

# **IKLIM KAWASAN INDONESIA**

## **(Dari Aspek Dinamik - Sinoptik)**



# **IKLIM KAWASAN INDONESIA (Dari Aspek Dinamik - Sinoptik)**

Oleh :  
Soerjadi Wirjohamidjojo  
Yunus Swarinoto

**BADAN METEOROLOGI KLIMATOLOGI DAN GEOFISIKA  
JAKARTA 2010**

# **Iklm Kawasan Indonesia (Dari Aspek Dinamik - Sinoptik)**

xvi + 172 ; 16 x 21 cm

ISBN: 978-979-1241-26-7

Penulis : Soerjadi Wirjohamidjojo,  
Yunus Swarinoto

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

© Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika, 2010

## KATA PENGANTAR

Informasi cuaca dan iklim sangat diperlukan bagi pembangunan ekonomi pada umumnya. Namun di sisi lain, pengetahuan dan informasi tentang cuaca dan iklim yang diperlukan masih kurang. Di samping itu dari aspek cuaca dan iklimnya sendiri, kawasan Indonesia mempunyai ciri yang khusus dan rumit, antara lain berkenaan dengan lokasinya di sekitar khatulistiwa yang berbatasan dengan lautan India, lautan Pasifik, dan kaitannya dengan monsun Asia dan Australia, bentuk topografi orientasi dan struktur kepulauan. Oleh karena itulah untuk membantu memenuhi keperluan informasi tersebut, penulis tergerak untuk menyusun buku ini yang diberi judul "Iklim Kawasan Indonesia".

Tulisan dalam buku tersebut membicarakan tentang Iklim kawasan Indonesia dari aspek dinamis dan sinoptis yang disusun dengan bertitik tolak dari konsep pemikiran bahwa cuaca dan fenomena yang terjadi adalah hasil dari interaksi berbagai sistem bumi - laut - udara - biosfer, yang digerakkan oleh energi sinaran matahari. Dengan dasar konsepsi tersebut, maka sistematika penyusunan isinya dibagi dalam enam bab. Bab I sebagai bab pendahuluan memuat uraian tentang definisi cuaca dan iklim, kedudukan klimatologi dalam pembidangan sains, dan uraian tentang geografi dan sifat-sifat fisis kepulauan Indonesia yang mempunyai peran banyak dalam pembentukan dan perubahan cuaca dan iklim. Bab II berisi uraian tentang sifat sinaran matahari dalam perannya sebagai pemberi energi baik dalam skala global maupun dalam skala lokal. Bab III memuat penjelasan tentang tatanan peredaran udara yang berkaitan dengan

adanya energi sinaran matahari. Selain dalam skala global diuraikan sistem peredaran lokal di kawasan Indonesia. Monsun merupakan faktor penting dalam pengendalian iklim di kawasan Indonesia; oleh karena itu dibahas lebih banyak dalam Bab IV. Bab V memuat uraian tentang variasi nilai-nilai unsur iklim yang digunakan untuk menyatakan iklim di berbagai wilayah. Sifat variasi unsur-unsur iklim tersebut berkaitan dengan sistem cuaca dalam skala besar. Keterkaitan dengan sistem skala besar tersebut dibahas dalam Bab VI. Akhirnya apabila para pembaca menemui istilah-istilah yang masih asing, di belakang istilah tersebut dituliskan istilah padanan bahasa asingnya dan diketik miring dalam tanda kurung.

Meskipun penulis telah berusaha untuk dapat memberikan penjelasan yang sejelas-jelasnya, namun masih dirasakan adanya banyak kekurangan dan kendala. Oleh karena itu, buku ini akan masih terus disempurnakan dan untuk itu dengan rendah hati penulis mengharapkan saran dan koreksi dari para pembaca.

Sebagai penutup, melalui kata pengantar ini penulis menyampaikan penghargaan yang setinggi-tingginya dan menyampaikan rasa terima kasih kepada semua pihak yang telah memberi dorongan dan bantuan sehingga dapat terselesaikannya penyusunan buku tersebut.

Akhirnya dengan memohon ridha Allah SWT mudah-mudahan buku tersebut dapat bermanfaat bagi kita semua.

Jakarta, Agustus 2009

Penulis

## DAFTAR GAMBAR

	halaman
Gambar 1.1. Bagan sistematika pembedangan meteorologi dan klimatologi	13
Gambar 2.1. Fotosfer matahari	19
Gambar 2.2. Fluks radiasi di puncak atmosfer Kototabang	21
Gambar 2.3. Fluks sinaran di Kototabang	22
Gambar 2.4. Sinaran dan elevasi matahari	23
Gambar 3.1. Bagan susunan komponen sistem cuaca lingkungan Indonesia	28
Gambar 3.2. Peredaran Walker	31
Gambar 3.3. Pola aliran dasar daerah khatulistiwa	32
Gambar 3.4. Daerah angin pasat	34
Gambar 3.5. Contoh angin pasat tenggara dalam bulan Agustus	35
Gambar 4.1. Pusaran dalam bentuk siklon tropis	51
Gambar 4.2. Pusaran di laut India sebelah barat Sumatra	52
Gambar 4.3. Posisi PPAT utara (atas) dan paling selatan (bawah)	65
Gambar 4.4. PPAT dan angin (atas) dan sistem tekanan ketika monsun aktif bulan Desember	66

Gambar 4.5. Diagram stik angin permukaan pada 2S,90E (dalam deret waktu (harian) selama 312 hari mulai dari 23 Oktober 2001 sampai 28 Agustus 2002)	67
Gambar 5.1a. Variasi harian suhu udara ( C) di Banda Aceh dan sekitarnya	78
Gambar 5.1b. Variasi harian tekanan udara (hPa) di Banda Aceh dan sekitarnya	78
Gambar 5.1c. Variasi harian angin Januari (atas) dan Juli (bawah) di Banda Aceh dan sekitarnya	79
Gambar 5.1d. Variasi harian kelembapan udara (%) di Banda Aceh dan sekitarnya	80
Gambar 5.1e. Variasi harian jumlah awan (okta) di Banda Aceh dan sekitarnya	80
Gambar 5.1f. Variasi tahunan suhu udara ( C) di Banda Aceh dan sekitarnya	81
Gambar 5.1g. Variasi tahunan tekanan udara (hPa) di Banda Aceh dan sekitarnya	82
Gambar 5.1h. Variasi tahunan angin di Banda Aceh dan sekitarnya	82
Gambar 5.1i. Variasi tahunan kelembapan udara (%) di Banda Aceh dan sekitarnya	83
Gambar 5.1j. Variasi tahunan jumlah awan (okta) di Banda Aceh dan sekitarnya	83
Gambar 5.1k. Variasi tahunan curah hujan (mm) di Banda Aceh dan sekitarnya	84
Gambar 5.2a. Variasi harian suhu udara ( C) di Medan dan sekitarnya	86
Gambar 5.2b. Variasi harian tekanan udara (hPa) di Medan dan sekitarnya	86
Gambar 5.2c. Variasi harian angin Januari (atas) dan Juli (bawah) di Medan dan sekitarnya	87



Gambar 5.2d. Variasi harian kelembapan udara (%) di Medan dan sekitarnya	88
Gambar 5.2e. Variasi harian jumlah awan (okta) di Medan dan sekitarnya	88
Gambar 5.2f. Variasi tahunan suhu udara ( C) di Medan dan sekitarnya	89
Gambar 5.2g. Variasi tahunan tekanan udara (hPa) di Medan dan sekitarnya	89
Gambar 5.2h. Variasi tahunan angin di Medan dan sekitarnya	90
Gambar 5.2i. Variasi tahunan kelembapan udara (%) di Medan dan sekitarnya	90
Gambar 5.2j. Variasi tahunan jumlah awan (okta) di Medan dan sekitarnya	91
Gambar 5.2k. Variasi tahunan curah hujan (mm) di Medan dan sekitarnya	91
Gambar 5.3a. Variasi harian suhu udara ( C) di Tanjungpinang dan sekitarnya	93
Gambar 5.3b. Variasi harian tekanan udara (hPa) di Tanjungpinang dan sekitarnya	93
Gambar 5.3c. Variasi harian angin Januari (atas) dan Juli (bawah) di Tanjungpinang dan sekitarnya	94
Gambar 5.3d. Variasi harian kelembapan udara (%) di Tanjungpinang dan sekitarnya	95
Gambar 5.3e. Variasi harian liputan awan (okta) di Tanjungpinang dan sekitarnya	95
Gambar 5.3f. Variasi tahunan suhu udara ( C) di Tanjungpinang dan sekitarnya	96
Gambar 5.3g. Variasi tahunan tekanan udara (hPa) di Tanjungpinang dan sekitarnya	96

Gambar 5.3h. Variasi tahunan angin di Tanjungpinang dan sekitarnya	97
Gambar 5.3i. Variasi tahunan kelembapan udara (%) di Tanjungpinang dan sekitarnya	97
Gambar 5.3j. Variasi tahunan jumlah awan (okta) di Tanjungpinang dan sekitarnya	98
Gambar 5.3k. Variasi tahunan curah hujan (mm) di Tanjungpinang dan sekitarnya	98
Gambar 5.4a. Variasi harian suhu udara ( C) di Palangkaraya dan sekitarnya	99
Gambar 5.4b. Variasi harian tekanan udara (hPa) di Palangkaraya dan sekitarnya	100
Gambar 5.4c. Variasi harian angin di Palangkaraya dan sekitarnya	101
Gambar 5.4d. Variasi harian kelembapan udara (%) di Palangkaraya dan sekitarnya	101
Gambar 5.4e. Variasi harian jumlah awan (okta) di Palangkaraya dan sekitarnya	102
Gambar 5.4f. Variasi tahunan suhu udara ( C) di Palangkaraya dan sekitarnya	102
Gambar 5.4g. Variasi tahunan tekanan udara (hPa) di Palangkaraya dan sekitarnya	103
Gambar 5.4h. Variasi tahunan angin di Palangkaraya dan sekitarnya .	103
Gambar 5.4i. Variasi tahunan kelembapan udara (%) di Palangkaraya dan sekitarnya	104
Gambar 5.4j. Variasi tahunan jumlah awan (okta) di Palangkaraya dan sekitarnya	104
Gambar 5.4k. Variasi tahunan curah hujan (mm) di Palangkaraya dan sekitarnya	105
Gambar 5.5a. Variasi harian suhu udara (°C) di Ambon dan sekitarnya	106

Gambar 5.5b. Variasi harian tekanan udara (hPa) di Ambon dan sekitarnya	107
Gambar 5.5c. Variasi harian angin di Ambon dan sekitarnya	108
Gambar 5.5d. Variasi harian kelembapan udara (%) di Ambon dan sekitarnya	108
Gambar 5.5e. Variasi harian jumlah awan (Okta) di Ambon dan sekitarnya	109
Gambar 5.5f. Variasi tahunan suhu udara (°C) di Ambon dan sekitarnya	109
Gambar 5.5g. Variasi tahunan tekanan udara (hPa) di Ambon dan sekitarnya	110
Gambar 5.5h. Variasi tahunan angin di Ambon dan sekitarnya	110
Gambar 5.5i. Variasi tahunan kelembapan udara (%) di Ambon dan sekitarnya	111
Gambar 5.5j. Variasi tahunan jumlah awan (okta) di Ambon dan sekitarnya	111
Gambar 5.5k. Variasi tahunan curah hujan (mm) di Ambon dan sekitarnya	112
Gambar 5.6a. Variasi harian suhu udara (°C) di Bengkulu dan sekitarnya	113
Gambar 5.6b. Variasi harian tekanan udara (hPa) di Bengkulu dan sekitarnya	114
Gambar 5.6c. Variasi harian angin Januari (atas) dan Juli (bawah) di Bengkulu dan sekitarnya	114
Gambar 5.6d. Variasi harian kelembapan udara (%) di Bengkulu dan sekitarnya	115
Gambar 5.6e. Variasi harian jumlah awan (Okta) di Bengkulu dan sekitarnya	115

Gambar 5.6f. Variasi tahunan suhu udara (°C) di Bengkulu dan sekitarnya	116
Gambar 5.6g. Variasi tahunan tekanan udara (hPa) di Bengkulu dan sekitarnya	116
Gambar 5.6h. Variasi tahunan angin di Bengkulu dan sekitarnya.	117
Gambar 5.6i. Variasi tahunan kelembapan udara (%) di Bengkulu dan sekitarnya	117
Gambar 5.6j. Variasi tahunan jumlah awan (okta) di Bengkulu dan sekitarnya	118
Gambar 5.6k. Variasi tahunan curah hujan (mm) di Bengkulu dan sekitarnya	118
Gambar 5.7a. Variasi harian suhu udara (°C) di Palembang dan sekitarnya.	120
Gambar 5.7b. Variasi harian tekanan udara (hPa) di Palembang dan sekitarnya	120
Gambar 5.7c. Variasi harian angin Januari (atas) dan Juli (bawah) di Palembang dan sekitarnya	121
Gambar 5.7d. Variasi harian kelembapan udara (%) di Palembang dan sekitarnya	121
Gambar 5.7e. Variasi harian jumlah awan (okta) di Palembang dan sekitarnya	122
Gambar 5.7f. Variasi tahunan suhu udara (C) di Palembang dan sekitarnya	122
Gambar 5.7g. Variasi tahunan tekanan udara (hPa) di Palembang dan sekitarnya	123
Gambar 5.7h. Variasi tahunan angin di Palembang dan sekitarnya	123
Gambar 5.7i. Variasi tahunan kelembapan udara (°C) di Palembang dan sekitarnya	124

Gambar 5.7j. Variasi tahunan jumlah awan (okta) di Palembang dan sekitarnya	124
Gambar 5.7k. Variasi tahunan curah hujan (mm) di Palembang dan sekitarnya	125
Gambar 5.8a. Variasi harian suhu udara ( C) di Cilacap dan sekitarnya .	126
Gambar 5.8b. Variasi harian tekanan udara (hPa) di Cilacap dan sekitarnya	127
Gambar 5.8c. Variasi harian angin di Cilacap dan sekitarnya .	127
Gambar 5.8d. Variasi harian kelembapan udara (%) di Cilacap dan sekitarnya	128
Gambar 5.8e. Variasi harian jumlah awan (Okta) di Cilacap dan sekitarnya	128
Gambar 5.8f. Variasi tahunan suhu udara (°C) di Cilacap dan sekitarnya	129
Gambar 5.8g. Variasi tahunan tekanan udara (hPa) di Cilacap dan sekitarnya	130
Gambar 5.8h. Variasi tahunan angin di Cilacap dan sekitarnya	130
Gambar 5.8i. Variasi tahunan kelembapan udara (%) di Cilacap dan sekitarnya	131
Gambar 5.8j. Variasi tahunan jumlah awan (okta) di Cilacap dan sekitarnya	131
Gambar 5.8k. Variasi tahunan curah hujan (mm) di Cilacap dan sekitarnya	132
Gambar 5.9a. Variasi harian suhu udara ( C) di Kupang dan sekitarnya .	133
Gambar 5.9b. Variasi harian tekanan udara (hPa) di Kupang dan sekitarnya	133
Gambar 5.9c. Variasi harian angin Januari (atas) dan Juli (bawah) di Kupang dan sekitarnya	134

Gambar 5.9d. Variasi harian kelembapan udara ( $^{\circ}\text{C}$ ) di Kupang dan sekitarnya	135
Gambar 5.9e. Variasi harian jumlah awan (Okta) di Kupang dan sekitarnya	135
Gambar 5.9f. Variasi tahunan suhu udara ( $^{\circ}\text{C}$ ) di Kupang dan sekitarnya	136
Gambar 5.9g. Variasi tahunan tekanan udara (hPa) di Kupang dan sekitarnya	137
Gambar 5.9h. Variasi tahunan angin di Kupang dan sekitarnya	137
Gambar 5.9i. Variasi tahunan kelembapan udara (%) di Kupang dan sekitarnya	138
Gambar 5.9j. Variasi tahunan jumlah awan (okta) di Kupang dan sekitarnya	138
Gambar 5.9k. Variasi tahunan curah hujan (mm) di Kupang dan sekitarnya	139
Gambar 5.10a. Variasi harian suhu udara ( $^{\circ}\text{C}$ ) di Merauke dan sekitarnya	140
Gambar 5.10b. Variasi harian tekanan udara (hPa) di Merauke dan sekitarnya	141
Gambar 5.10c. Variasi harian angin Januari (atas) dan Juli (bawah) di Merauke dan sekitarnya	141
Gambar 5.10d. Variasi harian kelembapan udara (%) di Merauke dan sekitarnya	142
Gambar 5.10e. Variasi harian jumlah awan (Okta) di Merauke dan sekitarnya	142
Gambar 5.10f. Variasi tahunan suhu ( $^{\circ}\text{C}$ ) di Merauke dan sekitarnya	143
Gambar 5.10g. Variasi tahunan tekanan udara (hPa) di Merauke dan sekitarnya	144

Gambar 5.10h. Variasi tahunan angin di Merauke dan sekitarnya	144
Gambar 5.10i. Variasi tahunan kelembapan udara (%) di Merauke dan sekitarnya	145
Gambar 5.10j. Variasi tahunan liputan awan (okta) di Merauke dan sekitarnya	145
Gambar 5.10k. Variasi tahunan curah hujan (mm) di Merauke dan sekitarnya	146
Gambar 5.11a. Variasi harian suhu udara (°C) di Jayapura dan sekitarnya	147
Gambar 5.11b. Variasi harian tekanan udara (hPa) di Jayapura dan sekitarnya	147
Gambar 5.11c. Variasi harian angin Januari (atas) dan Juli (bawah) di Jayapura dan sekitarnya	148
Gambar 5.11d. Variasi harian kelembapan udara (%) di Jayapura dan sekitarnya	149
Gambar 5.11e. Variasi harian jumlah awan (okta) di Jayapura dan sekitarnya	149
Gambar 5.11f. Variasi tahunan suhu udara (°C) di Jayapura dan sekitarnya	150
Gambar 5.11g. Variasi tahunan tekanan udara (hPa) di Jayapura dan sekitarnya	150
Gambar 5.11h. Variasi tahunan angin di Jayapura dan sekitarnya	151
Gambar 5.11i. Variasi tahunan kelembapan udara (%) di Jayapura dan sekitarnya	151
Gambar 5.11j. Variasi tahunan jumlah awan (okta) di Jayapura dan sekitarnya	152
Gambar 5.11k. Variasi tahunan curah hujan (mm) di Jayapura dan sekitarnya	152

Gambar 6.1. Peredaran Walker di atas Pasifik: umum (atas); selama El Nino (bawah)	158
Gambar 6.2. Daerah yang terkena dampak El Nino. Hitam = basah; oranye = kering; merah = panas.	159
Gambar 6.3. Dipole Mode positif (atas), dan Dipole Mode Negatif (bawah)	161
Gambar 6.4. Kondisi daerah curah hujan selama DM positif (atas), dan selama DM negatif (bawah)	162



## DAFTAR TABEL

	halaman
Tabel 1.1. Awal musim hujan dan awal musim kemarau di beberapa tempat di Indonesia	10
Tabel 2.1. Berbagai ukuran fisik matahari	19
Tabel 2.2. Lama hari siang di beberapa tempat di Indonesia	23
Tabel 2.2. Lama hari siang di beberapa tempat (lanjutan-1)	24
Tabel 2.2. Lama hari siang di beberapa tempat (lanjutan -2)	24
Tabel 2.2. Lama hari siang di beberapa tempat (lanjutan -3)	25
Tabel 2.3. Lama penyuryaan di beberapa tempat (%)	26
Tabel 4.1. Sebaran curah hujan bulanan (dalam mm) di beberapa tempat (1970-2000)	48
Tabel 4.2. Sistem cuaca Indonesia dan faktor-faktor yang terkait	53
Tabel 4.3. Jenis massa udara yang banyak terlibat dalam pembentukan cuaca di Indonesia	55
Tabel 4.4. Data curah hujan di kawasan pantai Malaysia dan Sumatra bagian timur	57
Tabel 5.1. Variasi klimatik atmosfer tropik	72
Tabel. 5.2. Koefisien variasi (%) hujan bulanan	75
Tabel 6.1. Tahun El Nino	154

Tabel 6.2. Tahun La Nina	155
Tabel 6.3. Data SOI tahun 1980 sd 2000	157
Tabel 6.4. Simpangan Curah Hujan terhadap normal (%) di beberapa tempat selama tahun El Nino 1982/83	160

