripada daerah tekanan di sebelah timurnya, perenggan diantaranya disebut "perenggan dingin"; sebaliknya bila daerah tekanan tinggi di sebelah barat suhunya jauh lebih tinggi daripada suhu daerah tekanan tinggi di sebelah timurnya, perenggan di antaranya disebut "perenggan panas". Bila pada perenggan udaranya tercampur, disebut "perenggan campur" atau "perenggan oklusi". Pada daerah palung atau daerah perenggan umumnya terdapat banyak awan.

Di kawasan luar-tropis tekanan udara berkaitan dengan gerakan

massa udara. Dalam siklon tekanan sangat rendah dan dapat mencapai 960 mb. Di kawasan tropis tekanan udara umumnya lebih kecil dibandingkan rata-rata tekanan atmosfer daerah luar-tropis; paling rendah terdapat di dalam siklon tropis yang dapat mencapai 980 mb.

Di kawasan luar-tropis landaian tekanan umumnya besar sehingga analisis isobar dapat memberi penjelasan banyak tentang sistem cuaca di kawasan tersebut. Di kawasan tropis sebaliknya, landaian tekanan sangat kecil karena isobar sangat jarang sehingga sulit menginterpretasikannya (lihat **Gambar 3.4**).

C. Angin

Dalam informasi cuaca kelautan, untuk menyatakan arah angin umumnya digunakan arah kompas misalnya utara, timur, barat daya, dll. tidak dengan menggunakan derajat arah. Kecepatan dinyatakan dengan knot, kekuatannya dinyatakan dengan skala Beaufort.

Angin mempunyai energi yang besarnya setara dengan kecepatannya; makin kencang makin besar energi yang dibawanya. Berkaitan dengan energi tersebut oleh Beaufort angin dibedakan tingkatnya dari kekuatannya dan dinyatakan dengan skala yang dikenal dengan skala Beaufort. Hubungan antara skala Beaufort dan kecepatan angin dikemukakan oleh G. C. Simpson (*Meteorological Office Publication No. 180*, London, 1906) dalam rumus :

$$V = 0,836 B^3 / 2 \quad (3.4)$$

dengan V = kecepatan angin dinyatakan dalam m/dt, dan B besarnya skala Beaufort.

Angin adalah unsur yang banyak andilnya dalam pembentukan

gelombang laut; tetapi data hasil pengukuran langsung masih kurang. Untuk itu untuk memperoleh data angin selain dari data satelit, diperoleh dari analisis, baik analisis objektif maupun analisis sinoptik. Dari analisis sinoptik isobar dapat dilakukan penaksiran angin, misalnya angin geostrofik (*geostrophic wind*), angin landaian (*gradient wind*), angin termal (*thermal wind*), angin isalobar (*isalobaric wind*). Hubungan antara kecepatan dan kekuatan terlihat seperti yang terdapat dalam tabel skala Beaufort berikut:

Tabel 3.2. Skala Beaufort dan kecepatan angin.

Keterangan : L = fenomena di laut; D = fenomena di darat.

(a) Angin geostrofik

Angin geostrofik adalah angin teoretis yang timbul dalam

Skala	Tingkatan	Kecepatan (knot)	Kecepatan (m/dt)	Kecepatan (km/jam)	Tanda- tanda di laut (L) dan di darat (D)
0	tenang	< 1	0 - 0,2	1	(L) t: laut seperti kaca. (D) t: Tenang; asap mengepul vertikal.
1	Teduh	1 - 3	0,3 - 1,5	1 - 5	(L) : Berombak kecil, tidak tampak berbuih. (D) : Asap mengepul miring, tetapi alat anemometer tidak berputar.
2	Sepoi lemah	4 - 6	1,6 - 3,3	6 - 11	(L) : Berombak tetapi tidak terlihat pecah (D) : Terpaan angin terasa di muka, anemometer berputar perlahan.
3	Sepoi lembut	7 - 10	3,4 - 5,4	12 - 19	(L) Berombak besar dan mulai ada pecah-pecah. (D) : Daun-daun kecil di pohon bergerak; bendera dapat berkibar.
4	Sepoi sedang	11 - 16	5,5 - 7,9	20 - 28	(L) : Gelombang kecil tetapi periodenya lama., tampak berbuih (D) : Debu dan kertas dapat terbang; ranting pohon bergerak.

5	Sepoi segar	17 21	8,0 -10,7	29 - 38	(L) : Gelombang sedang berbuih agak banyak (D) : Pohon-pohon kecil terlihat condong. Genangan air di tanah terlihat berombak kecil.
6	Sepoi kuat	22 27	10,8 - 13,8	39 - 49	(L) : Gelombang besar tampak berbuih tampak dimana-mana. (D) : Batang pohon terlihat bergerak; suara berdesing dari kawat telpon dapat terdengar; payung dapat terangkat.
7	Angin ribut lemah	28 33	13,9 - 17,1	50 - 61	(L) : Gelombang besar tampak berbuih bergerak searah arah angin. (D) : Pohon pohon bergerak; berjalan terasa berat.
8	Angin ribut	34 40	17,2 - 20,7	62 - 74	(L) : Gelombang tinggi sedang dan panjang; ujung pecah gelombang terlihat seperti hanyut. (D) : Batang pohon dapat patah, sampai pohon tumbang.
9	Angin ribut kuat	41 47	20,8 - 24,4	75 - 88	(L) : Gelombang tinggi, padat, dan berderet sepanjang arah angin. Ujung pecah gelombang terlihat berputar. (D) : Dapat membawa kerusakan cerobong; pot-pot beterbangan.
10	Badai	48 55	24,5 -28,4	89 -102	(L) : Gelombang sangat tinggi dan panjang. Hampir semua permukaan laut terlihat putih karena pecah gelombang. (D) : Kerusakan lebih besar; tetapi di darat jarang terjadi.
11	Badai amuk	56 63	28,5 - 32,6	103 - 117	(L) : Gelombang luar biasa tinggi. Kapal kecil sampai sedang terombang-ambing dan terlihat timbul-tenggelam di belakang gelombang. (D) : Kerusakan berat; tetapi sangat jarang terjadi di darat.
12	Topan	> 63	> 32,6	> 117	(L) : Gelombang luar biasa besar. Udara terlihat gelap oleh adanya pecah-pecah gelombang. (D) : Hampir tidak pernah terjadi.

keseimbangan antara kaskas Corioli dan kaskas landaian tekanan. Dalam peta cuaca angin geostrofik dapat dikenali dari pola-pola tekanan dan garis arus (*streamline*) pada daerah dengan isobar lurus dan sejajar.

- Di belahan bumi utara, di sekitar daerah tekanan tinggi arah angin manganan (antisiklonal); sebaliknya mengiri di belahan bumi

selatan.

- Di belahan bumi utara, di sekitar daerah tekanan rendah arah angin mengiri (siklonal); sebaliknya menganan di belahan bumi selatan.
- Makin rapat isobar, landaian tekanan makin besar, dan kecepatan angin makin besar. Garis lurus yang tegak lurus isobar yang rapat menunjukkan arah gerak sel tekanan. Bila isobar berbentuk garis-garis sejajar di lintang tinggi hubungan angin dan tekanan mengikut persamaan geostrofis, yang rumusnya sebagai berikut :

$$v_g = 1/f \cdot p/x$$

$$U_g = 1/f \cdot p/y$$

$$V_g = 1/f \cdot \{ (p/x)^2 + (p/y)^2 \} \quad (3.5)$$

$$\text{Arah angin: } \tan \theta = u_g/v_g = (p/x)/(p/y),$$

dengan u_g komponen kecepatan angin dalam arah sumbu X atau timur-barat; v_g komponen kecepatan angin dalam arah sumbu Y atau utara-selatan; ρ adalah rapat massa udara; f adalah faktor Coriolis; p/x adalah landaian tekanan dalam arah sumbu X atau arah timur-barat; dan p/y adalah landaian tekanan dalam arah sumbu Y atau arah utara-selatan; V_g adalah besarnya kecepatan angin geostrofik. Hubungan nilai landaian tekanan dan kecepatan angin geostrofik terlihat seperti pada **Tabel 3.3** berikut:

Tabel 3.3. Angin geostrofik dan isobar
(Cuplikan dari *Guide To Wave Analysis* WMO -No.702)

Keterangan : Jarak isobar dalam derajat;
Kecepatan angin dalam knot.

(b) Angin landaian

Jarak isobar	Lintang tempat dalam derajat										
	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70
1,0	113	92	77	68	60	55	51	47	45	43	41
1,1	103	83	70	61	55	50	46	43	41	39	37
1,2	94	76	65	56	50	46	42	39	37	36	34
1,3	87	70	60	52	46	42	39	36	34	33	32
1,4	81	65	55	48	43	39	36	34	32	31	29
1,5	75	61	52	45	40	37	34	32	30	28	37
1,6	71	57	48	42	38	34	32	30	28	27	26
1,7	67	54	46	40	35	32	30	28	26	25	24
1,8	63	51	43	38	33	30	28	26	25	24	23
1,9	60	51	43	38	33	30	28	26	25	24	23
2,0	57	46	39	34	30	27	25	24	22	21	21
2,1	54	44	37	32	29	26	24	23	21	20	20
2,2	51	42	35	31	27	25	23	21	20	19	19
2,3	49	40	34	29	26	24	22	21	19	19	18
2,4	47	38	32	28	25	23	21	20	19	18	17
2,5	45	37	31	27	24	22	20	19	18	17	16
2,6	44	35	30	26	23	21	19	18	17	16	16
2,7	42	34	29	25	22	20	19	18	17	16	15
2,8	40	33	28	24	22	20	18	17	16	15	15
2,9	39	32	27	23	21	19	17	16	15	15	14
3,0	38	31	26	23	20	18	17	16	15	14	14
3,5	32	26	22	19	17	16	14	14	12	12	12
4,0	28	23	20	17	15	14	13	12	11	11	10
4,5	26	21	18	15	14	12	11	11	10	10	9
5,0	23	18	15	14	12	11	10	9	9	9	8

Dalam peta isobar, angin geostrofik terdapat pada daerah dengan isobar lurus dan sejajar. Tetapi pada umumnya pola-pola isobar tidak berupa susunan isobar-isobar lurus dan lintasan-lintasan partikel berbentuk garis lengkung. Kelengkungan isobar menyebabkan angin tidak geostrofik karena pada gerak melengkung timbul kakas sentripetal. Angin yang timbul dari keseimbangan kakas Coriolis dan kakas sentripetal disebut "angin landaian". Besarnya angin landaian (G_r)

dinyatakan sebagai:

$$G_r = \frac{1}{2} f r [-1 + (1 + 4G/fr)] \tag{3.6}$$

dengan f faktor Coriolis = $2 \sin \phi$, ϕ = kecepatan sudut rotasi bumi, ϕ = sudut lintang geografi tempat, r = jejari lengkungan isobar, G = kecepatan angin geostrofik yang ditaksir pada tempat angin landaian.

Dari persamaan (3.6) dapat ditaksir bila r makin besar, kecepatan angin landaian makin kecil mendekati nol atau sama dengan nilai mutlak $|fr/2|$; sebaliknya makin kecil r atau bentuk isobar makin lengkung, angin landaian makin besar, tetapi $G_r \leq 2G$.

Tabel 3.4. Angin Landaian

(cuplikan dari *Guide To Wave Analysis* WMO -No.702)

Keterangan : Jejari lengkungan dalam derajat lintang;
 Kecepatan angin geostrofik dalam knot

Dalam daerah tekanan rendah atau daerah siklonal di belahan

Jejari Lengkungan	Kecepatan angin geostrofik (aliran antisiklonik)										
	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55
25	5	10	15	21	26	32	38	44	50	56	63
24	5	10	15	21	26	32	38	44	50	57	63
23	5	10	16	21	27	32	38	44	51	57	64
22	5	10	16	21	27	32	38	44	51	57	64
21	5	10	16	21	27	33	39	45	51	58	65
20	5	10	16	21	27	33	39	45	52	58	66
19	5	10	16	21	27	33	39	45	52	59	67
18	5	10	16	21	27	33	39	46	53	60	68
17	5	10	16	21	27	33	40	46	53	61	69
16	5	10	16	21	27	33	40	47	54	62	70
15	5	10	16	22	28	34	40	47	55	63	72
14	5	10	16	22	28	34	41	48	56	65	75
13	5	10	16	22	28	35	42	49	58	67	79
12	5	10	16	22	28	35	42	51	60	71	85

11	5	10	16	22	29	36	44	52	63	76	102
10	5	10	16	23	29	37	45	55	68	92	0
9	5	11	17	23	30	38	47	60	83	0	0
8	5	11	17	23	31	40	51	74	0	0	0
7	5	11	17	24	32	43	65	0	0	0	0
6	5	11	18	25	35	55	0	0	0	0	0
5	5	11	18	28	46	0	0	0	0	0	0
4	5	12	20	37	0	0	0	0	0	0	0
3	6	13	28	0	0	0	0	0	0	0	0
2	6	18	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

bumi utara, arah angin landaian mengiri atau berlawanan arah putaran jarum jam, dan dalam daerah tekanan tinggi atau daerah antisiklonal arah angin landaian menganan atau searah putaran jarum jam. Sebaliknya di belahan bumi selatan, angin landaian di daerah tekanan rendah atau daerah siklonal arahnya menganan dan di daerah tekanan tinggi atau daerah antisiklonal arahnya mengiri.

Hubungan antara angin landaian dan angin geostrofik seperti dalam persamaan (3.6) tersebut dapat dilihat dalam **Tabel 3.4** dan **Tabel 3.4a.**;

Tabel 3.4.a. Angin Landaian (lanjutan)
(cuplikan dari *Guide To Wave Analysis* WMO -No.702)

Keterangan : Jejari lengkungan dalam derajat lintang;
 Kecepatan angin geostrofik dalam knot;
 Kecepatan angin landaian dalam knot.

Jejari Lengkungan	Kecepatan angin geostrofik (aliran siklonik)										
	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55
25	5	10	15	19	24	28	33	37	42	46	50
24	5	10	15	19	24	28	33	37	41	46	50
23	5	10	15	19	24	28	33	37	41	46	50
22	5	10	15	19	24	28	33	37	41	45	49
21	5	10	15	19	24	28	32	37	41	45	49

20	5	10	16	21	27	33	39	45	52	58	66
19	5	10	16	21	27	33	39	45	52	59	67
18	5	10	16	21	27	33	39	46	53	60	68
17	5	10	16	21	27	33	40	46	53	61	69
16	5	10	16	21	27	33	40	47	54	62	70
15	5	10	16	22	28	34	40	47	55	63	72
14	5	10	16	22	28	34	41	48	56	65	75
13	5	10	16	22	28	35	42	49	58	67	79
12	5	10	16	22	28	35	42	51	60	71	85
11	5	10	16	22	29	36	44	52	63	76	102
10	5	10	16	23	29	37	45	55	68	92	0
9	5	11	17	23	30	38	47	60	83	0	0
8	5	11	17	23	31	40	51	74	0	0	0
7	5	11	17	24	32	43	65	0	0	0	0
6	5	11	18	25	35	55	0	0	0	0	0
5	5	11	18	28	46	0	0	0	0	0	0
4	5	12	20	37	0	0	0	0	0	0	0
3	6	13	28	0	0	0	0	0	0	0	0
2	6	18	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

(C) Angin termal

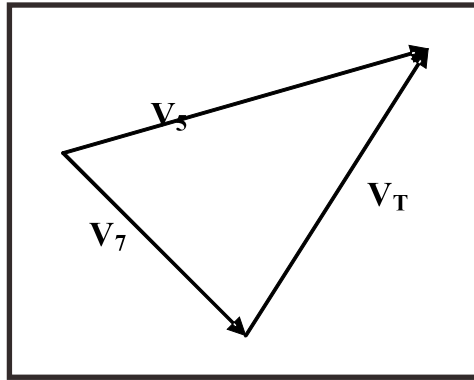
Sifat lataan dingin dapat ditaksir dengan angin termal, yakni beda vektor antara angin di suatu paras dan paras di bawahnya. Misalkan pada paras 500 mb vektor angin V_5 dan pada paras 700 mb V_7 maka angin termal dalam lapisan antara paras 700 mb dan 500 mb ditulis:

$$V_T = V_5 - V_7 \quad (3.7)$$

yang dalam bentuk vektor pada Gambar 3.7.

Di lintang tengah dan tinggi belahan bumi utara arah angin termal adalah siklonik di sekitar daerah dingin dan antisislonik di sekitar daerah panas. Sebaliknya di belahan bumi selatan. Dengan demikian, dari angin termal dapat ditaksir adanya dan arah lataan suhu atau energi.

Gambar 3.7. Vektor angin termal.



Meskipun penaksiran tersebut hanya untuk lintang tengah dan tinggi, tetapi dapat digunakan untuk menaksir imbasnya di kawasan tropis atau Indonesia.

Dalam lapisan batas (dari permukaan sampai sekitar 3 km atau paras 700 mb), proyeksi ujung vektor angin termal membentuk garis spiral yang disebut spiral Ekman. Bila bentuk spiral sangat lengkung dalam lapisan tersebut udara bergolak-galik besar.

(d) Angin isalobar

Baik angin geostrofik maupun angin landaian diperoleh dengan asumsi sistem tekanan tetap. Tetapi dalam kenyataan sehari-hari, utamanya di kawasan lintang tinggi, sistem tekanan dapat berubah dengan cepat sehingga angin geostrofik atau angin landaian dapat berubah. Angin hasil perubahan tersebut dikenal dengan "angin isalobar".

Dalam bentuk vektor besarnya angin isalobar dinyatakan sebagai berikut :

$$\mathbf{A} = (u, v) = -1/f^2 \left[\left(\frac{p}{t} \right) / x, \left(\frac{p}{t} \right) / y \right] \quad (3.8)$$

dengan u dan v masing-masing menyatakan komponen angin dalam arah

x dan y , ρ_a = rapat massa udara, f = faktor Coriolis, $(p/t)/x$ = perubahan tekanan mengikut perubahan waktu dan sepanjang arah x , $(p/t)/y$ = perubahan tekanan mengikut perubahan waktu dan sepanjang arah y . Arah x adalah positif ke arah timur, dan y positif ke arah utara.

(e) Angin laut-angin darat

Angin laut dan angin darat terdapat di kawasan berdekatan dengan pantai yang timbul karena perbezaan suhu udara di atas laut dan suhu udara di atas daratan. Pada waktu malam daratan cepat menjadi dingin sedangkan suhu udara di atas laut hanya sedikit saja perubahannya.

Angin laut umumnya mempunyai kecepatan lebih besar dibandingkan dengan angin darat, dan ketebalan peredarannya antara 1500 - 3000 meter. Angin laut mulai bertiup ketika matahari mulai tinggi dan makin siang makin kuat sehingga jauh memasuki daratan yang dapat mencapai sekitar 30 km dari pantai. Udara yang dibawa angin laut bersifat mantap (*stable*); oleh karena itu, angin laut tidak menimbulkan awan atau hujan, kecuali apabila bertemu dengan angin dari arah lain sehingga timbul pampungan (*convergence*) misalnya di atas pulau yang pantainya bersebelahan atau mengelilingi pulau dapat menimbulkan awan dan hujan pada siang tengah hari, seperti yang sering terjadi di Biak. Di daerah Cibinong yang sering hujan pada musim kemarau adalah karena pertemuan angin laut dan angin pasat tenggara.

Angin darat terjadi pada waktu malam ketika daratan menjadi dingin; tetapi karena suhu udara di atas laut kecil perubahannya, beda suhu udara di atas daratan dan lautan tidak terlalu besar dibandingkan dengan pada waktu siang hari. Oleh karena itu angin darat lebih lemah

dibandingkan dengan angin laut. Angin darat masuk ke daerah laut hanya sampai sekitar 10 km dari pantai, dan ketebalan peredarannya sekitar 500 - 1000 meter. Seperti halnya angin laut, angin darat dapat menimbulkan awan dan hujan apabila terjadi pumpunan, baik karena pertemuan antar angin darat maupun dengan angin lain yang arahnya berlawanan. Di atas teluk angin darat dapat membentuk pumpunan dan dapat menimbulkan awan dan hujan pada malam menjelang pagi hari, seperti yang sering terjadi di teluk Jakarta.

Baik angin laut maupun angin darat lama dan kekuatannya ada kaitannya dengan panjangnya waktu siang atau waktu malam, bentuk pantai, dan adanya lataan (*advection*) laut atau udara dari luar.

D. Banglas

Banglas adalah parameter jauh pandangan yang didefinisikan sebagai jarak terjauh dalam arah horizontal yang memungkinkan suatu objek dengan ciri tertentu masih dapat dilihat atau dikenali dengan mata telanjang. Bila malam hari ciri tersebut ditetapkan untuk benda tertentu misalnya lampu atau titik cahaya yang disamakan dengan ciri yang diambil untuk siang hari.

Di atas daratan banglas yang rendah banyak berkaitan dengan kadar litometeor berupa partikel-partikel debu kering, sedangkan di laut banglas rendah banyak ditimbulkan karena adanya kabut, gebos (*squall*), hujan lebat, dan karena percikan-percikan air laut dari gelombang pecah.

E. Awan dan Endapan

Informasi tentang awan tidak penting dalam kelautan, sedangkan informasi tentang endapan yang diperlukan adalah hujan yang dapat mengurangi banglas, hujan salju, dan hujan beku yang dapat menimbulkan bertambahnya penimbunan es di laut atau di atas kapal dan bangunan-bangunan di laut.

3.3.3. Fenomena Cuaca Laut

Fenomena cuaca laut yang dibicarakan dalam buku ini meliputi fenomena cuaca, yakni fenomena yang terdapat dalam udara, dan fenomena laut yakni fenomena yang terdapat pada air laut

A. Fenomena Cuaca

Fenomena cuaca yang banyak dampak dan manfaatnya dalam kegiatan kelautan adalah kabut, badai guntur, gebos (*squall*), puting beliung, siklon, gelombang timuran, siklon tropis.

(a) Kabut

Di dalam atmosfer air dapat berbentuk uap, butir-butir air, atau kristal es. Yang berbentuk butir air atau kristal es membentuk kelompok. Kelompok butir-butir air atau kristal es yang kecil mengapung di udara. Kelompok butir-butir air yang jearinya sekitar atau lebih kecil dari 10 mikrometer sangat ringan dan melayang-layang di udara disebut kabut. Kelompok butir air yang berukuran lebih besar dari 10 mikrometer sampai sekitar 200 mikrometer mengapung di udara disebut awan. Butir air yang diameternya lebih dari 200 mikrometer umumnya sudah dapat keluar dari awan dan jatuh menjadi hujan. (1 mikrometer = 1/1000 milimeter).

Kabut adalah kumpulan butir-butir air yang sangat kecil, garis

tengahnya lebih kecil dari 10 mikrometer, yang melayang-layang di udara dekat permukaan bumi. Kabut umumnya terbentuk di dekat permukaan bumi yang suhunya rendah, sedangkan awan terbentuk jauh dari permukaan bumi.

Kabut dibedakan dalam berbagai jenis, yakni kabut tanah (*ground fog*) atau kabur sinaran (*radiation fog*), kabut sungsgangan tinggi (*high inversion fog*), kabut laut (*sea fog*), kabut lataan (*advection fog*), kabut perenggan (*frontal fog*), kabut asap (*steam fog*).

Kabut tanah atau kabut sinaran terbentuk di dekat permukaan tanah pada pagi hari ketika suhu di dekat permukaan tanah sangat rendah dan lebih rendah dibandingkan suhu udara di atasnya. Bila matahari sudah bersinar, kabut berangsur-angsur menghilang karena suhu tanah makin tinggi dan butir air menguap. Kondisi udara yang diperlukan untuk dapat terjadi kabut tanah antara lain: pada malam hari kelembapan tinggi, tak ada awan, dan kecepatan angin rendah tetapi tidak sampai tenang tidak ada angin. Tidak adanya awan memungkinkan lebih banyak sinaran dari bumi keluar ke angkasa sehingga suhu di dekat permukaan tanah turun sangat rendah. Angin dengan kecepatan rendah diperlukan agar terjadi percampuran udara dingin dan udara yang lebih hangat di atasnya. Bila percampuran tersebut tidak ada kemungkinan terbentuknya kabut berkurang tetapi dapat terbentuk embun. Kabut tanah umumnya hanya berumur pendek pada pagi hari, tetapi di kawasan luar tropis pada waktu musim dingin dapat lebih lama sampai sehari meskipun mungkin terangkat sampai beberapa puluh meter karena sinar matahari. Pengangkatan tersebut karena sinar matahari sangat rendah sehingga kurang kemampuannya untuk menguapkan kembali butir-butir air dalam kabut.

Kabut sungsgangan tinggi terdapat di bawah lapisan sungsgangan

udara pada ketinggian lebih rendah dari 600 meter tetapi tidak dekat ke permukaan bumi bila udara di bawah lapisan sungsgangan tersebut sangat lembap. Kondisi demikian biasanya terdapat di daerah tekanan tinggi di kawasan pantai yang letaknya di bagian timur dari sel tekanan tinggi tersebut. Di daerah tekanan tinggi atau daerah antisiklonal udara cenderung turun. Karena adanya lapisan sungsgangan maka di bawah lapisan sungsgangan tersebut terjadi pencampuran udara lembap dan dingin. Biasanya dapat terjadi ketika air laut naik (*upwelling*) sehingga udara di dekat permukaan laut dingin. Kabut sungsgangan tinggi biasanya juga terjadi pada waktu pagi hari dan terangkat ke atas menjadi awan stratus setelah matahari bersinar.

Kabut lataan ditimbulkan oleh udara dingin yang mengalir di atas permukaan air yang suhunya lebih tinggi. Kabut lataan dapat terjadi di atas sungai atau rawa-rawa dan di atas laut.

Kabut uap termasuk jenis kabut lataan. Kabut uap terjadi apabila massa udara dingin lewat di atas laut yang panas. Karena panasnya laut maka di atas permukaan laut udara suhunya tinggi dan mengandung banyak uap air sehingga udara sangat lembap dan mengembun yang tampak seperti asap keluar dari air.

Kabut laut terjadi ketika suhu udara di atas laut sangat rendah sehingga uap yang keluar dari laut cepat mengembun di dekat permukaan laut. Kabut laut juga dapat terjadi karena lataan udara dingin yang mengalir di atas laut yang hangat. Oleh karena itu, kabut laut yang demikian termasuk dalam jenis kabut lataan atau jenis kabut uap. Kabut laut dapat sangat tebal dan berlangsung lama.

Kabut perenggan terdapat di atas perenggan, yakni pertemuan antara dua massa udara yang berbeda. Karena kabut perenggan umumnya berkaitan dengan hujan yang terjadi di atas perenggan maka

kabut perenggan juga sering disebut "kabut hujan". Kabut perenggan umumnya terdapat di daerah luar-tropis, misalnya di Eropa, Jepang, dan lain-lain.

Ada pula yang disebut kabut asap atau kabut industri, yakni kabut yang terbentuk di kawasan industri yang udaranya banyak mengandung asap atau partikel-partikel yang keluar dari cerobong atau buangan industri.

(b) Badai guntur

Pada waktu langit berawan atau pada waktu hujan sering kita lihat kilapan cahaya yang diikuti suara yang sangat kencang dan bergemuruh. Kilapan cahaya tersebut dikenal dengan nama "kilat" atau "halilintar"; suara yang sangat kencang itu dinamakan "petir"; dan suara yang bergemuruh bertalu-talu yang seolah-olah seperti suara benda besar yang menggelinding dinamakan "guruh" atau "guntur". Karena adanya kilat dan guntur selalu berkaitan dengan awan Kumulonimbus, maka awan Kumulonimbus juga dikenal dengan nama "awan guntur". Peristiwa terjadinya kilat dan guntur biasanya diikuti dengan hujan dan angin kencang. Oleh karena itu adanya peristiwa tersebut dikenal dengan "badai guntur".

Badai guntur adalah fenomena atmosfer yang berkaitan dengan awan, angin, hujan, kilat, petir, dan guntur yang timbul bersama-sama dalam awan Kumulonimbus tertentu. Badai guntur dapat terbentuk apabila udara dalam keadaan takmantap dan kelembapan tinggi terdorong oleh adanya sesuatu gaya sehingga sangat mudah bergerak ke atas.

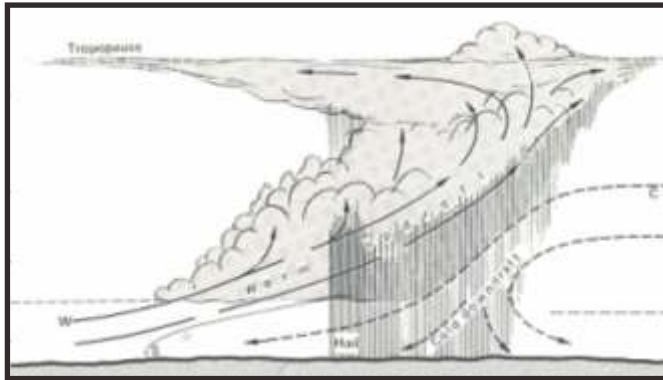
Gambar 3.8. Awan badai guntur.



Awan itu berupa kumpulan butir-butir air dan atau campuran antara butir air dan kristal-kristal es. Butir-butir air tersebut terbentuk karena uap air yang terangkat ke atas mengembun dan yang sebagian menjadi butir-butir es karena pendinginan atau uap air menjadi kristal es karena proses sublimasi.

Butir-butir air tersebut umumnya berjejer antara 10 dan 200 μm (1 μm , mikrometer, = 0,01 mm) saja, karena butir air yang jejeranya lebih kecil dari 10 μm melayang-layang di udara menjadi kabut, sedangkan yang lebih besar dari 200 μm sudah dapat keluar dari awan dan jatuh menjadi hujan. Tetapi dalam awan guntur yang tingginya dapat sampai mencapai 20 km butir-butir air tersebut dapat lebih besar dari 200 μm .

Syarat utama yang memungkinkan dapat terjadinya awan guntur adalah di troposfer bawah udara panas dan lembap, selanjutnya ke arah atas suhu udara turun dengan laju penurunan sekitar 5 $^{\circ}\text{C}/\text{km}$ sampai ketinggian sekitar 6 km, dan di atasnya suhu udara turun dengan cepat sehingga mencapai antara 30 $^{\circ}\text{C}$ sampai 40 $^{\circ}\text{C}$ pada ketinggian sekitar 13 km. Udara dengan laju susut suhu antara 3 dan 6 $^{\circ}\text{C}/\text{km}$ disebut "takmantap bersyarat (*conditional unstable*)".

Gambar 3.9. Bagan badai guntur massa udara.

Udara dapat terangkat ke atas utamanya karena udara dekat permukaan bumi menjadi panas oleh adanya sinaran matahari. Apabila udara di bagian atas cukup dingin sehingga udara yang naik tersebut cepat menjadi dingin maka pengembunan mudah terjadi.

Dari cara pembentukan dan lokasi timbulnya badai guntur dibedakan dalam tiga jenis, yakni badai guntur massa udara, badai guntur termal, dan badai guntur orografi.

Badai guntur massa udara terbentuk karena pertemuan massa udara yang berbeda, umumnya di atas perenggan dingin karena massa udara panas terdesak oleh massa udara dingin. Badai guntur massa udara juga dapat terjadi di atas lautan karena pertemuan antara angin darat dan angin laut atau pada daerah pempunan angin.

Badai guntur termal terbentuk karena pemanasan dari matahari. Cara pembentukan karena pemanasan adalah yang paling banyak terjadi. Oleh karena itu, kawasan tropis yang banyak menerima panas dari sinaran matahari yang memungkinkan udara di dekat permukaan bumi

menjadi panas, merupakan tempat subur bagi timbulnya awan guntur. Badai guntur termal umumnya terdapat di atas daratan dalam keadaan udara takmantap bersyarat. Dalam keadaan tak mantap besyarat udara sangat lembap dan mempunyai laju susut suhu vertikal besar. Apabila di lapisan atas beda antara suhu dan suhu titik embun besar, udara dapat terangkat dengan kecepatan besar dan menumbuhkan awan kumulonimbus yang besar.

Gambar 3.10. Awan badai guntur termal.

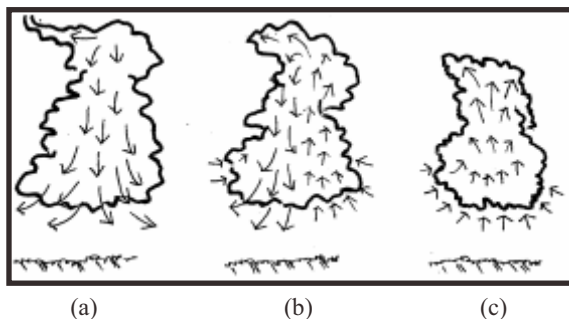


Badai guntur termal umumnya terbentuk atas dorongan permukaan bumi; oleh karena di atas daratan itu keseringan terjadinya pada waktu siang dan sore hari. Udara dengan laju susut suhu vertikal antara 6 dan 10 C/km dan kadar uap tinggi, adalah syarat yang cukup untuk mudah terjadinya badai guntur termal.

Badai guntur orografi terjadi karena udara takmantap naik dengan dorongan dari rintangan yang tinggi, misalnya gunung. Dengan adanya dorongan tersebut awan menjadi sangat tinggi dan memberi peluang terjadinya awan kumulonimbus yang kuat.

Gambar 3.11. Awan badai guntur orografi.