# DAFTAR ISI

	halaman
<b>KATA PENGANTAR</b>	i
<b>DAFTAR GAMBAR</b>	iii
<b>DAFTAR TABEL</b>	xiii
<b>DAFTAR ISI</b>	xv
<b>BAB I. PENDAHULUAN</b>	1
1.1. Cuaca, Iklim, Musim	1
1.1.1. Cuaca	2
1.1.2. Iklim	4
1.1.3. Musim	6
1.2. Sains	11
1.3. Pentingnya Kawasan Indonesia	14
<b>BAB II. SUMBER ENERGI</b>	17
2.1. Penyinaran Matahari	17
2.2. Intensitas Sinaran Matahari	21
2.3. Lama Hari Siang	23
<b>BAB III. SISTEM PEREDARAN</b>	27
3.1. Peredaran Umum	27
3.1.1. Komponen Peredaran Vertikal	28
3.1.2. Komponen Peredaran Horizontal	31

3.2. Pasat	33
3.3. Peredaran Lokal	35
3.3.1. Angin Laut - Angin Darat.	36
3.3.2. Angin Lembah - Angin Gunung	37
<b>BAB IV. FAKTOR PENGENDALI</b>	39
4.1. Monsun	39
4.2. Massa Udara.	54
4.3. Pias Pumpun Antartropik (PPAT)	63
<b>BAB V. VARIASI KLIMATIK UNSUR IKLIM</b>	71
5.1. Daerah Nangro Aceh Darussalam Bagian Utara	77
5.2. Daerah Sumatra Bagian Utara ( Sumatra Utara Bagian Utara Dan Riau Daratan).	84
5.3. Daerah Riau Lautan Dan Kalimantan Barat.	91
5.4. Daerah Kalimantan Dan Sulawesi	98
5.5. Daerah Maluku Bagian Tengah Dan Utara Sampai Papua Bagian Barat Dan Utara	105
5.6. Daerah NAD Bagian Barat-Selatan Sampai Bengkulu	112
5.7. Daerah Sumatra Selatan Laut Jawa Dan Sekitarnya	118
5.8. Daerah Selat Sunda Dan Jawa Bagian Selatan	125
5.9. Daerah Jawa Timur Sampai Nusa Tenggara Timur	132
5.10. Daerah Papua Bagian Selatan	139
5.11. Daerah Papua Bagian Utara	146
<b>BAB VI. KETERKAITAN DENGAN SISTEM CUACA SKALA BESAR</b>	153
6.1. EL Nino	154
6.1.1. El Nino Fenomena Pasangan Laut-Atmosfer	155
6.1.2. El Nino-Osilasi Selatan (ENSO)	156
6.1.3. El Nino dan Peredaran Walker	157
6.2. Dipole Mode	160
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	163
<b>BIOGRAFI PENULIS</b>	169

# 1

## PENDAHULUAN

### 1.1. Cuaca, Iklim, Musim

Sampai saat ini masih banyak ketidaksamaan pengertian tentang cuaca dan iklim dan banyak orang mencampuradukkannya sehingga perbedaan arti antara kata istilah cuaca dan iklim menjadi kabur. Yang demikian itu memang terdapat di mana-mana bahkan dalam lingkup dunia. W.J. Gibbs, dalam Buletin WMO Volume 36 bulan Oktober 1987 halaman 290-297 mengingatkan akan dampak penggunaan istilah dan pengertian cuaca dan iklim yang tidak jelas. Gibbs menyarankan agar sebaiknya menengok kembali definisi yang telah ditetapkan dalam Konferensi Iklim Dunia (*World Climate Conference*) tahun 1979. Kutipan tentang definisi cuaca dan iklim yang ditetapkan dalam konferensi tersebut seperti berikut :

*" Weather is associated with the complete state of the atmosphere at a particular instant in time, and with the evolution of this state through the generation, growth and decay of individual disturbances".*

*"Climate is the synthesis of weather events over the whole of period statistically long enough to establish its statistical ensemble properties (mean values, variances, probabilities of extreme events, etc.) and is largely independent of any instantaneous state".*

Selain itu, Gibbs juga mengidentifikasi bahwa banyak orang menggunakan pengertian iklim sebagai cuaca rata-rata. Pengertian tersebut dinilai tidak sesuai dengan definisi yang ditetapkan dalam Konferensi Iklim Dunia tahun 1979 tersebut. Untuk menghindari kesalahpahaman tersebut Gibbs menyarankan pengertian secara teknis bahwa cuaca adalah "keadaan atmosfer di suatu tempat atau daerah selama waktu tertentu (menit, jam, hari, bulan, musim, dan seterusnya)"; dan iklim adalah "peluang statistik kejadian berbagai keadaan atmosfer di suatu tempat atau daerah selama kurun waktu kalender".

*"weather is the state of the atmosphere over one given region during one given period (minute, hour, day, month, season, year, decade, etc.)"*, dan

*"climate is the statistical probability of the occurrence of various states of the atmosphere over a given region during a given calendar period".*

### **1.1.1 Cuaca**

Dari apa yang dikemukakan Gibbs dan hasil Konferensi Iklim Dunia dapat diambil sarinya bahwa "cuaca" adalah keadaan atmosfer pada setiap waktu kesatuan. Dengan demikian kita dapat mengatakan tentang cuaca saat ini, cuaca pukul 12, cuaca nanti sore, cuaca tanggal 17 Agustus 1945, cuaca besok pagi, cuaca minggu ini, cuaca minggu depan, cuaca bulan depan, dan seterusnya apabila waktu-waktu tersebut diartikan sebagai satu satuan waktu. Jadi cuaca menyatakan keadaan yang berlangsung pada saat atau selama waktu kesatuan.

Untuk menyatakan kadar cuaca digunakan nilai unsur-unsurnya secara simultan antara lain suhu, tekanan, angin, kelembapan, termasuk

adanya fenomena pada waktu kesatuan yang dimaksud. Dengan demikian cara mengemukakan nilai-nilai unsur cuaca berbeda apabila waktu kesatuannya berbeda. Untuk menyatakan cuaca pada suatu saat digunakan nilai-nilai unsur cuaca saat itu, sedangkan untuk menyatakan cuaca dalam waktu kesatuan yang lebih panjang menggunakan nilai-nilai unsur cuaca paling rendah, paling tinggi, paling dirasakan. Sebagai contoh :

Cuaca pukul 12.00: Pada pukul 12 suhu udara 28 C, tekanan udara 1010 hPa (hektopascal), angin 270 atau dari barat dengan kecepatan 20 km/jam. Kelembapan udara 80 %, dan langit cerah tidak ada awan.

Cuaca hari kemarin: Kemarin suhu udara paling rendah 21 C terjadi pada pagi hari dan paling tinggi 30 C terjadi pada siang hari; tekanan udara berubah-ubah antara 1010 mb dan 1012 mb; angin arahnya berubah-ubah dari 360 (dari utara) pada pagi hari menjadi 90 (dari timur) dan kecepatannya berubah-ubah dari 5 km/jam sampai 12 km/jam. Kelembapan udara berkisar dari 80 % pada malam dan pagi hari sampai mencapai 90%; pada siang dan sore hari antara 40% dan 60 %. Langit berawan sepanjang hari dan pada sore hari sebentar-sebentar turun hujan deras.

Cuaca minggu lalu: Minggu lalu suhu udara paling rendah 21 C terjadi pada pagi hari Senin dan paling tinggi 33 C pada hari Jumat siang. Tekanan udara berubah-ubah antara 1010 mb dan 1012 mb setiap harinya. Dari hari Senin sampai Rabu angin arahnya berubah-ubah dari 360 (dari utara) pada pagi hari menjadi 90 (dari timur) dan kecepatannya berubah-ubah dari 5 km/jam sampai 12 km/jam, dan dari Kamis sampai Minggu angin arahnya berubah-ubah dari 180 (dari selatan) pada pagi hari menjadi 270 (dari barat); kecepatannya berubah-ubah dari 10 km/jam sampai 15 km/jam. Setiap hari kelembapan udara berkisar dari 60 % sampai 80%. Tiga hari pertama langit berawan sepanjang hari dan pada tiga hari berikutnya hujan setiap sore hari.

Nilai rata-rata tidak sesuai untuk menyatakan cuaca karena nilai tersebut hanya berupa bilangan hasil perhitungan bukan hasil pengukuran.

### **1.1.2 Iklim**

Iklim mengandung pengertian kebiasaan cuaca yang terjadi di suatu tempat atau daerah, dan juga memberi pengertian bahwa iklim adalah ciri kecuacaan suatu tempat atau daerah, dan bukan cuaca rata-rata. Oleh karena itu, tidak mungkin kita mengatakan iklim hari ini, iklim besok pagi, iklim minggu depan, dst.; tetapi kita dapat mengatakan iklim zaman dahulu, iklim selama ini, iklim di waktu mendatang. Jadi, iklim berkaitan dengan periode waktu panjang tidak tentu.

Ciri kecuacaan suatu tempat atau daerah ditetapkan berdasarkan kriteria keseringan atau probabilitas nilai-nilai satu atau lebih unsur iklim yang ditetapkan, misalnya: hujan, suhu, suhu dan hujan, suhu dan angin, hujan dan penguapan.

Setiap daerah mempunyai iklim yang berbeda. Perbedaan tersebut karena bumi berbentuk bulat sehingga sinar matahari tidak dapat diterima serbasama oleh setiap permukaan bumi. Selain itu, permukaan bumi yang beraneka ragan jenisnya dan beraneka ragam bentuk topografinya tidak sama caranya menanggapi sinaran matahari yang diterimanya.

Untuk mengenali tentang iklim digunakan tinjauan dari berbagai aspek, antara lain dari aspek waktu, skala, wilayah, dan jenis. Dari aspek waktu dikenal Iklim Prasejarah, Iklim Sejarah, Iklim Quaterner. Iklim Prasejarah adalah iklim zaman dahulu yang penetapannya didasarkan atas cerita-cerita sebelum adanya fakta-fakta sejarah. Iklim Sejarah adalah iklim yang penetapannya berdasarkan cerita-cerita yang tertulis atau benda-benda sejarah. Iklim Quaterner ditetapkan berdasarkan data-data zaman quaterner dengan menggunakan data lapisan bumi atau geologi.

Dari skala yang dipelajari iklim dibedakan dalam Iklim Mikro, Iklim Meso, Iklim Ruangan. Iklim Mikro adalah iklim dalam skala kecil dalam ukuran panjang orde meter dan ukuran waktu menit. Iklim Meso adalah iklim dalam ukuran panjang orde kilometer dan ukuran waktu dalam orde jam atau lebih. Iklim Ruangan adalah iklim yang dibuat dalam ruangan tertutup, misalnya dalam rumahkaca yang biasa digunakan dalam pertanian.



Dari aspek wilayah dibedakan Iklim Kutub (*Polar Climate*), Iklim Tengah (*Temperate Climate*), Iklim Subtropis (*Subtropical Climate*), Iklim Tropis (*Tropical Climate*), Iklim Khatulistiwa (*Equatorial Climate*). Namun demikian, batas antar wilayah tidak jelas.

Iklim Kutub dicirikan dengan suhu sangat rendah. Koppen memberi kriteria suhu paling tinggi di bawah 2 °C atau 32 °F tetapi lebih tinggi dari 0 °C atau 32 °F. Iklim Tengah adalah jenis iklim yang terdapat di lintang tengah antara kawasan kutub dan kawasan tropik, tetapi batasnya tidak jelas. Iklim Tropis jenis iklim di kawasan tropik yang dicirikan dengan suhu selalu tinggi dan variasi tahunannya kecil, hujan hampir dapat terjadi di sembarang waktu dalam setahun. Iklim Subtropis dicirikan utamanya kemarau di musim panas dan hujan di musim dingin. Iklim Khatulistiwa dicirikan dengan variasi suhu harian kecil dan hujan di sembarang waktu dan dalam setahun hujan dua kali maksimum.

Dari jenis atau ciri yang dibentuk oleh lingkungan dikenal tipe iklim, yakni: Iklim Benua (*Continental Climate*), Iklim Bahari (*Maritime/ Marine Climate*), Iklim Monsun (*Monsoon Climate*), Iklim Mediteran (*Mediterranean Climate*), Iklim Tundra (*Tundra Climate*), dan Iklim Gunung (*Mountain Climate*).

Iklim Benua adalah iklim yang dimiliki daratan luas skala benua, dicirikan dengan julat yang besar dari suhu tahunan dan suhu harian, kelembapan nisbah rendah serta (umumnya) curah hujan sedang, kecil atau yang tak menentu. Suhu tahunan ekstrem terjadi langsung setelah matahari berbalik. Dalam keadaan ekstrem iklim benua menyebabkan terjadinya penggurunan. Iklim Bahari adalah jenis iklim yang dicirikan dengan perbedaan yang kecil antara suhu tahunan dan suhu udara harian. Iklim tersebut terdapat di pulau-pulau yang kecil, dan di bagian dunia yang menghadap angin, misalnya kepulauan Inggris utamanya di bagian paling barat. Iklim Monsun jenis iklim di kawasan monsun; dicirikan dengan perubahan unsur-unsur iklim secara musiman. Hujan banyak pada waktu matahari di atas kawasan yang bersangkutan. Umumnya dimiliki tempat-tempat di kawasan tropik. Iklim Mediteran adalah jenis iklim yang dicirikan

dengan panas, kering, musim panas yang cerah dan musim dingin banyak hujan. Jenis iklim mediteran mempunyai ciri yang hampir berlawanan dengan iklim monsun. Iklim Tundra adalah iklim yang sesuai dengan tumbuh dan hidupnya tumbuhan lumut, dicirikan dengan suhu sangat rendah tetapi tidak tertutup salju. Iklim Gunung adalah iklim di tempat-tempat tinggi, dicirikan dengan makin ke atas suhu makin rendah, demikian pula tekanan makin rendah. Selain itu, penyuryaan matahari banyak, makin ke atas sampai ketinggian tertentu hujan makin banyak, dan di atasnya hujan makin berkurang. Daerah ketinggian dengan hujan makin berkurang disebut daerah sungsgangan hujan (*rain inversion*). Hujan banyak terdapat di daerah yang menghadap angin.

### **1.1.3 Musim**

Selain kata cuaca dan iklim, ada pula kata yang sering muncul dalam pembicaraan tentang cuaca dan iklim, ialah "musim". Musim berbeda dengan cuaca dan iklim. Musim adalah selang waktu dengan cuaca yang paling sering terjadi atau mencolok, misalnya musim hujan adalah rentang waktu yang banyak terjadi hujan; musim kemarau rentang waktu yang sedikit hujan, musim dingin rentang waktu dengan suhu udara selalu rendah, musim panas rentang waktu dengan suhu udara selalu tinggi.

Di Indonesia yang paling dikenal adalah musim yang didasarkan atas seringnya atau banyaknya curah hujan, sehingga dikenal musim hujan dan musim kemarau.

Dalam Kamus Besar Bahasa Indonesia dijelaskan bahwa musim adalah selang waktu yang mengandung fenomena mencolok; misalnya musim hujan adalah selang waktu yang banyak terjadi hujan; musim dingin adalah selang waktu yang suhunya rendah.

Sesuai dengan letak geografinya Indonesia mempunyai variasi musiman. Variasi musiman tersebut dapat jelas terlihat pada curah hujan. Kedua musim tersebut dibedakan dari banyaknya curah hujan. Pada umumnya sewaktu matahari ada di belahan bumi selatan dari bulan Oktober sampai Maret, curah hujan lebih banyak dibandingkan sewaktu

matahari di atas belahan bumi utara dari bulan April sampai September; tetapi ada tempat-tempat tertentu yang tidak demikian.

Untuk membedakan kedua musim tersebut BMKG menggunakan kriteria banyaknya curah hujan sama atau lebih dari 50 mm tiap dasarian; meskipun dengan kriteria tersebut banyak daerah yang curah hujannya setiap dasarian lebih dari 50 mm sehingga sulit dibedakan antara musim hujan dan musim kemarau. Variasi musiman juga terlihat pada arah angin meskipun tidak sama arah anginnya; misalnya di Sumatra Barat variasi musiman berupa perubahan dari angin barat daya dan timur laut, di Jawa terlihat dari perubahan angin barat dan angin timur. Variasi-variasi tersebut berkaitan dengan monsun Asia dan monsun Australia. Di beberapa daerah misalnya di Jawa bagian timur, Bali, Nusa Tenggara serta daerah lain yang berdekatan dengan Australia, variasi musiman suhu maksimum dan minimum juga terlihat jelas.

Minoru Tanaka (1994) mengemukakan bahwa daur musim kemarau yang diidentifikasi dengan menggunakan jumlah liputan awan di Jawa dan sekitarnya mempunyai variasi kisaran sampai 35% sedangkan daur intra musiman sekitar 5%. Hal tersebut juga dikemukakan oleh M.J. Manton dan J.L. McBride. M.J. Manton dan J.L. McBride juga mengemukakan bahwa dalam daerah monsun lebih banyak struktur skala meso.

Waktu mulainya musim disebut "awal musim". Tentang awal musim sudah banyak dipelajari bahkan sampai sekarang masih belum tuntas. De Boer (1948) menandai awal musim hujan dengan jumlah curah hujan dasarian. Bila dalam lebih dari tiga dasarian berturut-turut dalam periode Oktober sampai Maret terdapat curah hujan yang jumlahnya sama atau lebih dari 50 mm maka dasarian yang pertama ditetapkan sebagai awal musim hujan. Kriteria tersebut masih digunakan oleh BMKG sampai saat ini meskipun sering mengalami kesulitan dalam penerapannya karena banyak tempat yang curah hujan bulannya selalu besar atau selalu kecil sehingga dengan kriteria tersebut terdapat tempat-tempat yang tidak mempunyai musim hujan atau musim kemarau. Harjawinata S. dan Muharyoto (1980) menggunakan keseringan angin permukaan sampai 850

hPa untuk mengidentifikasi awal musim. Mereka mengatakan bahwa awal musim barat di suatu tempat telah mulai apabila keseringan angin barat di tempat tersebut telah mencapai 50%. Tetapi sayangnya kriteria tersebut tidak selalu dapat digunakan untuk mengidentifikasi musim hujan karena musim hujan tidak selalu berkaitan dengan musim angin barat yang dapat timbul akibat adanya fenomena yang berbeda. Kesulitan lain dalam menandai awal musim adalah ikut andilnya luas wilayah dan struktur kepulauan dalam pembentukan cuaca skala meso. Penentuan awal musim dengan menggunakan parameter lain misalnya tekanan udara seperti yang digunakan oleh Berlage (1927), Resink (1952), dan Berlage (1968) juga tidak menunjukkan korelasi yang tinggi. Minoru Tanaka (1994) menunjukkan bahwa terdapat perbedaan antara awal musim yang diperoleh dengan menggunakan kriteria awan dan kriteria angin. Dalam periode monsun panas Australia atau musim dingin Asia, untuk wilayah Indonesia bagian barat dan utara serta di bagian timur (Maluku, Irian Jaya) lebih dahulu angin (10-50 hari) daripada awan; sedangkan untuk wilayah Indonesia bagian selatan dan tengah lebih dahulu (sampai 30 hari) awan daripada angin. Untuk menandai musim hujan dan musim kemarau tersebut Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika menggunakan kriteria banyaknya curah hujan selama setiap sepuluh hari atau yang disebut "dasarian". Penetapan dasarian dimulai dari tanggal 1 Januari. Dasarian pertama adalah satuan waktu sepuluh hari dari tanggal 1 Januari sampai dengan tanggal 10 Januari; dasarian kedua dari tanggal 11 Januari sampai dengan 20 Januari. Untuk bulan yang mempunyai banyak hari 31, dasarian ketiga ditetapkan dari tanggal 21 sampai dengan 31. Untuk bulan Februari, dasarian ketiga dari tanggal 21 sampai dengan 28 atau 29 Februari.

Untuk menandai awal musim, BMKG menggunakan definisi bahwa awal musim hujan adalah dasarian pertama yang curah hujannya 50 mm atau lebih; awal musim kemarau adalah dasarian pertama yang curah hujannya kurang dari 50 mm.

Rentang waktu antara awal dan akhir musim disebut "panjang musim". Panjang musim umumnya dinyatakan dengan "dasarian" atau

waktu sepuluh harian, yakni banyaknya dasarian dari awal musim sampai akhir musim. Baik awal musim maupun panjang musim tidak sama setiap tahunnya, bergantung kepada kondisi dan tatanan cuaca lainnya dalam skala besar. Panjang musim di setiap tempat berbeda-beda. Sesuai dengan letak geografinya unsur cuaca/iklim Indonesia mempunyai variasi musiman. Variasi musiman tersebut dapat jelas terlihat pada curah hujan. Oleh karena itu, di Indonesia dikenal musim hujan dan musim kemarau. Kedua musim tersebut dibedakan dari banyaknya curah hujan. Pada umumnya sewaktu matahari ada di belahan bumi selatan dari bulan Oktober sampai Maret, curah hujan lebih banyak dibandingkan sewaktu matahari di atas belahan bumi utara dari bulan April sampai September; tetapi ada pula tempat tertentu yang tidak demikian. Sebagai contoh, rata-rata awal dan panjang musim di beberapa tempat di Indonesia seperti tercantum dalam Tabel 1.1.

Untuk menandai keadaan atau kadar musim digunakan nilai simpangan. Jika simpangan melebihi dari 0,5 dari simpangan baku disebut "atas normal" dan bila lebih dari 0,5 dibawah simpangan baku disebut "bawah normal". Nichols (1980) dengan menggunakan parameter tekanan udara Darwin dan curah hujan bulanan di Jakarta menunjukkan bahwa korelasi yang agak tinggi hanya dalam bulan Juli sampai September. Pada awal dan menjelang akhir musim hujan monsun banyak terjadi guntur.

Dari kata musim banyak digunakan istilah "variasi musiman". Variasi musiman adalah berubahnya nilai unsur cuaca secara bergantian dalam waktu selama waktu setahun. Di Indonesia selain terlihat jelas pada curah hujan, di banyak tempat variasi musiman juga terlihat pada arah angin meskipun tidak sama perubahannya di setiap tempat. Misalnya di Sumatra Barat variasi musiman angin berupa perubahan dari angin barat daya dan timur laut, di Jawa terlihat dari perubahan angin barat dan angin timur. Variasi-variasi tersebut berkaitan dengan monsun Asia dan monsun Australia. Di beberapa daerah misalnya di Jawa bagian timur, Bali, Nusa Tenggara serta daerah lain yang berdekatan dengan Australia, variasi musiman suhu maksimum dan minimum juga terlihat jelas.

Tabel 1.1. Awal musim hujan dan awal musim kemarau di beberapa tempat di Indonesia

Lokasi/ daerah	Awal musim (dasarian ke-)		Panjang musim (dasarian)	
	kemarau	hujan	kemarau	hujan
<b>Jawa:</b>				
<b>Pandeglang barat</b>	Juni II	September III	10	25
<b>Sukabumi selatan</b>	Juni III	September III	9	27
<b>Indramyu timur</b>	April III	November II	17	16
<b>Cilacap</b>	Mei III	Oktober I	15	27
<b>Batang, Kendal</b>	Mei III	Oktober III	15	20
<b>Boyolali</b>	Mei I	Oktober III	17	19
<b>Sumatra</b>				
<b>Lampung selatan</b>	April III	November III	21	17
<b>Bengkulu utara</b>	Juni III	Agustus III	7	28
<b>Aceh tengah</b>	Mei III	Oktober I	13	23
<b>Kalimantan :</b>				
<b>Kapuas barat</b>	Juli I	September III	6	27
<b>Banjara tengah</b>	Mei I	Oktober I	18	22
<b>Balikpapan</b>	Juli I	Oktober I	9	31
<b>Sulawesi :</b>				
<b>Gowa, Maros</b>	Mei II	Oktober III	16	20
<b>Mamuju</b>	Juli II	November I	10	22
<b>Manado</b>	Juli III	September III	6	27
<b>Bali :</b>				
<b>Boleleng utara</b>	Maret III	Desember III	26	10
<b>Karangasem utara</b>	Maret II	Desember I	26	11
<b>NTB :</b>				
<b>Lombok barat</b>	Mei II	November III	15	14
<b>Sumbawa barat</b>	April I	Desember I	24	12
<b>NTT :</b>				
<b>Mangarai barat</b>	April III	Oktober III	18	19
<b>Kupang barat</b>	Maret III	Desember I	25	11
<b>Maluku :</b>				
<b>Halmaer</b>	Juli III	Oktober III	12	25
<b>Ambon utara</b>	Mei I	November III	21	19
<b>Tual</b>	Juli I	November III	15	23
<b>Papua :</b>				
<b>Manokwari</b>	Juli I	November I	12	18
<b>Jayapura</b>	Mei II	November III	19	17
<b>Merauke</b>	Mei I	Desember II	22	14

Sumber: BMG (2005)

## 1.2. Sains

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 mempelajari tentang cuaca dan iklim digunakan sistematika pembedangan ilmu. Dari uraian yang terdapat dalam *International Meteorological Vocabulary WMO*, dikemukakan bahwa ada dua bidang ilmu, yakni ilmu cuaca atau meteorologi dan ilmu iklim atau klimatologi.

Ilmu cuaca atau meteorologi dibagi dalam empat bidang, yakni meteorologi teori, meteorologi terapan, meteorologi gabungan, dan meteorologi praktik. Selanjutnya masing-masing bidang dibagi lagi menurut kegiatan yang terkait.

Meteorologi teori dibagi dalam tiga cabang, yakni meteorologi fisika, meteorologi dinamika, dan meteorologi eksperimen. Dalam meteorologi fisika cuaca dibahas dari aspek fisika; dalam meteorologi dinamika cuaca dibahas dari aspek gerakannya, dan dalam meteorologi eksperimen cuaca dibahas dari simulasi laboratorium. Dalam meteorologi gabungan, cuaca dibahas dari aspek kaitan timbal baliknya dengan kehidupan lain.

Meteorologi terapan adalah ilmu tentang cuaca yang berkaitan dengan penggunaannya. Bidang utama meteorologi terapan adalah meteorologi sinoptik yang mempelajari cuaca terus-menerus; meteorologi aeronautik yang mempelajari cuaca dalam bidang aeronautik atau penerbangan; meteorologi maritim mempelajari cuaca dalam bidang kelautan; hidrometeorologi mempelajari cuaca dalam kaitannya dengan pengelolaan air; agrometeorologi mempelajari cuaca dalam bidang pertanian; meteorologi kesehatan mempelajari cuaca dalam kaitannya dengan bidang kesehatan.

Meteorologi Gabungan adalah cabang meteorologi yang merupakan gabungan antara meteorologi dan cabang ilmu lain, antara lain

"biometeorologi" gabungan dari meteorologi dan biologi; radiometeorologi gabungan dari meteorologi dan radiologi.

Meteorologi Praktik adalah cabang meteorologi yang hanya membicarakan tentang cara dan penggunaan data cuaca. Meteorologi dalam praktik, meliputi Pengamatan Meteorologi, Analisis Meteorologi, dan Pelayanan Meteorologi.

Dalam lingkup skala ruang dan waktu dikenal Meteorologimikro dan Meteorologimeso. Meteorologimikro mempelajari tentang cuaca dalam skala kecil, yakni yang berkaitan dengan sifat-sifat perubahan cuaca dalam waktu yang sangat pendek (ukuran waktu menit), dan dalam ukuran panjang beberapa meter. Sedangkan meteorologi meso mempelajari cuaca dalam skala yang lebih besar dari ukuran mikro, yakni yang berkaitan dengan sifat-sifat perubahan dalam waktu panjang lebih dari ukuran waktu jam dan dalam ukuran panjang kilometer.

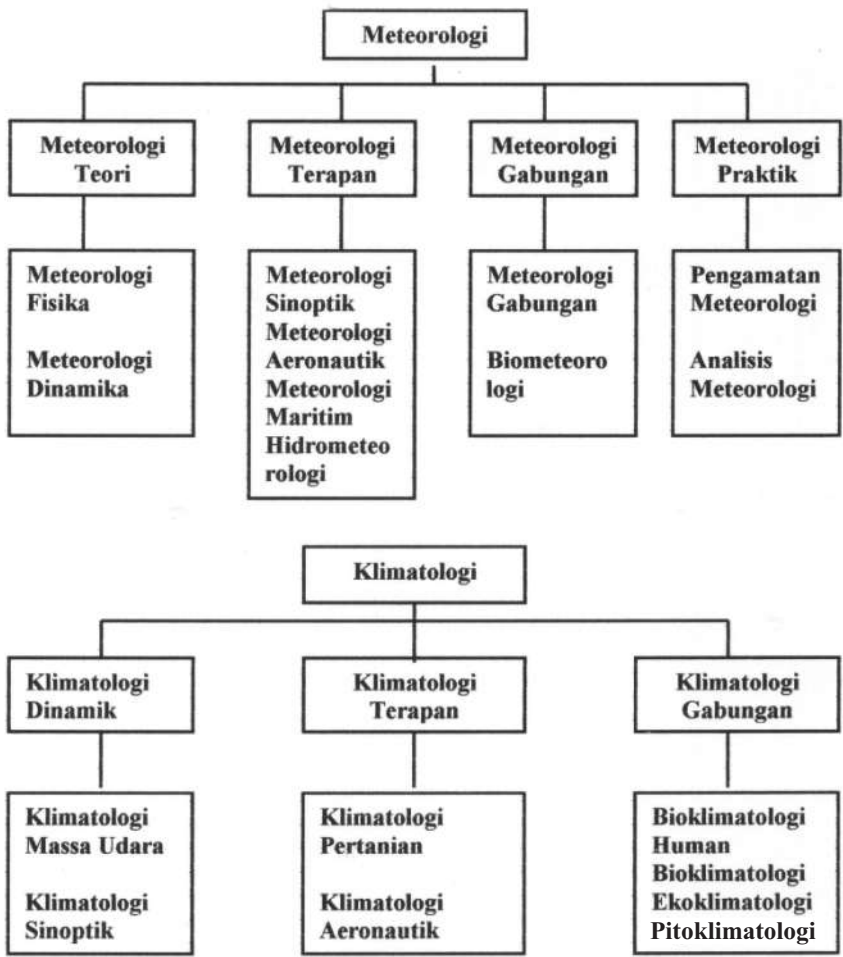
Klimatologi adalah ilmu tentang iklim. Bidang klimatologi meliputi klimatologi dinamik, klimatologi terapan, dan klimatologi gabungan. Klimatologi dinamik mempelajari iklim dari aspek fisika dan dinamika udara; klimatologi terapan mempelajari iklim dan kegunaannya dalam berbagai bidang, misalnya dalam bidang pertanian disebut Klimatologi Pertanian atau Agroklimatologi, dalam bidang aeronautika disebut Klimatologi Aeronautik. Klimatologi gabungan adalah gabungan antara klimatologi dengan bidang ilmu lain, antara lain bioklimatologi, yakni gabungan antara klimatologi dengan biologi; human bioklimatologi, yakni gabungan antara klimatologi dan cabang ilmu manusia; ekoklimatologi gabungan antara klimatologi dengan ekologi; pitoklimatologi gabungan klimatologi dengan pitologi; dendroklimatologi gabungan klimatologi dengan dendrologi, yakni ilmu tentang pepohonan.

Dengan menggunakan definisi dan klasifikasi tentang iklim, studi iklim ditetapkan berdasarkan konsep, waktu, skala, wilayah, dan jenis. Berdasarkan konsep misalnya Iklim Radiasi, Iklim Hipotetik, Iklim Tiruan, Iklim Surya. Berdasarkan waktu, misalnya Iklim Prasejarah, Iklim Sejarah,



Iklm Quaterner. Berdasarkan skala, misalnya Iklm Mikro, Iklm Meso, Iklm Ruangan. Berdasarkan wilayah, dikenal Iklm Kutub, Iklm Tengah, Iklm Subtropis, Iklm Tropis dan Iklm Khatulistiwa; dan berdasarkan tipe iklm dikenal Iklm Benua, Iklm Monsun, Iklm Mediteran, Iklm Tundra, dan Iklm Gunung.

Bagan pembidangan meteorologi dan klimatologi tersebut sebagai berikut :



**Gambar 1.1.** Bagan sistematika pembidangan meteorologi dan klimatologi.

### 1.3. Pentingnya Kawasan Indonesia

Sistem cuaca dan iklim Indonesia sangat erat kaitannya dengan posisi geografi, topografi, struktur kepulauan, dan orientasi pulau.

Dari aspek geografi hal yang sangat penting untuk diperhatikan adalah letaknya yang terdapat dalam kawasan khatulistiwa antara 6 LU sampai 11 LS dan dari sekitar 95 BT sampai 141 BT serta faktor lingkungan, yakni benua Asia dan Australia, lautan Pasifik dan lautan India. Dengan letaknya di sekitar khatulistiwa, Indonesia dikelilingi oleh benua Asia, benua Australia, lautan Pasifik, dan lautan India. Benua dan lautan tersebut mempunyai ukuran yang sangat besar sehingga mampu untuk membentuk ciri yang kuat kepada udara di atasnya. Karena bumi beredar mengelilingi matahari dengan kecondongan sumbu 23,5 derajat, maka matahari terlihat bergerak dalam arah utara-selatan, sehingga antara benua Asia dan lautan Pasifik bagian utara yang terletak di belahan bumi utara secara bergantian dalam setiap tahun menerima sinaran matahari yang berbeda dengan benua Australia, lautan India dan lautan Pasifik selatan yang terletak di belahan bumi selatan. Pergantian tersebut memberi sifat cuaca di Indonesia berubah secara tahunan atau mempunyai variasi tahunan.

Dari letaknya dalam daerah khatulistiwa, wilayah Indonesia menerima banyak sinaran matahari karena matahari sepanjang tahun berada di atasnya. Oleh karena itu, wilayah Indonesia cenderung menjadi wilayah pempunan (*convergence*) udara. Pempunan utama terdapat pada daerah Pias Pempun Antartropik (PPAT) (*Intertropical Convergence Zone = ITCZ*).

Wilayah Indonesia sangat luas, dan terdapat banyak pulau yang bentuk, luas, dan merentangannya berbeda-beda. Ada yang berbentuk pulau kecil, ada yang membentang luas, misalnya pulau Kalimantan, ada yang membujur miring terhadap khatulistiwa, misalnya pulau Sumatra, ada yang membujur sejajar khatulistiwa misalnya pulau Jawa; ada yang membujur dan membentang luas sejajar khatulistiwa misalnya Irian Jaya;

ada yang melintang tegak lurus terhadap khatulistiwa, misalnya Sulawesi, ada yang berpegunungan, dan lain-lain yang masih banyak lagi ragamnya. Semuanya itu mempunyai andil besar kepada pembentukan ciri cuaca di atasnya, sehingga masing-masing wilayah mempunyai macam dan pola cuaca yang berbeda-beda.

Posisi geografi, faktor lingkungan, dan struktur serta orientasi kepulauan Indonesia merubah 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 golongan dalam skala meso. Pias Pumpun Antartropik 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.

Dari penemuan-penemuan selanjutnya, model peredaran umum di wilayah Indonesia digambarkan terdiri atas enam komponen, yakni sel Hadley Utara, sel Hadley selatan, sel Walker barat, sel Walker timur, sel peredaran lokal (CISK), dan sel osilasi stratosfer (QBO).

Dari konsep massa udara, udara di wilayah Indonesia merupakan campuran dari berbagai massa udara yang umumnya telah termodifikasi dan tidak sama di wilayah yang berbeda. Sel-sel peredaran yang telah termodifikasi tersebut membentuk sistem cuaca dan iklim yang sangat beragam. Oleh karena itu, dalam mengenali cuaca di Indonesia perlu dipelajari dari berbagai aspek, antara lain dari ciri-ciri dasar fisisnya, dari aspek geografi, aspek topografi dan orografi, serta dari aspek struktur dan orientasi wilayah

Sifat lain dari kawasan khatulistiwa adalah adanya lama hari siang dan malam hari yang hampir sama, dan perbedaan penerimaan sinaran matahari yang sangat mencolok pada waktu siang dan malam hari. Kedua faktor tersebut menimbulkan sifat cuaca pada siang hari dan malam hari berbeda. Proses perubahan tersebut berlangsung secara terus-menerus secara berkala setiap hari sehingga cuaca berubah harian atau mempunyai variasi harian yang sangat jelas.

Dalam skala global kawasan Indonesia mempunyai andil besar dalam keberlangsungan daur energi (*energy cycle*) dan daur air (*water cycle*).

# 2

## SUMBER ENERGI

### 2.1. Penyinaran Matahari

Matahari adalah sumber energi utama yang menggerakkan proses-proses yang ada di dalam bumi, laut, dan atmosfer pembentuk sistem cuaca.

Matahari memancarkan sinar secara terus-menerus. Sinaran yang dipancarkan tersebut mengandung energi. Oleh karena itu, matahari dikatakan sebagai sumber energi. Bila matahari dipandang memenuhi hukum Stefan-Boltzmann maka matahari memancarkan fluks sinaran yang besarnya sebanding dengan suhunya dipangkat empat.

$$F = T^4 \quad (2.1)$$

dengan  $F$  = fluks sinaran, ialah energi sinaran yang dipancarkan tiap satuan luas tiap satuan waktu;  $T$  adalah tetapan Stefan-Boltzmann yang besarnya  $= 0,813 \times 10^{-10}$  kal/cm<sup>2</sup>/menit/ K<sup>4</sup>.

Permukaan atmosfer menerima sinaran dari matahari sebesar rata-rata 2 gramkalori/cm<sup>2</sup>/menit atau sebesar 1,368 kW/m<sup>2</sup> (Gill 1982).

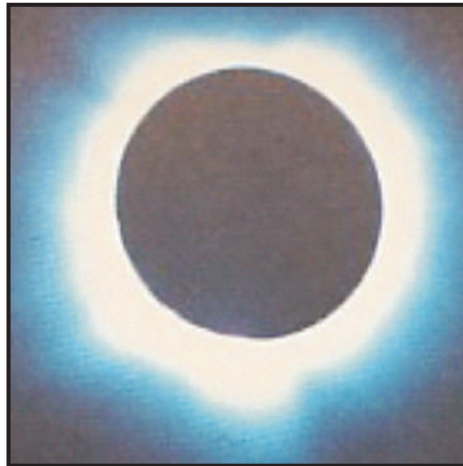
Bilangan tersebut dikenal dengan tetapan surya (*solar constant*). Selama melewati atmosfer sekitar 25% energi sinaran tersebut dipantulkan, diserap, dan dihamburkan oleh berbagai gas dan partikel di dalam atmosfer; 75% sisanya atau sekitar 1,4 kalori per m<sup>2</sup> per menit dapat sampai di permukaan bumi.

Permukaan matahari disebut "fotosfer" (*photosphere*) dan di luarnya terdapat bagian yang disebut atmosfer matahari. Pada sekitar awal tahun 1600 SM Galileo dengan menggunakan alat teleskop menunjukkan bahwa suhu fotosfer tidak serba sama, melainkan ada bagian tertentu yang suhunya selalu rendah dan ada bagian yang suhunya selalu tinggi. Bagian yang suhunya selalu tinggi disebut "granula", dan bagian yang suhunya selalu rendah disebut "fakula". Ada lagi kelompok-kelompok tidak tetap yang bersuhu rendah. Kelompok-kelompok tersebut diberi nama "bintik matahari" (*sunspot*). Banyaknya bintik matahari tidak tetap; kadang-kadang banyak, dan kadang - kadang sedikit. Menurut hasil penelitian jumlah bintik tersebut berubah secara berkala. Waktu berkala itu disebut "daur surya" atau "daur bintik matahari". Daur bintik matahari ada yang 5 tahunan; 11 tahunan; 22 tahunan; 50 tahunan; 85 tahunan. Pada bintik matahari suhunya mencapai sekitar 4000 C.

Pada tahun 1850 seorang ahli fisika Jerman bernama Herman von Helmholtz menjelaskan bahwa keluarnya energi karena matahari berkembang. Dikatakan bahwa perkembangan garis tengah matahari sekitar 85 m per tahun. Dengan membandingkan besarnya matahari yang sekarang, dan menggunakan laju pengembangan sebesar 85 m per tahun tersebut diperkirakan bahwa matahari sudah ada sejak 25 juta tahun yang lalu. Tetapi taksiran tersebut berbeda dengan penemuan-penemuan sekarang yang mengatakan bahwa sekurang-kurangnya matahari sudah ada sejak 5 milyar tahun yang lalu.

Teori lain, seperti yang dikemukakan oleh Hans Bethe ahli fisika Jerman - Amerika pada tahun 1939, mengemukakan bahwa energi matahari timbul dari reaksi inti atom-atom hidrogen menjadi inti atom helium. Dengan menggunakan teori Einstein bahwa besar energi

sebanding dengan massa dan kecepatan gelombang elektromagnet yang rumusnya  $E = mc^2$ , diperkirakan bahwa matahari memancarkan 5 juta ton massa per detik dalam bentuk energi elektromagnet.