Badai guntur dipandang tersusun dari kelompok-kelompok yang disebut sel badai guntur. Dari pertumbuhannya, sel-sel badai guntur tersebut terbentuk secara bertahap, yang dimulai dari tahap muda atau tingkat kumululus, kemudian tahap dewasa dan selanjutnya tahap tua atau tahap menghilang. Waktu dari tahap muda sampai tahap menghilang sekitar 1 - 2 jam. Bagan tahapannya terlihat seperti pada gambar berikut:

Gambar 3.12. Bagan tingkat pertumbuhan sel badai guntur (a)muda, (b) dewasa, (c) tua.

Pembagian tahap tersebut didasarkan atas pertumbuhan, gerak

udara, serta fenomena-fenomena lain yang terjadi, misalnya hujan, muatan listrik.

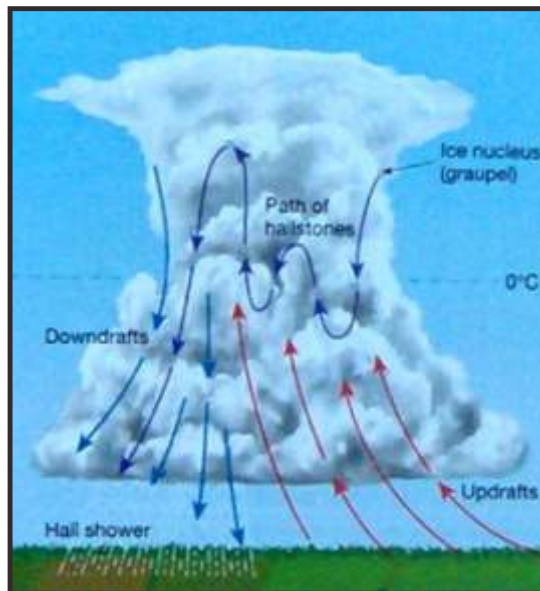
Tingkat muda ditandai dengan timbulnya awan pertama yang tumbuh menjadi besar berbentuk kumululus. Pada tingkat muda tersebut di dalam awan hanya ada gerak vertikal ke atas. Kecepatan naik terbesar sekitar 1 km/menit terdapat pada bagian atas di atas paras beku atau paras yang suhunya 0 °C. Di Indonesia paras beku terdapat pada ketinggian sekitar 5 - 6 km dari permukaan bumi. Pada tahap muda, awan tumbuh cepat ke arah vertikal; suhu puncak awan dapat mencapai 30 °C. Di dalam awan udara bergerak ke atas, dan sebagai kompensasinya di luar awan udara bergerak turun. Pada tingkat muda awan dapat mencapai tinggi 10 km dan pada puncaknya terdapat gerak yang tidak teratur atau bergolak-galik (*turbulent*). Tekanan udara di bawah awan turun karena udara di bawah awan tersebut menjadi panas oleh adanya bahang pendam (*latent heat*) yang keluar dari proses pengembunan di dalam awan. Umur tingkat muda tersebut sangat pendek, hanya sekitar 30 menit. Menjelang akhir tahap muda terbentuklah butir atau kristal-kristal es sehingga di bagian awan paling rendah berisi butir air, di bagian tengah berisi campuran butir air dan butir atau kristal es, dan di bagian atas hampir seluruhnya berupa butiran atau kristal es. Di bawah awan, tekanan udara dapat turun sangat rendah. Arus udara ke atas berkecepatan sekitar 10 m/detik atau 36 km/jam, dan dapat mencapai sekitar 30 m/detik atau sekitar 100 km/jam.

Tahap dewasa ditandai dengan bentuknya yang besar dan mencapai ketinggian lebih dari 13 km, dan dapat mencapai 20 km.

Di dalam awan udara sebagian bergerak naik dan sebagian bergerak turun. Arus naik yang paling besar terdapat pada ketinggian sekitar 6-7 km, dan kecepatannya sekitar 1 - 1,5 km/menit, atau 60 - 90

km/jam. Sedangkan gerak turun yang paling besar terdapat di bagian bawah awan dengan kecepatan sampai 0,8 km/menit atau sekitar 50 km/jam. Karena gerakan naik dan turun tersebut maka terjadilah gesekan-gesekan antar butir air dan butir es dan menimbulkan terjadinya ion-ion bermuatan listrik dan berkelompok dengan muatan listrik positif sebagian besar terdapat di bagian bawah yang menghadap bumi, meskipun juga ada yang terdapat di bagian lain. Apabila jumlah muatan listrik makin besar sehingga terjadi beda potensial yang cukup tinggi maka terjadilah loncatan-loncatan muatan listrik yang di kenal sebagai kilat. Kilat dapat terjadi di dalam awan, atau dari awan ke awan, atau dari awan ke bumi. Saat banyaknya kilat mencapai maksimum digunakan sebagai saat berakhirnya masa dewasa. Hujan mulai terjadi.

Gambar 3.13. Badai guntur pada tingkat dewasa.



Pada tingkat dewasa terjadi hujan lebat. Hujan paling lebat

terjadi sekitar 10 - 15 menit kemudian setelah tingkat muda mencapai maksimum; tetapi masih terdapat pertumbuhan ke atas, dan dapat mencapai ketinggian 13 km, bahkan ada yang sampai 20 km. Arus naik paling kuat terdapat di bagian tengah awan pada ketinggian antara 6 -7 km. Pada bagian tersebut kecepatan naik mencapai 1 - 1,5 km/menit; sedangkan di bagian lain terdapat arus turun. Arus turun paling besar terdapat pada bagian bawah awan dengan kecepatan turun mencapai 0,8 - 1 km/menit. Arus turun tersebut dapat menimbulkan perubahan mendadak pada kekuatan angin yang disebut "langkisau (*gust*)", penurunan mendadak pada suhu, dan kenaikan tekanan udara di bawah awan. Arus turun dengan langkisau dapat sangat kuat. Di samping itu pada tingkat dewasa timbul muatan listrik akibat dari gesekan antar molekul, antar butir es dalam awan. Bila jumlah muatan listrik sangat besar dapat terjadi loncatan muatan yang disebut kilat. Kilat terjadi berkali-kali dan makin bertambah sering. Hujan deras terjadi beberapa menit setelah frekuensi kilat mencapai maksimum. Sesaat setelah kilat mencapai maksimum, udara di seluruh bagian di dalam bergerak turun dengan kecepatan sampai puluhan meter per detik sehingga keluar dari awan, dan dikenal dengan "semburan turun" (*downburst*). Semburan turun disertai dengan hujan deras atau lebat yang kadang-kadang disertai pula hujan batu (es). Ketika semburan turun mencapai tanah kemudian menyebar menjadi angin mendarat yang kuat sampai mencapai 30 - 40 meter per detik dalam daerah sekitarnya sampai jarak lebih dari 3 km. Kecepatan tersebut kira-kira sama dengan mobil yang berjalan dengan kecepatan 120 km/jam. Semburan turun tersebut pernah terjadi tepat di bandara Dallas/Fort Worth pada tanggal 2 Agustus 1985, dan mengakibatkan pesawat terbang Delta Air Lines-191 jatuh berkeping-keping ketika mendarat.

Tingkat tua ditandai dengan melemahnya badai guntur. Curahan yang terjadi mulai berkurang. Hampir di seluruh bagian awan terdapat arus turun dengan kecepatan rendah. Warna awan menjadi kehitam-hitaman dan mulai terbelah-belah dan menjadi kecil.

Waktu hidupnya sel badai guntur mulai dari tumbuhnya kemudian menjadi tingkat muda, tingkat tua dan akhirnya mati, selama sekitar 2 jam.

Karena syarat utama terjadinya badai guntur adalah adanya udara panas dan lembap, maka udara di kawasan tropis adalah yang cukup memenuhi persyaratan tersebut. Oleh karena itu, kawasan tropislah yang paling banyak badai gunturnya. Tetapi bentuk awan badai guntur di kawasan tropis berbeda dengan di kawasan luar-tropis. Di kawasan tropis awan guntur yang bagian atasnya berupa landasan tempa (*enfil*) arah landasan tempa ke belakang atau di belakang arah gerak awan; tetapi di kawasan luartropis arah landasan tempa ke depan.

Untuk memperoleh data keseringan adanya badai guntur dilakukan dengan menghitung banyaknya suara guntur yang dapat didengar oleh pengamat di tempat pengamatan. Guntur dapat didengar apabila jaraknya antara 25 sampai 40 km dari tempat pengamat. Satuan ukurannya adalah "hari badai guntur", yakni hari yang sekurang-kurangnya sekali dapat didengar adanya guntur. Brazilia mempunyai hari badai guntur rata-rata sebanyak 225 dan merupakan daerah badai guntur paling banyak di dunia. Di Indonesia, seperti yang dilaporkan oleh Badan Meteorologi dan Geofisika tahun 1950 - 1980, disebutkan bahwa Jawa Barat mempunyai banyak hari guntur. Contoh data seperti tercantum dalam tabel berikut:

Tabel 3.5. Rata-rata keseringan hari badai guntur per tahun di beberapa tempat di Indonesia.

Lokasi	Frek.	Lokasi	Frek.
Medan	144	Denpasar	33
Padang	78	Ampenan	53
Pangkalpinang	120	Kupang	61
Jakarta	144	Ambon	20
Kalijati	149	Biak	150
Jatiwangi	145	Ujungpandang	105
Yogyakarta	120	Kendari	95
Semarang	135	Manado	55
Madiun	140	Balikpapan	104
Surabaya	130	Banjarmasin	91

Karena terbawa oleh butir-butir air yang turun maka muatan positif berkumpul di bagian bawah dan negatif di bagian atas. Bila jumlahnya sudah cukup sehingga mempunyai beda potensial yang tinggi terjadilah loncatan muatan. Tetapi terjadinya loncatan muatan tidak sekaligus, melainkan secara bertahap. Ada tiga tahap yang sampai saat ini diketahui, yakni tahap perintis, tahap pemandu, dan tahap pengaliran.

Tahap perintis ditandai dengan adanya loncatan sedikit muatan positif ke puncak-puncak bangunan, pohon, atau yang lain yang menjulang tinggi di bumi.

Selain arahnya, kilat bermacam-macam bentuknya. Ada yang berbentuk garis, ada yang berbentuk garis bercabang-cabang, ada yang berbentuk lembaran, dan ada pula yang berbentuk bola.

Seperti halnya fenomena alam umumnya, dari sifat badai guntur seperti yang telah diuraikan dalam proses kehidupannya, dapat dibedakan mana yang dipandang sebagai yang menguntungkan dan mana yang dipandang sebagai yang membahayakan.

- (1) Pada tahap muda pertumbuhan ke arah vertikal memperagakan

wujud pengaliran panas ke tempat yang tinggi kemudian dikeluarkan ke dalam udara di atasnya. Selanjutnya bahang tersebut dialirkan ke tempat lain. Panas tersebut berupa bahang teridera yakni panas yang langsung berasal dari sinaran matahari dan yang dapat kita rasakan atau kita ukur, dan bahang pendam, yakni panas yang terkandung di dalam uap air. Dengan demikian awan badai guntur bertindak sebagai pendorong terjadinya peredaran udara. Bila demikian, dapat dibayangkan apabila secara terus-menerus udara di dekat permukaan bumi terpanasi oleh sinaran matahari kemudian panas tersebut tidak terangkut atau tidak tersalurkan; maka udara akan menjadi sangat panas dan dapat merusak kehidupan di bumi.

- (2) Pada tahap dewasa kilat banyak terjadi. Kilat tersebut dapat menghasilkan nitrogen dalam udara. Hujan yang terjadi membawa nitrogen tersebut ke bumi. Dengan demikian kadar nitrogen dalam tanah menjadi besar dan bermanfaat bagi tanaman. Tetapi di sisi lain kilat dengan tenaga yang sangat besar dapat menimbulkan kerusakan.
- (3) Menurut hasil penelitian, kita ini sebenarnya bertempat tinggal dalam suatu medan listrik yang sangat luas yang ditimbulkan oleh lempengan bidang bola dari lapisan ionosfer dan permukaan bumi. Ionosfer yang terdapat pada ketinggian sekitar 90 km adalah bagian atmosfer yang banyak mengandung ion-ion positif yang dihasilkan dari proses fotolistrik sinar kosmik dari matahari. Di permukaan bumi banyak terkandung ion-ion bermuatan listrik negatif yang banyak berasal dari bahan-bahan radioaktif. Jadi, permukaan bumi dan lapisan ionosfer dapat diserupakan dengan kondensor bola dengan atmosfer atau udara di antaranya sebagai konduktor. Mungkin

sulit untuk dibayangkan bahwa secara keseluruhan antara ionosfer dan bumi terdapat beda potensial listrik sekitar 360.00 Volt dan arus konduksi sebesar 1800 Ampere. Bandingkan dengan listrik di rumah-rumah yang potensialnya hanya sebesar 220 Volt sudah dapat menimbulkan kematian apabila salah menggunakannya. Tetapi karena nilai tersebut untuk seluruh permukaan bumi apabila disatukan, sedangkan permukaan bumi sangat luas maka arus tersebut tidak terasakan. Kalau dihitung rata-ratanya, tiap meter persegi dilewati arus listrik sebesar tiga per sepuluh juta miliampere saja. Namun, bagaimana kalau tidak ada dorongan dari arus listrik tidak ada? Bila arus listrik atmosfer berhenti, beda potensialnya akan menjadi besar dan dapat terjadi ledakan atau loncatan listrik yang sangat besar. Dalam kaitannya dengan kelistrikan atmosfer tersebut awan guntur dipandang sebagai generator listrik yang mengatur kelangsungan peredaran listrik atmosfer. Dengan adanya kilat yang dihasilkan awan guntur arus dapat berjalan dengan lancar. Oleh karena itu, dalam seluruh dunia setiap saat terbentuk awan badai guntur yang diperhitungkan sekitar 2000 - 3000 awan badai guntur setiap saat.

(c) Gebos (*squall*)

Gebos adalah fenomena atmosfer yang dicirikan dengan perubahan angin yang sangat besar disertai hujan curah (*shower*) dari badai guntur. Gebos berawal sangat mendadak dan kecepatannya juga berkurang secara mendadak.

Gebos sering terjadi di bawah deretan awan badai guntur dan terkesan dalam satu garis; oleh karena itu disebut "gebos garis (*line squall*)".

Selanjutnya garis tempat angin kencang hasil dari pemerosotan udara dalam awan guntur disebut "garis gebos (*squall line*)". Garis gebos umumnya berkaitan dengan sistem tekanan dalam skala sinop. Panjang garis gebos dapat mencapai ratusan kilometer, dan tebalnya sebesar ukuran awan guntur tunggal.

Perubahan unsur cuaca di tempat yang dilalui gebos garis sama seperti bila dilalui awan badai guntur tetapi intensitasnya lebih besar dibandingkan bila dilalui badai guntur.

Di Indonesia gebos sering terjadi di selat Malaka pada bulan Januari ketika aktifnya monsun dingin Asia, dan pada bulan Oktober ketika monsun Asia musim panas Asia aktif. Gebos garis di kawasan tersebut dikenal dengan nama "sumatra".

(d) Puting beliung, belalai air (*water spout*)

Karena pemanasan yang kuat, udara dapat terangkat dengan kuat dan cepat. Bila pemanasan yang demikian terjadi di suatu tempat, di tempat itu seolah-olah terjadi kekosongan udara yang dengan cepat pula diisi oleh udara sekitarnya sehingga daerah tersebut menjadi daerah pumpunan angin dan pengumpulan udara. Pengumpulan udara yang berlangsung sangat cepat menimbulkan pusingan angin atau angin berputar. Angin pusing paling sering terjadi di padang pasir, dan dapat mengangkut debu, pasir atau benda-benda ringan lainnya.

Bila pemanasan kuat terdapat di bawah awan guntur tingkat dewasa yang di dalamnya terdapat gerak udara vertikal yang kuat, di bawah awan yang udaranya sangat lembap dan dapat timbul pilin udara atau angin pusing memutar awan guntur. Pilin udara dan putaran awan tersebut dikenal dengan nama "puting beliung".

Gambar 3.14. Awan puting beliung

Dalam bahasa setempat di Amerika puting beliung disebut "*tornado*"; di Perancis dan Jerman disebut "*trombe*"; di Spanyol dan Itali disebut "*tromba*"; di Jepang disebut "*tatsumaki*" dan di India disebut "*hatshnura*".

Di samping angin berputar dengan kecepatannya sangat besar, kekuatannya juga besar yang dapat mencapai 12 skala Beaufort. Karena puting beliung bergerak cepat, daerah yang tersapu tidak luas, melainkan



hanya sekitar 100 meter; tetapi panjangnya dapat mencapai lebih dari 2 kilometer, dan berlangsung dalam waktu sangat pendek sekitar 1 sampai 3 menit saja.

Puting beliung yang kuat menimbulkan bentuk kerucut pada bagian bawah awan. Tekanan udara pada ujung kerucut awan dapat sangat rendah sehingga benda-benda di bawahnya dapat terangkat. Penurunan tekanan di tempat yang dilalui puting beliung dapat mencapai 100 sampai 200 hPa. Puting beliung umumnya timbul di atas daratan.

Bila dilihat dari atas, baik yang terjadi di atas belahan bumi utara maupun di atas belahan bumi selatan, putaran puting beliung bersifat siklonal yang arahnya mengiri atau berlawanan arah putaran jarum jam. Puting beliung yang kuat garis tengahnya sekitar 200 meter; makin besar garis tengahnya putarannya makin rendah.

Karena awan puting beliung juga awan guntur maka puting beliung juga dapat menimbulkan fenomena elektrik. Puting beliung biasanya tidak disertai hujan sampai di tanah, meskipun ada kalanya terjadi hujan lebat di tempat sesudah dilewati puting beliung.

Bila awan badai guntur lebih banyak terjadi di kawasan tropis dibandingkan di kawasan luartropis, tetapi puting beliung lebih sering terjadi di kawasan luartropis meskipun terjadinya puting beliung dari awan badai guntur. Salah satu sebabnya karena di kawasan luar tropis gaya Corioli cukup besar sehingga awan-awan putar lebih banyak.

Puting beliung umumnya terjadi di atas daratan; jarang terjadi di atas laut, karena pemanasan di atas laut lebih kecil dibandingkan pemanasan di atas daratan. Puting beliung di atas laut umumnya berasal dari darat, dan umumnya melemah ketika di atas lautan. Tetapi bila di atas laut masih kuat dapat menarik air laut ke atas dan kerucut di bagian bawah awan terkesan sebagai belalai; oleh karena itu disebut "belalai air".

Gambar 3.15. Belalai air.

Karena peristiwanya sangat singkat perekaman puting beliung sangat sulit dilakukan sehingga data tentang adanya puting beliung masih sangat sedikit. Dari pengamatan yang sampai kini dapat dilakukan

menunjukkan bahwa kawasan Texas, lembah Misissipi adalah tempat paling banyak puting beliung di dunia, meskipun mungkin akan berubah bila makin banyak dilakukan pengamatan di tempat lain.



(e) Siklon

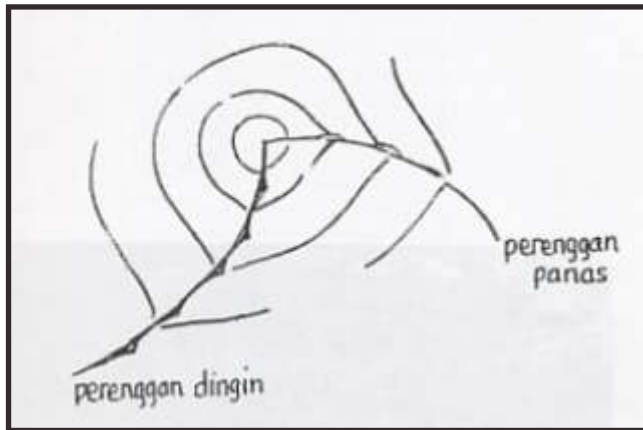
Dalam skala besar, cuaca usikan berbentuk siklon. Kata siklon berasal dari "*cyclone*" yang berarti "ular melingkar". Dengan arti tersebut kata "siklon" dipakai untuk memberi nama sistem cuaca yang ditandai oleh kelompok awan melingkar dan dikelilingi oleh daerah dengan angin kencang. Siklon terdapat di kawasan luar-tropis yang timbulnya pada daerah pertemuan dan percampuran massa udara dingin dan massa udara panas.

Gambar 3.16. Bagan siklon.

Di dalam siklon tekanannya sangat rendah sampai mencapai 910 mb, dan dapat menimbulkan kabut yang sangat tebal atau hujan sangat lebat dan berlangsung lama.

(f) Gelombang timuran (*easterly wave*)

Di kawasan tropis, karena angin pasat, terdapat daerah dengan angin selalu dari arah timur. Pada umumnya angin timur tersebut menimbulkan cuaca cerah, tetapi pada tempat-tempat tertentu sering



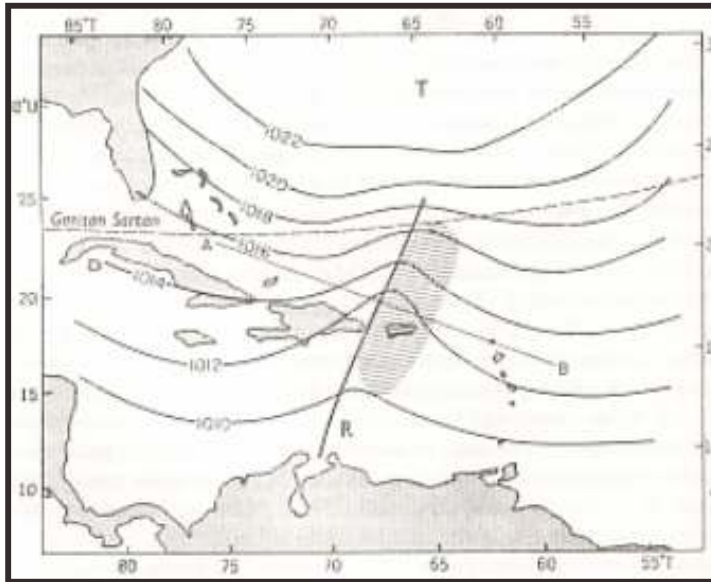
mendapat gangguan berupa palung tekanan rendah. Palung tersebut membentuk isobar yang berbentuk seperti gelombang dan bergerak ke barat bersamaan dengan angin timuran. Oleh karena itu, gelombang tersebut dikenal dengan "gelombang timuran". Gelombang timuran terdapat pada sisi bagian barat dari lautan yang luas, antara 5 sampai 20 derajat lintang geografi utara maupun selatan. Pada gelombang tersebut sering timbul pusaran dan menjadi tempat timbulnya bibit siklon tropis.

Gambar 3.17. Gelombang timuran di laut Karibia.
(Neuwolt).

Gelombang timuran paling sering timbul di kawasan Karibia Lautan Atlantik dan di Pasifik Barat sebelah timur Philipina. Di belahan bumi selatan gelombang timuran kurang jelas. Umumnya timbul dalam akhir masa lewatnya matahari di atas kawasan tersebut. Gerak

gelombang timuran ke arah barat dan kecepatannya antara 15 - 20 km/jam. Pada gelombang timuran bagian belakang sering timbul cuaca buruk.

(g) Siklon tropis



Sesuai dengan namanya siklon tropis adalah siklon yang lahir dan selama hidupnya di kawasan tropis, tetapi sifat-sifatnya berbeda dengan siklon yang ada di kawasan luartropis.

Siklon tropis termasuk cuaca usikan berskala besar. Imbasnya sampai ratusan kilometer dan hidupnya dapat berhari-hari. Siklon tropis dapat dipandang sebagai mesin termal yang memindahkan energi dari laut ke atmosfer dan dari kawasan khatulistiwa ke arah kutub. Energi yang dipindahkan cukup mengesankan. Menurut NOAA besarnya sekitar 5 kali bom atom H/detik atau sekitar $2 - 6 \times 10^6$ Joule/hari dan mengakibatkan sekitar 20.000 orang meninggal/tahun serta kerugian

lain 6 - 7 milyar US dollar/tahun.

Siklon tropis membawa angin yang sangat kencang disertai badai guntur dan hujan lebat. Kecepatan angin di sekitar siklon tropis lebih dari 175 knot (1 knot = 1,8 km/jam). Daerah siklon tropis mempunyai ukuran garis tengah 100 km sampai lebih dari 1000 km.

Selain itu siklon tropis dapat hidup berhari-hari dan bergerak sampai jauh. Di lautan siklon tropis dapat menimbulkan gelombang pasang yang sangat besar. Demikian besar kecepatan angin dan gelombang laut yang ditimbulkan sehingga dapat menimbulkan banyak kerusakan dan kematian. Oleh karena itu siklon tropis dimasukkan sebagai faktor bencana. Menurut catatan almanak dunia yang dikutip Asnani, salah satu siklon tropis di teluk Benggala pada tahun 1970 menimbulkan kematian sampai sekitar 300.000 orang di Bangladesh. Di tempat lain juga banyak menimbulkan bencana dan kematian, yang contohnya seperti tercantum dalam **Tabel 3.6**.

Sumber siklon tropis terdapat di lautan yang luas di antara garis lintang 6 dan 15 derajat, dan dapat terbentuk apabila suhu permukaan laut lebih dari 29 °C dan suhu udara di atasnya sekitar 32 °C. Pada keadaan suhu demikian penguapan laut dapat terjadi besar-besaran sehingga udara di atasnya mempunyai kelembapan tinggi. Bila tempat tersebut terganggu, umumnya oleh angin timuran khatulistiwa, terjadilah golakan dan putaran karena mendapat dorongan perputaran bumi. Daerah lautan yang mempunyai syarat cukup untuk timbulnya siklon tropis adalah lautan Pasifik Baratdaya, lautan atlantik, laut Arab, Laut India di teluk Banggala, laut Arafura di sebelah utara Australia.

Tabel 3.6. Data kematian karena siklon tropis

Sumber : Almanak Dunia dikutip Asnani.

Umumnya setelah siklon tropis terbentuk, baik di belahan bumi utara maupun di belahan bumi selatan, kemudian siklon tropis bergerak ke arah barat kemudian membelok menjauhi khatulistiwa ke arah kutub. Bila siklon tropis kuat dan ada perenggan di kawasan luartropis, siklon tropis berbalik ke arah timur laut bila di belahan bumi utara, dan ke arah tenggara bila di belahan bumi selatan, mengikuti arah gerakan perenggan tersebut dan akhirnya menghilang. Tetapi ada kalanya masuk ke dalam daerah angin baratan luartropis dan kembali ke arah timur. Umumnya siklon tropis melemah dan mati bila masuk di atas daratan luas. Bila angin baratan khatulistiwa kuat, siklon tropis bergerak ke arah barat hampir sejajar khatulistiwa.

Waktu kejadian	Banyak kematian	Lokasi
8 September 1990	6.000	Galveston, TX
12 – 17 Sept. 1928	4.000	India Barat
3 September 1930	2.000	San Domingo
15 – 16 Okt. 1942	11.000	Bengal, India
25 – 27 Sept. 1953	1.300	Vietnam, Jepang
27 September 1954	1.218	Jepang
17 – 19 Sept. 1959	2.000	Timur Jauh
26 – 27 Sept. 1959	4.466	Honshu, Jepang
4 – 8 Okt. 1963	6.000	Cuba, Haiti
13 Nopember 1970	300.000	Banglades
19-20 Sept. 1974	2.000	Honduras
19 Nopember 1977	10.000	Andhra Pradesh, India

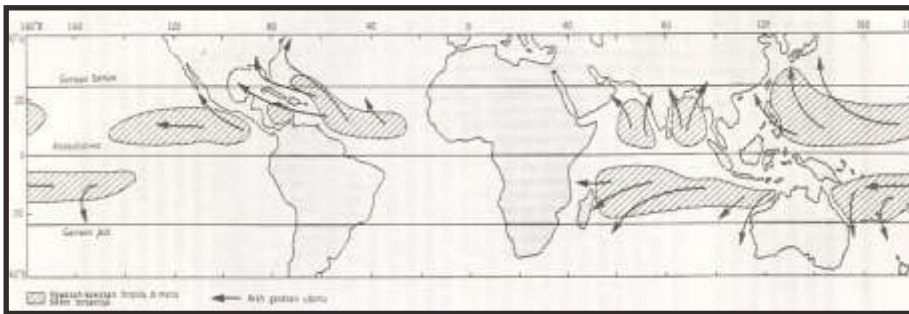
Berdasarkan kekuatannya, siklon tropis digolongkan dalam (a) lembang tropis (*tropical depression*), (b) badai tropis (*tropical Storm*), (c) siklon tropis (*tropical cyclone*).

Gambar 3.18. Daerah sumber dan arah gerak siklon tropis. (Neuwolt).

Lembang tropis adalah tingkat siklon tropis yang paling rendah; kecepatan angin di sekelilingnya antara 22 dan 33 knot. Badai tropis adalah tingkat siklon tropis yang lebih tinggi; kecepatan angin di sekelilingnya antara 34 dan 63 knot. Bila kecepatan angin lebih dari 64 knot termasuk tingkat siklon tropis.

Namun demikian perlu dicatat bahwa tidak selalu tingkat lebih rendah naik menjadi tingkat yang lebih tinggi; jadi, leembang tropis tidak selalu menjadi siklon tropis.

Di dalam siklon tropis tekanan udara sangat rendah sampai dapat mencapai 900 mb. Dari luar ke arah dalam landaian tekanan sangat besar.

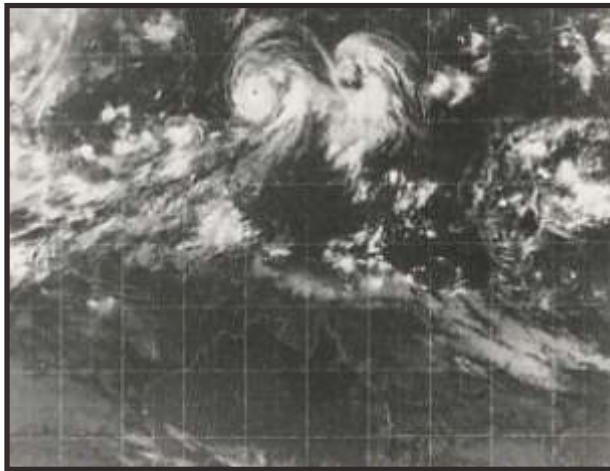


Di bagian tepi terdapat angin sangat kencang sampai lebih dari 200 knot, berawan padat disertai hujan lebat yang dalam sehari dapat mencapai 800 - 2000 mm. Di pusatnya dalam daerah dengan jejari sekitar 10 km hampir tidak ada angin dan tidak ada awan; daerah tersebut dinamakan "mata badai".

Daerah yang paling banyak hujan dan angin paling kencang terdapat di bagian depan sebelah kanan dari arah gerakan siklon tropis; oleh karena itu bagian tersebut dinamakan "sektor bahaya".

Gambar 3.19. Foto siklon tropis dari satelit cuaca.

Untuk mengenali siklon tropis, siklon tropis diberi nama. Dahulu nama yang digunakan adalah nama wanita, misalnya Any, Betty, Charly, dll. karena awalnya yang memberi nama adalah pelaut yang umumnya pria. Tetapi sejak 1960 nama yang diberikan tidak lagi selalu nama perempuan. Pemberian nama dilakukan oleh suatu komite dalam koordinasi Organisasi Meteorologi Dunia (OMD), yang anggotanya terdiri dari wakil-wakil Negara anggota OMD di wilayah siklon tropis masing-masing. Pemberian nama biasanya sekaligus dalam beberapa tahun yang dibagi-bagi dalam musim siklon tropis seperti yang terlihat pada Lampiran I. Biasanya badai tropis diberi nama apabila kecepatan anginnya sudah lebih dari 34 knot; namun demikian, kriteria tersebut



tidak menjadi keharusan bergantung kepada lokasinya, misalnya pusat studi siklon tropis di Hawaii dan Miami memberi nama juga meskipun tingkatnya termasuk lembang tropis.

Siklon tropis hanya ada di kawasan tertentu. Dalam bahasa ilmu biasanya digunakan istilah siklon tropis, dan dalam bahasa umum orang setempat menggunakan istilah dalam bahasa daerah yang bersangkutan.

Misalnya siklon tropis di laut Cina orang di sekitarnya menamakan tifon (*typhoon*). Meskipun mungkin tifon berasal dari siklon tropis sama yang berasal dari lautan Pasifik baratlaut di sekitar Pilipina orang Pilipina menamakan "*baguio*". Di Atlantik orang sekitarnya menyebutnya dengan nama "hurikan (*hurricane*)". Orang Meksiko menamakan "*cardonazo*", dan di Australia utara orang menyebutnya *willy-willy* bagi siklon tropis di sebelah utara Australia.

Salah satu syarat terbentuknya siklon tropis adalah suhu laut yang tinggi dan beda suhu udara di atasnya lebih dari 2 derajat. Oleh karena itu musim siklon tropis adalah pada waktu posisi matahari di atas daerah sumber yang bersangkutan. Di Pasifik Barat Daya musim siklon tropis pada bulan Juni sampai Oktober; di Laut Arafura bulan Desember sampai Maret; di Teluk Benggala bulan Mei sampai Agustus.

Karena kondisi daerah sumber berbeda maka keseringan timbulnya siklon tropis di setiap daerah sumber juga berbeda. Kawasan yang paling banyak terjadi siklon tropis adalah lautan Pasifik Barat Laut, kemudian Lautan India Utara dan Selatan, dan selanjutnya secara beurut adalah Lautan Atlantik Barat, Pasifik Timur di sebelah utara khatulistiwa, Pasifik Selatan, dan lautan di sebelah barat dan utara Australia, yang masing-masing keseringan terjadinya rata-rata setiap tahun sebagai berikut:

- di Pasifik Barat Daya 208 kali atau 43%,
- di Lautan Atlantik-Caribia 85 kali atau 18%,
- di Teluk Benggala 75 kali atau 16%,
- di Lautan India Barat Daya 41 kali atau 9%,
- di Laut Arafura 31 kali atau 6%,
- di sebelah barat Australia 23 kali atau 5%,

di Pasifik Timur Laut 10 kali atau 3%.

Tempat sumber siklon tropis umumnya di atas lautan tropis yang luas, antara 5 dan 15 derajat lintang geografi.

Pemicu timbulnya siklon tropis adalah Pias Pumpun Antantropis (PPAT), yaitu daerah pertemuan angin pasat belahan bumi utara dan selatan, gelombang timuran (*easterly waves*) yaitu gelombang yang ditimbulkan oleh angin timur, dan suhu muka laut yang tingginya lebih dari 29 C.

Secara sederhana dapat dikenali indikasi akan timbulnya siklon tropis, antara lain (a) ada gelombang timuran, (b) di lapisan udara atas pada paras sekitar 200 hPa atau pada ketinggian 12 km terdapat daerah beraian angin, (c) landaian vertikal angin dari paras ketinggian 950 hPa sampai 200 hPa kecil rata-rata kurang dari 3 m/detik per 100 hPa.

Pertumbuhan siklon tropis memerlukan dukungan kondisi atmosfer sekitarnya. Mula-mula terjadi pusaran di daerah tekanan rendah di permukaan laut; di atasnya suhu udara di dekat permukaan lebih dingin dibandingkan suhu udara di atasnya. Selanjutnya terjadi penguapan dan terjadi pengembunan. Di atas bahang pendam yang keluar dari pengembunan kembali sehingga bagian bawah yang semula dingin berubah menjadi panas dan timbul golakan udara yang makin lama makin besar.

Sifat-sifat lain :

- (a) Setelah mencapai dewasa seluruh bagian troposfer di atas siklon tropis menjadi lebih panas dibandingkan udara sekitarnya.
- (b) Tekanan udara di bawah siklon tropis menjadi sangat rendah sampai 950 hPa atau lebih rendah lagi dan lebih rendah dibandingkan

tekanan udara sekitarnya; tetapi makin ke atas makin tinggi dan kemudian pada ketinggian tertentu menjadi sama dengan tekanan udara sekitarnya atau lebih tinggi, bahkan pada paras sekitar 100 hPa dapat menjadi pusaran antisiklonik. Rumus-rumus empirik dari beberapa peneliti yang dikutip Asnani menunjukkan bahwa sebaran tekanan pada permukaan di bawah siklon tropis bergantung kepada jaraknya dari pusat siklon tropis, misalnya :

(i) yang dikemukakan oleh Takahasi (1939):

$$p_r - p = p / (1 + r/r)$$

dengan p_r = tekanan pada jarak r dari pusat siklon tropis; p = tekanan atmosfer di luar siklon tropis; p = beda antara tekanan pada jarak r dan tekanan pada pusat siklon tropis; dan r = jarak dari pusat siklon tropis tempat dengan $p_r = p/2$; atau:

$$p_r - p = p / (1 + r/r)^2$$

(ii) yang dikemukakan oleh Reid (1957):

$$p_r - p = p \cdot \exp(-R/r)$$

dengan p_r = tekanan pada jarak r dari pusat siklon tropis; p = tekanan di pusat siklon tropis; p = beda antara tekanan pada jarak r dan tekanan pada pusat siklon tropis; e bilangan eksponensial; dan R = jarak dari pusat siklon tropis dengan $p_r = p/e$.

(iii) yang dikemukakan Holand (1980):

$$p_r - p = (p - p) \exp(-A/r^B)$$

dengan p_r = tekanan pada jarak r dari pusat siklon tropis; p = tekanan di pusat siklon tropis; p = tekanan atmosfer di luar siklon tropis; p = beda antara tekanan pada jarak r dan tekanan pada pusat siklon tropis; A dan B bilangan konstan yang

besarnya sebanding dengan jarak atau jarak tempat angin landaian tegak lurus isobar. B besarnya antara 1,0 dan 3,0.

- (c) Kelembapan nisbi yang maksimum terdapat pada dinding awan, dan di luar awan makin jauh dari dinding awan kelembapan makin berkurang..
- (d) Angin landaian maksimum terdapat di dekat permukaan pada ketinggian antara 900 dan 850 hPa. Pada paras tersebut angin berputar siklonal; tetapi makin ke atas menjadi antisiklonal. Makin kuat siklon tropis makin kuat pula pusaran siklonal dan antisiklonalnya.
- (e) Bila siklon tropis mempunyai mata, arus masuk terdapat di bagian bawah sampai di pinggiran mata dan arus keluar di atasnya. Di dalam mata udaranya terang tidak ada awan dan angin tenang.
- (f) Di tepi luar mata gerak vertikal ke atas sangat kuat sampai mencapai sekitar 0,06 hPa/detik atau sekitar 1,8 m/detik.
- (g) Siklon tropis dapat memberi hujan lebat, maksimum pada jarak sampai 2 derajat lintang dari pusat; laju kelembatan hujan dapat mencapai 2,5 mm/jam atau lebih selama 35% waktu hujan.
- (h) Daerah dengan hujan lebat dan angin kencang terdapat pada sektor depan bagian kanan dari arah gerak. Daerah tersebut disebut "sektor bahaya".

Di Indonesia tidak pernah timbul siklon tropis karena kawasan Indonesia tidak memenuhi syarat yang diperlukan bagi pertumbuhan siklon tropis, tetapi adanya siklon tropis di sekitar Indonesia, misalnya yang ada di sebelah utara dan barat laut Australia, di atas lautan India, dan di atas lautan Pasifik barat, mempunyai dampak kepada sistem cuaca di Indonesia.

B. Fenomena Laut

Fenomena laut yang mempunyai kaitan timbal balik dengan fenomena cuaca adalah gelombang laut, alun (*swell*), *upwelling-downwelling*, pasang-surut.

(a) Gelombang laut

Gelombang permukaan laut timbul karena adanya kakas yang bekerja pada laut. Kakas tersebut utamanya berasal dari tekanan atau tegangan dari atmosfer (utamanya melalui angin), gempa bumi, gravitasi bumi dan planet (bulan, matahari), gaya Coriolis karena perputaran bumi, dan tegangan permukaan laut sendiri. Gelombang yang dihasilkan dari gesekan antara angin dan laut disebut gelombang angin (*wind wave*) atau gelombang laut (*sea wave*).

Sifat gelombang bergantung kepada kakas penyebabnya. Secara umum gelombang dicirikan dengan berbagai parameter:

- (1) Panjang gelombang (λ), yakni jarak mendatar antara dua titik tertinggi atau antara dua titik terendah yang berurutan.
- (2) Periode gelombang (T), yakni selang waktu antara terjadinya puncak tertinggi atau terendah yang berturutan,
- (3) Frekuensi gelombang (f), yakni banyaknya puncak atau banyaknya gelombang setiap waktu. Biasanya dinyatakan dengan Hertz yang besarnya $= 1/T$,
- (4) Amplitude gelombang (a), yakni tingginya puncak gelombang dari permukaan laut rata-rata,
- (5) Tinggi gelombang (H), yakni jarak ketinggian dari puncak paling tinggi dan puncak paling rendah di depannya, jadi $H = 2a$,

- (6) Laju atau kecepatan fase gelombang (c), yakni jarak yang ditempuh oleh puncak gelombang setiap waktu,
- (7) Kecondongan gelombang (K), yakni perbandingan antara tinggi dan panjang gelombang, jadi $K = H/ \lambda$.

Gelombang air dalam, yakni gelombang yang tinggi gelombangnya lebih besar dari seperempat panjang gelombang.

Nilai parameter-parameter tersebut saling berkaitan, yang hubungannya dapat dituliskan sebagai berikut:

a. Hubungan antara λ , c, dan T:

$$\lambda = cT \tag{3.9}$$

b. Raut gelombang dinyatakan dengan bentuk sinusoida:

$$(x,t) = a \sin(kx - \omega t) \tag{3.10}$$

dengan (x,t) menyatakan fungsi jarak dan waktu; $k = 2\pi / \lambda$ disebut bilangan gelombang (*wave number*); $\omega = 2\pi / T$ disebut frekuensi sudut (*angular frequency*).

Macam gelombang:

- gelombang air dalam : $h > \lambda/4$,
- gelombang air dangkal: $h < \lambda/25$,
- ke dalam transisi : $\lambda/25 < h < \lambda/4$

c. Hubungan antara frekuensi sudut dan bilangan gelombang bergantung pada kedalaman air laut:

Dalam air dalam:

$$\omega^2 = gk \tag{3.11}$$

sehingga $(2\pi / T)^2 = gk$

$$(2\pi/T)^2/k^2 = g/k$$

$$(2\pi/T)^2/(2\pi/\lambda)^2 = g/k$$

$$(\pi/T)^2 = g/k$$

$$(C)^2 = g/k$$

$$c = \sqrt{g/k} \quad (3.12)$$

dengan g = percepatan gravitasi bumi.

- d. Bentuk gelombang pada pias alat rekam gelombang (*wave recorder*) yang dipasang di suatu tempat mempunyai pola sebagai berikut:

- bila diamati pada saat $t = 0$ persamaan (2) menjadi

$$(x) = a \sin(kx) \quad (3.13)$$

- persamaan gelombang yang terekam, $x = 0$, berbentuk

$$(t) = a \sin(-\omega t) \quad (3.14)$$

Persamaan (3.13) berbentuk seperti gerak pelampung atau *buoy* tetap yang naik turun seperti diterjang gelombang.

Energi gelombang. Gelombang berkaitan dengan gerak dalam air laut; maka gelombang membawa energi kinetik. Energi tersebut menimbulkan perubahan pada energi potensial. Oleh karena itu, partikel air terlihat bergerak naik turun bila dilalui gelombang. Jumlah energi kinetik dan energi potensial disebut "energi total". Besarnya energi total gelombang sederhana dinyatakan dengan rumus:

$$E_t = \frac{1}{2} \rho g a^2, \text{ atau } E_t = \frac{1}{8} \rho g H^2 \quad (3.15)$$

Dengan ρ = rapat massa air laut; g = percepatan gravitas bumi; a = amplitudo gelombang; dan H = tinggi gelombang.

Pengaruh kedalaman air laut. Karena gelombang menjalar, air laut menjadi terganggu sehingga permukaan air dan kedalaman air di

bawah gelombang menjadi berubah. Panjang gelombang berkurang apabila kedalaman laut berkurang dan demikian sebaliknya panjang gelombang bertambah apabila kedalaman laut bertambah.

Bila $k = 2\pi / \lambda$ disebut "bilangan gelombang" dan h tinggi gelombang maka perubahan kecepatan gelombang dan panjang gelombang mengikuti hubungan:

$$c^2 = g/k \tanh kh \quad (3.16)$$

dengan $\tanh kh = (e^{kh} - e^{-kh}) / (e^{kh} + e^{-kh})$.

Dengan menggunakan definisi frekuensi sudut $\omega = 2\pi / T$ dan bilangan gelombang $k = 2\pi / \lambda$, dan hubungan $c = \lambda / T$, maka $\omega = 2\pi / T = kc$, sehingga :

$$\omega^2 = gk \tanh kh \quad (3.17)$$

Bila gelombang terdapat di laut dalam yang kedalamannya lebih besar dari seperempat panjang gelombang ($h > \lambda/4$), nilai kh mendekati satu sehingga $\tanh kh \approx 1$, dan besarnya kecepatan menjadi:

$$c^2 = g/k = g\lambda/2\pi \quad (3.18)$$

atau

$$c^2 = g\lambda \quad (3.19)$$

Bila gelombang menjalar di laut dangkal, yaitu laut yang kedalamannya lebih kecil dari seperduapuluhlima panjang gelombang ($h < \lambda/25$), misalnya gelombang mendekati pantai, hampir seluruh sifat gelombang berubah kecuali periode gelombang yang hampir tidak berubah.

Untuk laut dangkal dengan $h < \lambda/25$, nilai $\tanh kh \approx kh$, sehingga dari persamaan (3.8) diperoleh:

$$c^2 = gh \text{ atau } c = \sqrt{gh} \quad (3.20)$$

Bila gelombang menjalar dari laut dalam ke laut dangkal atau pada kedalaman laut antara seperempat panjang gelombang dan seperduapuluh lima panjang gelombang ($\lambda/25 < h < \lambda/4$), hubungan kecepatan dan kedalaman laut dinyatakan dengan rumus untuk laut dangkal, atau secara umum ditulis:

$$c = c_0 \tanh kh \quad (3.21)$$

$$\text{dan } k = \frac{2\pi}{\lambda} \tanh kh \quad (3.22)$$

dengan c_0 , λ dan k masing-masing kecepatan gelombang, panjang gelombang, dan bilangan gelombang di laut dalam ($c_0 = \sqrt{g\lambda/2}$; $\lambda = gT^2/2$; $k = 2\pi/\lambda$).

Refraksi dan difraksi. Ketika gelombang masuk ke bagian bawah laut gelombang dibiaskan (refraksi) atau dipencarkan (difraksi) seperti halnya kalau cahaya melewati air.

Apabila gelombang masuk ke kedalaman yang berubah, misalnya dari laut dalam ke laut dangkal, dan bila arah penjarannya tidak tegak lurus garis-garis kontur kedalaman, di bagian laut dalam gelombang bergerak lebih cepat dibandingkan dengan kecepatan gelombang setelah berada dalam laut dangkal. Melambatnya kecepatan tersebut karena puncak gelombang berbalik arah sejajar kontur dasar laut. Selain kecepatan berubah, arah gelombang juga berubah mengikut bentuk pantai dan bentuk kontur kedalaman. Perubahan arah disebut "refraksi", seperti pada contoh berikut:

- (i) perubahan ke arah kanan bila pantainya landai dan kontur kedalamannya sejajar (**Gambar 3.20**)

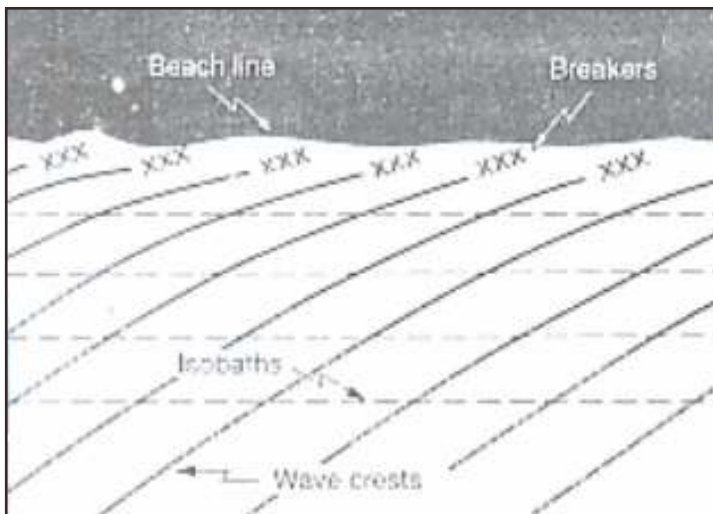
Gambar 3.20. Refraksi sepanjang pantai rata yang kontur kedalamannya sejajar.

- (ii) perubahan arah ke dalam (mengumpul) bila pantainya lurus tetapi kontur kedalamannya berbentuk punggung (*ridge*) (Gambar 3.21)

Gambar 3.21. Refraksi sepanjang pantai rata yang kontur kedalamannya berbentuk punggung.

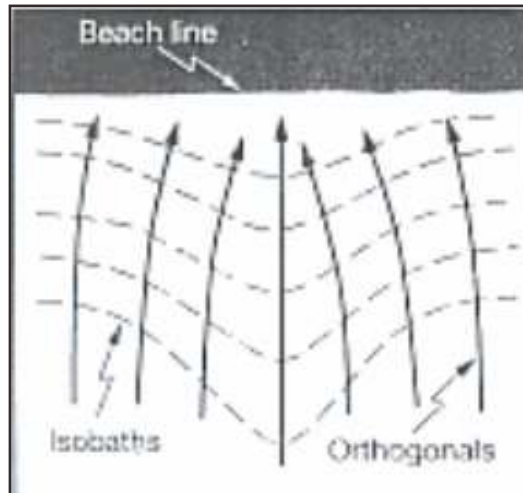
- (iii) perubahan arah keluar (menyebar) bila pantainya lurus tetapi kontur kedalamannya berbentuk palung (*trough*) (Gambar 3.22).

Gambar 3.22. Refraksi sepanjang pantai rata yang kontur kedalamannya berbentuk palung.



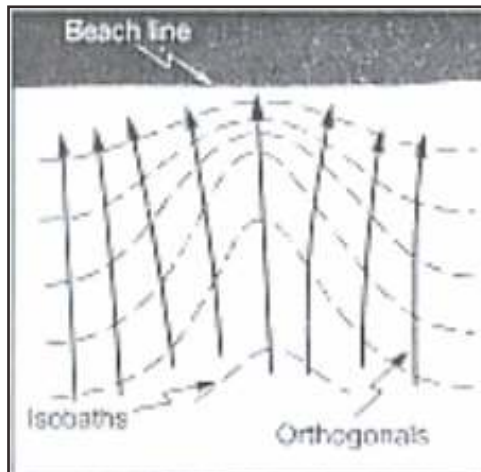
- (iv) bila pantai berbentuk teluk dan tanjung, arahnya menyebar bagi angin yang menuju teluk dan mengumpul bagi angin yang menuju tanjung (**Gambar 3.23**).

Gambar 3.23. Refraksi sepanjang pantai yang tidak teratur



Bila gelombang melewati rintangan maka di balik rintangan, gelombang menjadi tinggi dan kecepatan berkurang. Fenomena demikian disebut "difraksi".

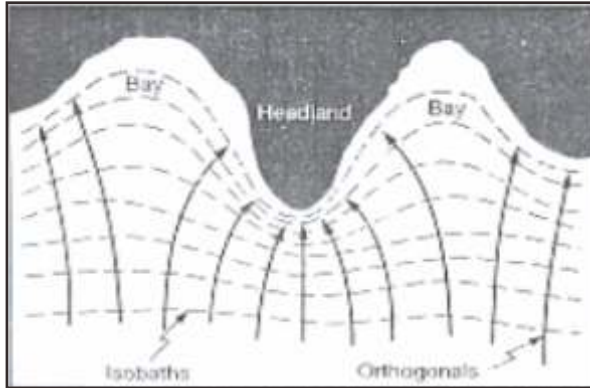
Gelombang pecah. Di atas gelombang sering terlihat buih putih



yang dikenal dengan nama "kuda putih (*white horse*)". Buih tersebut

timbulnya berkaitan dengan angin. Buih makin tampak banyak apabila kecepatan angin mencapai sekitar 8 knot atau 3 skala Beaufort.

Makin besar kecepatan atau kekuatan angin, makin banyak buih yang terlihat. Buih tersebut berasal dari pecahan gelombang.



Gelombang dapat pecah apabila sudut puncak gelombang berubah menjadi lebih kecil sampai batas tertentu yang umumnya menjadi kurang dari 120 derajat.

Gambar 3.24. Gelombang pecah.

Dalam gelombang, partikel yang di bagian atas mempunyai kecepatan lebih besar dibandingkan yang di bawahnya. Beda kecepatan lebih besar bila gelombangnya lebih tajam atau amplitudonya besar dan panjang gelombangnya pendek.

Misalkan tinggi gelombang H dan periodenya T , kecepatan partikel air

$$S = 2 \cdot \frac{1}{2} H/T = H/T \quad (3.23)$$

Kecepatan tersebut sama dengan kecepatan puncak gelombang



dan lebih kecil dari kecepatan gelombang. Bila kecepatan gelombang $c = \lambda/T$, maka kecepatan partikel $v = \lambda/T < \lambda/T$ atau $v < c$.

Seperti telah dijelaskan, bila gelombang menjalar ke laut dangkal, misalnya menuju pantai, kecepatannya makin kecil tetapi periodanya tetap; dengan demikian, panjang gelombangnya makin kecil.

Dalam praktek H maksimum $= \lambda/7$. Oleh karena itu, apabila gelombang menjalar pada kedalaman yang makin berkurang gelombang pecah menjadi gelombang yang lebih rendah. Misalkan gelombang yang semula tingginya H berubah menjadi H_b pada kedalaman h_b , besarnya $h_b = 1,28 H_b$. H_b disebut tinggi gelombang pecah, dan h_b kedalaman tempat gelombang pecah.

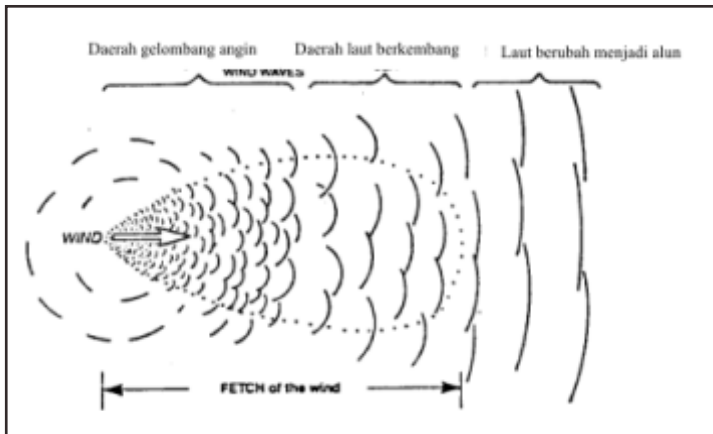
Alun (*swell*). Daerah angin pembentuk gelombang laut disebut "daerah jangkauan (*fetch*)". Gelombang laut tidak tunggal, melainkan tersusun dari banyak gelombang yang berbeda panjang gelombang dan periodanya. Superposisi dari berbagai gelombang tersebut dapat berbentuk gelombang besar yang periodenya panjang dapat menjalar sampai ratusan bahkan ribuan kilometer. Gelombang besar tersebut dikenal dengan nama "alun". Alun dapat berasal dari gangguan sinoptik di tempat jauh, misalnya dari siklon, siklon tropis, atau gangguan lain.

Gambar 3.25. Daerah jangkauan angin pembentuk gelombang.

C. Arus Laut

Arus laut yang dimaksud dalam pembahasan ini adalah arus yang ditimbulkan oleh angin yang bertiup di atas permukaan laut. Bila angin bertiup di atas laut maka terjadi gesekan yang menimbulkan gelombang seperti yang telah dibahas dalam Subbab 3.3.3 bagian B. Dalam proses interaksi atmosfer - laut, energi dan momentum gelombang pecah dialihkan menjadi arus di lapisan air. Bila gelombang pendek pecah di atas gelombang yang lebih panjang, perpindahan energi dan momentum menimbulkan arus yang arahnya mendatar.

Pada gelombang gravitas gerak partikel air naik-turun. Bila di



atasnya terdapat angin perpindahan energi dan momentum diubah menjadi energi kinetik dan energi potensial dan partikel air pada permukaan selain bergerak naik-turun juga berputar yang menurut Langmuir seperti yang terlihat pada **Gambar 3.26**.

Gambar 3.26. Bagan peredaran air pada permukaan laut (menurut Langmuir, yang

dikutip Perry and Walker, 1977)

Di laut dangkal gerak putarannya berbentuk elips dan di laut dalam berbentuk lingkaran. Arus yang ditimbulkan menyimpang ke kanan dari arah angin bila di belahan bumi utara, dan menyimpang ke kiri bila di belahan bumi selatan. Selanjutnya, makin ke dalam, arah arus berubah dan kecepatannya makin kecil. Perubahan arah dan kecepatan angin mengikut kedalaman laut mengikut model Ekman seperti yang terlihat pada **Gambar 3.27**.

Gambar 3.27. Variasi angin mengikut kedalaman.
(Perry and Walker, 1977)



Untuk digunakan di belahan bumi utara variasi angin tersebut dinyatakan dalam persamaan sebagai berikut:

$$u = V \exp(-z/D_f) \cos(45^\circ - z/D_f) \quad (3.24a)$$

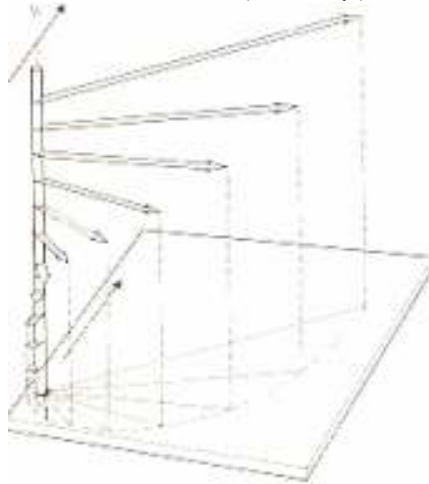
$$v = V \exp(-z/D_f) \sin(45^\circ - z/D_f) \quad (3.24b)$$

dengan u dan v masing-masing komponen kecepatan arus dalam arah barat-timur dan ke arah utara-selatan; V = kecepatan arus pada bagian laut paling atas; z = kedalaman laut; dan D_f = kedalaman yang

didefinisikan sebagai:

$$D_f^2 = \frac{2 A_z}{\rho_w \sin \phi} \quad (3.25)$$

dengan A_z = koefisien kekentalan (*viscosity*) dalam arah z; ρ_w = rapat



massa air; ω = kecepatan sudut putaran bumi; dan ϕ = sudut lintang geografi.

$$V = \frac{\tau_0}{\rho_w (2 A_z \sin \phi)} \quad (3.26)$$

dengan τ_0 = tegangan angin (*wind stress*).

Bila $z = 0$ dimasukkan ke dalam persamaan 3.24a dan 3.24b, maka $u = V \cos 45^\circ$, dan $v = V \sin 45^\circ$ yang berarti bahwa pada permukaan, arah arus mengarah kanan sebesar 45° dari arah angin, bila di belahan bumi utara, dan 45° ke kiri bila di belahan bumi selatan.

Pada kedalaman $z = D_f$ persamaan 3.24a dan 3.24b menghasilkan $u = -V e^{-1}$, dan $v = V e^{-1}$ atau kecepatan arus $U = V e^{-1}$ atau sekitar $V / \sqrt{2}$. Jadi, pada kedalaman D_f tersebut kecepatan arus sudah sangat kecil sehingga kedalaman D_f dipandang sebagai dalamnya laut yang bebas dari pengaruh angin.

D. Arus Pasang Surut

Gelombang pasang surut termasuk gelombang gravitasi, yang dibangkitkan oleh adanya interaksi antara laut, matahari dan bulan. Puncak gelombang disebut pasang tinggi dan lembah gelombang disebut pasang rendah. Perbedaan vertikal antara pasang tinggi dan pasang rendah disebut rentang pasang surut.

Periode pasang surut adalah waktu antara puncak atau lembah gelombang ke puncak atau lembah gelombang berikutnya. Panjang periode pasang surut bervariasi antara 12 jam 25 menit hingga 24 jam 50 menit.

Terdapat tiga tipe dasar pasang surut yang didasarkan pada periode dan keteraturannya, yakni pasang surut harian (*diurnal*), tengah harian (*semi diurnal*), dan campuran (*mixed tides*). Dalam sebulan, variasi harian dari rentang pasang surut berubah secara sistematis terhadap siklus bulan. Rentang pasang surut juga bergantung pada bentuk perairan dan konfigurasi rantai samudra.

Pasang surut laut merupakan hasil dari gaya tarik gravitasi dan efek sentrifugal. Efek sentrifugal adalah dorongan ke arah luar pusat rotasi. Gravitasi bervariasi secara langsung dengan massa tetapi berbanding terbalik terhadap jarak. Meskipun ukuran bulan lebih kecil dari matahari, namun gaya tarik gravitasi bulan dua kali lebih besar daripada gaya tarik matahari dalam membangkitkan pasang surut laut karena jarak bulan lebih dekat daripada jarak matahari ke bumi. Gaya tarik gravitasi menarik air laut ke arah bulan dan matahari dan menghasilkan dua tonjolan pasang surut gravitasional di laut. Lintang dari tonjolan pasang surut ditentukan oleh deklinasi, sudut antara sumbu rotasi bumi dan bidang orbital bulan dan matahari.

Pasang surut purnama (*spring tide*) terjadi ketika bumi, bulan dan matahari berada dalam suatu garis lurus. Pada saat itu akan dihasilkan pasang tinggi yang sangat tinggi dan pasang rendah yang sangat rendah. Pasang surut purnama ini terjadi pada saat bulan baru dan bulan purnama. Pasang surut perbani (*neap tide*) terjadi ketika bumi, bulan dan matahari membentuk sudut tegak lurus. Pada saat itu akan dihasilkan pasang tinggi yang rendah dan pasang rendah yang tinggi. Pasang surut perbani ini terjadi pada saat bulan seperempat dan tigaperempat.

E. Penumpukan Es (*Ice Accretion*)

Penumpukan es adalah fenomena bertambahnya lapisan es, baik di atas laut maupun di atas bangunan atau kapal di laut. Penumpukan es berasal dari hujan salju atau hujan yang membeku setelah sampai pada suatu permukaan. Ukuran penumpukan es yang diperhatikan adalah laju penumpukan.

F. Laut Es dan Gunung Es

Laut es atau es laut adalah es yang terbentuk karena membekunya air laut, yang berbeda dengan es daratan yang terbentuk karena pembekuan dari endapan salju atau hujan yang membeku di atas daratan.

Gunung es adalah massa atau gumpalan besar es darat yang mengalir dan mengapung di laut atau diam di laut dangkal. Umumnya gunung es berasal dari gletser yang meluas sepanjang pantai yang kasar. Karena berat jenis es lebih kecil dari berat jenis air laut, maka gumpalan es tersebut terapung di atas laut, dengan sebagian ada di dalam dan sebagian ada di atas laut yang mengesankan seperti gunung.

3.4. SISTEM CUACA LAUT KAWASAN INDONESIA

Sistem cuaca laut kawasan Indonesia berkaitan erat dengan sistem cuaca umumnya. Oleh karena itu dalam kaitannya dengan sistem cuaca tersebut Ramage menggunakan istilah "*maritime continent*". Posisi geografi, faktor lingkungan, dan struktur serta orientasi kepulauan Indonesia mengubah sistem peredaran dasar. sel Hadley Utara diungguli oleh peran monsun Asia, sel Hadley Selatan diungguli oleh monsun Australia. Sel Walker terbelah-belah oleh struktur dan orientasi kepulauan menjadi sel-sel golakan dalam skala meso. Pias Pumpun Antartropis yang aslinya sebagai daerah pumpunan antara angin pasat dari peredaran antisiklonal utara dan selatan berubah sifat menjadi pertemuan antara massa udara dari belahan bumi utara dan belahan bumi selatan.

3.4.1. Monsun di Sekitar Indonesia.

Banyak peneliti mengemukakan bahwa kata monsun berasal dari bahasa Arab "*mousim*" yakni nama angin musiman di Arab yang dalam selang waktu enam bulan bertiup dari timur laut dan enam bulan berikutnya dari arah barat daya.

Dari definisi tersebut menunjukkan bahwa *mausam* semula digunakan untuk menamai angin di laut Arab yang dalam setahun bertiup bergantian arah, setengah tahun dari arah timur laut dan setengah tahun lainnya dari arah barat daya. Bergantinya tiupan angin tersebut berkaitan dengan perbedaan panas yang terdapat di laut dan di daratan luas sehingga timbul beda tekanan udara dengan di darat lebih tinggi dalam musim dingin dan lebih rendah dalam musim panas. Dari pengertian tersebut maka monsun tidak terdapat di setiap daerah melainkan hanya di kawasan tertentu di kawasan tropis yang kondisinya memenuhi syarat.

Tetapi kini dalam kalangan meteorologi kata monsun (yang dalam bahasa Inggris ditulis "*monsoon*"), digunakan sebagai kata istilah untuk nama dari angin dan fenomena terkait yang setiap setengah tahun bergantian. Dari pandangan bahwa monsun hanya fenomena bergantinya arah angin saja dalam musim panas dan dalam musim dingin, seperti yang dikemukakan oleh Hann (1908), Shick (1953), Khromov (1957), Kao dkk. (1962), maka istilah monsun tersebut juga diberlakukan di kawasan lain; misalnya di Eropa yang disebut "monsun Eropa"; sedangkan musim (yang dalam bahasa Inggris ditulis "*season*"), bukan istilah melainkan kata yang mempunyai arti selang waktu yang selama itu terdapat keadaan yang sangat sering terjadi. Misalnya, musim dingin adalah waktu yang selama itu suhu udara selalu rendah; musim hujan adalah waktu yang selama itu banyak terjadi hujan.

Daerah yang mempunyai sistem monsun umumnya di kawasan tropis antara lain di Australia Utara, Afrika, Spanyol, Texas dan pantai barat Amerika Serikat, Chili. Monsun yang paling nyata adalah yang terdapat di Asia Selatan dan Asia Timur. Di India monsun yang terkenal adalah monsun barat daya; dan di Indonesia dikenal monsun barat dan monsun timur meskipun tidak untuk semua daerah di Indonesia.