**Gambar 2.1.** Fotosfer matahari

Tabel 2.1. Berbagai ukuran fisik matahari

Unsur	Ukuran	Keterangan
<b>Jejari rata-rata</b>	6500 km	Rata-rata
<b>Berat jenis</b>	150 g/cm <sup>3</sup> 0,000 000 1 g/cm <sup>3</sup> 1,4 g/cm <sup>3</sup>	Di bagian pusat Di bagian luar Rata-rata
<b>Berat</b>	1,99 x 10 <sup>29</sup> ton	
<b>Suhu</b>	5.000.000 K 5.700 K	Di bagian pusat Di bagian permukaan
<b>Tebal atmosfer</b>	500 km	Tidak tetap
<b>Suhu fotosfer</b>	4.000 - 8.000 K 5.800 K	Nilai kisaran Rata-rata
<b>Tebal kromosfer</b>	5.000 km	Tidak tetap
<b>Suhu kromosfer</b>	4.000 - 6.000 K Mencapai 1.000.000 K	Nilai kisaran Di bagian luar

Di dalam atmosfer terdapat banyak macam gas dan bahan yang mempunyai tanggap berbeda terhadap sinar matahari. Bila sinaran melalui atmosfer, ada yang diserap, ada yang dipantulkan, dan ada yang diteruskan.

Sinar matahari menjalar dengan hantaran gelombang elektromagnet. Gelombang tersebut tidak tunggal, melainkan berbentuk gelombang majemuk yang terdiri atas berbagai ukuran. Hampir 99% dari gelombang elektromagnet tersebut mempunyai panjang gelombang berkisar dari 0,15 m sampai 4,0 m dan disebut gelombang pendek; yang lebih panjang dari 0,4 m disebut gelombang panjang. Dari seluruh gelombang pendek tersebut, yang lebih kecil dari 0,15 m disebut gelombang ultraviolet atau ultraungu, banyaknya sekitar 9%; yang antara 0,4 m dan 0,7 m disebut gelombang tampak, banyaknya sekitar 45%; dan yang lebih besar dari 0,7 m disebut gelombang inframerah, banyaknya sekitar 46%.

Matahari memancarkan sinaran dengan intensitas maksimum pada panjang gelombang sekitar 0,474 m. Menurut Planck panjang gelombang tersebut berbanding terbalik dengan besarnya suhu (T). Jika panjang gelombang pada intensitas maksimum ditulis  $\lambda_m$ , maka

$$\lambda_m = 2897 / T \quad (2.2)$$

Apabila  $\lambda_m$  dinyatakan dengan m, T diperoleh dalam K. Dengan demikian, karena permukaan bumi memancarkan energi maksimum rata-rata pada gelombang 10 m, maka suhu permukaan bumi rata-rata sebesar 289,7 K, atau 16,7 C.

Kemiringan poros bumi terhadap bidang edarnya mengesankan setengah tahun matahari bergerak ke arah utara dan setengah tahun berikutnya ke selatan. Batas paling utara pada 23 ½ derajat lintang utara, dan batas paling selatan pada 23 ½ derajat lintang selatan. Daerah di antara kedua batas tersebut dikenal dengan nama daerah tropik. Dengan demikian tempat - tempat di daerah tropik dalam setahun dilewati matahari sebanyak dua kali. Di daerah tropik selisih antara lama hari siang



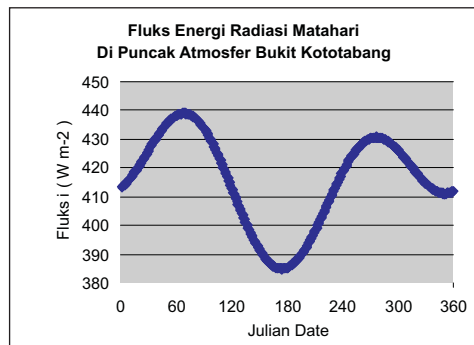
dan lama hari malam kecil, dan di daerah luar tropik makin mendekati kutub perbedaan tersebut makin besar.

## 2.2. Intensitas Sinaran Matahari

Telah dikemukakan bahwa tetapan surya sebesar 2 gramkalori/cm<sup>2</sup>/menit atau sebesar 1,368 kW/m<sup>2</sup>. Bila R jari-jari bumi maka penampang luas permukaan bumi yang menerima sinaran matahari per satuan waktu = R<sup>2</sup>S. Karena luas permukaan bumi = 4 R<sup>2</sup>, maka setiap meter persegi permukaan bumi menerima sinaran sebesar rata-rata :

$$S/4 = 344 \text{ W/m}^2 \quad (2.3)$$

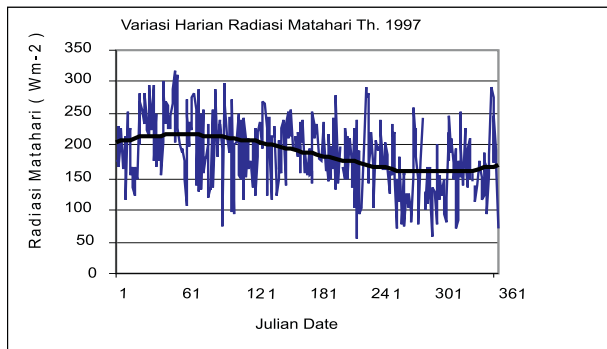
Karena selama melewati atmosfer sinaran dari matahari ada yang dipantulkan, diserap, dan dihamburkan, maka yang sampai ke permukaan bumi rata-rata tinggal sekitar 0,5 gramkalori/cm<sup>2</sup>/menit atau sekitar 90 W/m<sup>2</sup>.



**Gambar 2.2.** Fluks radiasi di puncak atmosfer Kototabang (Herizal dan Nasrullah, 2003)

Dari pengukuran radiasi matahari di Stasiun GAW Bukit Kototabang (00 12' LS, 100 19' BT), yang terletak pada ketinggian 865 meter di atas permukaan laut menunjukkan bahwa puncak atmosfer di atasnya menerima fluks radiasi matahari sekitar rata-rata 410 W/m<sup>2</sup>. Dalam setahun terjadi dua kali maksimum, yaitu pada bulan Maret dan September, karena matahari melintasi garis ekuator dua kali dalam setahun, seperti terlihat pada Gambar 2.2. Namun demikian, karena

selama penjarangannya di dalam atmosfer sebagian ada yang diserap, sebagian dipantulkan, dan sebagian lainnya dihamburkan dll. maka yang sampai di permukaan bumi menjadi lebih sedikit. Pengukuran di Kototabang menunjukkan bahwa fluks radiasi matahari harian rata-rata sebesar  $193 \text{ W/m}^2$ . Fluks energi radiasi matahari yang diterima alat di permukaan bumi maksimum terdapat dalam bulan Februari sampai April, serta antara September dan Oktober, yakni selama matahari di atas sekitar khatulistiwa. Fluks radiasi matahari minimum terdapat dalam bulan Juni - Juli sewaktu matahari jauh di utara.



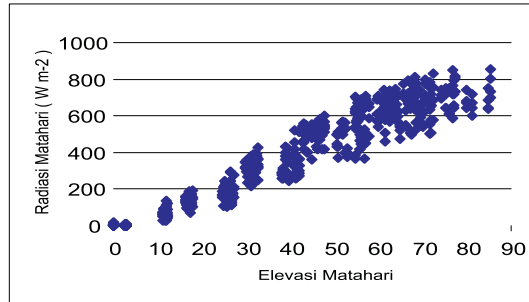
**Gambar 2.3.** Fluks sinaran di Kototabang (Herizal dan Nasrullah, 2003)

Selain karena kecondongan letak matahari, berkurangnya jumlah sinaran yang sampai di bumi berkaitan pula dengan banyaknya awan yang menutupi. Berkaitan dengan banyaknya awan tersebut, dari pengamatan yang dilakukan pada bouy TRITON debit bahang (*heat flux*) di perairan lepas pantai Propinsi Sumatera Barat mencapai maksimum pada bulan Juli sebesar  $150 \text{ W/m}^2$ , dan mencapai minimum pada bulan Januari sebesar  $50 \text{ W/m}^2$ . Pada bulan Juni 2001, debit bahang yang tinggi dengan nilai rata-rata sebesar  $225 \text{ W/m}^2$  ditemui pada 88-92 BT (J. Pariwono, 2003).

Intensitas sinaran berkaitan dengan elevasi matahari. Pada saat kulminasi tercatat besarnya fluks sinaran sekitar  $600 - 700 \text{ watt/m}^2/\text{jam}$  seperti yang terlihat pada Gambar 2.4. Hubungan antara intensitas sinaran (I) dan elevasi matahari dinyatakan sebagai berikut:

$$I = (754.68 \sin h - 64.08) \text{ W/m}^2 \quad (1.4)$$

dengan  $h$  = tinggi elevasi dalam derajat.



Gambar 2.4. Sinaran dan elevasi matahari (Herizal dan Nasrullah, 2003)

### 2.3. Lama Hari Siang

Karena bumi bulat dan berputar pada porosnya, maka setiap tempat di permukaan bumi tidak terus menerus menghadap ke matahari melainkan bergantian sehingga terjadi malam dan siang hari; namun karena bumi mengelilingi matahari dengan poros yang miring terhadap bidang edarnya (sudut miringnya 23,5 derajat) panjang hari siang dan malam setiap harinya tidak sama untuk setiap tempat.

Tabel 2.2. Lama hari siang di beberapa tempat di Indonesia.

Bulan	Banda Aceh	Medan	Pekanbaru	Jambi	Padang	Bengkulu
Januari	11j 49'	11j 56'	12j 06'	12j 13'	12j 11'	12j 20'
Februari	11j 56'	11j 59'	12j 06'	12j 10'	12j 08'	12j 16'
Maret	12j 04'	12j 05'	12j 07'	12j 08'	12j 07'	12j 08'
April	12j 13'	12j 11'	12j 08'	12j 05'	12j 06'	12j 03'
Mei	12j 21'	12j 16'	12j 09'	12j 03'	12j 05'	11j 57'
Juni	12j 26'	12j 20'	12j 09'	12j 02'	12j 05'	11j 55'
Juli	12j 26'	12j 19'	12j 08'	12j 02'	12j 04'	11j 54'
Agustus	12j 24'	12j 15'	12j 08'	12j 03'	12j 05'	11j 58'
September	12j 10'	12j 09'	12j 07'	12j 06'	12j 05'	12j 04'
Oktober	12j 02'	12j 04'	12j 06'	12j 08'	12j 07'	12j 10'
November	11j 54'	11j 59'	12j 06'	12j 10'	12j 09'	12j 17'
Desember	11j 49'	11j 56'	12j 06'	12j 13'	12j 10'	12j 20'

Sumber data : diolah dari Almanak BMG.

Tabel 2.2. Lama hari siang di beberapa tempat (lanjutan-1)

Bulan	Palembang	Jakarta	Semarang	Surabaya	Denpasar	Mataram
Januari	<b>11j 44'</b>	12j 28'	12j 31'	12j 32'	12j 36'	12j 35'
Februari	<b>12j 12'</b>	12j 20'	12j 21'	12j 22'	12j 27'	12j 25'
Maret	<b>12j 08'</b>	12j 10'	12j 10'	12j 11'	12j 11'	12j 12'
April	<b>12j 02'</b>	12j 00'	12j 00'	11j 54'	11j 51'	11j 57'
Mei	<b>12j 00'</b>	11j 52'	11j 50'	11j 44'	11j 45'	11j 46'
Juni	<b>11j 57'</b>	11j 47'	11j 44'	11j 43'	11j 38'	11j 39'
Juli	<b>11j 56'</b>	11j 47'	11j 44'	11j 43'	11j 38'	11j 39'
Agustus	<b>11j 54'</b>	11j 54'	11j 53'	11j 51'	11j 48'	11j 47'
September	<b>12j 05'</b>	12j 02'	12j 02'	12j 01'	12j 00'	12j 00'
Oktober	<b>12j 09'</b>	12j 13'	12j 13'	12j 15'	12j 15'	12j 15'
November	<b>12j 14'</b>	12j 22'	12j 24'	12j 25'	12j 28'	12j 28'
Desember	<b>12j 17'</b>	12j 29'	12j 31'	12j 33'	12j 38'	12j 37'

Sumber data : diolah dari Almanak BMG.

Tabel 2.2. Lama hari siang di beberapa tempat (lanjutan-2)

Bulan	Kupang	Pontianak	Palangkaraya	Samarinda	Manado	Paku
Januari	12j 41'	12j 07'	12j 15'	12j 19'	12j 03'	12j 11'
Februari	12j 29'	12j 07'	12j 11'	12j 14'	12j 08'	12j 09'
Maret	12j 12'	12j 12'	12j 07'	12j 08'	12j 05'	12j 06'
April	11j 56'	12j 13'	12j 04'	12j 03'	12j 08'	12j 06'
Mei	11j 41'	12j 07'	12j 02'	11j 58'	12j 10'	12j 06'
Juni	11j 33'	12j 07'	12j 00'	11j 55'	12j 12'	12j 05'
Juli	11j 21'	12j 07'	12j 00'	11j 56'	12j 12'	12j 04'
Agustus	11j 45'	12j 07'	12j 02'	11j 59'	12j 11'	12j 04'
September	12j 00'	12j 06'	12j 05'	12j 04'	12j 07'	11j 50'
Oktober	12j 16'	12j 06'	12j 09'	12j 10'	12j 05'	12j 08'
November	12j 32'	12j 07'	12j 12'	12j 16'	12j 03'	12j 09'
Desember	12j 39'	12j 08'	12j 15'	12j 06'	11j 59'	12j 10'

Sumber data : diolah dari Almanak BMG.

Tabel 2.2. Lama hari siang di beberapa tempat (lanjutan-3)

Bulan	Banjarmasin	Makasar	Makasar	Kendari	Ambon	Jayapura
Januari	<b>12j 18'</b>	12j 24'	12j 24'	12j 16'	<b>12j 19'</b>	12j 16'
Februari	<b>12j 14'</b>	12j 23'	12j 23'	12j 16'	<b>12j 15'</b>	12j 12'
Maret	<b>12j 09'</b>	12j 09'	12j 09'	12j 08'	<b>12j 09'</b>	12j 08'
April	<b>12j 02'</b>	12j 01'	12j 01'	12j 02'	<b>12j 03'</b>	12j 04'
Mei	<b>11j 58'</b>	11j 54'	11j 54'	11j 56'	<b>11j 57'</b>	12j 01'
Juni	<b>11j 46'</b>	11j 51'	11j 51'	11j 54'	<b>11j 35'</b>	11j 59'
Juli	<b>11j 56'</b>	11j 51'	11j 51'	11j 54'	<b>11j 56'</b>	12j 00'
Agustus	<b>11j 59'</b>	11j 56'	11j 56'	11j 58'	<b>12j 00'</b>	12j 01'
September	<b>12j 04'</b>	12j 03'	12j 03'	12j 04'	<b>12j 04'</b>	12j 04'
Oktober	<b>12j 10'</b>	12j 11'	12j 11'	12j 10'	<b>12j 10'</b>	12j 09'
November	<b>12j 16'</b>	12j 19'	12j 19'	12j 18'	<b>12j 17'</b>	12j 13'
Desember	<b>12j 19'</b>	12j 25'	12j 25'	12j 20'	<b>12j 30'</b>	12j 15'

Sumber data : diolah dari Almanak BMG.

Seperti terlihat dalam Tabel 2.2, di Padang, Jambi, Pekanbaru, Pontianak, Palu yang terletak di sekitar khatulistiwa, lama hari siang yakni lamanya matahari ada di atas ufuk, sekitar 12 jam. Untuk mengenali lebih lanjut tentang sinaran matahari digunakan parameter "lama penyuryaan" yakni sebagian hari siang dengan matahari mempunyai intensitas tertentu. Lama penyuryaan dinyatakan dalam persen. Bila langit cerah tak berawan lama penyuryaan 100 %; sedangkan bila banyak awan dan atau hujan lama penyuryaan kurang dari 100 %. Dalam Tabel 2.3 di Padang lama penyuryaan antara 30 dan 50 %. Nilai tersebut menunjukkan bahwa meskipun hari siangnya panjang tetapi penyuryaan matahari rendah karena sinar matahari sering terhalang awan. Dalam bulan September sampai Desember lebih kecil dibandingkan dalam bulan lainnya. Yang demikian itu menunjukkan bahwa di Padang sepanjang tahun sinar matahari banyak terhalang awan atau hujan dengan yang paling banyak dari bulan September sampai Desember, demikian pula di Medan.

Tabel 2.3. Lama penyuryaan di beberapa tempat (%).

Lokasi	Ja	Fe	Ma	Ap	Me	Jn	Jl	Ag	Se	Ok	No	De
<b>Medan</b>	38	38	43	42	39	44	46	43	34	35	34	35
<b>Padang</b>	43	41	44	42	44	48	48	42	36	34	31	35

Sumber data : BMG.ASEANCOMP.OFCLIMATE STAT.

# 3

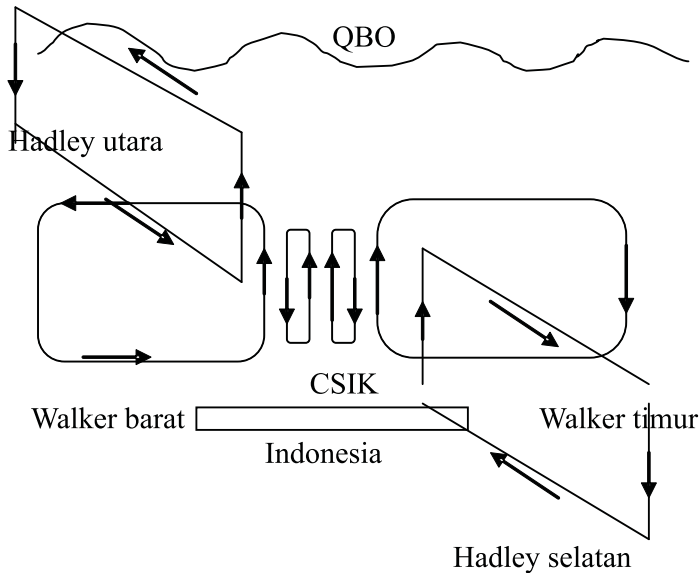
## SISTEM PEREDARAN ATMOSFER

Selain sifat massa udara yang ada di daerah yang kita pelajari, faktor penting adalah mengenali sistem peredaran atmosfer.

### 3.1. Peredaran Umum

Dalam skala global sistem peredaran atmosfer di kawasan tropik terdiri atas komponen peredaran Hadley dalam arah meridional dan peredaran Walker dalam arah zonal.

Khususnya di kawasan Indonesia yang dikenal dengan kawasan benua maritim (*Ramage*) terdapat peredaran berskala kecil yang dikenal dengan peredaran skala meso. Peredaran tersebut timbulnya berkaitan dengan ketakmamanan udara setempat, disebut ketakmamanan golongan jenis kedua (*Convective Instability of Second Kind = CISK*).



**Gambar 3.1.** Bagan susunan komponen sistem cuaca lingkungan Indonesia.

Dalam skala sinoptik pada garis besarnya peredaran dipelajari dari dua komponen, yakni komponen peredaran vertikal dan komponen peredaran horizontal. Kedua komponen peredaran tersebut mempunyai kaitan dengan gerak vertikal. Komponen vertikal berkaitan dengan golongan (*convection*), dan peredaran horizontal berkaitan dengan kepusaran (*vorticity*). Peredaran horizontal di sekitar daerah tekanan tinggi disebut "antisiklonal", dan peredaran di sekitar daerah tekanan rendah disebut "siklonal". Antisiklonal mempunyai kepusaran cenderung negatif (ke bawah), sedangkan kepusaran dari peredaran siklonal cenderung positif (ke atas).

### 3.1.1. Komponen Peredaran Vertikal

#### a) Peredaran Hadley

Dalam skala sinoptik peredaran vertikal yang dominan di wilayah Indonesia adalah peredaran Hadley yang intensitasnya berkaitan dengan monsun. Ada dua peredaran Hadley, yakni peredaran Hadley utara dan



peredaran Hadley selatan. Dari analisis penampang tegak dan atau peta analisis medan angin horizontal pada berbagai ketinggian dapat dikenali bentuk peredaran Hadley.

Dari peta analisis medan angin horizontal peredaran Hadley utara dikenali dari adanya angin utara (utara barat laut - utara timur laut) di lapisan bawah (1000 - 850 hPa) dan adanya angin tenggara di lapisan atas (300 - 200 hPa). Peredaran Hadley selatan dikenali dari adanya angin tenggara di lapisan bawah (1000 - 850 hPa) dan adanya angin timur sampai timurlaut di lapisan atas (300 - 200 hPa). Lapisan sekitar 500 - 400 hPa, baik utara maupun selatan, merupakan daerah perubahan dan umumnya menjadi daerah yang disebut "nirberaian" (*nondivergence*).

Kecondongan peredaran dapat dikenali dengan posisi sumbu tekanan tinggi atau kontur geopotensial tinggi atau "punggung" (*ridge*) di berbagai lapisan (500 hPa - 200 hPa). Hadley utara kuat ditandai dengan posisi punggung utara makin ke atas makin ke selatan; sedangkan Hadley selatan kuat ditandai dengan posisi punggung selatan makin ke atas makin ke utara. Karena kekuatan peredaran Hadley berkaitan dengan monsun, maka peredaran tersebut dapat digunakan untuk mengidentifikasi kekuatan monsun, baik monsun Asia musim dingin maupun monsun Australia musim dingin.

Selain itu, kadar peredaran Hadley atau monsun tersebut juga dapat diidentifikasi dengan daerah suhu. Daerah kontur geopotensial tinggi di lapisan atas (300 - 200 hPa) yang berimpitan dengan daerah suhu rendah dan daerah tekanan rendah di lapisan bawah yang disertai suhu tinggi menandai kuatnya peredaran.

Secara analitik peredaran didasarkan kepada rumus peredaran:

$$C = \oint \mathbf{V} \cdot d\mathbf{l} \quad (3.1)$$

dengan  $\mathbf{V}$  kecepatan dan  $d\mathbf{l}$  unsur jalan peredaran. Bila peredaran Hadley dipandang sebagai terdiri atas empat unsur jalan, yakni beda tekanan pada jalan di bagian bawah ( $V_1 dp$ ), beda suhu pada jalan vertikal menghadap

khatulistiwa ( $V_2dT$ ), beda kontur geopotensial di bagian atas ( $V_3dg$ ), dan beda ketinggian di jalan vertikal menghadap kutub ( $V_4dz$ ), maka nilai peredaran :

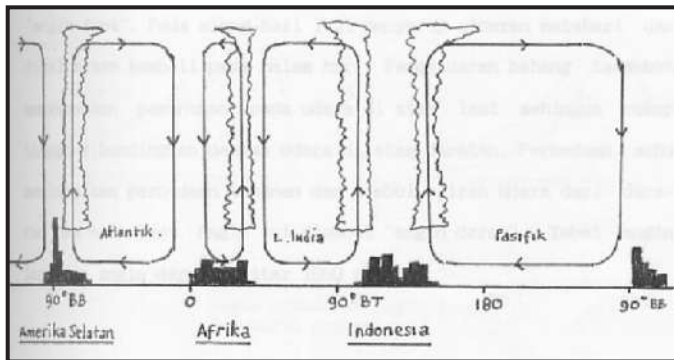
$$C = V_1 dp + V_2 dT + V_3 dg + V_4 dz \quad (3.2)$$

Dengan demikian, apabila nilai peredaran tersebut digunakan untuk menilai peredaran monsun, terlihat bahwa intensitas monsun tidak hanya diperhitungkan dari beda tekanan permukaan melainkan perlu diperhitungkan pula ketiga komponen peredaran lainnya.

### **b) Peredaran Walker**

Peredaran Walker berupa sel-sel peredaran yang mempunyai komponen barat-timur (Flohn). Meskipun secara teori mudah dijelaskan namun dalam praktek keberadaan komponen peredaran Walker tersebut tidak mudah ditunjukkan. Angin barat-timur khatulistiwa tersebut menjadi komponen bawah dari peredaran Walker. Berbeda dengan di lautan Pasifik dan lautan Atlantik yang selalu ditempati daerah tekanan tinggi, di atas lautan India tekanan tinggi subtropik yang tetap hanya di atas lautan di belahan bumi selatan; sedangkan yang di belahan bumi utara tekanan tinggi terdapat di atas benua Asia yang tidak tetap berkaitan dengan monsun Asia. Oleh karena itu angin pasatnya lemah, sehingga pada waktu mendekati khatulistiwa berkurangnya gaya Corioli memudahkan angin pasat berbelok ke arah timur menjadi angin baratan yang disebut "angin baratan khatulistiwa" (*equatorial westerlies*). Angin baratan khatulistiwa tersebut bersifat siklonal dengan pusat-pusat kepusarannya terletak pada garis geser angin (*wind shear*) di sebelah-menyebelah daerah angin baratan khatulistiwa. Bila terdapat arus lintas khatulistiwa, pias angin baratan khatulistiwa sering berimpit dengan PPAT. Mendekati Indonesia angin baratan khatulistiwa tidak jelas karena kondisi kepulauan dan berbaur dengan PPAT. Dengan demikian, peredaran atmosfer sepanjang khatulistiwa pada lapisan bawah di Pasifik dan Atlantik dari arah timur, sedangkan di atas lautan India dari arah barat ke timur. Selanjutnya sistem peredaran di atas khatulistiwa di bagian atas digambarkan berlawanan

dengan yang di bawah dekat permukaan dan yang dikenal dengan nama "peredaran Walker".



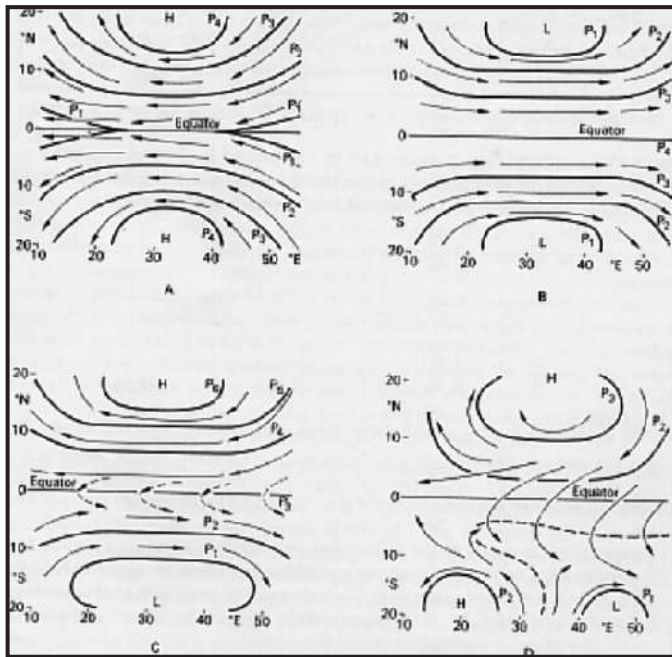
Gambar 3.2. Peredaran Walker.

### 3.1.2. Komponen Peredaran Horizontal

Dasar peredaran horizontal di wilayah Indonesia dibentuk oleh peredaran pasat dari tekanan tinggi subtropik lautan Pasifik barat laut dan peredaran pasat dari tekanan tinggi subtropik lautan India dan Australia, serta tekanan tinggi subtropik lautan Pasifik barat daya. Pasat dari tekanan tinggi subtropik lautan Pasifik barat laut, dari tekanan tinggi subtropik lautan Pasifik barat daya, dan dari tekanan tinggi subtropik lautan India bertiup hampir tetap sepanjang tahun, tetapi dari daerah tinggi Australia hanya pada musim dingin.

Wilayah Indonesia pada umumnya terletak di antara dua pasat, yakni pasat timur laut di sebelah utara khatulistiwa, dan pasat tenggara di sebelah selatan khatulistiwa. Daerah pasat tersebut tidak tetap karena monsun. Pada waktu monsun Asia musim dingin pasat timur laut melebar ke selatan, dan pada waktu monsun Australia musim dingin pasat tenggara melebar ke utara. Akibat dari kedua pasat tersebut terjadi arus kompensasi dari arah barat yang disebut angin "baratan khatulistiwa" (*equatorial westerly*). Dengan demikian di wilayah Indonesia ada dua sel peredaran horizontal bersebelahan di utara dan dibatasi oleh daerah angin baratan khatulistiwa, meskipun keberadaannya tidak tetap.

Ada empat pola dasar peredaran yang dapat terbentuk yang disebut "atap khatulistiwa" (*equatorial duct*), "jembatan khatulistiwa" (*equatorial bridge*), "tangga khatulistiwa" (*equatorial step*), dan "arus lintas khatulistiwa sederhana" (*simple cross equatorial drift*).



**Gambar 3.3.** Pola aliran dasar daerah khatulistiwa (Johnson and Morth, 1960; dikutip J.G.Lockwood, 1974).

Atap khatulistiwa (Gambar 3.3.a) adalah pola yang dibentuk oleh adanya tekanan tinggi di sebelah menyebelahi khatulistiwa. Dalam keadaan terdapat atap khatulistiwa, angin di sekitar khatulistiwa berarah sejajar garis khatulistiwa dari arah timur dan bersifat geostropik. Tetapi, pola demikian sangat jarang terdapat di Indonesia; sering terjadi di lautan Atlantik.

Jembatan khatulistiwa (Gambar 3.3.b) adalah pola yang dibentuk oleh pasangan tekanan rendah di sebelah menyebelahi khatulistiwa. Dalam keadaan terdapat *equatorial bridge* angin di sekitar khatulistiwa menjadi

dari barat dan bersifat geostropik, kemudian di sebelah timur daerah tekanan rendah berbelok siklonal ke utara dan ke selatan khatulistiwa. Keadaan yang demikian sering terjadi di Pasifik barat di dekat Papua dan sering timbul berkaitan dengan aktifnya ENSO.

Tangga khatulistiwa (Gambar 3.3.c), adalah pola yang dibentuk oleh pasangan tekanan tinggi di utara dan tekanan rendah di selatan khatulistiwa. Angin di sekitar khatulistiwa bersifat quasi geostropik. Dalam keadaan terdapat tangga khatulistiwa angin yang melintas khatulistiwa berubah menjadi baratan khatulistiwa. Keadaan demikian sering terjadi pada waktu awal monsun dingin Asia dalam bulan November-Desember.

Arus lintas khatulistiwa sederhana (Gambar 3.3.d) adalah pola yang dibentuk oleh tekanan tinggi di sebelah utara khatulistiwa dan tekanan tinggi serta tekanan rendah di sebelah selatan khatulistiwa. Angin dari utara melintas khatulistiwa dan bersifat siklonal. Keadaan demikian sering terjadi di Indonesia pada waktu aktifnya monsun dingin Asia dalam bulan Januari-Maret.

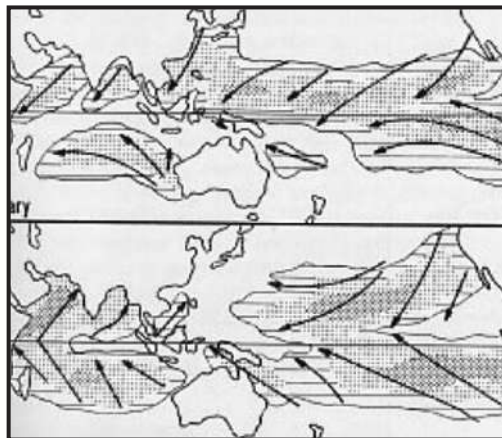
### **3.2. Pasat**

Nama "pasat" (*trade*) berasal dari bahasa Inggris pada akhir abad pertengahan dengan meminjam dari Bahasa Jerman yang berarti "*path*" atau "*track*" (lintasan). "*The wind blows trade*" berarti "angin yang mempunyai lintasan kukuh atau konsisten.

Karena rotasi bumi timbul kakas Corioli yang membelokkan aliran udara atau angin dari daerah tekanan tinggi subtropik yang menuju ke arah khatulistiwa. Di belahan bumi utara angin membelok ke kanan dan di belahan bumi selatan angin membelok ke kiri. Sistem angin tersebut disebut "pasat". Angin pasat bertiup terus-menerus yang di belahan bumi utara dikenal dengan angin pasat timur laut dan di belahan bumi selatan dikenal dengan angin pasat tenggara. Di daerah dekat pusat tekanan tinggi subtropik tebal darah angin pasat sekitar 500 meter, dan di kawasan sekitar khatulistiwa sampai 2500 meter. Di bagian atas daerah angin pasat suhu

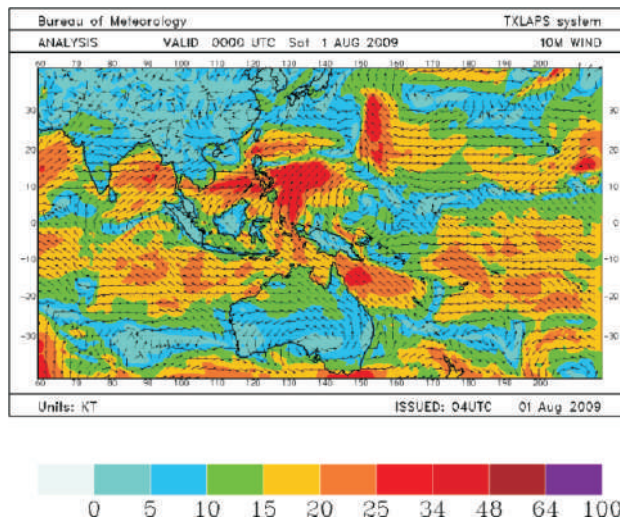
udara naik dengan ketinggian membentuk lapisan sungsangan yang dikenal dengan sungsangan pasat (*trade inversion*). Tebal lapisan sungsangan antara beberapa ratus meter sampai sekitar 1000 meter. Di atas lapisan sungsangan angin bersifat geostrofik yang umumnya berkecepatan lebih rendah dibandingkan dengan kecepatan angin pasat di bagian bawah.

Di kawasan subtropik di antara lintang 25 - 35 derajat lintang selatan dan lintang utara terdapat sel tekanan tinggi yang tetap dan dikenal dengan tekanan tinggi subtropik. Tekanan tinggi tersebut merupakan pusat aliran antisiklonal yang menimbulkan angin pasat di daerah menghadap khatulistiwa dan angin baratan di daerah menghadap kutub. Angin pasat di belahan bumi selatan umumnya dari arah tenggara dan di belahan bumi utara dari arah timur laut. Batas kedua angin pasat tersebut dikenal dengan nama Pias Pumpun Antartropik (PPAT). Di atas lautan Pasifik tekanan tinggi subtropik di belahan bumi utara dan di belahan bumi selatan hampir sama kuat sepanjang tahun sehingga PPAT letaknya hampir tetap membujur arah barat - timur dan tampak sebagai angin timur khatulistiwa. Makin ke barat kecepatan angin timur katulistiwa tersebut makin berkurang. Keadaan serupa terdapat di atas lautan Atlantik meskipun kadarnya lebih kecil.



**Gambar 3.4.** Daerah angin pasat

Di kawasan Indonesia pasat kurang konsisten. Pasat timur laut tidak terlihat sedangkan pasat tenggara hanya dapat dirasakan di kawasan Nusa Tenggara sampai sekitar Jawa. Tetapi tidak bertiup terus menerus sepanjang tahun melainkan bertiup musiman dan baur dengan monsun Australia sekitar bulan Mei sampai September. Berikut contoh angin pasat tenggara di Indonesia. Luasnya daerah angin pasat tenggara menunjukkan kuatnya musim kemarau. Makin luas daerah angin pasat makin kuat musim kemarau.



Gambar 3.5. Contoh angin pasat tenggara dalam bulan Agustus.

### 3.3. Peredaran Lokal

Dalam skala kecil (meso-lokal) peredaran yang diperhatikan hanya dalam penampang tegak. Peredaran lokal umumnya tetap di suatu tempat dan terjadi dalam waktu harian, akan tetapi variasi musimannya berkaitan dengan peredaran yang lebih besar.

Terganggunya peredaran lokal menandai adanya pengaruh peredaran lain yang lebih besar. Dengan demikian adanya gangguan tersebut merupakan isyarat adanya peredaran besar, misalnya monsun (lihat bab V).

Di Indonesia, kadar angin lokal dapat digunakan untuk menandai kadar musim. Misalnya di pantai Sumatra Barat, berkurangnya angin darat atau bertambahnya angin laut mengisyaratkan kuatnya monsun barat daya (monsun Asia musim panas).

Makin kuatnya angin lembah dan angin gunung di Dieng mengisyaratkan kuatnya musim kemarau.

Di Jakarta (Kemayoran) pada musim kemarau angin pada pagi sampai siang berubah dari timur laut menjadi tenggara. Makin awal waktu berubahnya menandai angin pasat atau musim kemarau kuat. Pada musim hujan angin berubah dari timur laut menjadi barat laut. Makin awal berubahnya menjadi barat laut menandai monsun kuat.

Di tempat lain mempunyai karakter lain pula yang masih perlu dipelajari secara spesifik.

*Note. Peredaran lokal tidak sama dengan angin lokal (bohorok, gending, kumbang, barubu, dll).*

### **3.3.1. Angin Laut - Angin Darat**

Di daerah pantai terdapat peredaran angin laut pada siang hari dan peredaran angin darat pada malam hari. Peredaran tersebut termasuk dalam klasifikasi skala meso (lokal) yang bercirikan dengan variasi harian. Kadarnya bergantung kepada letak dan bentuk pantai serta luas dan topografi daratan. Angin laut dan angin darat dapat mencapai tinggi sampai 400 meter.

Angin laut terbentuk karena bertambahnya beda suhu antara darat dan laut yang kemudian diikuti dengan menurunnya tekanan di atas darat dan selanjutnya terjadi aliran udara dingin dari lautan ke darat. Umumnya angin laut lebih kuat dibandingkan angin darat. Angin laut dapat memasuki daratan sampai sejauh 30 km dari pantai, sedangkan angin darat memasuki kawasan laut hanya sampai sekitar 10 km dari pantai.



### **3.3.2. Angin Lembah - Angin Gunung**

Di pegunungan terdapat peredaran angin lembah dan angin gunung. Angin lembah terjadi pada menjelang siang hari ketika lereng gunung menerima banyak sinaran matahari hingga udara yang panas naik ke sepanjang lereng gunung, dan peredaran angin gunung terjadi pada malam hari ketika udara di puncak gunung cukup dingin dan turun sepanjang lereng gunung.

# 4

## FAKTOR PENGENDALI

Iklim di Indonesia dikendalikan oleh berbagai faktor. Yang paling dominan adalah monsun, massa udara, dan Pias Pumpun Antartropik (PPAT).

### 4.1. Monsun

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.

## a. Monsun Asia Selatan (monsun India)

Di India monsun yang populer adalah "monsun barat daya" (*southwest monsoon*) atau "monsun Asia musim panas" (*summer monsoon*); dikenal pula istilah "monsun panas Asia", karena banyak memberi hujan dan variasinya besar. Berbagai sifat monsun Asia musim panas adalah :

### 1) Klimatologi

Dari peta sinoptik harian di atas India terdapat palung tekanan rendah di troposfer bawah yang dikenal dengan "palung dekat khatulistiwa" (*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 mengikuti musim. Dalam bulan Juni sampai September palung tekanan rendah tersebut sangat kuat dan berimpit dengan PPAT. Dalam bulan Oktober sampai Mei sulit dibedakan dengan PPAT, sedangkan dalam bulan November 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 barat daya (*southwest monsoon*) di suatu tempat ditandai dengan :

- (i) PPAT berada di tempat tersebut;
- (ii) PPAT bergerak terus ke utara dan tidak kembali;
- (iii) Datangnya PPAT ditandai dengan:
  - Angin baratan (*westerly*) di sebelah selatan PPAT dengan kecepatan sekitar 20 knot; tebal lapisan angin baratan sampai 6 km dari permukaan laut
  - Palung khatulistiwa berimpit dengan PPAT
  - Terjadi hujan lebat dan badai guntur

- (iv) Pada pertengahan bulan Mei hujan monsun mulai di teluk Benggala, selatan Myanmar, dan Indo-China (Vietnam).
- (v) Monsun mencapai pantai barat India pada 30 Mei, kemudian terus bergerak ke utara, dan antara 1 Juni sampai 1 Juli meliputi hampir seluruh India.
- (vi) Rata-rata monsun mulai 30 Mei dengan simpangan 8,2 hari

Surutnya monsun barat daya di suatu tempat ditandai dengan :

- (i) 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 bukan kaitannya dengan PPAT melainkan berkaitan dengan palung khatulistiwa;
- (ii) Sering disertai kilat dan guntur;
- (iii) Paling akhir monsun barat daya mulai 18 Juni (1972).

## **2) Indikasi aktivitas (monsun barat daya)**

- (i) 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);
- (ii) Anomali positif suhu pada 300 hPa di India Utara dalam bulan Mei menandai majunya awal monsun, sebaliknya anomali negatif menandai mudurnya awal monsun (Rai Sarcar dan Patil, 1961, dikutip Asnani);
- (iii) 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);
- (iv) 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, sebaliknya bila awal monsun maju;
- (v) Monsum umumnya ditandai dengan angin barat daya yang kuat di troposfer bawah dan angin timuran kuat (jet) di troposfer atas.