Ramage (1971) mengemukakan bahwa daerah monsun ditandai dengan (a) arah angin utama berubah sekurang-kurangnya 120 derajat dari bulan Januari dan Juli; (b) rata-rata keseringan angin utama dalam bulan Januari dan Juli lebih dari 40%; (c) sekurang-kurangnya sebulan, rata-rata resultan angin dalam sebulan lebih dari 3 m/detik; (d) sekurang-kurangnya satu siklon-antisiklon terjadi bergantian di daerah 5 derajat lintang dan bujur. Dengan kriteria yang dikemukakan Ramage tersebut maka daerah antara 35 LU dan 25 LS serta antara 30 BT dan 170 BT adalah yang memenuhi syarat untuk dikatakan sebagai kawasan monsun. Dari banyak daerah monsun, yang paling jelas adalah di Asia,

Australia Utara, dan Afrika, yang masing-masing dikenal dengan monsun Asia (Asia Selatan, Asia Timur, Asia Tenggara), monsun Australia Utara, monsun Afrika (Afrika Selatan, Afrika Barat, Afrika Timur), dan monsun Australia.

Selain dengan kriteria yang dikemukakan Ramage, kini daerah monsun juga didefinisikan dengan menggunakan kriteria posisi Pias Pumpun Antartropis (*Intertropical Covergence Zone* =ITCZ). Pias Pumpun Antartropis (PPAT) adalah lajur perbatasan antara daerah Antisiklonal Utara dan Antisiklonal Selatan. Digunakannya PPAT sebagai kriteria daerah monsun karena daerah yang dilewati PPAT selalu mengalami perubahan arah angin yang memenuhi kriteria Ramage tersebut. Dengan demikian selain daerah yang telah disebutkan, maka daerah monsun lebih umum terletak di kawasan antara tempat PPAT paling utara (dalam bulan Juli) dan tempat PPAT paling selatan (dalam bulan Januari), termasuk daerah Pasifik timur, Amerika selatan, dan Atlantik barat.

Monsun mempunyai kaitan penting dalam iklim global. Berbagai cara telah banyak digunakan untuk mempelajari tentang monsun, misalnya dengan menggunakan nilai-nilai indeks angin (J.C. Sadler and J.T. Lim, 1977), indeks kemantapan udara dan kelengasan (J. Charney and J. Shukla, 1977), model sinoptik (P.S. Pant, 1977). Dari hasil penelitian monsun mempunyai banyak sifat.

Tetsuzo Yasunari mengatakan antara lain: (a) Monsun dan ENSO (*El Nino Southern Oscillation*) adalah sistem pasangan laut-darat-atmosfer kawasan Eurasia sampai Pasifik; (b) Sistem monsun Asia/Australia adalah bentuk tipikal dari hasil interaksi pasangan benua dan lautan yang paling luas yang mempunyai peran besar dalam iklim global.

Selain itu Akimasa Sumi mengatakan bahwa beda lautan dan benua yang kontras di kawasan tropis yang menimbulkan fenomena monsun mempunyai peran kuat dalam penetapan lokasi golakan.

Selanjutnya, J. Charney and J. Shukla menyebutkan bahwa variabilitas pola aliran dan hujan di lintang rendah yang berkaitan dengan fluktuasi suhu muka laut menjadi besar karena tingginya hubungan tak linier antara tekanan uap jenuh dan suhu, dan karena ketakmamanan atmosfer tropis dari proses adiabat jenuh. Perubahan suhu yang kecil menimbulkan angin termal yang kuat.

Monsun yang banyak kaitannya dengan sistem cuaca di Indonesia adalah monsun Asia Selatan, monsun Asia Tenggara, dan monsun Australia.

(1) Monsun Asia Selatan (monsun India). Di India, monsun yang populer adalah monsun barat daya (*southwest monsoon*) atau monsun dalam musim panas Asia (*summer monsoon*) karena banyak memberi hujan dan variasinya besar.

a. Klimatologi:

- Dari peta sinoptik harian di atas India terdapat palung tekanan rendah di troposfer bawah yang dikenal dengan palung dekat katulistiwa (*near equatorial trough*) atau palung khatulistiwa (*equatorial trough*). Di sekitar palung merupakan daerah yang banyak hujan. Letak palung khatulistiwa bergeser ke utara dan ke selatan mengikut musim. Dalam bulan Juni sampai September palung tekanan rendah tersebut sangat kuat dan berimpit dengan Pias Pumpun Antartropis (PPAT). Dalam bulan Oktober sampai Mei sulit dibedakan dengan PPAT, sedangkan dalam bulan Nopember sampai April palung tersebut berpisah dengan PPAT karena letak PPAT jauh ke

selatan khatulistiwa. Awal munculnya PPAT digunakan sebagai kriteria awal monsun dan juga digunakan sebagai awal dari musim hujan.

- Menjelang datangnya monsun (dalam bulan April-Mei) badai guntur banyak terjadi di India, kemudian berkurang selama monsun berlangsung,
- Awal monsun (*southwest monsoon*) di suatu tempat ditandai dengan (1) PPAT berada di tempat tersebut, (2) PPAT bergerak terus ke utara dan tidak kembali,
- Datangnya PPAT ditandai dengan: (1) Angin baratan (*westerly*) di sebelah selatan PPAT dengan kecepatan sekitar 20 knot; tebal lapisan angin baratan sampai 6 km dari permukaan laut, (2) Palung khatulistiwa berimpit dengan PPAT, (3) Terjadi hujan lebat dan badai guntur,
- Pada pertengahan bulan Mei hujan monsun mulai di Teluk Benggala, selatan Myanmar, dan Indo-China (Vietnam),
- Monsun mencapai pantai barat India pada 30 Mei, kemudian terus bergerak ke utara, dan antara 1 Juni sampai 1 Juli meliputi hampir seluruh India. Rata-rata monsun mulai 30 Mei, dengan simpangan 8,2 hari,
- Surutnya monsun (*southwest monsoon*) di suatu tempat ditandai dengan: (1) PPAT mulai bergerak ke selatan, berawal dari akhir bulan Agustus, mulai dari utara dan sekitar tanggal 15 Oktober monsun timur laut berakhir di semua tempat. Tetapi di ujung selatan semenanjung daratan India hujan masih ada meskipun tidak ada kaitannya dengan PPAT melainkan berkaitan dengan palung khatulistiwa; (2) sering disertai dengan kilat dan guntur. (3) paling lambat monsun barat daya di

India 18 Juni (1972).

b. Indikasi aktivitas (monsun barat daya):

- Awal monsun di Kerala ditandai dengan timbulnya angin timuran di Aden pada ketinggian 200 hPa lima sampai enambelas hari sebelumnya (Sutclift dan Banon 1954, dikutip Asnani),
- Anomali positif suhu pada 300 hPa di India Utara dalam bulan Mei menandai majunya awal monsun, sebaliknya anomali negatif menandai mundurnya awal monsun (Rai Sarcar dan Patil, 1961, dikutip Asnani),
- Dalam tahun awal monsun maju peredaran atmosfer pada paras 50 hPa tidak banyak berbentuk sel-sel; sebaliknya pada tahun awal monsun mundur (Ramaswamy, 1965, dikutip Asnani),
- Juga ditunjukkan oleh Ramaswamy (1971) bahwa dalam tahun awal monsun mundur terdapat anomali positif angin baratan pada paras 500 hPa,
- Bila awal monsun normal atau mundur, ditandai dengan melemahnya angin baratan secara mendadak (cepat) pada troposfer, dan sebaliknya bila awal monsun maju,
- Monsun umumnya ditandai dengan angin barat daya yang kuat di troposfer bawah dan angin timuran kuat (*jet*) di troposfer atas,
- Monsun kuat ditandai dengan (1) tekanan rendah bahang (*heat low*) kuat di Asia tengah, (2) hujan banyak di pantai barat,
- Monsun lemah ditandai dengan banyak hujan di Bangladesh dan sering timbul lembangan (*depression*) di Teluk Benggala. Lembangan di Teluk Benggala umumnya timbul dalam bulan

Juni sampai September dengan paling banyak terjadi di bulan Agustus,

- Aktivitas monsun tidak terus-menerus, melainkan beresilasi sekitar dua mingguan dan 30-50 harian,
- Model prediksi sudah banyak digunakan, baik dinamik maupun statistik. Dalam menggunakan metode statistik curah hujan selama monsun dikorelasikan dengan banyak parameter, seperti misalnya yang digunakan oleh Thapliyal (1991) dengan 7 parameter:

dengan:

R = curah hujan monsun dalam cm

X_1 =posisi *ridge* subtropis 500 hPa sepanjang 75 BT bulan April

X_2 =suhu minimum di pantai timur bulan Maret

X_3 =suhu minimum India Utara bulan Maret

X_4 =SML sepanjang pantai Peru dan Equador bulan Agustus sebelumnya

X_5 =tekanan udara belahan bumi utara bulan Januari sampai April

X_6 =kecenderungan perubahan SML pantai Peru dan Equador bulan Januari sampai Maret

X_7 =tekanan Darwin selama musim dingin

C konstanta, dengan $C = -1,66$; $C_1 = 27,34$; $C_2 = 65,66$; $C_3 = -2,44$; $C_4 = 4,23$; $C_5 = 1,21$; $C_6 = 2,02$; dan $C_7 = -13,29$.

Kini dikembangkan lagi menjadi 6 parameter.

(2) Monsun Asia Tenggara. Berbeda dengan monsun di India, monsun Asia Tenggara yang dominan bagi Indonesia adalah monsun timurlaut (*northeast monsoon*) atau monsun Asia musim dingin (*winter monsoon*).

a. Klimatologi:

- Monsun panas di kawasan Asia Tenggara mulai di Thailand 13 Mei dan terus bergerak ke utara sampai sekitar 33 LU sekitar 12 Juli, tetapi gerakannya tidak teratur, dan kemudian adakalanya timbul cabang dan berkembang ke utara sampai 40 - 45 LU sampai akhir Juli,
- Dalam periode monsun panas di lautan Pasifik sebelah timur Philipina timbul siklon tropis,
- Monsun panas mulai melemah bulan Agustus,
- Monsun dingin berasal dari Asia tengah mencapai Cina mulai Oktober sampai November; kemudian terus bergerak ke arah selatan. Selama musim dingin semua sistem angin dan tekanan adalah imbas dari perpindahan gelombang siklon ekstratropis yang membawa hujan di Cina.

b. Indikasi (aktif) monsun dingin Asia:

- Anomali tekanan positif di Asia tengah,
- Sering timbul seruak (*surge*),
- Angin timur laut kuat di troposfer bawah dan angin tenggara kuat di lapisan atas (200 hPa),
- Punggung (*ridge*) di lapisan atas (500 mb) meluas ke selatan sampai mencapai di atas 10 LU

(3) Monsun Australia

a. Klimatologi:

- Monsun memberi banyak hujan dalam musim panas, dan kering dalam musim dingin di Australia,
- Awal monsun didefinisikan dengan saat pertama kali sesudah 1 November, empat atau lebih dari 6 stasiun di sekitar Darwin mencatat curah hujan lebih dari $19(n+1)$ mm (n = banyaknya hari sesudah 1 November) (Troup, 1961),
- Awal monsun juga didefinisikan dengan angin pada paras angin landaian (*gradient wind*, sekitar 0,9 km), yakni ketika Darwin mencatat angin barat terus-menerus dengan komponen zonal lebih dari $5,15(n+1)$ m/detik. (n = banyaknya hari setelah 1 November),
- Nichols (1982) mendefinisikan awal monsun basah dengan indeks yang dibuat berdasarkan curah hujan kumulatif di *airport* Darwin setelah tanggal 1 Agustus. Indeks tersebut adalah 10, 50, 100, 250, dan 500 mm, yang masing-masing terjadi rata-rata tanggal 4 Oktober, 26 Oktober, 11 November, 6 Desember, dan 1 Januari,
- Dengan kriteria Troup dan Nichols tersebut diperoleh bahwa 30% curah hujan jatuh sebelum awal musim dengan kriteria angin,
- Lebih rinci Holan mengemukakan bahwa awal monsun tersebut ditandai dengan terjadinya angin baratan di atas Darwin dan curah hujan rata-rata dari seluruh hari antara Oktober sampai November dari semua stasiun hujan di sekitar Darwin lebih dari 7,5 mm/hari,

- Dalam bulan Januari komponen baratan (*westerly*) pada paras 500 hPa mencapai 15 LS; di atasnya terdapat komponen timur,
- Monsun berosilasi 30-50 harian,
- Dalam monsun terdapat banyak struktur skala meso (M.J. Manton dan J.L. McBride, *Recent Research on the Australian Monsoon*, 1994),
- Curah hujan rata-rata musiman di Australia Utara berkorelasi kuat dengan anomali angin zonal, baik pada paras bawah (850 hPa) maupun pada paras atas (150 hPa) (dikutip dari Holton, 1986),
- Daerah golakan skala sinoptik di Monsun Australia dipacu oleh gerakan longitudinal (arah barat-timur), sedangkan di Monsun India aktivitas golakan bersamaan dengan gerak PPAT (dikutip dari Shika dan Gadgil, 1980),
- Moda Rossby yang terperangkap di khatulistiwa menimbulkan angin baratan di lapisan bawah di bagian barat dari daerah pelepas energi pendam skala besar, sedangkan moda Kelvin yang timbul di bagian timur menghasilkan angin timuran di lapisan bawah Pasifik Tropis (dikutip dari Hendon, 1988; Chen et al., 1989; Matsumo, 1966; Webster, 1972; Gill, 1980),
- Lembang tropis (*tropical depression*) sampai siklon tropis (disebut *willy-willy*) sering timbul di timur laut Australia (umumnya bulan November sampai Maret).

b. Indikasi (aktif):

- Terdapat golakan kuat di Australia Utara dan Barat Laut,

- Pusaran timbul di sekitar 20 LS 120 BT,
- Dipicu oleh seruak dingin (*cold surge*) dari Laut Cina Selatan (monsun dingin Asia),
- Sering timbul seruak angin selatan di sepanjang pantai barat Australia.

3.4.2. Monsun di Indonesia

Kawasan Indonesia memang bukan sumber monsun; tetapi terletak dalam daerah kekuasaan monsun, yakni monsun Asia Selatan, monsun Asia Tenggara, dan monsun Australia. Ketiganya saling berinteraksi membentuk sistem monsun Indonesia. Misalnya, pada waktu Asia musim dingin, di sebagian besar Indonesia terjadi musim angin barat (musim barat) dan sebagian kecil di bagian barat terjadi musim angin timur laut (musim timur laut); pada waktu Asia musim panas, di sebagian besar Indonesia terjadi musim angin timur-tenggara (musim timur), dan sebagian kecil di bagian barat terjadi musim angin barat daya (musim barat daya). Musim barat umumnya disertai dengan banyak hujan, sehingga musim barat diidentikkan dengan musim hujan; sebaliknya musim timur disertai dengan sedikit hujan dan diidentikkan dengan musim kemarau. Karena perbedaan pemanasan Lautan India dan Benua Asia secara bergantian setiap tahun, menimbulkan kecenderungan aliran massa udara lautan ke benua dan sebaliknya.

Pada waktu musim panas di Benua Asia terdapat kecenderungan aliran dari Lautan India ke Benua Asia. Monsun yang timbul disebut monsun panas Asia. Karena kecenderungan arah aliran udara dari barat daya maka di India juga disebut monsun barat daya. Sebaliknya pada waktu musim dingin di Asia terdapat kecenderungan aliran dari Benua Asia ke Lautan India. Monsun yang timbul disebut monsun dingin, dan

karena kecenderungan arah alirannya dari timur laut, disebut pula monsun timur laut. Selain monsun Asia, di Australia Utara juga terdapat monsun.

Pada waktu musim dingin di belahan bumi selatan atau musim panas di belahan bumi utara di Australia bertiup angin timur, sedangkan pada waktu musim panas di belahan bumi selatan atau musim dingin di Asia, di Australia Utara bertiup angin barat dari arah Lautan India. Benua Australia yang pada musim dingin menjadi daerah bertekanan udara tinggi bersamaan waktu dengan Benua Asia musim panas atau berlangsungnya monsun panas.

Sebaliknya Benua Australia yang pada musim panas menjadi daerah bertekanan udara rendah bersamaan waktu dengan Benua Asia musim dingin atau berlangsungnya monsun dingin. Adanya tekanan rendah di Benua Australia menimbulkan sebagian aliran monsun dingin Asia memasuki wilayah Indonesia; dan adanya tekanan tinggi di Australia yang bertepatan dengan berlangsungnya monsun panas Asia memperkuat angin pasat tenggara memasuki wilayah Indonesia.

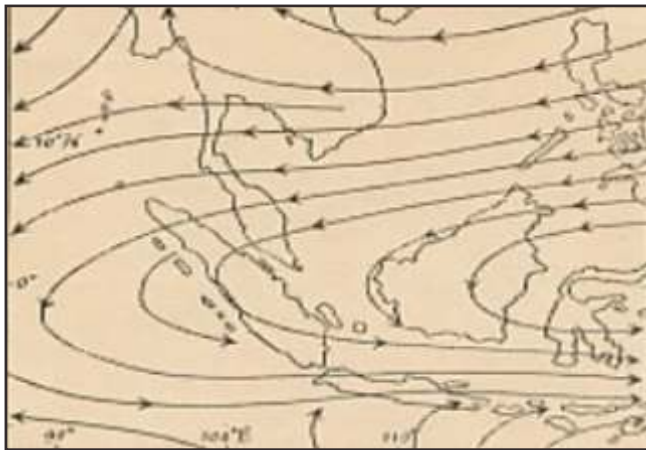
Gambar 3.28 Bagan arah angin dalam bulan Januari.

Gambar 3.29 Bagan arah angin dalam bulan Juli.

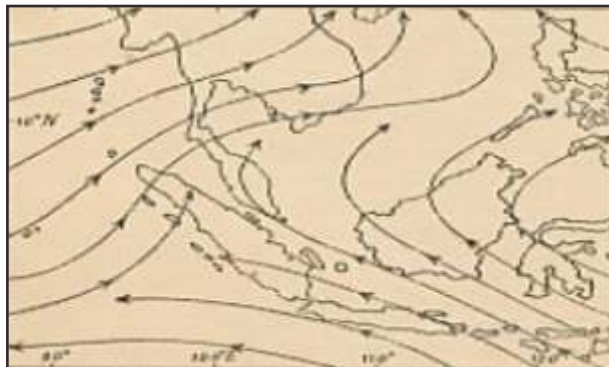
Karena pergantian aliran yang melewati wilayah Indonesia tersebut, maka Indonesia seolah-olah mempunyai sifat berubah mengikuti monsun atau berubah monsunal. Namun demikian karena wilayah Indonesia cukup luas, ciri monsunal tersebut berbeda-beda.

Pengkajian tentang monsun di Indonesia telah lama dilakukan, antara lain oleh Walker (1924), Ramage (1967), dll. Demikian juga pengkajian mengenai hubungan dan kaitan antara monsun Asia dan

Australia dengan sistem cuaca dan musim di Indonesia, seperti yang dilakukan oleh Boerema (1926), de Boer (1948). Kadar monsun dan juga musim di Indonesia tidak tetap melainkan berfluktuasi dengan berbagai variasi intramusiman (*intraseasonal*) sampai antartahunan (*interannual*) sebagai akibat dari adanya berbagai gangguan dari sistem peredaran lain. Dalam skala variasi intra musiman berbagai fenomena yang mempunyai kaitan cukup berarti adalah: seruak monsun (*monsoon surge*), alir lintas khatulistiwa (*cross equatorial flow*), Pias Pumpun



Antartropis, pusaran (*vortice*), dan lembang tropis.



- Pemanasan musiman di atas Kalimantan yang ditutupi hutan

hujan tropis mempunyai peran penting dalam kaitannya dengan timbulnya monsun panas Asia (Murakami T. dan J. Matsumoto, 1994, GEWEX).

- Monsun Asia dan Australia dalam skala planet memberi dampak berbeda di setiap wilayah berkenaan dengan kondisi wilayah yang bersangkutan (GEWEX).
- Dalam monsun dingin Asia sering timbul seruak dingin (*cold surge*) yang ditandai dengan naiknya tekanan udara dan penurunan suhu dengan cepat serta bertambahnya kecepatan angin di Observatorium Meteorologi Hongkong. Keseringan timbulnya seruak dingin merupakan indikator akan kadar monsun. Wirjohamidjojo S. (1980), Hadi Suyono dan Widada S. (1999) menunjukkan adanya seruak dingin tersebut diikuti dengan bertambahnya kecepatan angin di atas Laut Cina Selatan ke arah selatan, dan bertambahnya hujan di sekitar Laut Jawa.
- Adanya alir lintas khatulistiwa dalam musim monsun dingin Asia diikuti dengan banyak curah hujan di Indonesia (Wirjohamidjojo S. 1980, 1982).
- Fenomena berupa pusaran sering terjadi di Laut Cina Selatan dan Lautan India di sebelah barat Sumatera, baik dalam periode musim monsun panas maupun dalam musim monsun dingin Asia.
 - (a) Dalam musim monsun dingin adanya pusaran di Laut Cina Selatan menghalangi masuknya udara monsun ke wilayah Indonesia yang terletak di sebelah selatannya. Bila terjadi dalam musim monsun panas, dapat memperkuat alir lintas khatulistiwa ke utara, dan

sebagai petunjuk kuatnya monsun panas India atau kuatnya monsun dingin Australia, dan kuatnya musim kemarau di Indonesia.

- (b) Pusaran di Lautan India di sebelah barat Sumatera juga dapat timbul dalam musim monsun dingin maupun dalam musim monsun panas Asia. Bila sering timbul dalam musim monsun panas Asia, merupakan petunjuk lemahnya monsun panas tersebut atau lemahnya monsun dingin Australia, dan diikuti dengan musim kemarau yang basah di Indonesia. Sebaliknya bila monsun panas India kuat diikuti dengan kuatnya monsun dingin Australia pusaran berkurang jumlahnya dan diikuti dengan kemarau kering di Indonesia.
- Adanya lembang tropis di Australia Utara menandai kuatnya monsun panas Australia. Imbas dari lembang tropis berupa angin kencang dan hujan lebat dapat dirasakan di kawasan Nusa Tenggara sampai Bali.
 - Garis geser angin (*shearline*) sering timbul dalam musim monsun panas maupun dalam musim monsun dingin Asia, terutama dalam musim transisi bulan April dan November. Pada daerah geser angin terdapat pusaran-pusaran kecil yang dapat menimbulkan golkakan dan awan-awan golkakan serta menimbulkan banyak hujan. Palung khatulistiwa timbul dalam keadaan tekanan udara di belahan bumi selatan dan utara hampir seimbang.
 - Bila PPAT terdapat di utara khatulistiwa, daerah hujan terdapat

di depan PPAT dekat khatulistiwa; dan bila PPAT di sebelah selatan khatulistiwa dan terjadi arus lintas khatulistiwa, daerah hujan ada didepan PPAT, sedangkan bila tidak disertai arus lintas khatulistiwa daerah hujan ada di belakang PPAT menghadap khatulistiwa.

- Palung udara atas terdapat pada paras 500 hPa atau di paras lebih tinggi. Letaknya membujur ke arah selatan sampai mencapai di atas lintang 10 LU dengan amplitudo sekitar 10 derajat lintang. Palung tersebut bertindak sebagai pengendali timbulnya seruak di lapisan bawah pada musim monsun dingin Asia.

3.4.3. Pasat

Pasat adalah sistem angin yang ditimbulkan oleh pasangan sel tekanan tinggi subtropis belahan bumi utara dan selatan. Angin pasat bertiup sepanjang tahun. Wayne H. Schubert et al. (1995) menunjukkan bahwa udara dengan angin pasat bersifat mantap (*stable*) dengan lapisan sungsgangan (*inversion*) pada ketinggian sekitar 1500 meter dan letaknya cenderung miring ke atas ke arah letak PPAT.

Di kawasan Indonesia angin pasat tidak semuanya tampak melainkan hanya pasat tenggara dan terbatas waktunya dan daerahnya. Kawasan Indonesia dapat dibagi dalam empat wilayah dengan sistem aliran yang berbeda. Wilayah I meliputi Sumatera bagian tengah sampai bagian utara; wilayah II meliputi sekitar Kalimantan sampai Maluku bagian utara; wilayah III meliputi Sumatera bagian selatan, sekitar Jawa sampai Nusa Tenggara; wilayah IV meliputi Maluku bagian selatan dan tengah sampai Papua. Aliran monsun dingin Asia memasuki wilayah Sumatera bagian tengah sampai utara dengan arah angin dari timur laut,

dan monsun panas dengan arah angin dari barat daya. Di atas Kalimantan sampai Maluku bagian utara pada waktu monsun dingin angin bertiup dari barat laut. Angin tersebut berasal dari angin pasat timur laut yang berbelok menjadi angin barat; sedangkan pada waktu monsun panas angin di atas wilayah tersebut bertiup dari arah tenggara sampai selatan - barat daya sebagai kepanjangan dari angin pasat tenggara. Di atas Sumatera bagian selatan, Jawa sampai Nusa Tenggara Timur pada waktu monsun dingin angin bertiup dari barat sampai barat laut sebagai pembelokan dari monsun timur laut dan pembelokan dari angin pasat timur laut serta angin barat daya yang berasal dari pembelokan angin pasat tenggara. Pada waktu monsun panas, di atas kawasan tersebut bertiup angin tenggara sampai timur yang berasal dari angin pasat tenggara. Di atas wilayah Maluku bagian tengah, selatan, dan Papua pada waktu monsun dingin angin bertiup dari barat sampai barat laut yang berasal dari berbeloknya angin pasat timur laut dan dari barat sampai barat daya yang berasal dari berbeloknya angin pasat tenggara. Sedangkan pada waktu monsun panas, angin dari arah tenggara sampai barat - barat daya yang berasal dari berbeloknya angin pasat tenggara.

Dari sistem angin tersebut terlihat bahwa baik pada waktu monsun dingin maupun pada waktu monsun panas keadaan udara di setiap bagian wilayah berbeda sehingga cuaca dan fenomena yang terjadi juga berbeda.

Pada waktu monsun dingin di wilayah I keadaan udara diwarnai oleh sifat udara Laut Cina Selatan dan udara Lautan India; di wilayah II diwarnai oleh sifat udara Laut Cina Selatan dan Lautan Pasifik Utara; di wilayah III diwarnai oleh sifat udara Laut Cina Selatan dan Lautan India; sedangkan di wilayah IV diwarnai oleh sifat udara Lautan Pasifik Utara,

sifat udara Lautan Pasifik Selatan, dan udara Benua Australia.

Pada waktu monsun panas, wilayah I diwarnai banyak oleh sifat udara Lautan India; wilayah II diwarnai oleh banyak sifat udara kontinen Australia dan sifat udara Lautan Pasifik Utara; wilayah III diwarnai oleh banyak sifat udara Benua Australia dan sifat udara Lautan India; dan wilayah IV diwarnai oleh sifat udara Benua Australia, sifat udara Lautan Pasifik Selatan, dan sifat udara Lautan Pasifik Utara.

Sifat-sifat udara yang ada menentukan fenomena yang terjadi, khususnya kepada curah hujan. Meskipun berbeda nilainya, curah hujan di Indonesia mempunyai variasi tahunan monsun, yakni sebagian tahun banyak hujan dan disebut musim hujan, dan sebagian lainnya kurang hujan dan disebut musim kemarau.

3.4.4. Pias Pumpun Antartropis (PPAT)

Seperti halnya monsun, Pias Pumpun Antartropis juga sudah lama dikenal. Pengenalan tentang PPAT diawali pandangan bahwa dalam skala besar di kawasan tropis terdapat daerah pertemuan antara dua peredaran antisiklonal utara dan selatan. Batas antara kedua peredaran tersebut dikenal dengan nama "ekuator meteorologi". Diserupakan dengan sistem tekanan di kawasan lintang tengah dan lintang tinggi, maka ekuator meteorologi dipandang sebagai palung (*trough*) yang membagi troposfer menjadi dua belahan bumi (hemisfer) meteorologi. Oleh karena itu, ekuator meteorologi dikenal juga dengan nama "diskontinuitas antartropis", atau "perenggan antartropis (*intertropical front*)", atau "perenggan monsun", atau "palung monsun". Dari penelitian dan pengalaman dalam pengamatan ternyata bahwa sifat diskontinuitas dan sifat perenggan tidak jelas dalam ekuator meteorologi

tersebut. Oleh karena itu sebutan diskontinuitas antartropis, perenggan antartropis, dan perenggan monsun tidak populer lagi.

Simpson pertama kali mengemukakan bahwa dalam analisis medan angin daerah tersebut terdapat pempunan angin pasat dari belahan bumi selatan dan dari bumi utara dan tempat diskontinuitas angin. Pada tahun 1965 Simpson menggunakan nama *Intertropical Convergence Zone* (ITCZ); yang alih bahasa istilah Indonesianya Pias Pumpun Antartropis (PPAT) (kamus istilah Hidrometeorologi).

Selanjutnya dengan makin banyak pengamatan memberi petunjuk bahwa untuk mencirikan PPAT perlu disesuaikan dengan skala pembicaraan.

Dalam skala global PPAT dicirikan dengan:

- Sebagai batas sel Hadley di arah khatulistiwa, namun bila sampai batas paling jauh dari khatulistiwa tidak lagi selalu sebagai pertemuan massa udara dari kedua belahan bumi,
- Geraknya ke selatan - utara mengikut pergerakan matahari, mencapai paling utara pada bulan Juli dan mencapai paling selatan dalam bulan Januari.
- Posisinya pada belahan bumi yang sedang dalam musim panas; tetapi di atas lautan Atlantik dan Pasifik hampir sepanjang tahun terdapat di belahan bumi utara dan pergeserannya kecil. Hal tersebut karena tekanan tinggi subtropis selatan di kawasan tersebut lebih mantap.
- Pergeseran tahunan yang paling besar terdapat pada bagian di atas Asia Selatan - Lautan India. Besarnya pergeseran tersebut karena berkaitan dengan monsun.
- Di atas lautan luas letaknya hampir berimpit dengan daerah suhu muka laut paling tinggi.

Dalam skala planeter dan sinoptik:

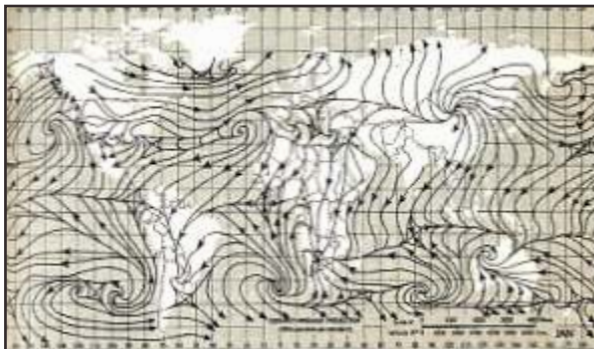
- PPAT adalah daerah pumpunan angin di troposfer paling bawah, atau daerah pertemuan antara dua peredaran antisiklonal utara dan selatan.

Gambar 3.30. Posisi PPAT paling utara.

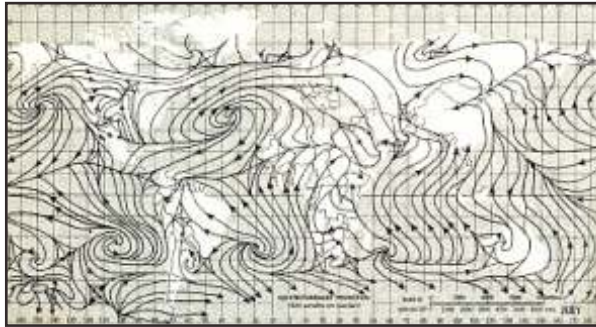
Gambar 3.31. Posisi PPAT paling selatan.
(Mints - Dean)

- Dalam perjalanannya sehari-hari posisi PPAT tidak tetap dan tidak tepat di khatulistiwa atau sejajar garis lintang geografi,
- Pergeseran tahunan tidak sama di setiap tempat, dan gerakan setiap harinya tidak tetap dalam satu arah; pada suatu saat bergerak ke utara, pada saat berikutnya dapat terus ke utara atau berbalik ke selatan,
- Pada PPAT udara cenderung bergerak ke atas, sehingga di daerah pias tersebut terdapat banyak awan golongan dan hujan,
- PPAT terletak di kawasan monsun.

Dalam skala meso:



- PPAT dapat berupa pertemuan angin pasat, dapat berupa pertemuan



peredaran monsun, dapat berupa palung dekat khatulistiwa atau garis geser angin (*windshear line*)

- Tidak selalu berimpit dengan daerah padat awan.
- Gerak hariannya tidak teratur.
- Tidak berupa pias atau lajur yang bersinambungan melainkan dapat terputus.
- Bila sebagai pertemuan pasat (di bagian timur Indonesia), di sekitar PPAT terdapat sungsgangan pasat yang makin mendekati PPAT sungsgangan berkurang dan terdapat golakan yang lebih besar (Wayne H Schubert et al., 1995). Ke arah PPAT terdapat golakan makin besar.