Monsun kuat ditandai dengan:

- (i) Tekanan rendah bahang (*heat low*) kuat di Asia tengah;
- (ii) Hujan banyak di pantai barat.

Monsun lemah ditandai dengan:

- (i) 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;
- (ii) Aktivitas monsun tidak terus menerus, melainkan berosilasi sekitar dua mingguan dan 30-50 harian.

### 3) Model

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:

$$R = C_0 + \sum_{i=1}^7 C_i X_i$$

dengan  $R$  = curah hujan monsun dalam cm,  $X_1$  = posisi *ridge* subtropik 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  $C_0 = -1,66$ ;  $C_1 = 27,34$ ;  $C_2 = 65,66$ ;  $C_3 = -2,44$ ;  $C_4 = 4,23$ ;  $C_5 = 1,21$ ;  $C_6 = 2,02$ ; dan  $C_7 = -13,29$ .

Kini dikembangkan lagi menjadi 16 parameter

*Note : Bila monsun panas (southwest monsoon India) kuat dan banyak hujan di pantai barat India, musim kemarau di Indonesia mundur dan kering; sebaliknya apabila southwest monsoon lemah.*

## **b. Monsun Asia Tenggara**

Berbeda dengan monsun di India, monsun Asia Tenggara yang dominan bagi Indonesia adalah "monsun timur laut" (*northeast monsoon*) atau "monsun Asia musim dingin" (*winter monsoon*) atau "monsun dingin Asia".

### **1) Klimatologi**

Monsun Asia musim 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 tropik. Monsun panas mulai melemah bulan Agustus.

Monsun Asia musim 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 ekstratropik yang membawa hujan di Cina.

### **2) Indikasi (aktif)**

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

## **c. Monsun Australia Utara**

### **1) 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) mpd (n = banyaknya hari setelah 1 November).

Nichols (1982) mendefinisikan awal monsun basah dengan indeks yang dibuat berdasarkan curah hujan kumulatif di bandar udara 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 daerah Monsun Australia dipacu oleh gerakan longitudinal (arah barat-timur), sedangkan di daerah Monsun India aktivitas golakan bersamaan dengan gerak PPAT (Pias Pumpun Antartropik = *Intertropical Convergence Zone*, 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).

## **2) Indikasi (aktif)**

- (i) Terdapat golakan kuat di Australia utara dan barat laut;
- (ii) Pusaran timbul di sekitar 20 LS 120 BT;
- (iii) Dipicu oleh seruak dingin (*cold surge*) dari Laut Cina Selatan (monsun dingin Asia);
- (iv) Sering timbul seruak angin selatan di sepanjang pantai barat Australia.

## **d. Monsun Indonesia**

Sebenarnya Indonesia bukan daerah sumber monsun; tetapi karena imbas dari monsun di sekitarnya, unsur-unsur cuaca berfluktuasi secara monsunal. Di Indonesia dikenal ada dua musim, yakni musim hujan dan musim kemarau. Umumnya musim hujan berkaitan dengan monsun. Pengkajian tentang monsun telah lama dilakukan, antara lain 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). Awal musim hujan oleh De Boer (1948) dicirikan dengan jumlah curah hujan dasarian. Bila dalam lebih dari tiga dasarian berturut-turut dalam periode Oktober sampai Maret terdapat curah hujan yang jumlahnya sama atau lebih dari 50 mm, maka dasarian yang pertama ditetapkan sebagai awal musim hujan. Sebaliknya untuk musim kemarau. Untuk menandai keadaan atau kadar musim digunakan nilai simpangan.



Jika simpangan melebihi dari 0,5 dari simpangan baku disebut "atas normal" dan bila lebih dari 0,5 di bawah simpangan baku disebut "bawah normal". Kriteria tersebut masih digunakan oleh BMKG sampai saat ini meskipun sering mengalami kesulitan dalam penerapannya, karena banyak tempat yang curah hujan bulannya selalu besar atau selalu kecil sehingga dengan kriteria tersebut terdapat tempat-tempat yang tidak mempunyai musim hujan atau musim kemarau. Harjawinata S. dan Muharyoto (1980) menggunakan keseringan angin permukaan sampai 850 hPa untuk mengidentifikasi awal musim. Dikatakan bahwa awal musim barat di suatu tempat mulai apabila keseringan angin barat di tempat tersebut telah mencapai 50%. Namun demikian, kriteria tersebut tidak selalu dapat digunakan untuk mengidentifikasi musim hujan karena musim hujan di semua tempat tidak berkaitan dengan musim angin barat. Kesulitan lain dalam menandai awal musim adalah ikut andilnya luas wilayah dan struktur kepulauan dalam pembentukan cuaca skala meso. Penentuan awal musim dengan menggunakan parameter lain misalnya tekanan udara seperti yang digunakan oleh Berlage (1927), Resink (1952), dan Berlage (1968) juga tidak menunjukkan korelasi yang tinggi. Nichols (1980) dengan menggunakan parameter tekanan udara Darwin dan curah hujan bulanan di Jakarta menunjukkan bahwa korelasi yang agak tinggi hanya dalam bulan Juli sampai September. Minoru Tanaka (1994) menunjukkan bahwa terdapat perbedaan antara awal musim yang diperoleh dengan menggunakan kriteria awan dan kriteria angin.

## **1) Klimatologi**

Dalam periode monsun panas Australia atau musim dingin Asia, untuk wilayah Indonesia bagian barat dan utara serta di bagian timur (Maluku, Irian Jaya) lebih dahulu angin (10-50 hari) daripada awan; untuk wilayah Indonesia bagian selatan dan tengah lebih dahulu awan (sampai 30 hari) daripada angin. Pada awal dan menjelang akhir musim hujan monsun banyak terjadi guntur.

Curah hujan di Indonesia umumnya berjumlah besar di separuh tahun dan sedikit di separuh tahun sisanya. Variasi tersebut berkaitan erat

dengan sistem peredaran atmosfer di sekitar Indonesia. Salah satu di antaranya adalah peredaran monsun Asia dan Australia. Namun demikian, sebarannya mengikut waktu sangat beragam.

Dengan menggunakan data curah hujan, Boerema (1941) menunjukkan adanya 153 tipe sebaran curah hujan bulanan, 69 terdapat di Jawa dan Madura serta 84 di daerah lain. Eguchi (1988-yang dikutip Yamanaka) dengan menggunakan data dari 669 stasiun hujan membagi Indonesia dalam tiga wilayah (tidak termasuk Papua), yakni :

- (a) Jawa-Bali-Nusa Tenggara, yang musim hujannya lebih pendek dari musim kemarau, bersamaan dengan musim barat di Australia. Makin ke timur makin sedikit curah hujannya,
- (b) Sumatra dan Kalimantan bagian barat, yang mempunyai maksimum curah hujan dua kali dalam musim panas di belahan bumi selatan (Oktober - Februari),
- (c) Kalimantan bagian timur, Sulawesi, dan Maluku yang mempunyai satu atau dua kali periode hujan dengan maksimum bulanannya terdapat dalam bulan musim semi atau musim panas di belahan bumi utara (Maret - Juli) dan dikuasai oleh pasat Pasifik yang membawa hujan sedikit.

Analisis data curah hujan dari data global yang dilakukan Tim S-VII (Tien - Andri) memperoleh peta isohyet yang menunjukkan bahwa di wilayah Indonesia terdapat lima daerah hujan, yakni :

- (a) Daerah di sekitar Laut Cina Selatan termasuk Sumatra sebelah utara dan timur Bukit Barisan, Kalimantan Barat dan Selatan, Jawa Barat bagian utara, Jawa Tengah, dan Jawa Timur. Daerah-daerah tersebut menjadi daerah banyak hujan dalam bulan November sampai Januari.
- (b) Daerah sekitar Lautan India, termasuk Sumatra di bagian barat dari Bukit Barisan, Jawa Barat bagian barat-daya. Daerah tersebut hampir sepanjang tahun menjadi daerah banyak hujan.
- (c) Daerah Kalimantan Tengah, Sulawesi Selatan, dan Sulawesi Utara mempunyai maksimum sangat tinggi dalam bulan Desember - Februari.

- (d) Daerah Maluku bagian tengah dan Irian Jaya bagian utara dengan curah hujan banyak dalam bulan Juli sampai September.
- (e) Daerah Nusa Tenggara Timur dan Irian Jaya bagian selatan yang berdekatan dengan Australia Utara dengan curah hujan banyak dalam bulan Desember sampai Maret.

Tabel 4.1. Sebaran curah hujan bulanan (dalam mm) di beberapa tempat (1970-2000).

Stasiun	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agu	Sep	Okt	Nov	Des
Medan	83	114	101	168	192	142	170	169	230	291	236	260
Padang	303	262	337	339	322	263	298	290	413	454	522	403
Pklpinang	270	220	254	230	211	140	123	102	122	160	251	311
Pontianak	263	198	202	263	231	191	190	184	253	271	340	258
Bj.masin	362	299	304	246	218	133	138	90	89	152	257	368
Makasar	682	589	382	229	133	78	60	14	43	109	350	602
Palu	54	37	69	45	56	86	69	57	53	46	50	54
Manado	381	347	353	258	289	272	141	130	173	244	318	357
Jakarta	393	276	214	142	105	95	61	92	46	103	112	228
Surabaya	434	379	291	234	123	68	41	13	8	31	116	298
Kupang	756	897	535	193	49	23	19	5	3	19	215	572
Ambon	118	98	147	181	221	300	396	310	164	113	88	122
Biak	258	246	287	205	256	221	235	236	217	213	197	213
Merauke	232	207	232	230	96	36	33	21	27	40	68	169

Sumber: BMKG.

Selama monsun barat, PPAT terdapat di kawasan Indonesia, sedangkan dalam musim timur berada di luar sebelah utara. Mulai masuk Indonesia sekitar bulan November dan gerak umumnya dari utara ke selatan sampai bulan Januari, kemudian kembali ke utara; tetapi gerak hariannya tidak tetap; ada kalanya hari ini ke utara besoknya ke selatan dan sebaliknya. Namun demikian, PPAT tidak selalu berimpit dengan daerah awan atau daerah hujan.

## 2) Indikasi (aktivitas)

Kadar monsun dan juga musim di Indonesia tidak tetap, melainkan berfluktuasi dengan berbagai variasi intra musiman (*intraseasonal*) sampai antar tahunan (*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 ekuator (*cross equatorial flow*), Pias Pumpun Antartropik = PPAT , pusaran (*vortice*), dan lembang tropik (*tropical depression*).

Pemanasan musiman di atas Kalimantan yang ditutupi hutan hujan tropis mempunyai peran penting dalam kaitannya dengan timbulnya monsun panas Asia (Murakamin 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).

Salah satu dari fenomena monsun adalah dorongan yang menimbulkan arus besar yang berlangsung dalam waktu pendek serupa dengan denyutan yang disebut "seruak monsun (*monsoon surge*)". Dalam monsun Asia musim dingin dikenal dengan istilah "seruak dingin" (*cold surge*) yang ditandai dengan naiknya tekanan udara dan penurunan suhu dengan cepat serta bertambahnya kecepatan angin. Observatorium Meteorologi Hongkong dan juga yang digunakan dalam analisis pendahuluan (*quicklook analysis*) MONEX 1078/1979 menggunakan kriteria bahwa seruak dingin mencapai Hongkong apabila tekanan udara di Hongkong mencapai lebih tinggi dari 1030 hPa dan penurunan suhu lebih dari 5 °C selama 24 jam. Dari kajian yang dilakukan menyimpulkan bahwa 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.

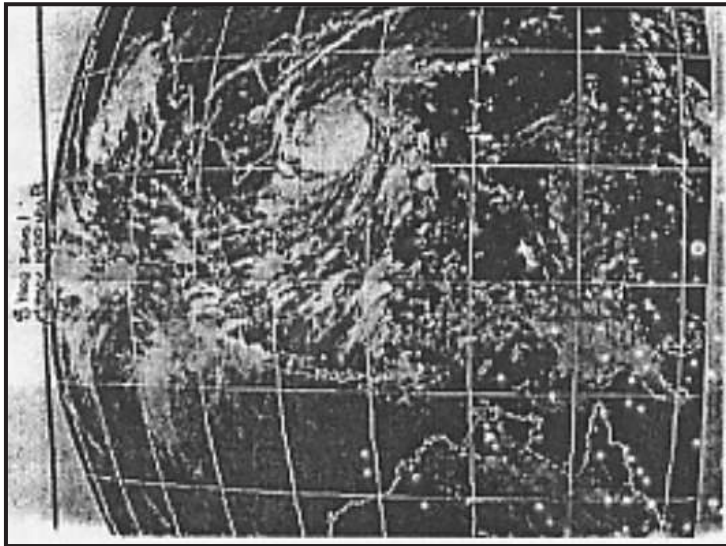
Baik dalam periode monsun Asia musim dingin maupun dalam periode monsun Asia musim panas, di atas daerah khatulistiwa, khususnya di sekitar Laut Cina Selatan, sering terdapat angin yang seragam arahnya. Pada musim monsun Asia musim dingin dari arah timur laut, dan pada musim monsun Asia musim panas dari arah tenggara sampai selatan. Dalam keadaan demikian dikatakan terdapat alir lintas khatulistiwa (*cross equatorial flow*). Adanya alir lintas khatulistiwa dalam musim monsun dingin Asia diikuti dengan banyak curah hujan di Indonesia (Wirjohamidjojo S. 1980, 1982). Dengan menggunakan data ECMWF Hadi Suyono dan Widada S. (1999) menunjukkan hal yang sama, dan ditunjukkan pula bahwa alir lintas khatulistiwa tersebut diikuti dengan perpindahan energi kinetik serta aliran dengan kepusaran nisbi (*relative vorticity*) tinggi di atas laut Jawa. Di India alir lintas khatulistiwa dalam monsun Asia musim panas digunakan untuk mengidentifikasi mulainya monsun (Sikka D.R. dan William M. Gray 1981). Dalam monsun Australia musim dingin alir lintas khatulistiwa dapat digunakan sebagai petunjuk kekuatan monsun Australia tersebut (Shiyan Tao dan Lonxun Chen, 1987).

Fenomena berupa pusaran sering terjadi di Laut Cina Selatan dan Lautan India di sebelah barat Sumatra, baik dalam periode musim monsun Asia musim panas maupun dalam musim monsun Asia musim dingin.

(a) Di atas Laut Cina Selatan dalam musim monsun Asia musim dingin, pusaran merupakan hasil interaksi antara massa udara maritim tropis Pasifik Barat dan massa udara kontinental dingin; sedangkan dalam musim monsun Asia musim panas pusaran merupakan hasil interaksi antara massa udara maritim tropik Pasifik Barat dan massa udara khatulistiwa Lautan India. Keduanya terbentuk dari pertemuan angin baratan khatulistiwa kuat dan lebih kuat dibandingkan dengan angin timuran Pasifik. Dalam musim monsun panas pusaran sering berupa kelanjutan dari siklon tropis (*tropical cyclone*) dari Pasifik Barat.

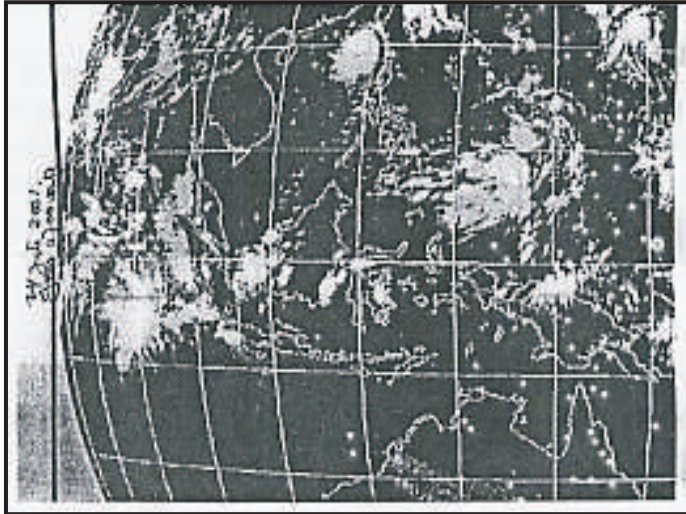
Dalam musim monsun Asia musim dingin adanya pusaran menghalangi masuknya sifat udara monsun ke wilayah Indonesia yang terletak di sebelah selatannya. Bila pusaran di atas Laut Cina Selatan terjadi dalam

musim monsun Asia musim 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.



**Gambar 4.1.** Pusaran dalam bentuk siklon tropis.

- (b) Pusaran di Lautan India di sebelah barat Sumatra juga dapat timbul dalam musim monsun Asia musim dingin maupun dalam musim monsun Asia musim panas. Kemunculannya bersamaan dengan palung khatulistiwa. Palung tersebut juga sebagai sambungan dari palung tekanan rendah di antara dua tekanan besar di Lautan India barat dan timur. Pusaran tersebut hidupnya lebih permanen dan letaknya bergeser ke utara dan ke selatan mengikut gerakan Pias Pumpun Antartropik (PPAT). Bila sering timbul dalam musim monsun Asia musim panas, 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.



**Gambar 4.2.** Pusaran di Laut India sebelah barat Sumatra.

Lembang tropis di Australia Utara adalah salah satu komponen penting dari monsun Australia. Musim lebang tropis tersebut adalah bulan Desember sampai Maret (Mc.Bride J.L., 1987). Adanya lebang tropis tersebut menandai kuatnya monsun panas Australia. Imbas dari lebang 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 dan 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 di depan 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 Asia musim dingin.

Dari uraian seperti yang telah dikemukakan dapat disimpulkan bahwa :

- Monsun di sekitar Indonesia mempunyai peran banyak dalam tatanan sistem cuaca di Indonesia.
- Indikasi aktivitas monsun di sekitar Indonesia tersebut menjadi pula indikasi aktivitas monsun Indonesia.
- Pada dasarnya PPAT adalah daerah pumpunan yang dibentuk oleh aliran pasat dari sistem antisiklonal; oleh karena itu, udara bersifat mantap (*stable*) dan terdapat sungsgangan (*trade inversion*). Pumpunan menjadi kuat dan mengalahkan sungsgangan apabila didorong oleh angin baratan khatulistiwa.
- Karena sifat mantab tersebut maka terjadi proses lataan (*advection*). Oleh karena itu, peran lautan yang dilalui udara monsun sebagai sumber uap air menjadi sangat penting.

Bila faktor-faktor luar dipandang sebagai pendorong, maka sistem cuaca Indonesia diringkaskan seperti pada tabel matriks berikut :

Tabel 4.2. Sistem cuaca Indonesia dan faktor-faktor yang terkait.

Skala	Faktor Pendorong	Parameter Indikator	Pemicu	Fenomena yang bersesuaian skala
Global	El Nino	SML Pasifik	Monsun	Panjang musim
Hemisfer	Monsun	Osilasi Selatan (SO); Seruak Monsun ( <i>Monsoon Surge</i> )	Seruak Monsun	Awal musim; jumlah hujan semusim wilayah
Meso (sinop)	Seruak Monsun ( <i>monsoon surge</i> )	Kepusaran ( <i>vorticity</i> ); beraian ( <i>divergence</i> )	Pias Pumpun Antartropik (PPAT = PPAT)	Daerah hujan; kepadatan hujan daerah
Meso (lokal)	Kepusaran; beraian	Peredaran lokal (angin darat-laut; angin lembah-gunung)	Pemanasan lokal (stabilitas udara)	Kabut; awan; hujan harian; kelebatan hujan
Mikro	Peredaran udara lokal	Depresi titik embun ; beda suhu permukaan tanah dan udara	Intensitas/lamanya penyinaran matahari	Kabut tanah; embun; embun beku ( <i>frost</i> )



## 4.2. Massa Udara

Mengenali massa udara yang ada di wilayah Indonesia kiranya sangat perlu mengingat bahwa letak kawasan Indonesia dikelilingi oleh berbagai sumber massa udara, meskipun tidak mudah membedakan antara yang satu dengan lainnya. Namun demikian, dengan dasar analisis medan angin dan suhu, secara keseluruhan sumber massa udara yang terlibat dalam pembentukan cuaca di kawasan Indonesia dapat dikelompokkan sebagai berikut :

- a. massa udara kontinental (benua) kutub (*continental polar air*) yang sumbernya di Benua Asia Tengah,
- b. massa udara maritim tropis (*maritime tropical air*) yang sumbernya di Laut Cina Selatan, Lautan Pasifik bagian barat laut, Lautan Pasifik bagian barat daya, Lautan India bagian barat, Lautan India bagian timur,
- c. massa udara kontinental (benua) tropis (*continental tropical air*) yang sumbernya di Australia.

Karena untuk menuju ke wilayah Indonesia massa udara melewati berbagai kawasan maka sesampai di Indonesia sifat asli masing-masing massa udara mungkin sudah berubah dan tidak jelas. Selain berbeda di setiap tempat, juga berbeda setiap waktu. Dengan dasar analisis medan suhu dan medan angin dalam skala besar, dalam tabel berikut ditandai jenis massa udara yang mewarnai sifat udara di atas 10 sektor wilayah di kawasan Indonesia dan sekitarnya, meskipun batas massa udara dalam sektor-sektor tersebut tidak dapat ditunjukkan secara jelas sebab kita maklumi bahwa udara tidak dapat dibatasi dengan garis lintang dan garis bujur geografi.

*Note: yang menjaral bukan udaranya, tetapi sifat yang dimiliki; misalnya energi, atau suhu, momentum.*

Dari tabel tersebut dapat dikenali sifat udara di berbagai sektor.

Tabel 4.3. Jenis massa udara yang banyak terlibat dalam pembentukan cuaca di Indonesia

Daerah	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
10°LU - khat. 90-100°BT	Blue	Blue	Blue	Blue	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Yellow	Blue
10°LU - khat. 100-110°BT	Blue	Blue	Blue	Blue	Grey	Grey	Green	Green	Green	Green	Blue	Blue
10°LU - khat. 110-120°BT	Blue	Blue	Blue	Blue	Purple	Purple	Purple	Purple	Yellow	Grey	Blue	Blue
10°LU - khat. 120-130°BT	Blue	Blue	Blue	Blue	Purple	Purple	Purple	Purple	Grey	Grey	Blue	Blue
10°LU - khat. 130-140°BT	Blue	Blue	Blue	Blue	Purple	Purple	Purple	Purple	Red	Red	Red	Red
10°LS - khat. 90-100°BT	Blue	Blue	Blue	Blue	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green
10°LS - khat. 100-110°BT	Blue	Blue	Blue	Blue	Grey	Grey	Grey	Grey	Grey	Grey	Grey	Blue
10°LS - khat. 110-120°BT	Blue	Blue	Blue	Blue	Grey	Grey	Grey	Grey	Grey	Grey	Blue	Blue
10°LS - khat. 120-130°BT	Blue	Blue	Blue	Blue	Grey	Grey	Grey	Grey	Grey	Grey	Blue	Blue
10°LS - khat. 130-140°BT	Blue	Blue	Blue	Blue	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange

Keterangan:

- = NKBa, massa udara kutub benua yang telah termodifikasi (*modified continental polar air*) Asia, sifatnya dingin dan kering
- = massa udara tropis Laut Cina Selatan, sifatnya hangat dan lembap
- = massa udara tropis Lautan India barat, sifatnya hangat dan mantap (*stable*)
- = massa udara tropis Lautan India timur (sebelah barat Australia), hangat dan mantap
- = massa udara tropis Lautan Pasifik barat laut, sifatnya hangat dan mantap
- = massa udara tropis Lautan Pasifik barat daya (sebelah timur Australia), sifatnya hangat dan mantap
- = massa udara benua tropis Australia, sifatnya dingin dan kering serta mantap

Dengan menggunakan konsep EAPC (Energi-Aliran-Pertukaran-Cuaca dan Fenomena) yang memberikan penjelasan tentang urutan bahwa adanya energi menimbulkan gerak udara, dan kemudian dari gerak berbagai arah timbul pertemuan dan pertukaran sifat udara. Selanjutnya timbul berbagai fenomena dalam atmosfer. Dari rangkaian proses tersebut maka parameter sifat massa udara yang perlu diketahui adalah macam energi apa (kinetik, potensial, pendam, terindera) dan berapa banyaknya yang dikandung, apa sifat aliran (pumpunan, beraian, kepusaran) atau dalam medan aliran apa massa udara tersebut berada, apakah udara mengalir secara bebas atau terpaksa (termal, lataan, topografi-orografi), serta apa dan berapa banyak sifat (energi, momentum, massa-termasuk uap air) yang dipertukarkan. Dari hal yang perlu diketahui tersebut dapat ditaksir macam dan tingkat cuaca serta fenomena-fenomenanya. Sebagai misal, percampuran mTLcs lebih kaya dengan energi terindera (suhu) dan energi pendam (uap air) dan NKBa yang sifatnya dingin dan kering, pertukaran tersebut menghasilkan proses pengembunan, udara di bawah menjadi hangat dan di atas tetap dingin. Fenomena yang terjadi dalam udara yang demikian adalah terbentuknya awan dalam lapisan bawah berupa campuran bentuk kumulus (*cumuliform*) dan bentuk stratus (*stratiform*), misalnya Sc, Cu kecil, As, Ac. Di atas lapisan dengan awan As atau Ac udara menjadi cerah. Demikian itu sifat udara selama monsun dingin Asia di atas Laut Cina Selatan. Selanjutnya cuaca dan fenomena yang terjadi bergantung lagi kepada parameter lainnya (seruak, pusaran, dll); misalnya melewati rintangan. Adanya faktor topografi-orografi dan bentuk kepulauan juga sangat menentukan tingkat cuaca dan tingkat fenomena, misalnya curah hujan di pantai timur Malaysia berbeda dengan yang ada di pantai barat; juga berbeda di Sumatra bagian pantai timur dan bagian pantai barat seperti yang terlihat dari data hujan di stasiun-stasiun hujan pada Tabel 4.4.

Dari tabel tersebut terlihat bahwa dalam bulan Desember sampai April yang pada waktu itu musim angin timur laut, daerah pantai yang menghadap ke timur (ke arah angin) lebih banyak hujannya dibandingkan

dengan daerah pantai yang membelakangi angin, seperti yang tercatat di pantai timur Malaysia (Kotabaru 1066 mm) di daerah pantai barat (Penang 642 mm) dan lebih sedikit di pantai timur Sumatra bagian utara (1009 mm) tetapi lebih besar dari curah hujan di Penang.

Tabel 4.4. Data curah hujan di kawasan pantai Malaysia dan Sumatra bagian timur.

	<b>DJFMA</b>	<b>MJJ</b>	<b>ASO</b>	<b>N</b>	<b>Setahun</b>
Kotabaru	1066	392	663	666	2787
Penang	642	655	897	256	2520
Pantai timur Sumatra	1009	337	541	274	2161

Dalam bulan Mei sampai Juli, yang pada waktu itu terdapat angin selatan banyak curah hujan di daerah tersebut, tetapi daerah pantai yang menghadap angin (Penang, 655 mm) lebih banyak dibandingkan hujan di daerah pantai yang membelakangi angin (Kotabaru 392 mm; dan pantai timur Sumatra bagian utara 337 mm).

Masih seperti dalam bulan Mei sampai Juli, dalam bulan Agustus sampai Oktober yang pada waktu itu angin banyak dari arah barat daya dan selatan sampai tenggara, daerah pantai yang menghadap angin (Penang, 897 mm) lebih banyak dibandingkan hujan di daerah pantai yang membelakangi angin (Kotabaru 663 mm; dan pantai timur Sumatra bagian utara 541 mm). Tetapi jumlahnya lebih banyak dibandingkan hujan dalam bulan Mei sampai Juli, karena sifat udara diwarnai dua sifat massa udara dan banyak gangguan yang berkaitan dengan palung tekanan rendah dari daerah tekan tinggi subtropik Lautan India barat dan Lautan India timur.

Dalam bulan November, sudah mulai ada angin timur laut. Daerah pantai yang menghadap ke timur lebih banyak curah hujannya (Kotabaru 666 mm, pantai timur Sumatra bagian utara 274 mm) dibandingkan dengan daerah pantai yang membelakangi angin (Penang 256 mm). Terlihat semenanjung Malaysia mempunyai peran banyak dalam pembagian curah hujan di kawasan tersebut, utamanya dalam musim monsun timur laut di atas Laut Cina Selatan.

Dari tabel 4.3. terlihat bahwa pada setiap waktu massa udara yang terdapat dalam suatu daerah berbeda sehingga pertukaran sifat juga berbeda dan selanjutnya fenomena yang timbul juga berbeda. Oleh karena itu, cukup difahami apabila suatu dorongan yang nilainya sama menghasilkan fenomena yang berbeda dengan di daerah lain atau di waktu yang berbeda sifat massa udaranya berbeda. Di sinilah perlunya faktor sifat massa udara tersebut diperhatikan apabila menggunakan hasil analisis numerik untuk menaksir sesuatu fenomena. Selanjutnya uraian daerah per daerah sebagai berikut :

### **1) Daerah 10 LU-khatulistiwa, 90-100 BT:**

Dalam bulan Desember-Januari-Februari-Maret-April udara di daerah antara 10 LU-khatulistiwa, 90 -100 BT dibentuk oleh sifat massa udara benua Asia (tengah) (NKBa) dan sifat udara tropis Laut Cina Selatan (mTLcs). NKBa bersifat dingin dan kering dan mTLcs bersifat panas dan lembap. Percampuran kedua sifat tersebut terjadi pertukaran. mTLcs lebih kaya dengan energi terindera (suhu) dan energi pendam (uap air) maka kelebihan energi tersebut diberikan kepada NKBa.

Dalam bulan Mei - Juni- Juli, daerah 10 LU-khatulistiwa, 90-100 BT dikuasai oleh sifat udara tropis Lautan India bagian barat (mTLlib) dengan panas dan lembap. Tetapi karena hanya sendirian, maka proses pertukaran dengan massa udara lain tidak ada. Dengan demikian dalam periode tersebut cuaca dan fenomena yang terbentuk bergantung banyak kepada parameter lainnya atau kalau ada gangguan. Dengan demikian selama Mei sampai Juli awan dan hujan lebih sedikit.

Selanjutnya dalam bulan Agustus sampai Oktober, selain diwarnai oleh sifat utara tropis Lautan India bagian barat (mTLlib) yang ada di atas daerah tekanan tinggi subtropik, udara di daerah tersebut juga diwarnai oleh sifat udara tropis Lautan India bagian timur (mTLit) yang juga di atas daerah tekanan tinggi subtropik. Kedua udara tersebut sebenarnya mempunyai sifat yang hampir sama; tetapi tidak mau disamakan dan akhirnya timbullah pertentangan dan sebagai pembedanya terbentuklah

palung tekanan rendah yang terdapat di antara dua daerah tekanan tinggi tersebut. Palung inilah yang kemudian menjadi pengganggu, dan juga sebagai pendorong timbulnya pengganggu lain misalnya arus baratan khatulistiwa, geser angin (*wind shear*), dll. Oleh karena itu dalam bulan Agustus sampai Oktober gangguan-gangguan tersebut mempunyai peran banyak dalam pembentukan cuaca di daerah tersebut.

Dalam bulan November, diwarnai oleh sifat udara tropis Laut Cina Selatan dan sifat massa udara tropis Lautan India barat. Udara tropis Lautan India barat lebih kaya momentum dibandingkan sifat massa udara Laut Cina Selatan; oleh karena itu pertukaran momentum banyak terjadi dan menimbulkan gesekan dan pusaran yang mendorong gerak udara ke atas sehingga awan golongan yang mengandung banyak air lebih banyak terbentuk.

## **2) Daerah 10 LU-khatulistiwa, 100-110 BT:**

Dalam bulan November sampai April, seperti daerah 90 - 100 BT, daerah 10 LU- khatulistiwa 100 - 110 BT ditempati udara yang sifatnya dibentuk oleh sifat massa udara benua Asia (tengah) (NKBa) dan sifat udara tropis Laut Cina Selatan (mTLcs). NKBa bersifat dingin dan kering dan mTLcs bersifat panas dan lembap. Percampuran kedua sifat tersebut terjadi pertukaran. mTLcs lebih kaya dengan energi terindera (suhu) dan energi pendam (uap air) maka kelebihan energi tersebut diberikan kepada NKBa dan sebagai hasil pertukaran tersebut terjadi pengembunan, udara di bawah menjadi hangat dan di atas tetap dingin. Namun demikian, fenomena yang terjadi berbeda oleh adanya lingkungan yang berbeda dan nilai parameter lain yang juga berbeda.

Dalam bulan Mei - Juni, daerah tersebut diwarnai oleh sifat massa udara tropik lautan India timur (mTLit) yang mempunyai sifat pasat yakni mantap, dan sifat massa udara tropik Benua Australia (mTBa) yang kering. Oleh karena itu, dalam bulan Mei - Juni di daerah tersebut pembentukan awan dan hujan memerlukan dorongan atau gangguan.

Dalam bulan Juli sampai Oktober, daerah tersebut diwarnai oleh sifat massa udara tropik Lautan India timur (mTLit) dan sifat massa udara tropik Lautan India barat (mTLib). Karena keduanya dari lautan maka bersifat basah, namun karena sama sama dari lautan maka perbedaan umumnya hanya pada momentum yang menimbulkan gesekan dan membentuk geser angin. Oleh karena itu dalam waktu tersebut geser angin mempunyai andil banyak dalam pembentukan awan dan hujan di daerah tersebut.

### **3) Daerah 10 LU-khatulistiwa, 110-120 BT:**

Dari bulan November sampai April sifat massa udara Benua Asia yang termodifikasi (NKBa) dan massa udara tropik Laut Cina Selatan (mTLcs) menempati daerah 10 LU-khatulistiwa, 110-120 BT. NKBa yang bersifat dingin dan kering, dan mTLcs yang bersifat panas dan lembap memberi potensi kecenderungan pertukaran massa dan bahang serta terjadinya pengembunan karena udara di bawah menjadi hangat dan di atas dingin. Bila landaian tekanan ke arah timur di Asia timur besar, angin timur laut pasat Pasifik Barat daya mendekati khatulistiwa dibelokkan ke timur; oleh karena itu, sifat pasat tersebut ikut masuk ke dalam daerah tersebut. Keadaan seperti itu biasa terjadi dalam bulan Februari - Maret.

### **4) Daerah 10 LU-khatulistiwa, 120-130 BT:**

Di daerah 10 LU-khatulistiwa, 120-130 BT dari bulan November sampai Februari sifat udara masih diwarnai oleh NKBa dan mTLcs di samping sifat massa udara tropik Lautan Pasifik Barat laut (mTLpbl). Adanya mTLpbl yang mantap dan mengandung sungsgangan pasat (*trade inversion*) mengurangi daya pertukaran.

Dari bulan Maret-Mei sifat massa udara Laut Cina Selatan masih dirasakan di daerah tersebut namun sudah tidak tercampuri sifat massa udara Benua Asia. Oleh karena itu, meskipun bercampur dengan massa udara tropik Lautan Pasifik barat laut pertukaran sifat tidak terlihat karena sifat mTLcs dan mTLpbl hampir tidak berbeda.

Dari bulan Juni sampai Oktober, sifat massa udara tropik Benua Australia banyak mewarnai daerah tersebut.

**5) Daerah 10 LU-khatulistiwa,130-140 BT:**

Makin ke timur NKBa makin kurang berperan dan diganti dengan peran sifat Lautan Pasifik barat laut (mTLpbl). Sifat massa udara tropik Benua Australia juga berkurang. Meskipun dalam berbagai bulan diwarnai oleh dua sifat massa udara lautan, tetapi sifat kedua massa udara tersebut hampir sama sehingga potensi pertukaran sedikit. Oleh karena itu, peran aliran sangat besar dalam daerah 10 LU-khatulistiwa, 130-140 BT.

**6) Daerah khatulistiwa-10 LS,90 - 100 BT:**

Di daerah khatulistiwa-10 LS, 90-100 BT peran massa udara kutub (NKBa dan massa udara dari Laut Cina Selatan hanya sedikit dan terbatas di bagian utara dekat khatulistiwa dalam bulan Desember sampai Februari. Di bagian selatan sedikit saja diwarnai oleh massa udara tropis lautan India bagian barat yang bersifat hangat dan mantap dalam bulan Mei - Juni. Yang paling banyak adalah massa udara tropis Lautan India bagian timur (mTLit) yang terdapat dari bulan Februari sampai Desember. Massa udara mTLit bersifat hangat dan mantap. Dari adanya massa udara proses pertukaran massa dan energi paling banyak terjadi dalam bulan Februari dan dalam bulan Mei-Juni. Dalam bulan lain karena hanya ada satu massa udara maka proses pertukaran massa dan energi dalam arah horizontal sangat kurang; oleh karena itu, di daerah tersebut proses pertukaran yang ditimbulkan oleh aliran (angin) dan pertukaran energi dalam arah vertikal dari penguapan laut menjadi penting dalam pembentukan fenomena udara.

**7) Daerah khatulistiwa-10 LS, 100 - 110 BT:**

Daerah khatulistiwa-10 LS, 100-110 BT dalam bulan Desember sampai Februari ditempati massa udara kutub benua yang telah termodifikasi (*modified continental polar air*) Asia (NKBa) yang sifatnya dingin dan kering serta massa udara tropis Laut Cina Selatan yang sifatnya



hangat dan lembap. Pengaruh massa udara tropis Lautan India bagian timur (mLit) paling banyak di daerah tersebut yang dapat dirasakan dari bulan Februari sampai Desember. Pengaruh massa udara tropis Australia (mTBa) terdapat dalam bulan Mei sampai Oktober. Daerah massa udara mLti dan mTBa berupa daerah tekanan tinggi. Pertukaran paling banyak terdapat di palung tekanan rendah di antara kedua daerah tekanan tinggi tersebut.

#### **8) Daerah khatulistiwa-10 LS, 110-120 BT:**

Di daerah khatulistiwa-10 LS, 110-120 BT massa udara kutub Benua Asia (NKBa) dan massa udara tropis Laut Cina Selatan mTLcs berkurang; kedua sifat massa udara tersebut hanya terlihat dalam bulan Desember dan Januari. Yang banyak berperan adalah massa udara tropis Lautan India bagian timur (mTlit) dan massa udara tropis Australia (mTBa). Namun demikian interaksi antara mTlit dan mTBa sedikit karena keberadaannya tidak bersamaan. Interaksi kedua massa udara tersebut hanya terjadi dalam bulan April. Oleh karena itu sifat aliran (angin) menjadi pengendali yang penting di daerah tersebut.

#### **9) Daerah khatulistiwa-10 LS, 120-130 BT:**

Di daerah khatulistiwa-10 LS, 120-130 BT massa udara kutub Benua Asia dan massa udara tropis Laut Cina Selatan sudah sangat kecil perannya; keberadaannya hanya dapat dirasakan dalam bulan Januari. Massa udara tropis Lautan India bagian timur dan massa udara tropis Australia sangat berperan tetapi keberadaan bersama kedua massa udara tersebut hanya dalam bulan April dan November. Oleh karena itu, seperti halnya di daerah khatulistiwa-10 LS, 110-120 BT aliran udara (angin) mempunyai peran sebagai pengendali yang penting dalam pembentukan fenomena cuaca di daerah tersebut.

#### **10) Daerah khatulistiwa-10 LS, 130-140 BT:**

Di daerah khatulistiwa-10 LS, 130-140 BT massa udara kutub

Benua Asia dan massa udara tropis Laut Cina Selatan sudah sangat kecil perannya; keberadaannya hanya dapat dirasakan dalam bulan Januari; demikian pula massa udara tropis Lautan India timur (mTlit) juga berkurang. mTlit terapat dalam bulan Desember sampai Maret. Massa udara tropis Australia (mTBa) masih tetap dominan, dan ditambah dengan massa udara tropis lautan Pasifik barat daya (mTLpbd) yang sifatnya hangat dan mantap. Pertukaran sifat massa mTBa dan mTLpbd banyak terjadi di palung antara tekanan tinggi Australia dan tekanan tinggi Lautan Pasifik barat daya. Palung tersebut sering terlihat dalam bulan Oktober sampai Desember dan dalam bulan Maret sampai Juni.