PPAT berada di kawasan Indonesia dari bulan Oktober sampai April. Jadi, dalam musim hujan pada umumnya. Berbagai sifat PPAT di Indonesia, antara lain:

- (1) Tidak merupakan pertemuan aliran antisiklonal utara dan selatan yang sama,
- (2) Pergeseran umumnya dari utara ke selatan atau dari selatan ke utara, tetapi pada setiap harinya tidak tentu,
- (3) Aktivasnya berbeda sesuai dengan massa udara dan kondisi setempat, misalnya :

Di bagian barat (Sumatera bagian barat sampai NAD) PPAT terdapat di antara massa udara monsun timur laut sebagai kepanjangan dari monsun dingin Asia Tenggara, massa udara Lautan India Utara sebagai kepanjangan dari monsun Asia Selatan, dan massa udara dari Lautan India Selatan sebagai kepanjangan pasat belahan bumi selatan. Pada waktu musim dingin Asia, PPAT memasuki wilayah tersebut dari utara mulai bulan Oktober sampai Desember, selanjutnya bergerak ke selatan menjauhi khatulistiwa. Dalam bulan Januari sampai Maret PPAT sering tidak jelas karena berbaur dengan palung dekat khatulistiwa; kadang-kadang terlihat dua daerah lajur awan dari garis geser angin. Bila terdapat dua garis geser angin, di antara garis tersebut adalah lajur baratan khatulistiwa. Letaknya berubah-ubah sehingga angin permukaan di suatu tempat juga berubah-ubah dari tenggara dan dari barat laut. Setelah mencapai paling jauh di selatan khatulistiwa, kemudian kembali ke utara dan dilanjutkan dengan aktifnya monsun barat daya (*Asia Summer Monsoon*) mulai bulan Mei. Setelah itu PPAT bergerak ke utara keluar dari wilayah Indonesia, dan kemudian angin barat daya bertiup mantap di hampir seluruh wilayah tersebut.

Di bagian tengah (Riau sampai Sulawesi) PPAT merupakan pertemuan angin pasat Pasifik Barat setelah termodifikasi di Laut Cina Selatan dan berbelok ke timur ketika mendekati dan sampai melewati khatulistiwa, dengan angin pasat dari selatan setelah berbelok ke arah timur. Daerah golakan tidak tepat di atas PPAT melainkan di atas garis geser angin (*shearline*) di depan dan di belakang (sebelah-menyebelah) PPAT. Bila terjadi arus lintas khatulistiwa (*cross equatorial flow*) daerah golakan aktif yang di depan atau di samping selatan PPAT. Pergeseran ke selatan tidak sama; di bagian timur lebih besar karena berkaitan erat dengan tekanan rendah Australia Utara.

Letak Sulawesi Selatan yang membujur ke selatan dan bukit-bukit di sepanjang semenanjung mempunyai andil besar kepada aktivitas PPAT di kawasan tersebut.

Di bagian selatan (Nusa Tenggara sampai Merauke) PPAT berada di kawasan selatan tersebut dari Januari sampai Maret yang terbentuk dari angin barat daya yang berasal dari daerah tekanan tinggi di Lautan India Timur sebelah barat Australia dan angin timur laut dari daerah tekanan tinggi di Pasifik Barat yang membelok ke timur setelah melintasi khatulistiwa.

PPAT sering masuk ke dalam lembang tropis di atas Teluk Carpentaria di sebelah selatan Pulau Timor dan di sebelah utara Australia. Daerah awan dan hujan hampir berimpit dengan daerah PPAT. Mendekati Papua bagian selatan Merauke, PPAT terbentuk oleh pasat belahan bumi selatan dari sistem tekanan tinggi subtropis Pasifik Selatan Barat dan Pasifik Utara Barat.

Di bagian timur (Maluku sampai Papua bagian utara), posisinya mudah berubah kadang-kadang agak ke utara dan kadang-kadang membujur arah barat daya-timur laut melintasi pulau Papua. Dalam analisis sering sulit membedakan dengan garis geser angin (*shearline*). Dalam waktu monsun dingin selatan PPAT menjauh ke utara, tetapi di kawasan timur tersebut ditempati garis geser angin yang terbentuk dari angin pasat selatan yang berbelok ke timur pada waktu mendekati khatulistiwa. Oleh karena itu dalam bulan Juli - September banyak awan dan hujan di kawasan tersebut.

▮ BAB 4 ▮

SISTEM INFORMASI CUACA LAUT

Informasi cuaca laut meliputi keterangan tentang cuaca dan keadaan laut yang diperlukan bagi para penyelenggara kegiatan di laut. Informasi tersebut disajikan melalui proses yang melibatkan berbagai kegiatan, mulai dari kegiatan pengamatan, pengumpulan data, pengolahan dan analisis data, sampai kepada penyiaran dan penyajian informasi.

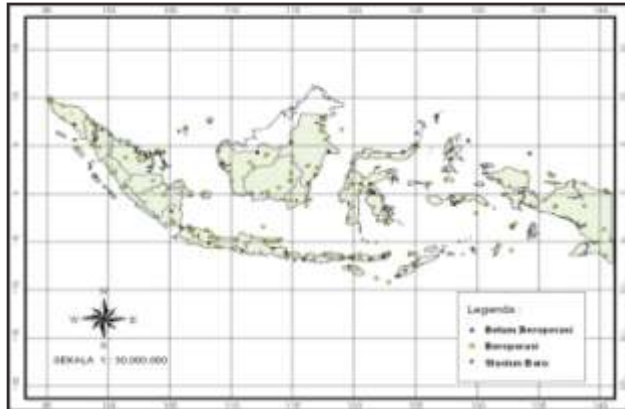
4.1. STASIUN METEOROLOGI KELAUTAN (MARITIM)

Stasiun Meteorologi Kelautan (Maritim) adalah unit organisasi dalam Instansi Meteorologi yang bertugas melakukan pengamatan cuaca laut, mengkoordinasi pengamatan dan hasil-hasil pengamatan cuaca laut dari berbagai pengamat, memberikan pelayanan informasi cuaca laut.

Pada umumnya kegiatan pengamatan unsur cuaca laut tidak hanya dilakukan oleh satu instansi, melainkan oleh banyak instansi baik pemerintah maupun swasta dan oleh kapal-kapal niaga yang sedang dalam pelayaran. Selain pengamatan yang dilakukan di stasiun-stasiun cuaca di darat dan di laut, kini juga sudah dapat dilakukan pengamatan dari satelit.

Di Indonesia saat ini (BMG 2007) ada 10 Stasiun Meteorologi Kelautan (Maritim) dan 13 Stasiun Pembantu. Selain itu, kegiatan

pengamatan cuaca laut juga dilakukan oleh berbagai instansi lain, antara lain BAKOSURTANAL yang banyak melakukan pengamatan pasang-surut laut, kapal-kapal niaga, dan kapal-kapal Angkatan Laut yang melakukan pengamatan cuaca dan laut di sepanjang jalur pelayaran sewaktu melakukan pelayaran.



Gambar 4.1. Stasiun Meteorologi Maritim : 10.



Gambar 4.2. Stasiun Pengamatan Pasangsurut BAKOSURTANAL

4.2. INFORMASI CUACA LAUT

Kegiatan kelautan sangat sensitif kepada kondisi laut lingkungan. Pada umumnya nilai-nilai ekstrem dari gelombang, angin,

banglas (*visibility*) mempunyai potensi merusak yang sangat tinggi.

Informasi cuaca mempunyai andil banyak dalam bidang keselamatan, keamanan, kenyamanan, dan efisiensi operasi industri maritim, utamanya bagi transportasi dan perikanan laut.

Dari lokasinya informasi cuaca laut meliputi cuaca laut dalam dan cuaca daerah pantai dan lepas pantai; dan dari materi yang diinformasikan meliputi kondisi cuaca laut waktu lampau atau ciri cuaca laut, kondisi cuaca laut yang sedang berlangsung, dan kondisi cuaca laut di waktu kemudian yang diperkirakan akan terjadi.

Informasi tersebut mempunyai tiga fungsi, yakni:

- (1) memberi pelayanan kepada pelayaran internasional, perikanan, dan kegiatan lain di laut dalam;
- (2) memberi pelayanan kepada berbagai pengguna yang melakukan kegiatan di pantai dan di lepas pantai;
- (3) memberi pelayanan kepada berbagai kegiatan di pelabuhan.

4.2.1. Penyediaan Informasi

Pada dasarnya informasi cuaca laut memuat keterangan yang bersifat memperingatkan adanya sesuatu keadaan atau fenomena yang membahayakan, memberi petunjuk untuk dasar pemilihan jalur dan daerah pelayaran yang aman, dan memberi gambaran tentang perkembangan dan prakiraan cuaca laut di waktu selanjutnya untuk dapat digunakan sebagai dasar penyiapan antisipasi dan rencana kegiatan selanjutnya.

Meskipun pada dasarnya unsur cuaca laut yang diinformasikan sama tetapi karena sifat lautnya dan penggunaannya berbeda maka baik isi

dan cara penyampaian informasinya berbeda. Kapal-kapal yang beroperasi di kawasan laut dalam yang kedalamannya lebih dari 100 meter biasanya sudah disiapkan dan dilengkapi dengan sarana dan fasilitas yang tahan terhadap kekuatan unsur-unsur cuaca dan laut yang tinggi. Sebagai suatu misal, bagi kapal-kapal di laut dalam tidak memerlukan informasi gelombang laut yang tingginya kurang dari 2 meter, tetapi bagi pelayaran dan para nelayan di laut dekat pantai yang menggunakan kapal-kapal kecil, gelombang yang tingginya 2 meter sudah dapat dirasakan mengganggu sehingga sudah perlu diinformasikan. Bagi kegiatan di laut kawasan dingin adanya es laut sangat diperlukan, tetapi di kawasan tropis tidak diperlukan karena es laut tidak pernah ada di kawasan tropis.

4.2.2. Macam Informasi

Seperti halnya informasi meteorologi pada umumnya, informasi cuaca laut meliputi keterangan tentang cuaca laut yang sedang berlangsung, cuaca laut yang diprakirakan, dan informasi klimatologi.

Informasi cuaca yang sedang berlangsung dan prakiraan disusun dalam bentuk gawar (*warning*), analisis sinoptik, dan uraian tentang kondisi yang diprakirakan. Rincian keterangan tentang masing-masing informasi terdapat pada subbab 4.2.3.

4.2.3. Format Dan Isi Informasi

Informasi Cuaca dan Laut bersifat umum, baik disediakan untuk kepentingan kegiatan di laut secara internasional maupun untuk kegiatan laut dalam lingkup nasional. Oleh karena itu, informasi perlu dibuat dalam format dan isi yang standar dan dengan menggunakan bahasa internasional dan bahasa nasional. Informasi dibuat dalam bentuk yang

diberi nama "Buletin Cuaca dan Laut". Buletin cuaca dan laut dibuat dalam format yang sama, terdiri atas bagian-bagian yang secara berurut berisi berita sesuai dengan prioritasnya, yakni:

- Bagian 1 : berisi gawar (*warning*),
- Bagian 2 : berisi sinopsis peta cuaca utama, yang signifikan berkaitan dengan kondisi laut,
- Bagian 3 : berisi analisis dan prognosis yang ditulis dalam bentuk sandi dan lambang-lambang,
- Bagian 4 : berisi laporan dari stasiun laut secara selektif,
- Bagian 5 : berisi laporan dari stasiun darat yang berkaitan.

Buletin diklasifikasikan dalam empat kelompok, yakni:

- (a) buletin untuk laut dalam suatu daerah laut yang dibuat oleh Instansi Meteorologi yang diberi tanggungjawab menyiarkan informasi meteorologi dan informasi geofisis yang terkait dengan daerah yang dimaksudkan,
- (b) buletin yang dibuat oleh Instansi Meteorologi untuk kawasan pantai,
- (c) buletin yang dibuat khusus untuk keperluan angkatan laut dan kegiatan lain di laut,
- (d) buletin untuk daerah tertentu di kawasan laut dalam yang dibuat oleh Instansi Meteorologi yang tidak bertanggungjawab menyiarkan informasi meteorologi dan informasi geofisis yang terkait dengan kawasan yang dimaksud.

(a) Gawar (*warning*)

Gawar adalah berita penting dalam buletin cuaca dan laut. Gawar memuat satu atau lebih unsur atau fenomena cuaca laut. Bila tidak ada

gawar yang dibuat, dalam buletin bagian 1 tersebut tetap harus diisi dengan "*no warning*".

Gawar dibuat apabila terdapat fenomena yang diperkirakan sangat berarti, yang kriterianya disesuaikan dengan kegiatan yang ada dalam daerah yang diinformasikan. Misalnya untuk gawar angin di kawasan laut dalam bila angin sangat kencang melebihi 8 skala Beaufort; badai yang kekuatannya mencapai 10 skala Beaufort, ada hurikan (*hurricane*), tifon (*typhoon*), atau siklon tropis yang kekuatannya mencapai 12 skala Beaufort, gelombang tinggi melebihi 3 meter. Untuk gawar di kawasan pantai gawar dibuat apabila kekuatannya mencapai 7 skala Beaufort.

Gawar dibuat secara terpisah dan disiarkan sesegera mungkin apabila gejalanya terlihat makin naik tanpa menunggu pembuatan buletin yang dibuat secara rutin.

(b) Sinopsis

Sinopsis memuat gambaran tentang posisi dan gerakan sistem cuaca, misalnya tatanan isobar, gerak perenggan (*front*), siklon tropis, yang dikemukakan dalam bentuk dan bahasa yang di pahami oleh para pelaut.

(c) Analisis dan prognosis

Analisis dan prognosis memuat penjelasan tentang prakiraan cuaca laut biasanya mempunyai masa laku (*validity*) 24 jam, berisi prakiraan angin, banglas (*visibility*) bila diperkirakan lebih rendah dari 6 mil atau 10 km, pertumbuhan es (bila ada), gelombang laut.

Satuan-satuan ukuran harus standar, misalnya arah angin disebutkan menurut arah kompas (bukan dalam derajat); kecepatan angin dalam skala Beaufort; banglas dalam mil laut atau kilometer; tinggi gelombang dalam meter atau kaki.

Istilah-istilah yang paling sering digunakan antara lain seperti yang termuat dalam tabel berikut:

Tabel 4.1. Istilah angin dan kondisi laut dalam gawar.

Gawar Angin Ribut	Keterangan
Angin ribut (<i>gale</i>)	Angin yang kekuatannya paling rendah, 8 skala Beaufort atau langkisau (<i>gust</i>) mencapai 43-51 knot
Angin ribut kuat (<i>severe gale</i>)	Angin yang kekuatannya 9 skala Beaufort atau langkisau mencapai 52-60 knot
Badai (<i>storm</i>)	Angin yang kekuatannya 10 skala Beaufort atau langkisau mencapai 61-68 knot
Badai amuk (<i>violent storm</i>)	Angin yang kekuatannya 11 skala Beaufort atau langkisau mencapai 69 knot atau lebih
Topan (<i>typhoon</i>)	Angin yang kekuatannya 12 skala Beaufort
Sangat segera (<i>imminent</i>)	Yang diperkirakan terjadi dalam waktu 6 jam kemudian dari waktu pembuatan gawar
Segera (<i>soon</i>)	Yang diperkirakan terjadi dalam waktu 12 jam kemudian dari waktu pembuatan gawar
Tidak segera (<i>later</i>)	Yang diperkirakan terjadi dalam waktu lebih dari 12 jam kemudian dari waktu pembuatan gawar
Banglas (<i>visibility</i>)	Keterangan
Sangat buruk (<i>very poor</i>)	Banglas kurang dari 1000 meter
Buruk (<i>poor</i>)	Banglas antara 1000 dan 2 mil laut
Baik (<i>good</i>)	Banglas lebih dari 5 mil laut

Gerakan Sistem	Keterangan
Lambat (<i>slowly</i>)	Bergerak dengan kecepatan kurang dari 15 knot
Mantap (<i>steady</i>)	Bergerak dengan kecepatan antara 15 dan 25 knot
Agak cepat (<i>rather quickly</i>)	Bergerak dengan kecepatan antara 25 dan 35 knot.
Cepat (<i>rapidly</i>)	Bergerak dengan kecepatan antara 35 dan 45 knot
Sangat cepat (<i>very</i>)	Bergerak dengan kecepatan lebih dari 45 knot.
Tendensi Tekanan Laporan Stasiun	Keterangan
Naik (atau turun) lambat (<i>rising or falling slowly</i>)	Tekanan berubah antara 0,1 dan 1,5 hPa dalam waktu 3 jam yang lalu
Naik (atau turun) (<i>rising or falling</i>)	Tekanan berubah antara 1,6 dan 3,5 hPa dalam waktu 3 jam yang lalu
Naik (atau turun) cepat (<i>rising or falling quickly</i>)	Tekanan berubah antara 3,6 dan 6,0 hPa dalam waktu 3 jam yang lalu
Naik (atau turun) sangat cepat (<i>rising or falling very rapidly</i>)	Tekanan berubah lebih dari 6,0 hPa dalam waktu 3 jam yang lalu
Sekarang naik (atau turun) (<i>now rising or falling</i>)	Tekanan telah turun (naik) atau tetap dalam waktu 3 jam yang lalu, tetapi pada saat pengamatan turun (naik)
Angin (wind)	Keterangan
Arah angin (<i>wind direction</i>)	Menunjukkan arah dari mana datangnya angin
Menjadi siklonik (<i>becoming cyclonic</i>)	Menunjukkan arah angin berubah menjadi menyilang lintasan lembangan tekanan rendah dalam daerah prakiraan
Menganan (<i>veering</i>)	Perubahan arah angin mengikut arah putaran jarum jam, misalnya dari arah barat laut menjadi utara
Mengiri (<i>backing</i>)	Perubahan arah angin berlawanan arah putaran jarum jam, misalnya dari timur menjadi timur laut

Tenang (<i>smooth</i>).	Tinggi gelombang kurang dari 0,5 meter.
Sepi (<i>slight</i>).	Tinggi gelombang antara 0,5 dan 1,25 meter.
Sedang (<i>moderate</i>).	Tinggi gelombang antara 1,25 dan 2,5 meter.
Kasar (<i>rough</i>).	Tinggi gelombang antara 2,5 dan 4,0 meter.
Sangat kasar (<i>very rough</i>).	Tinggi gelombang antara 4,0 dan 6,0 meter.
Tinggi (<i>high</i>).	Tinggi gelombang antara 6,0 dan 9,0 meter.
Sangat tinggi (<i>very high</i>).	Tinggi gelombang antara 9,0 dan 14,0 meter.
Bergolak (<i>phenomenal</i>).	Tinggi gelombang lebih dari 14 meter.meter.

(d) Seleksi laporan stasiun darat dan laut

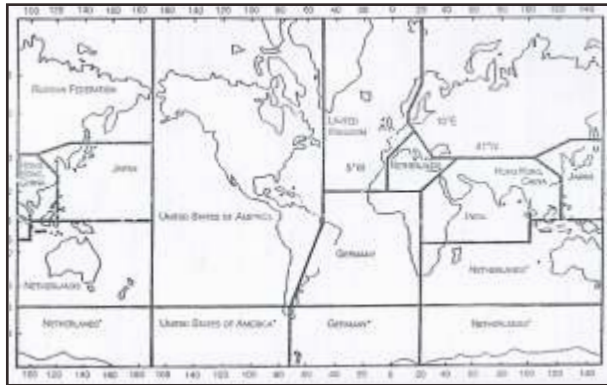
Keadaan cuaca sedang berlangsung juga diperlukan oleh kapal-kapal. Bagi stasiun cuaca di laut, misalnya kapal yang sedang ada di laut laporan harus memuat posisi kapal pada saat membuat laporan cuaca.

4.2.4. Informasi Klimatologi Cuaca Laut

Informasi klimatologi cuaca laut kini sangat diperlukan karena dapat membantu dalam bidang kegiatan transportasi laut, bidang konstruksi, dan dalam bidang penelitian (misalnya studi tentang perubahan iklim, studi interaksi atmosfer-laut). Data yang saat ini ada berasal dari kapal-kapal laut, buoy, satelit, kapal terbang, radar. Namun demikian, baik data pengamatan yang langsung dilakukan di laut maupun dari pengamatan lain masih sangat kurang dan tidak semua negara mempunyai stasiun atau kapal pengamatan yang diperlukan.

Oleh karena itu, dalam penyediaan informasi klimatologi cuaca laut secara global dilakukan koordinasi secara internasional, baik dalam hal pengamatan, pengolahan, penyimpanan, maupun publikasi hasil olahan. Koordinasi dilakukan oleh Komite Kerjasama Oseanografi dan Meteorologi Maritim (*Joint Committee Ocean and Maritime Meteorology* = JCOMM).

A. Ikhtisar Klimatologi (*Climatological Summaries*)



Gambar 4.3. Daerah dan negara penanggung jawab penyediaan Ikhtisar Klimatologi Cuaca Laut.

Pelaksanaan koordinasi seperti yang ditetapkan dalam Kerangka Ikhtisar Klimatologi Cuaca Laut memerlukan kerjasama semua negara maritim untuk berpartisipasi dalam Kerangka Pengamatan Kapal Sukarela Organisasi Meteorologi Dunia (*WMO Voluntary Observing Ships' Scheme*). Dalam kerangka tersebut sampai saat ini daerah laut dibagi dalam daerah-daerah tanggung jawab dan dengan delapan negara anggota OMD sebagai penanggung jawab penyiapan Ikhtisar Klimatologi Cuaca Laut di daerah tanggung jawab yang bersangkutan.

Negara penanggung jawab tersebut adalah Rusia, Cina, Jepang, Belanda, India, Inggris, Jerman, dan Amerika Serikat, yang daerah-daerah tanggung jawabnya seperti terlihat pada **Gambar 4.3**.

B. Paparan Klimatologi

Paparan klimatologi dapat dibuat dalam berbagai bentuk, misalnya dalam bentuk tabel atau peta. Bila dibuat dalam bentuk tabel, sekurang-kurangnya memuat keterangan tentang:

- (a) nilai rata-rata jangka panjang atau bulanan,
- (b) nilai-nilai keseringan kejadian ekstrem atau nilai-nilai tertentu dari unsur dan fenomena cuaca laut yang dipandang sensitif kepada sesuatu kegiatan kelautan,
- (c) nilai-nilai korelasi antar unsur.

Hal yang penting diperhatikan dalam pembuatan paparan ikhtisar klimatologi adalah keadaan data yang berasal dari berbagai sumber dan dari pengukuran berbagai alat.

Paparan yang paling umum adalah dalam bentuk peta atau atlas dengan menggunakan proyeksi Mercator. Unsur-unsur yang dipetakan:

- (a) **angin permukaan**, meliputi peta sebaran keseringan kecepatan, arah (dalam delapan mata angin), rata-rata vektor, angin utama, dan keseringan berbagai tingkatan nilai angin, misalnya angin kencang, badai, dst.
- (b) **arus permukaan**, meliputi arah dan kecepatan arus, seperti pada angin permukaan,
- (c) **gelombang, alun**, meliputi peta keseringan tinggi gelombang total, alun tertinggi. Peta alun memuat nilai-nilai alun pendek,

sedang, panjang, dalam empat atau delapan arah kompas (mata angin),

- (d) **banglas**, meliputi peta keseringan banglas kurang dari 1 km, atau nilai-nilai kisaran (misalnya antara 0,5 - 1 km),
- (e) **liputan awan dan hujan**, meliputi peta keseringan atau persentase liputan dan ketinggian awan, keseringan atau persentase jumlah curah hujan dalam waktu hujan dan lama hujan,
- (f) **suhu udara permukaan dan suhu muka laut**, meliputi peta isotherm dengan interval seragam, nilai rata-rata dan simpangan baku keseringan pada daerah-daerah sempit, keseringan atau persentase nilai-nilai suhu batas bagi kegiatan-kegiatan tertentu,
- (g) **kelembapan**, meliputi peta nilai rata-rata titik embun, nilai-nilai statistis kelembapan,
- (h) **tekanan udara**, meliputi peta isobar, isalobar, keseringan siklon, yang disertai arah gerakannya,
- (i) **siklon tropis**, meliputi peta keseringan kejadian siklon tropis, arah gerak siklon tropis, sebaran bulanan atau tahunan, intensitas dan perubahan intensitas selama kehidupannya,
- (j) **laut es dan gunung es**, meliputi peta sebaran geografis berbagai jenis laut es dan gunung es dalam setiap bulan, peta probabilitas berbagai posisi pinggiran es dan batas-batas daerah es, daerah pumpunan dan beraian es,
- (k) **nilai-nilai turunan**, meliputi peta-peta dari berbagai nilai yang diturunkan dari nilai-nilai unsur lain, misalnya fluks bahang, transport energi, refraktivitas, dll.).

▮ BAB 5 ▮

PELAYANAN INFORMASI CUACA LAUT

Pesatnya perkembangan kegiatan-kegiatan di laut (*marine-based activities*) mendorong meningkatnya kebutuhan/permintaan jasa informasi dan prediksi laut (*marine-information-based products*). Permintaan jasa informasi dan prediksi laut umumnya dalam bentuk "*end-products*" yang dibutuhkan masing-masing aplikasi/kegiatan.

Organisasi pelayanan meteorologi kelautan mungkin berbeda di setiap negara sesuai dengan kondisi dan peraturan-peraturan yang ada di masing-masing negara yang bersangkutan. Namun demikian direkomendasikan mengikuti petunjuk yang ditetapkan oleh Organisasi Meteorologi Dunia (*World Meteorological Organization* = WMO). Secara umum petunjuk tersebut meliputi pengaturan tentang :

- (a) pendidikan dan latihan yang terus-menerus kepada sumber daya manusia dalam bidang meteorologi kelautan, dan sumber daya manusia dalam bidang teknik yang terkait;
- (b) pemerhatian tentang tipe cuaca laut dari berbagai fenomena khusus, misalnya seruk badai (*storm surge*), tsunami, serta berbagai sifat pantai, misalnya struktur pantai yang mudah terlanda gelombang tinggi, pelabuhan yang sering terganggu karena laut pasang dan perubahan sebab lain dari tinggi muka air, pantai yang mudah terkena erosi, yang sensitif bagi berbagai kegiatan, misalnya bagi kegiatan:

- a. perikanan
 - b. rekreasi
 - c. polusi laut
 - d. *hidrofoil, hovercraft*, atau yang semacamnya
 - e. pengeboran minyak
- (c) Hubungan dengan pengguna dan pemberian konsultasi tentang cuaca laut yang diperlukan pengguna (misalnya: pemerintah, organisasi nelayan, dinas-dinas keamanan pantai, dinas-dinas yang bertanggung jawab kepada polusi laut, para operator kegiatan di laut).

Di Indonesia pelayanan meteorologi kelautan dilakukan oleh Badan Meteorologi dan Geofisika di Stasiun Meteorologi Maritim.

5.1. KOORDINASI INTERNASIONAL

Kegiatan kelautan dan kegiatan penyediaan informasi meteorologi kelautan berkaitan dengan banyak hal, baik yang berkaitan dengan kepentingan para penggunanya maupun lingkungan lautnya dalam arti luas. Oleh karena itu, dalam penyiapan dan pelayanan informasi diperlukan koordinasi secara internasional dan dibedakan mengikuti wilayah kegiatannya.

Wilayah kegiatan pada umumnya dibedakan dalam tiga macam, yakni wilayah laut dalam, wilayah pantai dan lepas pantai, dan wilayah pelabuhan.

Secara umum koordinasi internasional tersebut meliputi koordinasi penentuan kapal-kapal pengamat cuaca, metode pengamatan, penyiapan informasi, cuaca sinop, pembuatan buletin cuaca laut,

penyiaran berita, pembuatan gawar (*warning*), pelayanan kepada kegiatan SAR, pejabat meteorologi di pelabuhan, pelayanan informasi es laut, polusi laut, pertukaran data klimatologi laut, dan pelatihan meteorologi kelautan.

(1) Koordinasi Kerangka Pengamatan Kapal Sukarela dari OMD (*the WMO Voluntary Observing Ships Scheme*)

Dalam konvensi SOLAS (*Save Our Life At Sea*), kapal-kapal diwajibkan melaporkan fenomena atau kondisi cuaca laut yang membahayakan bagi keselamatan navigasi.

(2) Koordinasi dalam pengamatan unsur cuaca laut

Pengamatan cuaca laut dilakukan oleh banyak pihak, baik yang profesional maupun yang sukarela serta dilakukan dengan menggunakan berbagai macam cara dan peralatan. Oleh karena itu, diperlukan koordinasi dan peraturan mengenai pengamatan tersebut. Dalam koordinasi pengamatan, OMD menerbitkan petunjuk dalam buku "*Guide to Meteorological Instruments and Methode of Observation*" (WMO No. 8 Part II Chapter 4).

(3) Koordinasi dalam penyiapan informasi Cuaca Sinop

Dalam menyiapkan gawar, analisis sinop, dan prakiraan cuaca laut Instansi Meteorologi yang bersangkutan di setiap negara menggunakan data dan informasi dasar yang diperoleh dari pertukaran melalui Sistem Telekomunikasi Global (*Global Telecommunication System = GTS*), data dari kapal-kapal pengamat, data dari bouy, dan data dari satelit. Pertukaran tersebut termasuk dalam Program Pemerhatian Cuaca Dunia OMD (*World Weather Watch = WWW - WMO*).

(4) Koordinasi dalam pembuatan buletin cuaca

Konvensi SOLAS yang dilaksanakan Organisasi Maritim Internasional (*International Maritime Organization* = IMO) menghendaki agar buletin cuaca laut untuk kawasan laut dalam disiarkan (*broadcast*) secara luas. Oleh karena itu, format, bahasa yang digunakan, materi yang diinformasikan, dan waktu siaran diatur bersama yang dikoordinasi oleh Organisasi Meteorologi Dunia dan Organisasi Maritim Internasional.

(5) Koordinasi dalam penyiaran berita meteorologi kelautan

Waktu siaran sangat perlu diketahui oleh semua kapal. Dalam hal jadwal waktu penyiaran tersebut Organisasi Meteorologi Dunia mengkoordinasi waktu siaran bagi berbagai kawasan laut yang dilakukan melalui satelit. Demikian pula siaran melalui radio-telegrafi atau radio-telefoni dilakukan pada waktu-waktu yang dijadwalkan.

(6) Koordinasi dalam sistem isyarat gawar badai secara visual

Dahulu isyarat gawar badai dibuat secara visual dengan menggunakan lambang-lambang yang dipasang di pelabuhan dan di pantai. Agar lambang-lambang tersebut dimengerti oleh semua pihak maka diperlukan koordinasi dan teknik pemberitaan yang seragam. Kini telah dikembangkan sesuai dengan perkembangan teknologi.

(7) Koordinasi pelayanan kepada SAR

Semua pihak wajib memberi bantuan kepada kegiatan SAR sesuai dengan metode dan peralatan yang digunakan..

(8) Pejabat meteorologi di pelabuhan (*Port Meteorological Officers*)

Pejabat Meteorologi Pelabuhan harus mampu memberi pelayanan yang berkaitan dengan fungsi stasiun meteorologi maritim sebagai stasiun pengamatan, pemberi pelayanan meteorologi kelautan

secara luas dari negara yang bersangkutan dan atau wilayah yang menjadi tanggung jawabnya. Aturan koordinasi ditetapkan oleh Organisasi Meteorologi Dunia (OMD).

(9) Koordinasi informasi es laut

Adanya es laut perlu diinformasikan. Untuk itu cara-cara pelayanannya diatur secara internasional. Dalam hal tersebut OMD menetapkan terminologi es laut, lambang-lambang pada peta yang digunakan.

(10) Koordinasi informasi polusi laut

Polusi laut mempunyai dampak luas, utamanya kepada kegiatan perikanan dan keselamatan pelayaran. Sebagai dasar koordinasi dibentuk (tahun 1994) suatu sistem yang diberi nama "Sistem Bantuan Tanggap Darurat Polusi Laut (*Marine Pollution Emergency Response Support System = MPERSS*)."

(11) Koordinasi pertukaran data klimatologi laut

Data cuaca laut diperoleh dari berbagai pihak, baik dari stasiun pengamatan yang profesional maupun dari pengamat-pengamat sukarela. Oleh karena itu, semua data tersebut harus dikumpulkan bersama dan hasil olahan klimatologi perlu saling dipertukarkan. Dalam hal tersebut OMD membuat peraturan format dan tata cara pertukaran sebagai salah satu ketentuan dalam Program Iklim Dunia (*World Climate Programme = WCP*) yang dalam pelaksanaannya bekerjasama juga dengan Komisi Oseanografi Antarpemerintahan (*Intergovernmental Oceanographic Commission = IOC*). Kerjasama tersebut dilaksanakan oleh Komisi Gabungan WMO/IOC Oseanografi dan Meteorologi Kelautan (*Joint WMO/IOC Commission for Oceanography and Marine Meteorology = JCOMM*).

JCOMM melakukan pengumpulan, pengarsipan, dan melakukan pertukaran data. Dalam bidang pengamatan IOC dan WMO membentuk sistem pengamatan lautan secara menyeluruh yang disebut "Sistem Pengamatan Laut Global (*Global Ocean Observing System* = GOOS)".

(12) Koordinasi Pelatihan meteorologi kelautan

Pelatihan dalam bidang meteorologi kelautan termasuk dalam program pendidikan dan pelatihan OMD .

5.2. PELAYANAN INFORMASI CUACA UNTUK KEGIATAN KELAUTAN DILAUT DALAM

Laut dalam yang dimaksud adalah kawasan laut yang digunakan untuk umum dalam lingkup internasional di luar wilayah suatu negara yang dalam pelayanan meteorologinya diatur keseluruhannya secara internasional.

5.2.1. Umum

a. Keselamatan dan Marabahaya

Keselamatan adalah faktor penting bagi kegiatan kelautan. Adanya marabahaya atau keadaan yang membahayakan perlu diinformasikan dan diketahui oleh semua yang sedang melakukan kegiatan di laut.

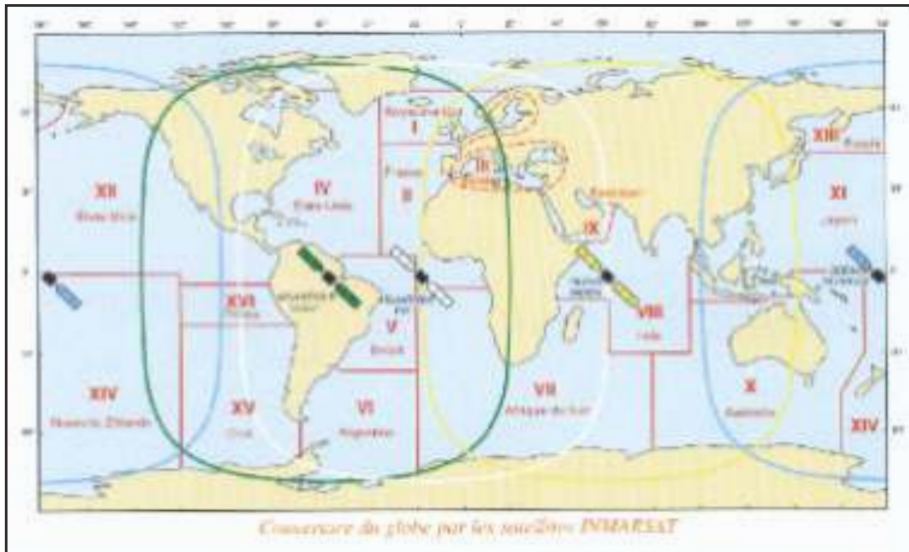
a.1. Sistem Keselamatan dan Marabahaya Laut Global (*Global Maritime Distress and Safety System* = GMDSS)

Dahulu ketika baru digunakan sistem komunikasi radio-telegraf, antar kapal di laut saling berkomunikasi sehingga bila ada marabahaya mereka dapat saling memberi tahu, dan apabila terjadi kecelakaan atau

memerlukan bantuan kapal yang berada di sekitar lokasi kapal yang mengalami kecelakaan dapat segera memberi bantuan. Tetapi dengan sistem tersebut sering tidak dapat dilaksanakan karena pada suatu saat tidak ada kapal yang berdekatan dengan kapal yang meminta bantuan.

Dengan kemajuan teknologi komunikasi melalui satelit sistem tersebut ditingkatkan dengan sistem baru yang disebut "Sistem Keselamatan dan Marabahaya Laut Global (*Global Maritime Distress and Safety System* = GMDSS). GMDSS menjadi ketetapan dalam Organisasi Kelautan Internasional (*International Maritime Organization* = IMO) sebagai salah satu amandemen Konvensi SOLAS. Dengan GMDSS yang menggunakan sistem komunikasi satelit, kapal dapat langsung berhubungan dengan Pusat Koordinasi Pertolongan di pantai, yang selanjutnya Pusat Koordinasi Pertolongan yang menerima berita dari kapal segera mengkoordinasi operasi pencarian dan pertolongan. Untuk operasi GMDSS, lautan di seluruh dunia dibagi dalam empat daerah, yakni:

- Daerah A1 : daerah yang masih terjangkau dengan komunikasi radio pantai yang menggunakan sekurang-kurangnya radio-telefoni VHF;
- Daerah A2 : daerah di luar daerah A1 yang masih terjangkau dengan komunikasi sekurang-kurangnya radio-telefoni MF;
- Daerah A3 : daerah di luar A1 dan A2 yang terjangkau komunikasi satelit INMARSAT (*International Mobile Satellite System*);
- Daerah A4 : daerah di luar A1, A2, dan A3 yang terletak di kawasan kutub.



Gambar 5.1. Daerah cakupan satelit penyiaran Sistem Keselamatan dan Marabahaya Laut Global (*Global Maritime Distress and Safety System* = GMDSS)

a.2. NAVTEX

Untuk daerah A2, utamanya di belahan bumi utara, pelayanan komunikasi dilakukan dengan NAVTEX. Pelayanan tersebut adalah koordinasi siaran dan penerimaan secara otomatis pada frekuensi 518 kHz. Enam stasiun menyiarkan secara berurut setiap lima menit dalam selang waktu setengah jam.

a.3. Komunikasi Radio Lain

Ketentuan tentang komunikasi radio meliputi penyiaran dan penerimaan melalui Sistem Panggilan Selektif Digital VHF (VHF *Digital Selective Calling System* = VHFDCS), Sistem Panggilan Selektif Digital HF (HF *Digital Selective Calling System* = MFDCS),

dan Sistem Panggilan Selektif Digital MF (MF *Digital Selective Calling System* = MFDSC).

a.4. Pelayanan Lain

Disamping pelayanan seperti yang telah disebutkan, untuk memberikan pelayanan kegiatan lain di laut dalam secara internasional dibuat dalam bentuk-bentuk tertentu sesuai dengan kegiatan para pengguna, antara lain:

- informasi khusus kepada operasi pencarian dan pertolongan (*Search and Rescue*) laut,
- siaran peta cuaca melalui radio-faksimil,
- informasi klimatologi laut, termasuk ikhtisar klimatologi.

b. Buletin Cuaca Laut

Buletin Cuaca dan Laut adalah bentuk dasar pelayanan untuk laut dalam. Dalam sistem GMDSS buletin cuaca dan laut untuk laut dalam disiarkan melalui satelit dengan menggunakan jejaring keselamatan INMARSAT. Buletin dibuat untuk suatu daerah yang batasnya tertentu. Batas daerah dapat berupa: (a) daerah standar yang ditetapkan, atau (b) daerah persegi yang dibatasi oleh garis lintang dan bujur geografi yang ditetapkan, atau (c) daerah lingkaran yang pusat dan jajarinya ditentukan oleh pengirim buletin. Buletin ditulis dengan menggunakan bahasa Inggris. Gawar dibuat untuk suatu fenomena dalam daerah persegi atau lingkaran sehingga kapal dapat yakin lokasi fenomena yang disebutkan dalam gawar.

b.1. Daerah Tanggung Jawab

Mengingat bahwa daerah laut dunia terlalu luas, maka untuk memberikan informasi keadaan laut, daerah laut dibagi-bagi menjadi

daerah-daerah bagian. Saat ini (2007) daerah laut dunia dibagi menjadi 21 wilayah dan 18 negara penanggung jawab, yang tiap negara mempunyai wilayah tanggung jawab yang ditentukan. Wilayah-wilayah bagian tersebut seperti yang terlihat pada peta berikut (Gambar. 5.2).



Gambar 5.2. Daerah tanggung jawab penyedia buletin cuaca laut daerah laut dalam.

Keterangan:

Wilayah	Negara Penanggung Jawab
I	Inggris
II	Perancis
III	Spanyol
IV, XII	Amerika Serikat
V	Brazilia
VI	Argentina
VII	Afrika Selatan

VIII	India
IX	Pakistan
X	Australia
XI	Jepang, China
XIII, XVII, XX	Rusia
XIV	Selandia Baru
XV	Chili
XVI	Peru
XVIII	Kanada
XIX	Norwegia

Penetapan daerah tanggung jawab tersebut dibuat oleh Komisi Teknik Oseanografi dan Meteorologi Kelautan Gabungan (*Joint Technical Commission for Oceanography and Marine Meteorology* = JCOMM) yang berkonsultasi lebih dahulu dengan Asosiasi Regional OMD (*Regional Association WMO*) dan yang disetujui oleh Dewan Eksekutif OMD. Instansi meteorologi dari negara anggota yang ditunjuk disertai tanggung jawab menyiarkan semua buletin cuaca dan laut daerah tanggung jawabnya melalui sistem satelit INMARSAT. Dari peta tersebut maka pelayanan informasi wilayah laut dalam (buletin cuaca dan laut) di sekitar Indonesia di bagian utara menjadi tanggung jawab Cina, dan di sekitar Indonesia di bagian selatan menjadi tanggung jawab Australia.

b.2. Format dan Isi Buletin Cuaca Laut

Buletin cuaca dan laut dibuat dalam format yang terdiri atas bagian-bagian yang secara berurut berisi berita sesuai dengan prioritasnya, yakni:

Bagian 1 : berisi gawar (*warning*),

- Bagian 2 : berisi sinopsis peta cuaca utama yang signifikan berkaitan dengan kondisi laut,
- Bagian 3 : berisi analisis dan prognosis yang ditulis dalam bentuk sandi dan lambang-lambang,
- Bagian 4 : berisi laporan dari stasiun laut secara selektif,
- Bagian 5 : berisi laporan dari stasiun darat yang berkaitan.

b.2.1. Gawar

Gawar memuat satu atau lebih unsur atau fenomena cuaca laut. Bila tidak ada gawar yang dibuat, dalam buletin bagian 1 tersebut tetap harus diisi dengan "*no warning*". Gawar dibuat apabila terdapat fenomena yang diperkirakan sangat berarti, antara lain:

- bila angin sangat kencang melebihi 8 skala Beaufort,
- bila badai yang kekuatan anginnya mencapai 10 skala Beaufort,
- bila ada hurikan (*hurricane*), tefon (*typhoon*), atau siklon tropis yang kekuatan anginnya mencapai 12 skala Beaufort,
- bila gelombang tinggi melebihi 3 meter,
- di kawasan pantai gawar dibuat apabila kekuatan angin mencapai 7 skala Beaufort.

Catatan:

Gawar dibuat secara terpisah dan disiarkan sesegera mungkin apabila gejalanya terlihat makin naik tanpa menunggu pembuatan buletin yang dibuat secara rutin.

Contoh:

- (1) Gawar badai luar tropis (*subtropical storm*) yang dibuat oleh Biro Meteorologi Perancis

WARNING NR208, TUESDAY 23 APRIL 1996 AT 12 UTC; LOW 990 46 NORTH AND 38 WEST SLOW MOVING WITH LITTLE CHANGE AT FIRST THEN MOVING SOUTHERLY ANG FILLING SLOWLAY WEDNESDAY AFTERNOON AND ISOLATED A NEW LOW 995 IN WEST OF AZORES;
WEST OF FARADAY;
CONTINUING TO 24 APRIL AT 12 UTC; SOUTHERLY 8 BUT 9 AT FIRST;
ALTAIR;
CONTINUING TO 25 APRIL AT 00UTC; SOUTHERLY 7 OR 8 DECREASING IN WEST WEDNNESDAY AFTERNOON;
EAST OF ALICE;
FROM 24 APRIL AT 15 UTC TO 25 APRIL AT 12 UTC; SOUTHEAST 8.

- (2) Gawar siklon tropis yang dibuat Biro Meteorologi Hongkong (Cina)
TROPICAL STORM WINONA (9312); RADIUS OF GALE FORCE WIND IS 50 NM;
SYNOPSIS (26 1800 GMT) AND 24 HOUR FORECAST;
AT 261800 GMT TROPICAL STORM WINONA (9312) WITH CENTRAL PRESSURE 995 HPA AND MAX WINDS 35 KT WAS CENTERED WITHIN 90 NM OF 17.8 N 115.7 E AND IS FORECAST TO BE VERY SLOW MOVING FOR THE NEXT 12 HOURS;
FORECAST POSITION AT 27 1800 GMT 18.5 N 115.4 E; SIGNIFICANT SWELL / HIGH SEAS; RADIUS OF SEAS OVER 6 M FROM CENTRE OF WINONA IS 50 NM; SWELL S TO SW AND SW UP FROM 4 M OVER THE NORTHERN PART OF THE SOUTH CINASEA;
THUNDERSTORMS / SEVERE WEATHER;
FREQUENT HEAVY SQUALL SHOWERS AND THUNDERSTORMS OVER SEA AREA SOUTH OF 10 N; SEA FOG / REDUCED VISIBILITY;
VISIBILITY 2000 M IN HEAVY SQUALLY SHOWERS AND THUNDERSTORMS.

b.2.2. Sinopsis

Sinopsis memuat gambaran tentang posisi dan gerakan sistem cuaca, misalnya gerak perenggan (*front*), siklon tropis, yang dikemukakan dalam bentuk dan bahasa yang difahami oleh para pelaut.

b.2.3. Analisis dan prognosis

Prakiraan cuaca laut biasanya mempunyai masa berlaku (*validity*) 24 jam, berisi prakiraan angin, banglas (*visibility*) bila diperkirakan lebih rendah dari 6 mil atau 10 km, pertumbuhan es (bila ada), gelombang laut.

Satuan-satuan ukuran harus standar, misalnya arah angin disebutkan menurut arah kompas (bukan dalam derajat), kecepatan angin dalam skala Beaufort, banglas dalam mil laut atau kilometer; tinggi gelombang dalam meter atau khaki.

b.3. Penyiaran Buletin Cuaca Laut

Setiap negara yang bertanggung jawab membuat buletin wajib menyiarkan buletin yang dibuat melalui INMARSAT. Penyiaran dilakukan dua kali dalam sehari sesuai dengan jadwal yang ditetapkan. Di samping itu juga diatur jadwal siaran ulangan. Alamat pembuat dan penyiara buletin ditulis dengan jelas. Sesuai dengan tingkat keadaan cuaca laut yang disiarkan setiap berita diberi prioritas. Jenis prioritas adalah rutin (*routine*), keamanan (*safety*), penting (*urgent*), marabahaya (*distress*).

Di Indonesia untuk menyampaikan informasi cuaca laut dalam adalah berupa *bulletin for shipping* yang secara rutin dibuat oleh Stasiun Meteorologi Maritim Klas I Tanjung Priok untuk disiarkan oleh Stasiun

Radio Pantai (Instansi di bawah Dirjen Perhubungan Laut) yang disiarkan setiap jam. Bagi kapal besar yang mempunyai peralatan navigasi NAVTEX akan dapat menerima.

5.2.2. Pelayanan

Setiap operator pelayaran mendapat pelayanan yang sama dari setiap negara. Dalam hal tersebut Organisasi Meteorologi Dunia (OMD) membuat petunjuk dan peraturan yang disusun dalam WMO *Technical Regulations* seperti yang diterbitkan dalam WMO No. 49 Vol. I Chapter C1 "*Meteorological Service To Marine Activities*". OMD juga membuat petunjuk operasional seperti yang diterbitkan dalam *Technical Regulation WMO No.558 "Manual On Marine Meteorological Service"*.

Pelayaran di laut dalam umumnya dilakukan dalam waktu lama. Oleh karena itu, selain informasi yang disiarkan dalam bentuk buletin, materi utama yang diinformasikan adalah klimatologi laut untuk menentukan alur pelayaran.

Informasi cuaca laut untuk perikanan dibuat dengan menggunakan bahasa yang mudah difahami oleh para nelayan. Penyiarannya dilakukan dengan berbagai cara, misalnya dengan radio, radio faksimil, atau sarana lain yang dapat diterima oleh para nelayan dan pengusaha perikanan. Materi yang diinformasikan meliputi:

- (a) Suhu muka laut,
- (b) Landaian suhu laut, baik dalam arah horizontal maupun dalam arah vertikal,
- (c) Salinitas,
- (d) Oksigen,
- (e) Warna air laut,

- (f) Arus laut,
- (g) Massa air.

Catatan: (c) sampai dengan (g) termasuk unsur oseanografi.

Untuk kegiatan perikanan di kawasan lintang tinggi, keadaan es laut sangat penting. Bahaya yang sering timbul paling banyak dalam musim dingin karena badai, dan karena penumpukan es di kapal dan di laut.

5.3. PELAYANAN INFORMASI CUACA UNTUK KEGIATAN DI PANTAI DAN DI LEPAS PANTAI

Dalam pengertian umum, pantai adalah daerah perbatasan antara darat dan laut. Batas tersebut berbeda-beda menurut bentuk topografi. Namun demikian, dari aspek meteorologi sulit menentukan secara pasti batas pantai karena sangat bergantung kepada bentuk, luas, dan topografi serta letak daerah daratan yang bersangkutan. Adakalanya sifat meteorologi kawasan pantai dapat mencapai 100 kilometer ke arah laut.

5.3.1. Umum

Cuaca laut daerah pantai sangat bervariasi karena banyak faktor, antara lain bentuk pantai, topografi, dan orografi daerah sekitar pantai. Oleh karena itu, informasi cuaca laut daerah pantai sering harus dibuat rinci bagian per bagian dari daerah pantai yang dimaksud. Informasi rinci selain yang dibuat berdasarkan pertimbangan lokasi, juga dibuat atas pertimbangan dari pengguna yang beragam kegiatannya.

Informasi cuaca laut dibuat oleh institusi meteorologi di masing-masing negara. Di Indonesia pelayanan dilakukan oleh Stasiun

Meteorologi Maritim. Penyiaran informasi (buletin) dilakukan mengikut sistem pelayanan NAVTEX dan siaran radio yang terjadwal, dan siaran-siaran dengan sistem komunikasi lain (misalnya melalui radio, telepon, faksimil, web, radio pantai). Di Indonesia informasi yang ditujukan kepada kapal-kapal dan kegiatan di laut dibuat oleh Stasiun Meteorologi Maritim dan disiarkan oleh Dinas Radio Pantai yang mempunyai tugas menyiarkannya. Selain itu juga disiarkan melalui berbagai macam komunikasi, antara lain radio, televisi, dan internet.

5.3.2. Pelayanan

Pelayanan informasi cuaca laut daerah pantai dan lepas pantai dapat dikelompokkan dalam lima macam, yakni dalam bentuk:

- a. buletin cuaca pantai dan laut,
- b. buletin es laut (bila ada),
- c. data cuaca pantai dan laut,
- d. klimatologi,
- e. konsultasi.

Penyediaan buletin cuaca pantai dan laut dilakukan dengan memperhatikan sekurang-kurangnya tiga hal, yakni:

- a. macam kegiatan yang ada,
- b. batas-batas nilai unsur cuaca laut sesuai dengan sensitivitas kegiatan terhadap cuaca laut, serta satuan ukurannya,
- c. ragam cuaca laut sesuai dengan sifat spesifik daerahnya.

Buletin dibuat dalam dua bahasa, yakni dalam bahasa Inggris sesuai dengan yang ditetapkan dalam pelayanan internasional dan dalam bahasa nasional yang sesuai dengan peraturan internasional dan dalam

bahasa yang mudah dipahami oleh para pengguna setempat. Cara tersebut dilakukan mengingat informasi cuaca laut daerah pantai umumnya disediakan bagi kegiatan-kegiatan setempat, tetapi juga diperlukan bagi kapal-kapal internasional yang berada di daerah pantai atau lepas pantai yang disebutkan. Isi buletin yang secara berurut prioritasnya meliputi:

- (1) bagian 1: gawar,
- (2) bagian 2: uraian keadaan sinoptis,
- (3) bagian 3: prakiraan cuaca laut.

Umumnya cuaca laut kawasan pantai dan lepas pantai bervariasi mengikut daerahnya. Oleh karena itu, buletin dibuat rinci daerah per daerah yang batasnya tidak perlu tetap melainkan disesuaikan dengan kondisi dan variasi cuaca laut dan fenomena yang ada.

Contoh:

(1). Informasi yang dibuat oleh Biro Meteorologi Hongkong.

WEATHER INFORMATION FOR SOUTH CHINA COASTAL WATERS

WARNINGS:

GALE FORCE WINDS NAN'AO, SHANWEL, SOUTH OF HONGKONG AND SHANGCHUAN DAO.

STRONG WINDS IN HONGKONG ADJACENT WATERS.

WEATHER SITUATION:

AN INTENSE NORTHEAST MONSOON PERSISTS OVER THE SOUTH CHINA COASTAL WATERS.

MEANWHILE, A BROAD CLOUD BAND IS BRINGING UNSETTLED WEATHER TO THE REGION.

AREA FORECASTS FOR THE NEXT 24 HOURS.

HONGKONG ADJUCENT WATERS: EASTFORCE 6, FORCE 7 AT FIRST, SOME RAIN . ROUGH SEAS.

NAN'AO AND SHANWEI: EAST TO NORTHEAST FORCE 7 TO 8. SCATTERED SQUALLY SHOWERS AND THUNDERSTORMS ROUGHTO VERYROUGH SEAS.

SOUTH OF HONGKONG AND SHANGCHUAN DAO : EAST FORCE 7, UP TO FORCE 8 AT FIRST. OCCSIONAL SQUALLY SHOWERS AND THUNDERSTORMS. ROUGH TO VERY ROUGH SEAS.

OUTLOOK FOR THE FOLLOWING 24 HOURS.

EASTERLY WINDS OF FORCE 6 SQUALLY SHOWERS AND THUNDERSTORMS IN WEST AT FIRST.

IDWOOVOO

BUREAU OF METEOROLOGY

AREA05

(2). Informasi Cuaca yang dibuat Stasiun Meteorologi Tanjung Priok

INDONESIAN WEATHER BULETIN FOR SHIPPING

TANJUNG PRIOK JUNE 1, 2008

INDONESIA WEATHER BULETIN FOR SHIPPING

I. PART ONE:

STORM WARNING: - TYPHOON NAKRI 970 HPA AT 20.6 N 132.9 E MOVING NORTH SLOWLY, MAX WINDS 5 KNOTS NEAR CENTER.

II. PART TWO:

SYNOPTIC WEATHER ANALYSIS: FOR 00.00 UTC DATE JUNE 1, 2008

- GENERAL SITUATION WEAK TO MODERATE EAST TO SOUTHWEST WINDS.

- INTER TROPICAL CONVERGENCE ZONE [I.T.C.Z.] PASSING OVER: NIL.
- CONVERGENCE LINE (C.L.) PASSING OVER: NIL.

III. PART THREE:

SEA AREA FORECAST VALID 24 HOURS FROM: 10.00 UTC
DATE JUNE 1, 2008 AS FOLLOWS:

A. WEATHER:

1. THE POSSIBILITY OF SCATTERED TO OVERCAST AND MODERATE RAIN OCCASIONALLY FOLLOWED BY THUNDERSTORM COULD OCCUR THE OVER AREAS OF : ANDAMAN SEA, MENTAWAI WATERS, WESTERN MENTAWAI INDIAN OCEAN, JAVA SEA, MAKASSAR STRAIT, WESTERN BANDA SEA, SULAWESI SEA, MALUKU SEA AND NORTHERN PAPUA NEW GUINEA PACIFIC OCEAN.
2. THE POSSIBILITY OF SCATTERED TO BROKEN CLOUDS AND RAIN OR LOCAL RAIN COULD OCCUR THE OVER AREAS OF: MALACCA STRAIT, WESTERN ACEH WATERS, RIAU WATERS, KARIMATA STRAIT, BONE GULF, TOMINI GULF, EASTERN BANDA SEA, ARAFURA SEA, KAI WATERS, ARU SEA, TOLO GULF, SANGIHE TALAUD WATERS, SERAM SEA, HALMAHERA SEA, CENDERAWASIH GULF, NORTHERN IRIAN PACIFIC OCEAN AND SOLOMON SEA.

B. WINDS DIRECTION AND SPEED FROM SURFACE UP TO 3000 FEET:

WINDS OVER INDONESIAN WATERS, GENERALLY EAST TO SOUTHWEST, AT ABOUT 3 TO 25 KNOTS.

C. STATE OF SEA:

1. SLIGHT TO MODERATE SEA SURFACE AND LOW SWELL

COULD OCCUR AT: ANDAMAN SEA, WESTERN ACEH WATERS, MENTAWAI WATERS, WESTERN MENTAWAI INDIAN OCEAN, JAVA SEA, SOUTHERN MAKASSAR STRAIT, BALI SEA, FLORES SEA, BONE GULF, TOLO GULF, KAI WATERS, ARU SEA, MALUKU SEA, NORTHERN IRIAN PACIFIC OCEAN, CARPENTARIA GULF, PAPUA GULF, NORTHERN IRIAN PACIFIC OCEAN, NORTHERN PAPUA NEW GUINEA PACIFIC OCEAN AND SOLOMON SEA.

2. OTHER SEA AREAS GENERALLY ARE SEA SLIGHT AND SWELL LOW.
3. RECOMMENDATION (EARLY WARNING): MODERATE TO ROUGH SEA SURFACE AND MODERATE SWELL: SOUTH WESTERN ENGGANO INDIAN OCEAN, SOUTHERN JAVA INDIAN OCEAN, SOUTHERN BALI INDIAN OCEAN, SOUTHERN NUSA TENGGARA INDIAN OCEAN, SAWU SEA, BANDA SEA, TIMOR SEA AND ARAFURASEA.

Contoh informasi dalam bentuk peta tercantum pada Lampiran II.

Gawar dibuat tersendiri tanpa menunggu pembuatan buletin apabila fenomena yang terjadi atau akan segera terjadi diperkirakan sangat besar dampaknya kepada kegiatan pantai. Gawar tersebut secara umum untuk fenomena:

- a. Siklon tropis dan fenomena lain yang terkait,
- b. Badai,
- c. Pertubuhan es laut,
- d. Banglas rendah kurang dari 1 mil laut,

- e. Fenomena- fenomena lain yang luar biasa,
- f. Badai atau angin kencang yang menimbulkan perubahan mencolok paras muka laut.

Untuk kepentingan khusus nasional, gawar dibuat untuk fenomena:

- a. angin kencang,
- b. gelombang tinggi dan alun,
- c. tsunami,
- d. fenomena-fenomena golongan (*convective*), misalnya badai guntur, gebos (*squall*), gebos garis (*squall line*)

Gawar siklon tropis sangat penting bagi negara yang menjadi tempat atau yang dilewati siklon tropis. Oleh karena itu, umumnya di negara tersebut secara khusus dibentuk unit atau lembaga yang menangani penyediaan informasi tentang siklon tropis. Bila dalam pelayanan informasi laut dalam posisi siklon tropis dikemukakan dengan derajat lintang dan bujur geografi, untuk pelayanan informasi cuaca pantai untuk menyatakan posisi siklon tropis selain dengan menggunakan derajat lintang dan bujur geografi juga menggunakan arah dan jarak yang mudah dipahami oleh masyarakat setempat, misalnya "arah barat daya pada jarak 200 kilometer dari Cilacap".

Gawar badai atau angin yang sangat kencang dibuat bila kekuatannya lebih dari 6 skala Beaufort; namun demikian dapat pula dibuat untuk adanya angin kurang dari 6 skala Beaufort apabila kegiatan di daerah yang bersangkutan peka terhadap angin dengan kecepatan tersebut.

Gawar penumpukan es laut dibuat apabila kekuatan angin

sama atau lebih dari 6 skala Beaufort, suhu laut lebih rendah dari 2 °C, dan suhu udara di atasnya mencapai lebih rendah dari titik beku. Tetapi, kondisi yang demikian hanya dapat terjadi di kawasan luar tropis, tidak pernah terjadi di kawasan tropis.

Gawar banglas dibuat apabila banglas sangat kecil sampai kurang dari 1 mil laut, atau lebih tinggi sesuai dengan kegiatan yang memerlukan. Satuan jarak yang digunakan pada umumnya adalah mil laut.

Gawar badai atau angin kencang yang menimbulkan perubahan mencolok paras muka laut diperlukan karena bila badai tersebut berupa seruak (*surge*) yang timbul berkaitan dengan adanya siklon tropis dan atau tekanan udara yang sangat rendah, kekuatannya dapat lebih besar dibandingkan kekuatan angin dari siklon tropis itu sendiri.

Gawar laut tinggi dan **alun** diperlukan karena laut tinggi mempunyai dampak besar kepada kegiatan pantai. Laut tinggi umumnya berkaitan dengan gelombang besar yang timbul karena angin dan pasang laut.

Gawar tsunami juga diperlukan karena tsunami mempunyai potensi merusak yang sangat besar. Tsunami ditimbulkan oleh aktivitas seismik di bawah laut; terjadinya beberapa saat setelah terjadinya gempa. Oleh karena itu pembuatan gawar tsunami memerlukan informasi adanya gempa tsunamigenik.

Gawar fenomena golakan diperlukan karena fenomena tersebut mempunyai kekuatan yang sangat merusak. Fenomena golakan termasuk antara lain hujan sangat lebat dari badai guntur, badai kilat, puting beliung, belalai air. Fenomena-fenomena tersebut biasanya berlangsung dalam waktu sangat pendek dan sulit diprakirakan.

Pemantauan dengan radar sangat membantu dalam pembuatan informasi fenomena-fenomena tersebut.

Bentuk dan isi gawar memuat keterangan tentang:

- Jenis gawar,
- Tanggal dan waktu gawar dibuat,
- Daerah yang terkena dampak dari fenomena yang digawarkan,
- Waktu kapan fenomena akan melanda daerah yang disebutkan.

Berbagai istilah dan definisi :

Gawar angin ribut (<i>Gale warnings</i>)	
Angin ribut (<i>Gale</i>)	Angin yang sekurang -kurangnya berkekuatan 8 skala Beaufort (34 -40 knot) atau langkisau (<i>gust</i>) mencapai 43-51 knot
Angin ribut kuat (<i>Severe gale</i>)	Angin yang kekuatannya 9 skala Beaufort (41-47 knot) atau langkisau mencapai 52-60 knot
Angin ribut hebat /badai (<i>Storm</i>)	Angin yang kekuatannya 10 skala Beaufort (48-55 knot) atau langkisau mencapai 61-68 knot
Badai kuat (<i>Violent storm</i>)	Angin yang kekuatannya 11 skala Beaufort (56-63 knot) atau langkisau mencapai 69 knot atau lebih
Topan (<i>Hurricane force</i>)	Angin yang kekuatannya 12 skala Beaufort (64 knot) atau lebih
Waktu	
Waktu dekat (<i>Imminent</i>)	Enam jam dari saat pembuatan gawar
Segera (<i>Soon</i>)	6 sampai 12 jam dari saat pembuatan gawar
Kemudian (<i>Later</i>)	Lebih dari 12 jam dari saat pembuatan gawar
Banglas (<i>Visibility</i>)	
Sangat buruk (<i>Very poor</i>)	Banglas kurang dari 1000 meter
Buruk (<i>Poor</i>)	Banglas antara 1000 meter dan 2 mil laut
Sedang (<i>Moderate</i>)	Banglas antara 2 dan 5 mil laut
Baik (<i>Good</i>)	Banglas lebih dari 5 mil laut
Gerakan sistem tekanan (<i>Movement of pressure systems</i>)	
Lambat (<i>Slowly</i>)	Gerakan kurang dari 15 knot
Tenang (<i>Steadily</i>)	Gerakan antara 15 dan 25 knot
Agak cepat (<i>Rather quickly</i>)	Gerakan antara 25 dan 35 knot

Topan (<i>Hurricane force</i>)	Angin yang kekuatannya 12 skala Beaufort (64 knot) atau lebih
Waktu	
Waktu dekat (<i>Imminent</i>)	Enam jam dari saat pembuatan gawar
Segera (<i>Soon</i>)	6 sampai 12 jam dari saat pembuatan gawar
Kemudian (<i>Later</i>)	Lebih dari 12 jam dari saat pembuatan gawar
Banglas (<i>Visibility</i>)	
Sangat buruk (<i>Very poor</i>)	Banglas kurang dari 1000 meter
Buruk (<i>Poor</i>)	Banglas antara 1000 meter dan 2 mil laut
Sedang (<i>Moderate</i>)	Banglas antara 2 dan 5 mil laut
Baik (<i>Good</i>)	Banglas lebih dari 5 mil laut
Gerakan sistem tekanan (<i>Movement of pressure systems</i>)	
Lambat (<i>Slowly</i>)	Gerakan kurang dari 15 knot
Tenang (<i>Steadily</i>)	Gerakan antara 15 dan 25 knot
Agak cepat (<i>Rather quickly</i>)	Gerakan antara 25 dan 35 knot
Cepat (<i>Rapidly</i>)	Gerakan antara 35 to 45 knots
Sangat cepat (<i>Very rapidly</i>)	Gerakan lebih dari 45 knot
Tendensi tekanan di stasiun pelapor (<i>Pressure tendency in station reports</i>)	
Naik (atau turun) lambat (<i>Rising (or falling) slowly</i>)	Perubahan tekanan 0,1 sd 1,5 hPa dalam waktu tiga jam yang lalu
Naik (atau turun) sedang (<i>Rising (or falling) moderately</i>)	Perubahan tekanan 1,6 sd 3,5 hPa dalam waktu tiga jam yang lalu
Naik (atau turun) cepat (<i>Rising (or falling) quickly</i>)	Perubahan tekanan 3,6 sd 6,0 hPa dalam waktu tiga jam yang lalu
Naik (atau turun) sangat cepat (<i>Rising (or falling) very rapidly</i>)	Perubahan tekanan lebih dari 6,0 hPa dalam waktu tiga jam yang lalu
Sekarang naik (atau turun) (<i>Now rising (or falling)</i>)	Tekanan turun (atau naik) atau tenang selama tiga jam lalu, tetapi naik (atau turun) pada saat pengamatan terakhir Catatan: 1 hPa = 1 mb
Angin (<i>Wind</i>)	
Arah angin (<i>Wind direction</i>)	Menyatakan arah dari mana angin bertiup.
Menjadi siklonik (<i>Becoming cyclonic</i>)	Menyatakan angin berubah arah ke arah datangnya lembangan di daerah prakiraan

Menjadi siklonik (<i>Becoming cyclonic</i>)	Menyatakan angin berubah arah ke arah datangnya lembangan di daerah prakiraan
Menganan (<i>Veering</i>)	Perubahan arah angin ke kanan atau mengikuti arah putaran jarum jam. Misalnya dari arah barat daya menjadi arah barat
Mengiri (<i>Backing</i>)	Perubahan arah angin ke kiri atau berlawanan arah putaran jarum jam. Misalnya dari arah tenggara menjadi arah timur
Kedadaan laut (<i>Sea state</i>)	
Halus (<i>Smooth</i>)	Tinggi gelombang kurang dari 0,5 meter
Lampau (<i>Slight</i>)	Tinggi gelombang dari 0,5 sd. 2,5 meter
Sedang (<i>Moderate</i>)	Tinggi gelombang antara 1,25 sampai 2,5 meter
Kasar (<i>Rough</i>)	Tinggi gelombang antara 2,5 sampai 4,0 meter
Sangat kasar (<i>Very rough</i>)	Tinggi gelombang antara 4,0 sampai 6,0 meter
Tinggi (<i>High</i>)	Tinggi gelombang antara 6,0 sampai 9,0 meter

Sumber: <http://www.metoffice.gov.uk/index.html>

BAB 6

DAMPAK DAN KEGUNAAN CUACA DALAM KEGIATAN KELAUTAN

Informasi meteorologi berupa data dan keterangan tentang keadaan cuaca masa lampau atau klimatologi, keterangan tentang keadaan cuaca yang berlangsung dari waktu ke waktu sampai saat ini, dan keadaan yang diperkirakan akan terjadi di waktu kemudian. Namun, karena kegiatan kelautan bermacam-macam, unsur yang diinformasikan berbeda-beda untuk masing-masing kegiatan. Unsur cuaca laut dan fenomena cuaca laut yang penting bagi kegiatan kelautan pada umumnya adalah angin dan gelombang, banglas (*visibility*), awan dan hujan, suhu udara dan suhu laut, arus laut, pertumbuhan es, es laut, gunung es.

6.1. DALAM KEGIATAN KEPELABUHANAN

Pelabuhan adalah tempat kegiatan pemerintahan dan kegiatan ekonomi yang dipergunakan sebagai tempat kapal bersandar, berlabuh, naik turun penumpang, dan atau bongkar muat barang. Untuk dapat dilakukannya kegiatan tersebut diperlukan berbagai fasilitas, utamanya untuk menunjang keselamatan pelayaran, kegiatan pelabuhan serta sebagai tempat perpindahan intra dan antar moda transportasi. Oleh karena itu, fasilitas-fasilitas tersebut disesuaikan dengan yang diperlukan dan disesuaikan dengan iklim atau kebiasaan cuaca yang terdapat di kawasan pelabuhan.

Informasi klimatologi diperlukan untuk membuat desain kepelabuhanan tetapi unsur dan batasan nilainya berbeda-beda yang diperlukan bagi masing-masing fasilitas. Suhu dan kelembapan penting untuk diperhitungkan misalnya dalam pembuatan desain pemanasan dan ventilasi bangunan gudang penyimpanan; angin dan gelombang penting untuk pembuatan desain tempat berlabuh atau bersandar. Nilai-nilai yang diperlukan adalah nilai-nilai ekstrem, variasi unsur, dan periode ulang.

Di Indonesia variasi unsur cuaca laut di pelabuhan-pelabuhan Indonesia umumnya berskala harian dan musiman. Variasi harian yang paling nyata adalah variasi suhu, tekanan, dan angin yang berkaitan dengan pemanasan dari matahari berkenaan dengan hari siang dan malam, pasang-surut laut. Angin laut terjadi pada siang hari dan angin darat bertiup pada malam hari. Variasi musiman berkaitan dengan monsun yang menimbulkan perubahan musim. Variasi musiman tersebut berbeda-beda di setiap wilayah, misalnya di Jakarta dalam bulan Januari angin banyak dari arah barat - barat laut dan dalam bulan Agustus banyak dari arah tenggara-timur; di Padang dalam bulan Januari banyak dari arah barat laut sampai utara dan dalam bulan Agustus dari barat daya sampai tenggara.

Kegiatan di pelabuhan memerlukan pengaturan pelaksanaan yang efektif dan efisien sehingga dapat diselesaikan dalam waktu singkat dan tepat, termasuk keamanan dan menjaga agar tidak rusaknya barang-barang yang dibongkar dan dimuat serta yang disimpan dari akibat cuaca. Bagi industri maritim ketepatan waktu sangat penting sebab dengan sedikit kelambatan di pelabuhan dapat menimbulkan kerugian yang besar. Oleh karena itu, informasi cuaca sedang berlangsung dan prakiraan cuaca sangat diperlukan. Informasi cuaca,

baik cuaca sedang berlangsung maupun prakiraan cuaca, diperlukan sebagai salah satu bahan pertimbangan dalam menyusun rencana kegiatan operasional.

6.2. DALAM KEGIATAN PELAYARAN

Keselamatan, keamanan, dan kenyamanan adalah hal yang selalu dijaga bagi semua kapal pada umumnya tetapi kondisi cuaca laut tidak dirasakan sama bagi setiap kapal melainkan bergantung kepada besar dan desain serta perlengkapan masing-masing kapal. Namun demikian, keselamatan adalah yang paling diutamakan bagi semua kapal. Fungsi utama dari informasi meteorologi bagi pelayaran adalah memberi petunjuk pemilihan jalan agar dapat berlayar dengan aman, nyaman, selamat sampai tujuan, dan tepat waktu.

6.2.1. Informasi Klimatologi

Dalam kegiatan perdagangan dunia hampir 90 % menggunakan sarana angkutan laut untuk pengangkutan barang. Selain itu, pengangkut barang umumnya berkaitan dengan masalah perjanjian pengiriman barang yang memerlukan waktu yang tepat; oleh karena itu, sebelum pelayaran perlu dibuat rencana pelayaran yang teliti dengan memasukkan faktor klimatologi dan meteorologi laut. Di kawasan luar tropik informasi unsur klimatologi yang penting adalah angin, suhu, banglas, arus laut, es laut, dan tinggi gelombang. Untuk pelayaran di kawasan tropis yang sangat penting adalah klimatologi siklon tropis. Siklon tropis timbul secara musiman, terdapat di daerah-daerah tertentu, dan mempunyai lintasan tertentu. Dengan informasi klimatologi dapat dibuat rencana kapan pelayaran dilakukan, rute mana yang akan dilalui, perlengkapan apa saja yang diperlukan, dan lain sebagainya.

Bagi kapal angkut barang, selain untuk keselamatan informasi cuaca laut digunakan untuk upaya melindungi barang-barang yang diangkut karena barang-barang dapat rusak dengan adanya kondisi cuaca laut tertentu. Misalnya, barang-barang dapat rusak karena suhu udara sangat rendah melampaui titik embun, barang-barang yang higroskopik dapat rusak karena kelembapan tinggi, barang-barang dapat rusak karena angin dan percikan-percikan ombak laut. Oleh karena itu, informasi cuaca laut tidak hanya yang ekstrem saja; kondisi yang tidak ekstrem pun sangat diperlukan untuk menentukan teknik perlindungan sesuai dengan macam dan sifat barang yang diangkut.

6.2.2. Pemilihan Alur Pelayaran.

Pemilihan alur pelayaran merupakan salah satu upaya dalam pelayaran yang berkaitan dengan kondisi cuaca laut dengan maksud agar pelayaran dapat dilakukan dengan selamat, aman, nyaman, dan efisien menggunakan waktu pelayaran sehingga diperoleh penghematan biaya operasional. Unsur dan fenomena cuaca laut yang perlu dalam pemilihan alur pelayaran adalah angin dan gelombang, banglas, awan dan hujan, suhu udara dan suhu laut, pertambahan es laut, gunung es.

(1) Angin dan gelombang

Kapal-kapal besar untuk pelayaran di laut dalam umumnya telah dirancang tahan angin, gelombang, dan badai. Namun demikian, tidak kecil kemungkinannya ada keadaan ekstrem yang melampaui batas toleransi dan batas ketahanan yang digunakan. Umumnya kapal-kapal yang digunakan untuk pelayaran internasional atau pelayaran di laut dalam telah dirancang tahan kepada gelombang yang tingginya kurang dari 2 meter. Oleh karena itu, bagi kapal-kapal di laut dalam informasi yang diperlukan adalah gelombang yang tingginya >2 meter. Tetapi, bagi

kapal-kapal yang beroperasi di laut lepas pantai umumnya lebih kecil dan perlengkapannya lebih sederhana dibandingkan kapal yang digunakan untuk pelayaran di laut dalam. Oleh karena itu, informasi gelombang yang lebih kecil dari 2 meter juga diperlukan.

Informasi angin dan gelombang perlu memuat keterangan mengenai lokasinya, keberadaannya, dan/atau yang diperkirakan akan adanya.

Prakiraan dan gawar (*warning*) gelombang hendaknya memberi gambaran mengenai daerah di mana adanya atau akan adanya, tingginya dan batas maksimumnya, arahnya, dan periode gelombangnya.

(2) Banglas

Kapal tidak mempunyai rem seperti halnya kendaraan di darat. Untuk mengurangi kecepatan dilakukan dengan memutar balik putaran mesin. Oleh karena itu, banglas yang rendah sangat mengganggu. Adanya banglas yang rendah kemungkinan bertumbukan antar kapal atau menumbuk benda lain menjadi tinggi. Dengan demikian, kapal-kapal yang beroperasi di laut dalam perlu dilengkapi dengan radar. Banglas rendah dapat ditimbulkan antara lain oleh kabut, gebos atau deretan awan tebal (*squall*), percikan-percikan ombak. Informasi banglas memuat keterangan tentang daerah adanya atau yang diperkirakan akan adanya. Banglas < 6 mil (10 km) perlu diinformasikan yang sekurang-kurangnya dapat diterima kapal pada waktu 6 jam sebelumnya.

(3) Awan dan hujan

Informasi dan prakiraan awan tidak penting, tetapi informasi dan prakiraan hujan lebat, hujan salju, dan hujan beku atau hujan yang

curahannya cepat membeku setelah menyentuh permukaan benda, perlu diinformasikan. Kapal-kapal pengangkut barang (*cargo*) sangat memerlukan informasi tersebut untuk digunakan upaya perlindungan barang muatan.

(4) Suhu udara dan suhu laut

Informasi suhu udara dan suhu laut yang berkaitan dengan angin diperlukan apabila suhu tersebut berpotensi menimbulkan pembekuan dan penambahan lapisan es.

Khususnya bagi kegiatan perikanan, informasi suhu tersebut diperlukan untuk pencarian daerah penangkapan ikan .

(5) Pertambahan es (*ice accretion*)

Informasi akumulasi es sangat diperlukan karena bertambahnya penumpukan es dapat menjadi hambatan dan mengurangi kecepatan kapal. Untuk itu informasi dan prakiraan laju akumulasi es sangat diperlukan.

(6) Es laut

Es laut mempunyai potensi resiko tinggi bagi semua kapal. Informasi yang diperlukan adalah luas daerah es, gerakan lapisan es serta kondisinya (misalnya bentangannya, keadaan terbelah-belah, dll.).

(7) Gunung es

Es di laut tidak seluruhnya tampak di permukaan melainkan sebagian muncul di atas dan sebagian ada di dalam air laut. Bagian yang menonjol di atas permukaan disebut "gunung es". Sering terjadi bahwa bagian yang ada di dalam air laut lebih luas dan volumenya lebih besar dibandingkan yang ada di atas permukaan. Karena bagian bawah tidak

kelihatan maka keberadaannya sangat membahayakan kapal. Oleh karena itu, informasi mengenai gunung es tersebut sangat diperlukan utamanya luasnya bagian bawah yang ada di dalam air laut.

6.3. DALAM KEGIATAN NELAYAN

Pencari ikan di laut dalam pada dasarnya mempunyai tiga bagian kegiatan, yakni kegiatan pelayaran menuju lokasi penangkapan ikan, kegiatan di lokasi penangkapan, dan kegiatan kembali setelah kegiatan penangkapan. Oleh karena itu, para pencari ikan terlebih dahulu harus mengetahui lokasi yang berpotensi banyak ikan yang diinginkan; untuk itu diperlukan informasi cuaca laut yang sesuai dengan yang diperlukan bagi kehidupan ikan yang dimaksud. Kemudian diperlukan informasi mengenai kondisi laut ke arah lokasi penangkapan ikan, kondisi cuaca laut di lokasi penangkapan untuk mempersiapkan peralatan dan teknik penangkapan, dan berapa lama kondisi cuaca lautnya yang memungkinkan kegiatan penangkapan ikan dapat dilakukan, dan selanjutnya informasi cuaca laut setelah kegiatan penangkapan untuk upaya perlindungan hasil-hasil penangkapan.

Bagi kegiatan nelayan di laut dekat pantai informasi angin laut dan angin darat serta pasang surut laut sangat membantu untuk menetapkan waktu melaut dan waktu ke darat.

Kegiatan perikanan memperhatikan berbagai faktor utamanya faktor lingkungan, faktor meteorologi, dan faktor oseanografi.

Faktor lingkungan meliputi:

- (a) sifat, sebaran, migrasi, dan kelompok jenis ikan,
- (b) hasil penangkapan,
- (c) pendinginan tempat,

- (d) waktu pencarian,
- (e) pembiakan telur dan larva.

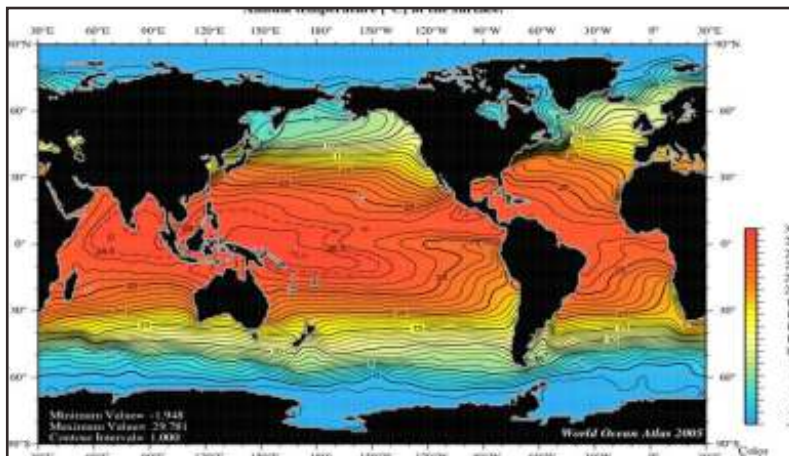
Faktor meteorologi meliputi:

- (a) suhu muka laut,
- (b) landaian (horizontal, vertikal) suhu laut,
- (c) lain-lain yang berkaitan dengan suhu dan salinitas air laut.

Faktor oseanografi meliputi:

- (a) salinitas air laut,
- (b) oksigen,
- (c) warna air,
- (d) arus laut,
- (e) massa air laut.

Suhu laut adalah faktor meteorologi-oseanografi yang sangat penting bagi kegiatan penangkapan ikan. Informasi sebaran suhu dibuat dalam peta isoterm seperti pada contoh gambar berikut.



Gambar 6.1. Peta sebaran suhu muka laut.

Kelompok ikan hidupnya ada yang di dekat permukaan laut, jenis hidupnya di dalam atau di dekat dasar laut. Oleh karena itu, informasi mengenai suhu sangat diperlukan.

Suhu laut berkaitan dengan banyak faktor, antara lain:

- (a) lataan (*advection*) massa air laut,
- (b) penyinaran matahari,
- (c) pertukaran bahang antar laut - atmosfer,
- (d) pencampuran antar lapisan air laut,
- (e) gerak naik air laut (*upwelling*),
- (f) pembekuan dan pelelehan es laut,
- (g) hujan.

Untuk kegiatan perikanan di kawasan lintang tinggi, bahaya yang paling banyak dalam musim dingin karena badai, penumpukan es di kapal dan di laut.

Sering bahwa kegiatan penangkapan ikan memerlukan waktu lama dan kapal perlu menurunkan jangkar. Keadaan laut, tingginya gelombang, dan arus laut sangat diperlukan untuk menetapkan panjang tali jangkar yang diperlukan.

6.4. DALAM KEGIATAN EKSPLORASI

Operasi eksplorasi di laut memerlukan informasi cuaca laut di tempat kegiatan. Oleh karena itu, unsur cuaca laut yang perlu diinformasikan disesuaikan dengan lokasi kegiatan dan macam kegiatannya.

Kegiatan eksplorasi minyak misalnya, kegiatan utamanya adalah pengeboran, pembuatan *platform*, dan kegiatan di *platform*. Selama

pengeboran toleransi gerak alat pengeboran karena gelombang kira-kira 10% dari kedalaman laut. *Platform* bergerak ke atas dan ke bawah yang gerakannya makin besar apabila gelombang makin tinggi. Angin mempunyai andil banyak pada *pitch and roll of drilling rig*. Angin juga diperlukan untuk pengaturan tali jangkar.

6.5. DALAM KEGIATAN INDUSTRI MARITIM

Hal utama dalam kegiatan industri maritim yang berkaitan dengan cuaca antara lain tentang:

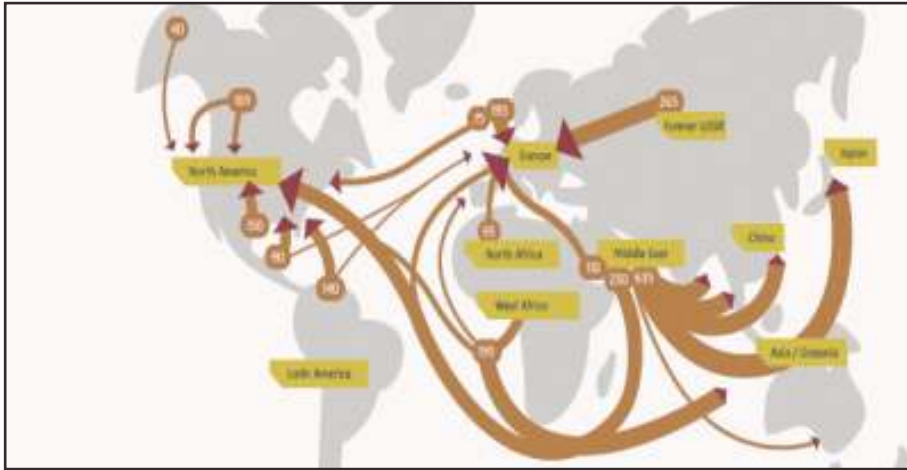
- kelambatan (antara lain kelambatan produksi, kelambatan pengiriman/penerimaan barang, kelambatan kontrak)
- kehilangan (antara lain karena bencana akibat cuaca),
- kerusakan (antara lain selama bongkar-muat di pelabuhan).

Kelambatan, kehilangan, dan kerusakan dapat terjadi karena cuaca. Oleh karena itu, informasi cuaca sedang berlangsung dan prakiraan cuaca diperlukan untuk menetapkan rencana operasi kegiatan industri dan kegiatan yang berkaitan dengan kegiatan industri maritim, untuk menentukan upaya penanggulangan dan alternatif-alternatif untuk menghindari atau mengurangi resiko akibat cuaca.

6.6. DALAM KEGIATAN PENANGGULANGAN POLUSI LAUT

Polusi laut utamanya di laut dalam adalah oleh adanya buangan minyak, sedangkan di laut dekat pantai selain oleh adanya buangan minyak juga banyak ditimbulkan oleh buangan-buangan industri. Di kawasan dekat pantai diperkirakan 75 % polusi laut berasal dari buangan industri dan 25% dari transportasi berupa buangan minyak dan kecelakaan kapal (*Meteo France*).

Adanya polusi dapat menimbulkan gangguan kepada banyak hal, utamanya kepada kehidupan laut. Dari aspek meteorologi polusi laut dapat menimbulkan berubahnya suhu muka laut dan penguapan.



Gambar 6.2.Daerah yang rawan polusi laut dari transportasi
(Sumber: *Meteo France*).

Khususnya untuk menangani masalah polusi di laut internasional dipandang perlu dilakukan secara terkoordinasi. Oleh karena itu, pada sidang Komisi Meteorologi Maritim (*Commission of Maritime Meteorology = CMM*) ke-11 pada tahun 1993 membentuk suatu sistem yang disebut "*Marine Pollution Emergency Response Support System = MPERS*)".

Dalam kaitannya dengan meteorologi kelautan, hal penting tentang polusi tersebut adalah sebarannya. Arah dan meluasnya sebaran polusi ada kaitannya dengan angin dan arus laut permukaan. Di kawasan pantai sebarannya selain berkaitan dengan angin juga oleh arus pasang surut.

DAFTAR PUSTAKA

- Akimasa Sumi (1991).*** The Third International Symposium On Equatorial Atmosphere Observation Over Indonesia. Jakarta (Grand Hyatt) 14 - 15 May 1991).
- Borema J. Dr. (1924).*** Typen van de Regenval in Nederlandsch Indie (Rainfall Types in the Netherlands Indies). Verhandilingen no. 18. Meteorologische Observatorium Batavia (sekarang Badan Meteorologi dan Geofisika).
- Charney J. and J. Shukla (1977).*** Monsoon in India. Monsoon Dynamics. Edited by Sir James Lighthill & Prof. R.P.Pearce, Cambridge Univ. Press.
- Davidson F.J.M., A. Allen, G. Brassington, O. Breivik, P. Daniel, B. Stone, (2008).*** Safety and effectiveness of operations at sea, GODAE final symposium, Nice, France.
- De Boer, H.J. (1948).*** On Forecasting the Beginning and the End of the Dry Monsoon in Java and Madura. Verhandilingen no. 32. Koninklijke Magnetisch en Meteorologisch Observatorium Batavia (sekarang Badan Meteorologi dan Geofisika).
- Euguchi J. (1996).*** Rainfall Distribution and Air Stream Over Indonesia. Geograph. Review Japan 56. 151 - 170.
- Gill Andrian E. (1982).*** Atmosphere - Ocean Dynamic. Academic Press, Inc. San Diego. California.
- Hardjawanata dan Muharyoto (1980).*** On the Onset of the Monsoon and Season in Indonesia. International Conference On the Scientific Results of Monsoon Experiment. WMO- Bali Oct. 1981.
- Hardjawanata dan Wirjohamidjojo S. (1989).*** Prosiding Loka Karya Hari Meteorologi 23 Maret 1988. Badan Meteorologi dan Geofisika. Jakarta.

- Hadi Suyono dan Widada S. (1999).** Studi Tentang Pola Sirkulasi Meridional Pada Saat Berlangsungnya Seruak Dingin. Buletin Meteorologi dan Geofisika ISSN 0215-1952 Maret 1999. Badan Meteorologi dan Geofisika.
- Mark Cane (1990).** World Climate Research Programme- WCRP Special Report- WMO/TD no.357- Jan.1990.
- McBride J.L. (1987).** The Australia Summer Monsoon. Monsoon Meteorology. Oxford Monograph on Geology and Geophysics No. 7 pp 203-231. Oxford University Press.
- Mandon M.J. and J.L. McBride (1991).** Recent Research on the Australian Monsoon. Met. Soc. Of Japan. January 1992 pp. 275.
- Minoru Tanaka (1994).** The Onset and Retreat Dates of Austral Summer Monsoon Over Indonesia, Australia and New Guinea. Journal Met. Soc. Of Japan April 1884.
- Nichols (1981).** Long-range Forecasting in Indonesia. Report as WMO/UNDP Consultant. Unpublished.
- Pant P.S. (1977).** Monsoon in India. Monsoon Dynamics, edited by Sir James Lighthill & Prof. R.P.Pearce, Cambridge Univ. Press.
- Perry A.H. and Walker J.M. (1977).** The Ocean - Atmosphere System. Longman Group Limited. London.
- Shiyan Tao and Longxun Chen (1987).** A Review of Recent Research on the East Asian Summer Monsoon. Monsoon Meteorology. Oxford Monographs on Geology and Geophysics no. 7 pp 61-89. Oxford University Press.
- Sikka D.R. and William M. Gray (1981).** Cross Hemispheric Actions and the Onset of the Summer Monsoon over India. International Conference On the Scientific Results of MONEX. Bali 1981. - WMO pp 74.
- Simpson G.C. (1981).** Meteorological Office Publication no. 180, London.

- Soerjadi Wirjohamidjojo (2006)***. Meteorologi Praktik. Badan Meteorologi Dan Geofisika. ISBN 979-99507-8-3.
- Soerjadi Wirjohamidjojo dan Sridadi Budihardjo (2007)***. Praktek Meteorologi Penerbangan. Badan Meteorologi Dan Geofisika. ISBN 978-979-1241-03-8.
- Soerjadi Wirjohamidjojo (2007)***. Praktek Meteorologi Pertanian. Badan Meteorologi Dan Geofisika. ISBN 978-979-1241-04-5.
- Tetsuzo Yasunari (1991)***. Role of Monsoon on Global Climate. The Third International Symposium on Equatorial Atmosphere Observation over Indonesia. Jakarta (Grand Hyatt) 14 - 15 May 1991)
- Tien Sri Bimawati, Soerjadi Wh, Widada S., Yunus S.S., Urip Haryoko, Haryono, A. Zakir (1998)***. Variabilitas Keikliman di Indonesia. Jurnal IPTEK UPT Hujan Buatan BPPT no. 2. Th. 2. Maret 1998. hal.1-11. ISSN 1410.4857.
- W. Van Bemmelen Dr. (1913)***. Observations Made At Secondary Stations. Vil. I. Royal Magnetic and Meteorological Observation. Batavia.
- Wayne H. Schubert et al. (1995)***. Dynamical Adjustment of the Trade Wind Inversion Layer. Journal Atmospheric Science. American Meteorological Soc. Vvol. 52. Number 16. 15 August 1995. pp 2941 - 2952.
- Wirjohamidjojo S. (1980)***. Hubungan antara Gelombang Dingin Asia dan Cuaca di Indonesia. Balai DIKLAT Meteorologi dan Geofisika Jakarta.
- Wirjohamidjojo S. (1982)***. The Main Synoptic Feature and the Relation to the Distribution of Rainfall Over Java Sea and its Sorrounding During Winter MONEX Period. Int. Conference of Scientific Results MONEX. Bali
- Yamanaka M.D. (1998)***. Climatology of Indonesian Maritime Continent. RASC Kyoto University. Japan.

- Yudi Riamon dan Widada S. (1999).** Variasi Curah Hujan Harian di Jakarta. Buletin Meteorologi dan Geofisika. ISSN 0215 - 1952. Badan Meteorologi dan Geofisika. Jakarta.
- **(1981).** International Conference on Early Results of FGGE and Large-Scale Aspects of its Monsoon experiments. Tallahassee, Florida. USA 12-17 January 1981. WMO
- **(1984).** Coastal Zone Resource Development And Conservation In Southeast Asia. UNESCO East West Centre.
- **(1986).** WMO Bulletin Vol. 35 July 1986. World Meteorological Organization. Swiss.
- **(1991).** Kumpulan Surat Keputusan KM.295/MG.201/Phb 81; SE.5/AL.403/Phb-1990); Cuplikan SOLAS 1974. Dep. Perhubungan. BMG. Balai II. Stamet Maritim Tanjung Priok
- **(1992).** Undang-Undang Republik Indonesia Tahun 1992 Tentang Pelayaran.
- **(1994).** GEWEX Asian Monsoon Experiment. Science Plan Oct. 1994. Japan National Committee for WCRP.
- **(1995).** The South China Sea Monsoon Experiment (SCSMEX). Science Plan. Revised January 1993.
- **(1998).** Guide To Wave Analysis And Forecasting. WMO-No. 702. Sekretariat WMO Geneva.
- .----- **(2001).** Guide to Marine Meteorological Service. Third Edition. WMO. 471. Secretariat of WMO. Geneva.

LAMPIRAN I

NAMA-NAMA SIKLON TROPIS

(Sumber: Met. UK)

Selama Perang Dunia Kedua nama-nama siklon tropis digunakan oleh angkatan perang Amerika Serikat dan Meteorologi Angkatan Laut untuk memantau siklon tropis di Pasifik.

Dari pertengahan tahun 1960 nama-nama digunakan untuk mencirikan semua siklon tropis, kecuali yang ada di atas lautan India Utara.

Nama-nama yang tercantum dalam tabel ini digunakan untuk selama tahun-tahun yang bersangkutan.

Berbagai organisasi meteorologi diberi tanggung jawab pemberian nama siklon tropis di wilayah yang ditentukan. Namun demikian, masing-masing mempunyai kebiasaan yang berbeda. Beberapa menggunakan huruf "A" sebagai nama awal dalam setiap tahun; beberapa tidak menggunakan huruf "A" sebagai awal penamaan tetapi dibuat daftar baru selama tiap tahun.

Biasanya pemberian nama pada waktu badai tropis meningkat menjadi badai tropis yang kecepatan anginnya lebih dari 34 knot. Namun, batasan tersebut juga tidak mengikat; ada kalanya pemberian nama dilakukan meskipun kecepatan angin belum mencapai 34 knot. Misalnya yang dilakukan oleh Pusat Meteorologi di Hawaii, di Miami.

Indeks Belahan Bumi Utara

- ♦ Pasifik Barat Laut - sebelah barat dari 180° BT
- ♦ Philipina - 5°-25° LU 115°-135° BT
- ♦ Pasifik Utara Tengah - 140°-180° BB
- ♦ Pasifik Utara Timur - sebelah timur dari 140° BB
- ♦ Atlantik
- ♦ India Utara

Indeks Belahan Bumi Selatan

- ♦ India Barat Daya - sebelah barat dari 90° BT
- ♦ Australia Barat - Lautan India Tenggara (90°-125° BT)
- ♦ Australia Utara - Laut Arafura dan sebelah barat Teluk Carpentaria (125°-138°/141° BT)
- ♦ Australia Timur - Laut Coral dan timur dari Teluk Carpentaria (138°/141°-160° BT, selatan dari 10°/12° LS)
- ♦ Papua New Guinea - 141°-160° BT dan utara dari 10°/12° LS "Fiji - Timur dari 160° BT dan utara dari 25° LS
- ♦ Wellington - Timur dari 160° BT dan selatan dari 25° LS (tak ada nama)

Daftar Nama

Nama-nama di Pasifik Barat Laut

Names					
	I	II	III	IV	V
Penyumbang	Nama	Nama	Nama	Nama	Nama
Cambodia	Damrey	Kong-rey	Nakri	Krovanh	Sarika
China	Longwang	Yutu	Fengshen	Dujuan	Haima
DPR Korea	Kirogi	Toraji	Kalmaegi	Maemi	Meari
HK, China	Kai-tak	Man-yi	Fung-wong	Choi-wan	Ma-on
Japan	Tembin	Usagi	Kammuri	Koppu	Tokage
Lao PDR	Bolaven (2005)	Pabuk	Phanfone	Ketsana	Nock-ten
Macau	Chanchu	Wutip	Vongfong	Parma	Muifa
Malaysia	Jelawat	Sepat	Rusa (Nuri)	Melor	Merbok
Micronesia	Ewiniar	Fitow	Sinlaku	Nepartak	Nanmadol
Philippines	Bilis	Danas	Hagupit	Lupit (2003)	Talas
RO Korea	Kaemi	Nari	Changmi	Sudal	Noru (2004)
Thailand	Prapiroon	Wipha	Mekkhala	Nida	Kulap
U.S.A.	Maria	Francisco	Higos	Omais	Roke
Viet Nam	Saomai	Lekima	Bavi	Conson	Sonca
Cambodia	Bopha	Krosa	Maysak	Chanthu	Nesat
China	Wukong	Haiyan	Haishen	Dianmu	Haitang
DPR Korea	Sonamu	Podul	Pongsona (2002)	Mindulle	Nalgae
HK, China	Shanshan	Lingling	Yanyan	Tingting	Banyan
Japan	Yagi	Kajiki	Kujira	Kompasu	Washi
Lao PDR	Xangsane	Faxai	Chan-hom	Namtheun	Matsa

Names					
	I	II	III	IV	V
Penyumbang	Nama	Nama	Nama	Nama	Nama
Macau	Bebinca	Vamei (2001) (Peipan)	Linfa	Malou	Sanvu
Malaysia	Rumbia	Tapah	Nangka	Meranti	Mawar
Micronesia	Soulik (2000)	Mitag	Soudelor	Rananin	Guchol
Philippines	Cimaron	Hagibis	Imbudo (Molave)	Malakas	Talim
RO Korea	Chebi	Noguri	Koni	Megi	Nabi
Thailand	Durian	Rammasun	Morakot	Chaba	Khanun
U.S.A.	Utor	Chataan (Matmo)	Etau	Aere	Vicente
Viet Nam	Trami (2006)	Halong	Vamco	Songda	Saola

Keterangan:

Dari tahun 2000 dan selanjutnya nama-nama dalam daftar tersebut di atas secara internasional digunakan untuk badai tropis di Pasifik Barat Laut dan ditetapkan oleh Lembaga Meteorologi Jepang (*Japan Meteorological Agency*) ketika badai bertambah kuat.

Nama tersebut digunakan secara berurut setiap tahun sesuai dengan badai tropis yang ada dalam tiap musim. Nama yang dicetak merah adalah nama pengganti pada penggunaan berikutnya.

Arti dan Kata Ganti (Hongkong Observatory)

Philippine names

Names 2006-2009			
2006	2007	2008	2009
Agaton (-)	Amang	Ambo	Auring
Basyang (01W)	Bebeng	Butchoy	Bising
Caloy (Chanchu)	Chedeng	Cosme	Crising
Domeng (Jelawat)	Dodong	Dindo	Dante
Ester (Ewiniar)	Egay	Enteng	Emong
Florita (Bilis)	Falcon	Frank	Feria
Glenda (Kaemi)	Goring	Gener>	Gorio
Henry (Prapiroon)	Hanna	Helen	Huaning
Inday (Bopha)	Ineng	Igme	Isang
Juan (Saomai)	Juaning	Julian	Jolina
Katring (Sonamu)	Kabayan	Karen	Kiko
Luis (Shanshan)	Lando	Lawin	Labuyo
Milenyo (Xangsane)	Mina	Marce	Maring
Neneng (Bebinca)	Nonoy	Nina	Nando
Ompong (-)	Onyok	Ofel	Ondoy
Paeng (Cimaron)	Pedring	Pablo	Pepeng
Queenie (Chebi)	Quiel	Qunita	Quedan
Reming (Durian)	Ramon	Rolly	Ramil
Seniang	Sendong	Siony	Santi

Tomas (Trami)	Tisoy	Tonyo	Tino
Usman	Ursula	Unding	Undang
Venus	Viring	Violeta	Vinta
Waldo	Weng	Winnie	Wilma
Yayang	Yoyoy	Yo yong	Yolanda
Zeny	Zigzag	Zosimo	Zoraida

Keterangan:

Daftar nama tersebut di atas digunakan bagi badai di kawasan Philipina (5° - 25° LU dan 115° - 135° BT) dan yang digunakan sebagai tambahan dari daftar dari Jepang (JMA) untuk badai tropis di Pasifik Barat Laut. Yang sudah digunakan oleh JMA dicetak warna merah.

Nama-nama di Pasifik Utara Tengah

Names			
List 1	List 2	List 3	List 4
Akoni	Aka	Alika (2002)	Ana
Ema	Ekeka (1992)	Ele (2002)	Ela
Hana	Hali (1992)	Huko (2002)	Halola
Io	Iniki (1992) (Iolana)	Ioke (2006)	Iune
Keli	Keoni (1993)	Kika	Kimo
Lala	Li (1994)	Lana	Loke
Moke	Mele (1994)	Maka	Malia
Nele	Nona (1994)	Neki	Niala
Oka	Oliwa (1997)	Oleka	Oko
Peke	Paka (1997)	Peni	Pali
Uleki	Upa (2000)	Ulia	Ulika
Wila	Wene (2000)	Wali	Walaka

Keterangan :

Daftar tersebut di atas digunakan secara berurut. Nama yang pertama dalam suatu tahun adalah nama berikutnya dari daftar nama yang digunakan tahun sebelumnya. Yang dicetak merah adalah nama pengganti bila digunakan di waktu kemudian. Tahun digunakannya nama-nama dibuat bersambung (misalnya, dalam suatu tahun nama yang digunakan sampai urutan ke-10, maka urutan ke-11 digunakan untuk nama pertama dalam tahun berikutnya).

Nama Pengganti

Nama-nama di Pasifik Utara Timur

Names 2004-2011							
2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Agatha	Adrian	Aletta	Alvin	Alma	Andres	Agatha	Adrian
Blas	Beatriz	Bud	Barbara	Boris	Blanca	Blas	Beatriz
Celia	Calvin	Carlotta	Cosme	Cristina	Carlos	Celia	Calvin
Darby	Dora	Daniel	Dalila	Douglas	Dolores	Darby	Dora
Estelle	Eugene	Emilia	Erick	Elida	Enrique	Estelle	Eugene
Frank	Fernanda	Fabio	Flossie	Fausto	Felicia	Frank	Fernanda
Georgette	Greg	Gilma	Gil	Genevieve	Guillermo	Georgette	Greg
Howard	Hilary	Hector	Henriette	Hernan	Hilda	Howard	Hilary
Isis	Irwin	Ileana	Ivo	Iselle	Ignacio	Isis	Irwin
Javier	Jova	John	Juliette	Julio	Jimena	Javier	Jova
Kay	Kenneth	Kristy	Kiko	Karina	Kevin	Kay	Kenneth
Lester	Lidia	Lane	Lorena	Lowell	Linda	Lester	Lidia
Madeline	Max	Miriam	Manuel	Marie	Marty	Madeline	Max
Newton	Norma	Norman	Narda	Norbert	Nora	Newton	Norma
Orlene	Otis	Olivia	Octave	Odile	Olaf	Orlene	Otis
Paine	Pilar	Paul	Priscilla	Polo	Patricia	Paine	Pilar
Roslyn	Ramon	Rosa	Raymond	Rachel	Rick	Roslyn	Ramon
Seymour	Selma	Sergio	Sonia	Simon	Sandra	Seymour	Selma
Tina	Todd	Tara	Tico	Trudy	Terry	Tina	Todd
Virgil	Veronica	Vicente	Velma	Vance	Vivian	Virgil	Veronica
Winifred	Wiley	Willa	Wallis	Winnie	Waldo	Winifred	Wiley
Xavier	Xina	Xavier	Xina	Xavier	Xina	Xavier	Xina
Yolanda	York	Yolanda	York	Yolanda	York	Yolanda	York
Zeke	Zelda	Zeke	Zelda	Zeke	Zelda	Zeke	Zelda

Keterangan :

Nama badai tropis pertama menggunakan huruf awal "A". Daftar digunakan berulang selama enam tahun. Nama terakhir yang digunakan dalam musim badai tropis sebelumnya di cetak merah.

Nama Pengganti

Nama-nama Atlantik

Names 2004-2011							
2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Alex	Arlene	Alberto	Andrea	Arthur	Ana	Alex	Arlene
Bonnie	Bret	Beryl	Barry	Bertha	Bill	Bonnie	Bret
Charley	Cindy	Chris	Chantal	Cristobal	Claudette	Colin	Cindy
Danielle	Dennis	Debby	Dean	Dolly	Danny	Danielle	Don
Earl	Emily	Ernesto	Erin	Edouard	Erika	Earl	Emily
Frances	Franklin	Florence	Felix	Fay	Fred	Fiona	Franklin
Gaston	Gert	Gordon	Gabrielle	Gustav	Grace	Gaston	Gert
Hermine	Harvey	Helene	Humberto	Hanna	Henri	Hermine	Harvey
Ivan	Irene	Isaac	Ingrid	Ike	Ida	Igor	Irene
Jeanne	Jose	Joyce	Jerry	Josphine	Joaquin	Julia	Jose
Karl	Katrina	Kirk	Karen	Kyle	Kate	Karl	Katia
Lisa	Lee	Leslie	Lorenzo	Laura	Larry	Lisa	Lee
Matthew	Maria	Michael	Melissa	Marco	Mindy	Matthew	Maria
Nicole	Nate	Nadine	Noel	Nana	Nicholas	Nicole	Nate
Otto	Ophelia	Oscar	Olga	Omar	Odette	Otto	Ophelia
Paula	Philippe	Patty	Pablo	Paloma	Peter	Paula	Philippe
Richard	Rita	Rafael	Rebekah	Rene	Rose	Richard	Rina
Shary	Stan	Sandy	Sebastien	Sally	Sam	Shary	Sean
Tomas	Tammy	Tony	Tanya	Teddy	Teresa	Tomas	Tammy
Virginie	Vince	Valerie	Van	Vicky	Victor	Virginie	Vince
Walter	Wilma *	William	Wendy	Wilfred	Wanda	Walter	Whitney

Keterangan :

Nama badai tropis pertama menggunakan huruf awal "A". Daftar digunakan berulang selama enam tahun. Nama terakhir yang digunakan dalam musim badai tropis sebelumnya dicetak merah.

Nama Pengganti

Nama-nama di Lautan India Utara

Names available for use from 2004 onwards				
	I	II	III	IV
Contributed by	Name	Name	Name	Name
Bangladesh	Onil	Ogni (2006)	Nisha	Giri
India	Agni (2004)	Akash	Bijli	Jal
Maldives	Hibaru	Gonu	Aila	Keila
Myanmar	Pyarr	Yemyin	Phyan	Thane
Oman	Baaz	Sidr	Ward	Mujan
Pakistan	Fanoos (2005)	Nargis	Laila	Nilam
Sri Lanka	Mala	Abe	Bandu	Mahasen
Thailand	Mukda	Khai-Muk	Phet	Phailin
	V	VI	VII	VIII
Contributed by	Name	Name	Name	Name
Bangladesh	Helen	Chapala	Oekhi	Fani
India	Lehar	Megh	Sagar	Vayu
Maldives	Madi	Vaali	Baazu	Hikaa
Myanmar	Na-nauk	Kyant	Daye	Kyarr
Oman	Hudhud	Nada	Luban	Maha
Pakistan	Nilofar	Vardah	Titli	Bulbul
Sri Lanka	Priya	Sama	Das	Soba
Thailand	Komen	Mora	Phethai	Amphan

Keterangan :

Daftar tersebut di atas digunakan secara berurut. Nama yang pertama dalam suatu tahun adalah nama berikutnya dari daftar nama yang digunakan tahun sebelumnya. Yang dicetak merah adalah nama pengganti bila digunakan di waktu kemudian. Tahun digunakannya nama-nama dibuat bersambung (misalnya, dalam suatu tahun nama yang digunakan sampai urutan ke-10, maka urutan ke-11 digunakan untuk nama pertama dalam tahun berikutnya).

Nama-nama di Lautan India Barat Daya

Names 2004-2008			
2004-2005	2005-2006	2006-2007	2007-2008
Arola	Alvin	Anita	Ariel
Bento	Boloetse	Bondo	Bongwe
Chambo	Carina	Clovis	Celina
Daren	Diwa	Dora	Dama
Ernest	Elia	Enok	Elnus
Felapi	Farda	Favio	Fame
Gerard	Guduza	Gamede	Gula
Hennie	Helio	Humba	Hondo
Isang	Isabella	Indlala	Ivan
Juliet	Jaone	Jaya	Jokwe
Kalo	Kundai	Katse	Kamba
Lilian	Lindsay	Lisebo	Lola
Madi	Marinda	Magoma	Marabe
Neddy	Nadety	Newa	Nungu
Ouledi	Otile	Olipa	Ofelia
Patricia	Pindile	Panda	Pulane
Qiqita	Quincy	Quince	Qoly
Ramon	Rugare	Rabeca	Rossana
Sopani	Sebina	Shyra	Sama
Tina	Timba	Tsholo	Tuma
Ula	Usta	Unokubi	Uzale
Vera	Velo	Vuyane	Vongai
Willem	Wilby	Warura	Warona
Xaoka	Xanda	Xylo	Xina
Yelda	Yuri	Yone	Yamba
Zuze	Zoelle	Zouleha	Zefa

Keterangan :

Nama badai tropis pertama menggunakan huruf awal "A". Daftar digunakan berulang selama enam tahun. Nama terakhir yang digunakan dalam musim badai tropis sebelumnya dicetak merah. Digunakan oleh Mauritius Met. Service.

Nama-nama di kawasan Australia Barat (Perth TCWC)

Nama-nama yang digunakan mulai tahun 1996 :

Adeline (2004-5)	Alison	Alex
Bertie	Billy	Bessi
Clare	Cathy	Chris (Clancy)
Daryl	Damien	Dianne
Emma	Elaine (Ellie)	Errol (2001-2)
Floyd	Frederic	Fiona
Glenda (Gabrielle)	Gwenda	Graham
Hubert (2005-6)	Hamish (1998-9)	Harriet
Isobel	Ilsa	Inigo (2002-3)
Jacob	John (Joseph)	Jana
Kara	Kirrily	Ken
Lee	Leon	Linda
Melanie	Marcia	Monty
Nicholas	Norman	Nicky
Ophelia	Olga	Oscar (2003-4)
Pancho	Paul	Phoebe
Rhonda (1996-7) (Rosie)	Rosita (1999-2000) (Robyn)	Raymond
Selwyn	Sam (Sean)	Sally
Tiffany	Terri	Tim
Victor (1997-8)	Vincent	Vivienne
Zelia	Walter (2000-1)	Willy

Keterangan:

Daftar tersebut di atas digunakan secara berurut. Nama yang pertama dalam suatu tahun adalah nama berikutnya dari daftar nama yang digunakan tahun sebelumnya. Yang dicetak merah adalah nama pengganti bila digunakan di waktu kemudian. Tahun digunakannya nama-nama dibuat bersambung (misalnya, dalam suatu tahun nama yang digunakan sampai urutan ke-10, maka urutan ke-11 digunakan untuk nama pertama dalam tahun berikutnya).

Kawasan Australia Utara (Darwin TCWC)	
Nama	
Amelia	Alistair (2000-1)
Bruno	Bonnie (2001-2)
Coral	Craig (2002-3)
Dominic	Debbie
Esther	Evan
Ferdinand	Fay (2003-4) (Farrah)
Gretel	George
Hector	Helen
Irma	Ira
Jason	Jasmine
Kay	Kim
Laurence	Laura
Marian	Matt
Neville	Narelle
Olwyn	Oswald
Phil	Penny
Rachel (1996-7) (Raquel)	Russell
Sid (1997-8)	Sandra
Thelma (Tasha)	Trevor
Vance (1998-9) (Verdun)	Valerie
Winsome	Warwick

Keterangan:

Daftar tersebut di atas digunakan secara berurutan. Nama yang pertama dalam suatu tahun adalah nama berikutnya dari daftar nama yang digunakan tahun sebelumnya. Yang dicetak merah adalah nama pengganti bila digunakan di waktu kemudian. Tahun digunakannya nama-nama dibuat bersambung (misalnya, dalam suatu tahun nama yang digunakan sampai urutan ke-10, maka urutan ke-11 digunakan untuk nama pertama dalam tahun berikutnya).

Yang dicetak merah digunakan pengganti dalam penggunaan berikutnya.

Kawasan Australia Timur (Brisbane TCWC)

Nama-nama yang digunakan mulai tahun 1996 :

Ann (Alice)	Abigail (2000-1) (Anika)	Alfred
Bruce	Bernie	Blanch
Cecily	Claudia	Charles
Dennis	Des (2001-2)	Denise
Edna	Erica (2002-3)	Ernie
Fergus (Fletcher)	Fritz	Frances
Gillian	Grace (2003-4)	Greg
Harold	Harvey	Hilda
Ita	Ingrid (2004-5)	Ivan
Justin (1996-7) (Jack)	Jim	Joyce
Katrina (Kitty)	Kate	Kelvin
Les	Larry	Lisa
May	Monica (2005-6)	Marcus
Nathan (1997-8)	Nelson	Nora
Olinda	Odette	Owen
Pete	Pierre	Polly
Rona (1998-9)	Rebecca	Richard
Steve (Stan)	Sandy	Sadie
Tessi (Tammy)	Tania	Theodore
Vaughan (1999-2000)	Vernon	Verity
Wylva	Wendy	Wallace

Keterangan:

Daftar tersebut di atas digunakan secara berurutan. Nama yang pertama dalam suatu tahun adalah nama berikutnya dari daftar nama yang digunakan tahun sebelumnya. Yang dicetak merah adalah nama pengganti bila digunakan di waktu kemudian. Tahun digunakannya nama-nama dibuat bersambung (misalnya, dalam suatu tahun nama yang digunakan sampai urutan ke-10, maka urutan ke-11 digunakan untuk nama pertama dalam tahun berikutnya).

Yang dicetak merah digunakan pengganti dalam penggunaan berikutnya.

Nama-nama di Kawasan Fiji

Nama				
List A	List B	List C	List D	LIST E (standby)
Ami (Ana)	Arthur	Atu	Amos	Alvin
Beni (Bina)	Becky	Beti (1995-6) (Bune)	Bart (1997-8)	Bela
Cilla (Cody)	Cliff	Cyril	Cora (Colin)	Chip
Dovi	Daman	Drena (Daphne)	Dani (Donna)	Denia
Eseta (Eva)	Elisa	Evan	Ella	Eden
Fili	Funa	Freda	Frank	Fotu
Gina (2002-3)	Gene	Gavin(Garry)	Gita	Glen
Heta (Hagar)	Hettie	Hina (Haley)	Hali (1998-9)	Hart
Ivy (2003-4) (Irene)	Innis	Ian	Iris	Isa
Judy	Joni	June	Jo	Julie
Kerry	Ken	Keli (1996-7) (Koko)	Kim (Kala)	Kevin
Lola	Lin	Lusi	Leo	Louise
Meena	Mick	Martin (Mike)	Mona	Mal
Nancy	Nisha	Nute	Neil (1999-2000)	Nat
Olaf	Oli	Odile	Oma	Olo
Percy	Pat	Pam	Paula (Pami)	Pita
Rae	Rene	Reuben	Rita	Rex

Sheila (2004-5)	Sarah	Solo	Sose (Sarai)	Suki
Tam	Tomas	Tui	Trina (Tino)	Troy
Urmil	-	Ula	-	-
Vaianu	Vania	Victor	Vicky	Vanessa
Wati (2005-6)	Wilma	Winston	Waka (2001-2) (Wiki)	Wano
Xavier	-	-	-	-
Yani	Yasi	Yalo	Yolande	Yvonne
Zita	Zaka	Zena	Zoe (Zazu)	Zidane

Keterangan:

Daftar A,B,C, dan D digunakan secara berurut. Nama yang pertama dalam suatu tahun adalah nama berikutnya dari daftar nama yang digunakan tahun sebelumnya. Yang dicetak merah adalah nama pengganti bila digunakan di waktu kemudian. Tahun digunakannya nama-nama dibuat bersambung (misalnya, dalam suatu tahun nama yang digunakan sampai urutan ke-10, maka urutan ke-11 digunakan untuk nama pertama dalam tahun berikutnya).

Yang dicetak merah digunakan pengganti dalam penggunaan berikutnya.

Nama-nama di Kawasan Papua Nugini

Alu	Maila
Buri	Nou
Dodo	Obaha
Emau	Paia
Fere	Ranu
Guba	Sabi
Hibu	Tau
Ila	Ume
Kama	Vali
Lobu	Wau

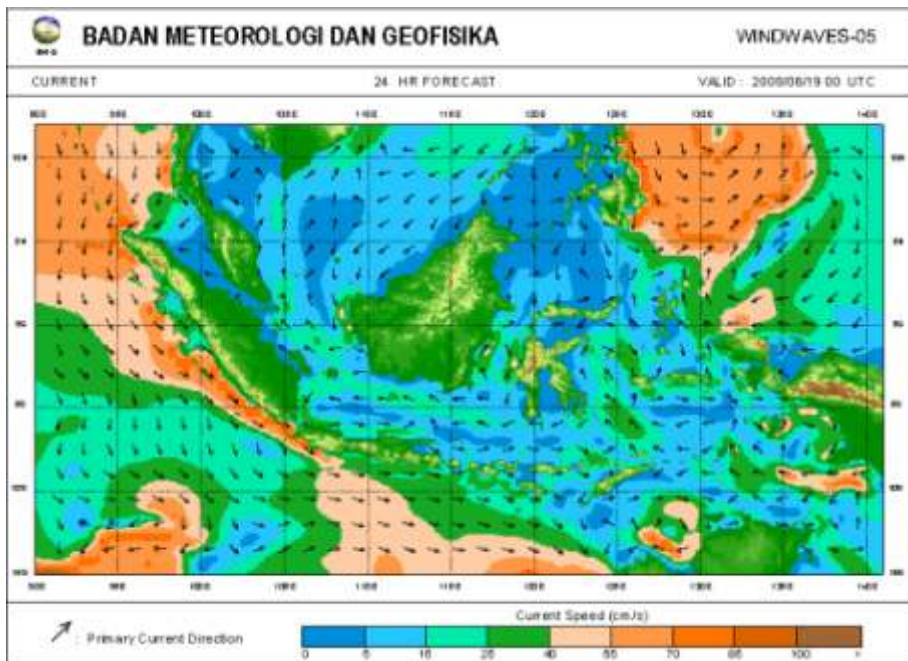
Keterangan:

Nama-nama tersebut di atas digunakan secara acak. Nama yang digunakan tahun sebelumnya adalah : Adel (1993), Upia (2002) and Epi (2003).

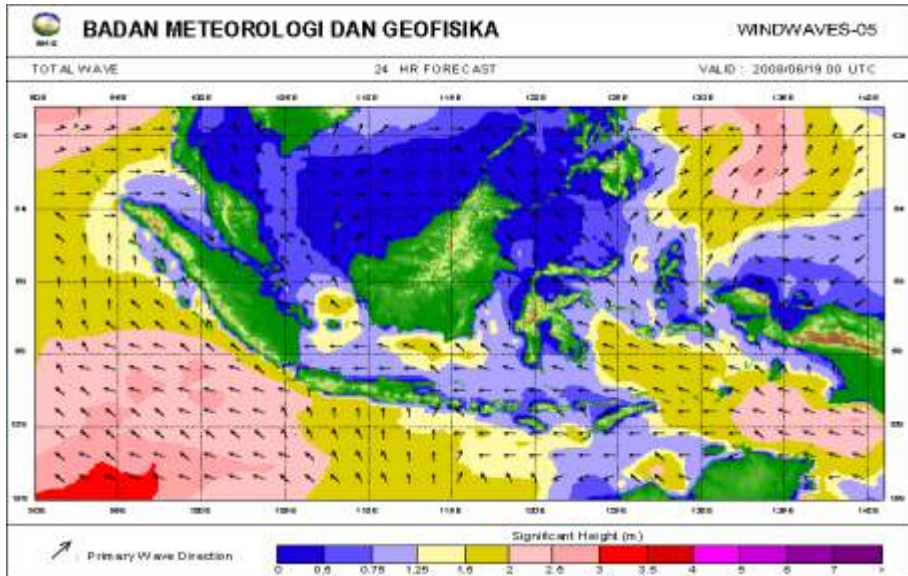
LAMPIRAN II

CONTOH-CONTOH PETA CUACA LAUT YANG DISAJIKAN OLEH STASIUN METEOROLOGI MARITIM TANJUNG PRIOK

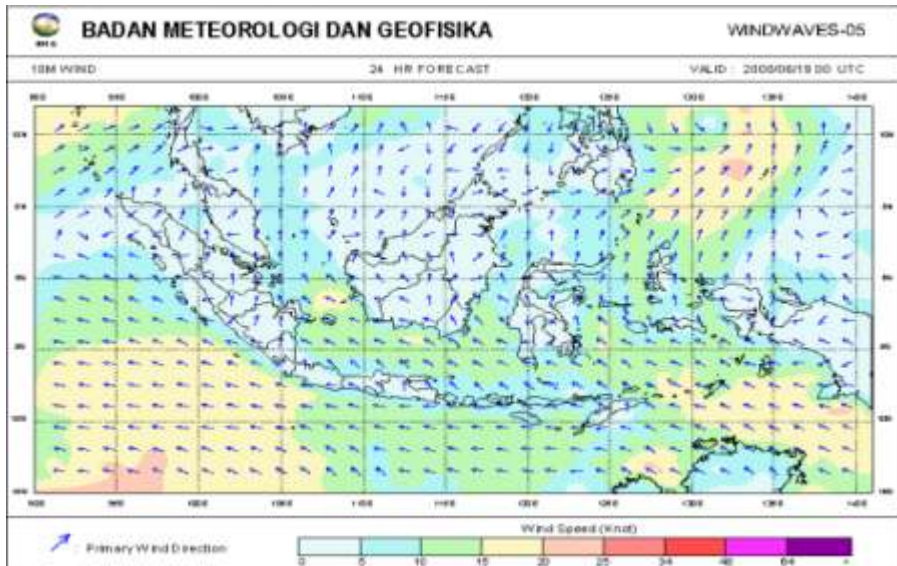
(1) Peta Arus Laut



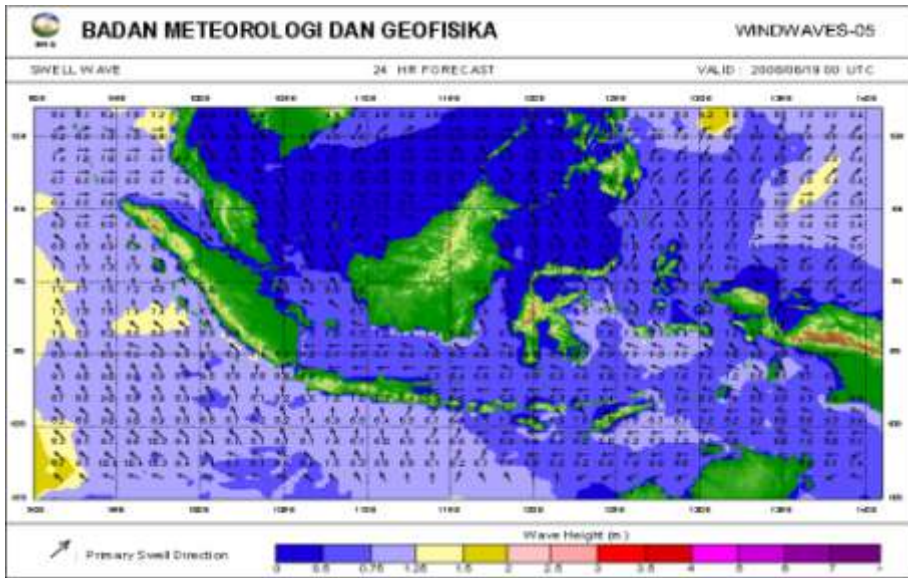
(2) Peta Gelombang Total



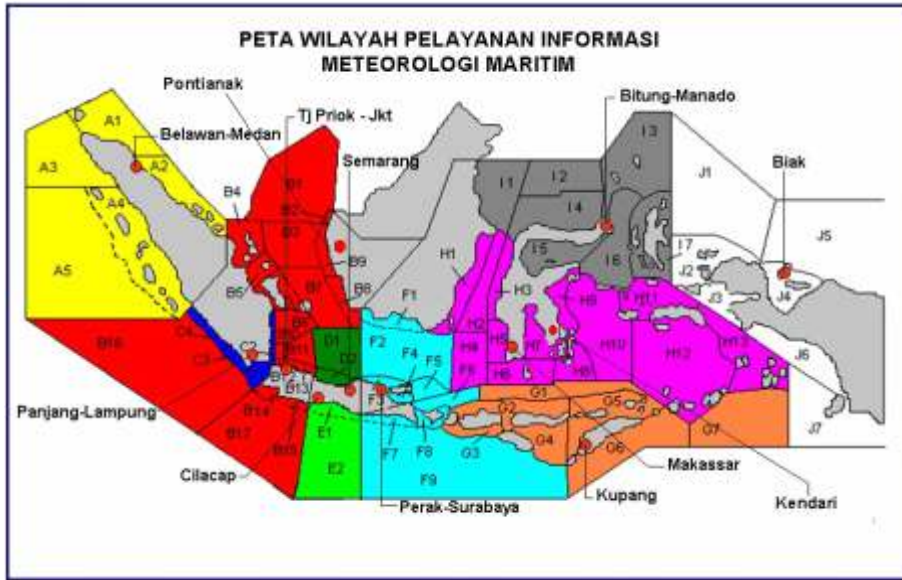
(3) Peta Angin Pada Paras 10 meter



(4) Peta Alun (*Swell*)



PETA WILAYAH PELAYANAN INFORMASI



PENANGGUNG JAWAB PELAYANAN

1. STAMAR BELAWAN
2. STAMAR TANJUNG PRIOK
3. STAMAR LAMPUNG
4. STAMAR SEMARANG
5. STAMET CILACAP
6. STAMAR SURABAYA
7. STAMET KUPANG
8. STAMAR MAKASSAR
9. STAMAR BITUNG
10. STAMET BIAK
11. STAMAR TELUK BAYUR
12. STAMAR KENDARI
13. STAMAR PONTIANAK

- WILAYAH PERAIRAN A
- WILAYAH PERAIRAN B
- WILAYAH PERAIRAN C
- WILAYAH PERAIRAN D
- WILAYAH PERAIRAN E
- WILAYAH PERAIRAN F
- WILAYAH PERAIRAN G
- WILAYAH PERAIRAN H
- WILAYAH PERAIRAN I
- WILAYAH PERAIRAN J



PRAKIRAAN MASIH DILAKSANAKAN STASIUN TERDEKAT

LAMPIRAN III

DAFTAR AKRONIM

AMC	Area Meteorological Coordinator
ASAP	Automated Shipboard Aerological Programme
ASC	Area Support Centre
CMM	Commission for Marine Meteorology (sekarang diganti dengan JCOMM)
CES	Coast Earth Station
DBCP	Data Bouy Cooperation Panel
DSC	Digital Selective Calling System
EGC	Enhanced Group Calling System
GCC	Global Collecting Centre
GCOS	Global Climate Observing System
GDSIDB	Global Digital Sea-Ice Data Bank
GESAMP	Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine
Pollution	
GIPME	Global Investigation of Pollution in the Marine Environment
GSLOS	Global Sea Level Observing System
GMDSS	Global Maritime Distress and Safety System
GOOS	Global Ocean Observing System
GTS	Global Telecommunication System
HSSTD	Historical Sea-Surface Temperature Data Set
IALA	International Association of Lighthouse Authorities
ICSPRO	Inter-Secretariat Committee on Scientific Programme Relating to Oceanography
IGOS	Integrated Global Ocean Service System (sekarang diganti dengan JCOMM)
IHO	International Hydrographic Organization
INMARSAT	International Mobile Satellite System
IMMT	International Maritime Meteorological Tape

IMO	International Maritime Organization
IOC	Intergovernmental Oceanographic Commission
IRCC	International Radio Consultative Committee
ITU	International Telecommunication Union
JCOMM	Joint (WMO-IOC) Technical Commission for Oceanography and Marine Meteorology
MMROA	Marine Meteorology and Related Oceanographic Activities
MPERSS	Marine Pollution Emergency Response Support System
MSL	Mean Sea Level
NMC	National Meteorological Centre
NMS	National Maritime Service
PMO	Port Meteorological Officer
RCC	Rescue Coordination Centre
SCOR	Scientific Committee on Oceanic Research
SIGRID	Sea-Ice GRID (sea-ice data in digital form)
SOLAS	Safety Of Live At Sea
WWW	World Weather Watch (program WMO)

BIODATA PENULIS



Penulis utama. **Soerjadi Wirjohamidjojo**, lahir di Cepu tanggal 16 Agustus 1937. Setelah tamat SMA di Madiun tahun 1956, melanjutkan sekolah di Akademi Meteorologi dan Geofisika. Pada tahun 1958 bekerja di Lembaga Meteorologi dan Geofisika (sekarang Badan Meteorologi dan Geofisika). Pada tahun 1965 melanjutkan sekolah di Institut Teknologi Bandung pada jurusan Geofisika dan Meteorologi. Setelah tamat tahun 1971, kembali lagi di Badan Meteorologi dan Geofisika sampai tahun 1993. Pendidikan lain diperoleh dari latihan-latihan pendek yang diselenggarakan oleh berbagai badan internasional antara lain WMO (*World Meteorological Organization*). Selama bekerja di Badan Meteorologi dan geofisika melaksanakan tugas-tugas sebagai pengamat, penganalisis, dan peneliti cuaca, serta sebagai pengajar tentang meteorologi di Balai Pendidikan dan Latihan Meteorologi dan Geofisika, Institut Teknologi Bandung, Universitas Indonesia, Kursus Analisis Dampak Lingkungan di Pusat Penelitian Sumber Daya Manusia Universitas Indonesia, dan di berbagai lembaga penelitian lain. Selain itu, sejak 1993 sebagai dosen matematika pada Institut Sains dan Teknologi Al Kamal Jakarta, dan pada tahun 1997 sd. 2002 sebagai Ketua Sekolah Tinggi Teknologi YUPPENTEK Tangerang. Kini masih aktif sebagai peneliti bidang meteorologi.



Penulis Kedua. Sugarin, S.Si lahir di Bojonegoro, 6 Februari 1962. Pendidikan: setelah tamat SMA Negeri di Cepu tahun 1980/1981 melanjutkan pendidikan D-I AMG Jurusan Meteorologi lulus tahun 1983; D-III AMG Jurusan Meteorologi lulus tahun 1988; FMIPA Universitas Indonesia Jurusan Geografi sampai 2002; FMIPA Universitas Pamulang Tangerang Jurusan Matematika lulus tahun 2006. Pendidikan lain : Pelatihan Analisa Meteorologi Maritim Tahun 1994 di Jakarta; Penyuluhan Teknis Mitigasi Bencana Alam Tahun 2003 di Jakarta; Peserta *The Training Course on Synergie Marine Forecasting Application for Operational Weather Forecasting* Jakarta, March 11, 2005; Peserta Pelatihan Instalasi dan Operasional Model Gelombang *windwaves-05*, 4- 10 Januari 2007 di Jakarta; Peserta *The Workshop on Satellite and Weather Radar Data Interpretation and Analysis*, 6-16 August, 2007; Anggota tim penulis seminar bulanan tanggal 30 Juli 2007 di BMG dengan judul *RECENT HIGH WAVES AND BMG'S EARLY WARNING REPORT*; Anggota tim penulis Prosiding Jurnal Scientific BMG 2007; Peserta *Marine Meteorology Course* di Meteo France, Toulouse, Perancis 4-14 Februari 2008; Pengalaman Kerja: Pengamat Cuaca di Stamet Klas I Halim Perdanakusuma Jakarta tahun 1983-1986; *Forecaster* di Stamet Klas I Halim Perdanakusuma Jakarta 1988-1996; *Forecaster* di Stamet Maritim Klas I Tanjung Priok Jakarta 1996 sampai sekarang; Kepala Seksi Data dan Informasi Stamet Maritim Klas I Tanjung Priok Jakarta; Pengajar Praktek Analisa Meteorologi Maritim di Akademi Meteorologi dan Geofisika Jakarta.