### 4.3. Pias Pumpun Antartropik (PPAT)

Seperti halnya monsun, Pias Pumpun Antartropik (PPAT) juga sudah lama dikenal. Dahulu dikenal dengan nama "*Intertropical Front (ITF)*". Pengenalan tentang PPAT diawali pandangan bahwa dalam skala besar di kawasan tropik 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 (*hemisphere*) meteorologi. Oleh karena itu ekuator meteorologi dikenal juga dengan nama "diskontinuitas antartropik (*intertropical discontinuity*), atau perenggan antartropik (*intertropical front*), atau perenggan monsun (*monsoon front*), atau palung monsun (*monsoon trough*)". Dari penelitian dan pengalaman dalam pengamatan ternyata bahwa sifat diskontinuitas dan sifat perenggan tidak jelas dalam ekuator meteorologi tersebut. Oleh karena itu, sebutan diskontinuitas antartropik, perenggan antartropik, dan perenggan monsun tidak populer lagi. Simpson (1965) menggunakan nama *Intertropical Convergence Zone (ITCZ)* yang menurut Kamus Istilah Hidrometeorologi istilah Indonesiannya Pias Pumpun Antartropik (PPAT). Simpson pertama kali mengemukakan bahwa dalam analisis medan angin daerah tersebut

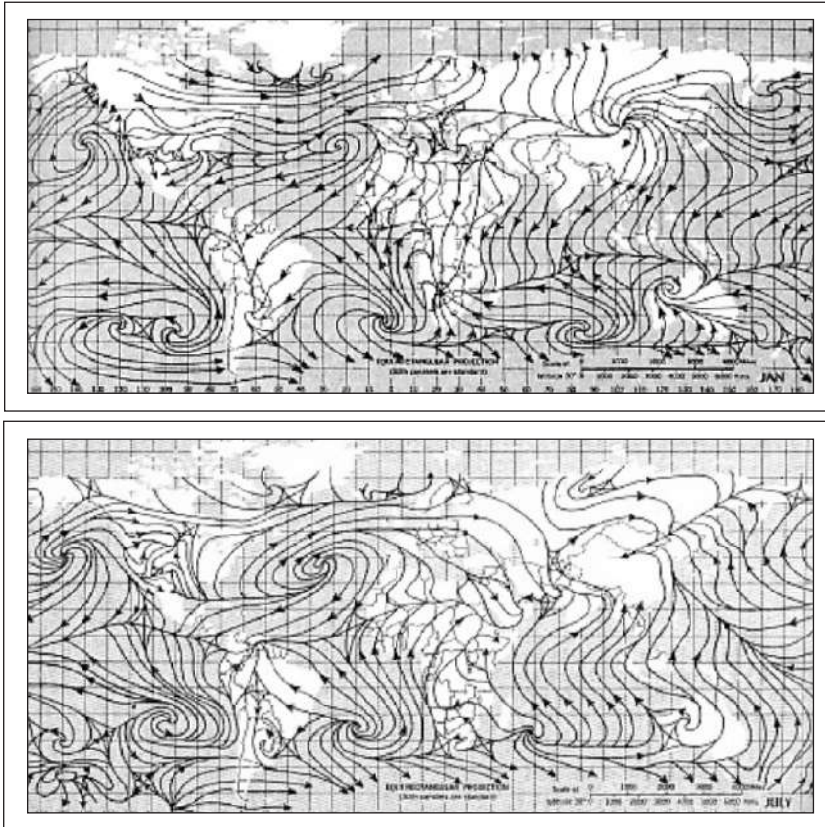
terdapat pempunan angin pasat dari belahan bumi selatan dan dari bumi utara dan tempat diskontinuitas angin.

Dalam perkembangannya, 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 subtropik 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 dicirikan dengan :

- ▲ PPAT adalah daerah pempunan angin di troposfer paling bawah;
- ▲ PPAT adalah daerah pertemuan antara dua peredaran antisislonal utara dan selatan;
- ▲ 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.



**Gambar 4.3.** Posisi PPAT utara (atas) dan paling selatan (bawah) (Mints - Dean).

Dalam skala meso dicirikan dengan :

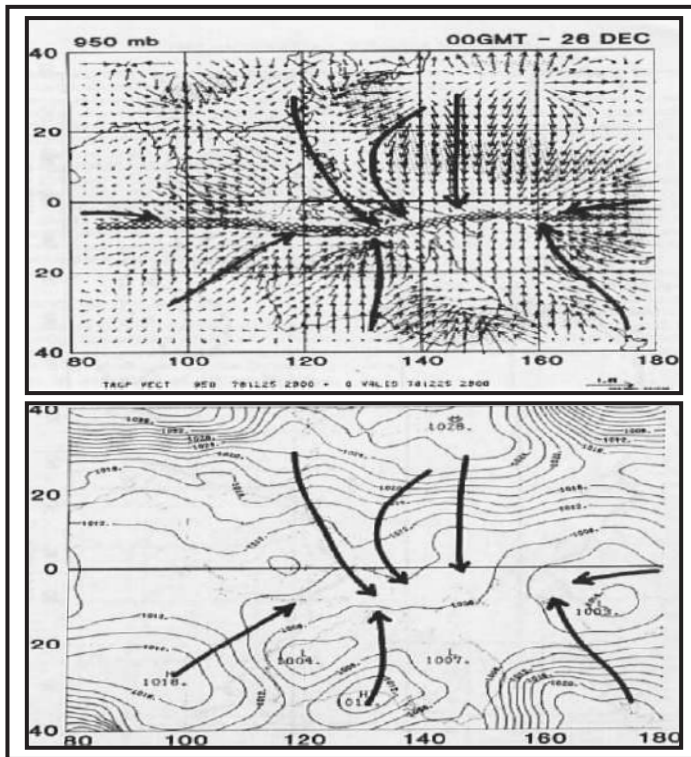
- ▲ Dapat berupa pertemuan angin pasat, dapat berupa pertemuan peredaran monsun, dapat berupa palung dekat khatulistiwa atau garis geser angin;
- ▲ Tidak selalu berimpit dengan daerah padat awan;
- ▲ Gerak hariannya tidak teratur;
- ▲ Tidak selalu berupa pias atau lajur yang bersinambungan melainkan dapat terputus;
- ▲ Bila sebagai pertemuan pasat (di bagian timur Indonesia), di sekitar PPAT terdapat sungsgangan pasat yang makin mendekati PPAT

sungsangan berkurang dan terdapat golakan yang lebih besar (Wayne H Schubert et al.-1995);

✦ Dalam Journal Atmospheric Science. American Meteorological Soc. Vol. 52. Number 16. 15 August 1995. pp 2941 - 2952, Wayne H. Schubert et al. (1995) mengemukakan bahwa :

- *In schematic north-south cross sections the trade inversion layer is often depicted as sloping upward as air flows toward the intertropical convergence zone.*
- *The stronger inversion to be somewhat lower and near 850 mb ( 1500 m).*

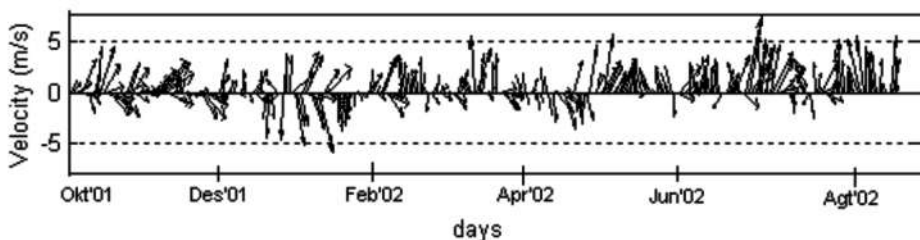
✦ ke arah PPAT terdapat golakan makin besar.



**Gambar 4.4.** PPAT dan angin (atas) dan sistem tekanan ketika monsun aktif bulan Desember

PPAT di kawasan Indonesia :

- PPAT berada di kawasan Indonesia dari bulan Oktober sampai April. Jadi, dalam musim hujan pada umumnya;
- Tidak merupakan pertemuan aliran antisiklonal utara dan selatan yang sama;
- Pergeseran umumnya dari utara ke selatan, namun daerah awan berkembang dari barat ke timur;
- Aktivitasnya berbeda sesuai dengan massa udara dan kondisi setempat;
- Di bagian barat (Sumatra 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. Berikut kutipan hasil analisis yang dilakukan A. Sulaiman dan Wasito Hadi (2003);



**Gambar 4.5.** Diagram stik angin permukaan pada 2S,90E (dalam deret waktu (harian) selama 312 hari mulai dari 23 Oktober 2001 sampai 28 Agustus 2002).

- ✦ 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 tersebut mempunyai andil besar kepada aktivitas PPAT di kawasan tersebut;
- ✦ Di bagian selatan (Nusa Tenggara sampai Merauke), PPAT terlihat 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 angin pasat belahan bumi selatan dari sistem tekanan tinggi subtropik 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 dibedakan dengan garis geser angin. 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;

- ✦ PPAT dapat digunakan sebagai indikator aktivitas monsun; atau sebaliknya aktivitas monsun menentukan keberadaan dan kondisi PPAT. Namun demikian, perlu diingat bahwa PPAT di bagian-bagian daerah Indonesia dibentuk oleh sistem angin yang berbeda.



# 6

## KETERKAITAN DENGAN SISTEM CUACA SKALA BESAR

Faktor geografi, topografi dan orografi, struktur kepulauan, orientasi pulau, dan faktor lingkungan di sekitar Indonesia masing-masing membentuk sistem peredaran udara. Antar sistem peredaran saling berinteraksi menghasilkan sistem cuaca dalam berbagai skala, mulai dari skala besar sampai skala kecil.

Sistem cuaca dan iklim Indonesia terbentuk dari interaksi antara sistem cuaca skala besar dan sistem cuaca dan iklim skala kecil (lokal). Oleh karena itu, cuaca dan iklim Indonesia berkaitan dengan sistem cuaca dan iklim skala besar tersebut. Dengan demikian, proses interaksi menjadi dasar penting dalam memahami cuaca dan iklim Indonesia.

Peran sistem cuaca dan iklim skala besar tidak tetap dan tidak sama di setiap daerah, dan bahkan sering terjadi bahwa di suatu daerah terdapat dua atau lebih sistem skala besar berperan pada waktu yang bersamaan. Oleh karena itu, berbagai hal yang perlu untuk mengenali iklim di Indonesia adalah :

1. Keberadaan dan sifat sistem cuaca dan iklim skala besar apa yang ada di suatu daerah;

2. Sifat sistem cuaca dan iklim lokal yang ada;
3. Nilai interaksi cuaca/iklim skala besar dan skala lokal.

Sistem dan fenomena skala besar yang mempunyai andil banyak kepada cuaca dan iklim kawasan Indonesia antara lain El Nino-Osilasi Selatan, Dipole Mode. Namun demikian, ketiganya tidak saling bebas melainkan saling berkaitan.

## 6.1. El Nino

El Nino, berasal dari bahasa Spanyol yang berarti kelahiran anak laki-laki, mulanya digunakan untuk mengatakan adanya arus laut lemah dan panas yang secara tahunan sekitar Natal muncul di sepanjang pantai Ekuador dan Peru. Arus tersebut berlangsung beberapa minggu sampai sebulan atau lebih. Setiap tiga sampai tujuh tahun sekali El Niño kuat muncul dan berlangsung agak lama sampai beberapa bulan dan berdampak luas kepada sistem cuaca dunia. Selama kurun waktu empat puluh tahun terakhir peristiwa El Nino tahun 1982/1983 dan 1997/1988 termasuk paling kuat dan berdampak luas.

Tabel 6.1. Tahun El Nino.

1902-1903	1905-1906	1911-1912	1914-1915
1918-1919	1923-1924	1925-1926	1930-1931
1932-1933	1939-1940	1941-1942	1951-1952
1953-1954	1957-1958	1965-1966	1969-1970
1972-1973	1976-1977	1982-1983	1986-1987
1991-1992	1994-1995	1997-1998	

Sumber: BoM Australia.

Keadaan yang berlawanan dengan fenomena El Nino, yakni suhu muka laut yang rendah terdapat di daerah khatulistiwa Pasifik timur dikenal dengan La Nina.

Tabel 6.2. Tahun La Nina.

1904-1905	1909-1910	1910-1911	1915-1916
1917-1918	1924-1925	1928-1929	1938-1939
1950-1951	1955-1956	1956-1957	1964-1965
1970-1971	1971-1972	1973-1974	1975-1976
1988-1989	1995-1996		

Sumber: BoM Australia.

### 6.1.1. El Nino Fenomena Pasangan Laut - Atmosfer

Bagaimana mekanisme timbulnya El Nino masih belum jelas; namun bila berangkat dari keadaan atmosfer (S.G. Philader) timbulnya diawali oleh perilaku angin pasat.

Di Lautan Pasifik PPAT merupakan daerah pertemuan angin pasat yang ditimbulkan oleh daerah tekanan tinggi subtropik di atas Lautan Pasifik Selatan dan Pasifik utara. Kedua daerah tekanan tinggi subtropik tersebut hampir tetap maka angin pasat yang ditimbulkan berlangsung terus menerus yang arahnya hampir sejajar khatulistiwa dengan momentum yang hampir sama sehingga pertukaran momentum sangat kecil. Dengan demikian, PPAT di kawasan tersebut lebih bersifat sebagai batas dan bukan sebagai daerah pertemuan udara dari kedua belahan bumi. Momentum lebih banyak diberikan kepada laut sehingga terjadi tegangan (*stress*) pada permukaan laut. Dorongan pasat tersebut menimbulkan penumpukan dan pemanasan massa air di bagian barat (Pasifik tengah) di sekitar khatulistiwa. Makin lama air terkumpul di bagian barat dan karena sinaran matahari terus-menerus suhunya makin tinggi. Setelah mencapai maksimum, massa air dan panas mengalir kembali ke arah timur. Bila aliran balik tersebut sampai ke pantai barat Amerika Selatan yang bersamaan dengan berubahnya menjadi musim panas di belahan bumi selatan, di pantai Amerika terjadi pemindahan panas ke selatan yang dikenal dengan El Nino. Dengan demikian melemahnya pasat dari Pasifik Selatan mendorong terjadinya El Nino. Jadi, fenomena El Nino adalah pasangan interaksi atmosfer-laut dalam skala besar.

### 6.1.2. El Nino - Osilasi Selatan (ENSO)

El Nino yang berkaitan dengan pasat juga berkaitan dengan perubahan tekanan di atas Lautan Pasifik selatan yang dikenal dengan "osilasi selatan (*southern oscillation*)". Istilah tersebut semula dikemukakan oleh Sir Gilbert T. Walker tahun 1924 yang digunakan untuk menyatakan tendensi naiknya tekanan di Pasifik sementara tekanan di daerah Lautan India turun. Kini ukuran osilasi selatan dinyatakan dengan Indeks Osilasi Selatan (*Southern Oscillation Index = SOI*), yakni beda antara fluktuasi tekanan bulanan atau musiman di Tahiti dan Darwin. Rumus yang digunakan Biro Meteorologi Australia untuk menghitung SOI adalah :

$$SOI = 10 \frac{[ P_{diff} - P_{diffav} ]}{SD(P_{diff})}$$

dengan:

$P_{diff}$  = (rata-rata tekanan permukaan laut Tahiti untuk bulan itu)-( rata-rata tekanan permukaan laut Darwin untuk bulan itu),

$P_{diffav}$  = rata-rata jangka panjang  $P_{diff}$  untuk bulan itu, dan

$SD(P_{diff})$  = simpangan baku (*standard deviation*)  $P_{diff}$  untuk bulan itu.

SOI positif berkaitan dengan pasat di Pasifik kuat dan suhu muka laut tinggi di sebelah utara Australia. Dalam keadaan SOI positif di utara Australia banyak hujan, dan sebaliknya bila SOI negatif berkaitan dengan pasat di Pasifik lemah. Dalam keadaan SOI negatif di Australia timur dan utara kering; di Indonesia yang berdekatan dengan Australia juga kering.

Bila El Nino merujuk kepada sistem laut, Osilasi Selatan merujuk kepada sistem atmosfer. Karena keduanya merupakan suatu pasangan antara laut dan atmosfer maka untuk menyatakan sistem pasangan atau interaksi laut dan atmosfer tersebut digunakan istilah "ENSO = *El Nino Sothern Oscillation*". Tetapi kini dalam praktek banyak digunakan istilah "El Nino" yang pengertiannya sudah termasuk pasangan laut-atmosfer.

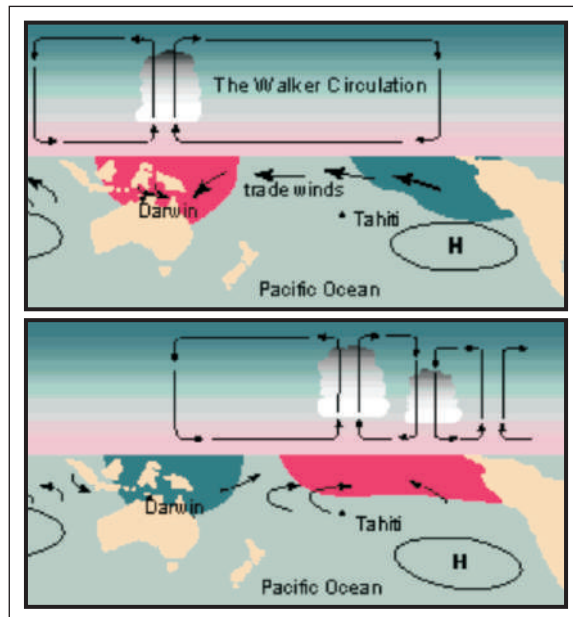
Tabel 6.3. Data SOI tahun 1980 s.d 2000 (sumber: dikutip dari NOAA).

Thn	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agu	Sep	Okt	Nop	Des
1980	3.2	1.1	-8.5	-12.9	-3.5	-4.7	-1.7	1.4	-5.2	-1.9	-3.4	-0.9
1981	2.7	-3.2	-16.6	-5.5	7.6	11.5	9.4	5.9	7.5	-5.0	2.6	4.7
1982	9.4	0.6	2.4	-3.8	-8.2	-20.1	-19.3	-23.6	-21.4	-20.2	-31.1	-21.3
1983	-30.6	-33.3	-28.0	-17.0	6.0	-3.1	-7.6	0.1	9.9	4.2	-0.7	0.1
1984	1.3	5.8	-5.8	2.0	-0.3	-8.7	2.2	2.7	2.0	-5.0	3.9	-1.4
1985	-3.5	6.7	-2.0	14.4	2.8	-9.6	-2.3	8.5	0.2	-5.6	-1.4	2.1
1986	8.0	-10.7	0.8	1.2	-6.6	10.7	2.2	-7.6	-5.2	6.1	-13.9	-13.6
1987	-6.3	-12.6	-16.6	-24.4	-21.6	-20.1	-18.6	-14.0	-11.2	-5.6	-1.4	-4.5
1988	-1.1	-5.0	2.4	-1.3	10.0	-3.9	11.3	14.9	20.1	14.6	21.0	10.8
1989	13.2	9.1	6.7	21.0	14.7	7.4	9.4	-6.3	5.7	7.3	-2.0	-5.0
1990	-1.1	-17.3	-8.5	-0.5	13.1	1.0	5.5	-5.0	-7.6	1.8	-5.3	-2.4
1991	5.1	0.6	-10.6	-12.9	-19.3	-5.5	-1.7	-7.6	-16.6	-12.9	-7.3	-16.7
1992	-25.4	-9.3	-24.2	-18.7	0.5	-12.8	-6.9	1.4	0.8	-17.2	-7.3	-5.5
1993	-8.2	-7.9	-8.5	-21.1	-8.2	-16.0	-10.8	-14.0	-7.6	-13.5	0.6	1.6
1994	-1.6	0.6	-10.6	-22.8	-13.0	-10.4	-18.0	-17.2	-17.2	-14.1	-7.3	-11.6
1995	-4.0	-2.7	3.5	-16.2	-9.0	-1.5	4.2	0.8	3.2	-1.3	1.3	-5.5
1996	8.4	1.1	6.2	7.8	1.3	13.9	6.8	4.6	6.9	4.2	-0.1	7.2
1997	4.1	13.3	-8.5	-16.2	-22.4	-24.1	-9.5	-19.8	-14.8	-17.8	-15.2	-9.1
1998	-23.5	-19.2	-28.5	-24.4	0.5	9.9	14.6	9.8	11.1	10.9	12.5	13.3
1999	15.6	8.6	8.9	18.5	1.3	1.0	4.8	2.1	-0.4	9.1	13.1	12.8
2000	5.1	12.9	9.4	16.8	3.6	-5.5	-3.7	5.3	9.9	9.7	22.4	7.7

### 6.1.3. El Nino dan Peredaran Walker

"Peredaran Walker" adalah nama sistem peredaran atmosfer tropis seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.2 yang diberikan sesuai dengan penemunya, yaitu Sir Gilbert Walker, Direktur Jendral Meteorologi India pada tahun 1924. Dia menunjukkan sejumlah hubungan antara variasi musiman iklim Asia dan daerah Pasifik. Dalam keadaan yang umum di atas Pasifik komponen peredaran Walker seperti yang terlihat pada Gambar 6.1 Di bagian bawah sebelah timur angin timur dari pasat kuat dan makin ke barat lemah. Di bagian barat dari Lautan India di bagian bawah angin dari barat. Kedua angin tersebut membentuk pumpunan di sekitar Indonesia dan menimbulkan banyak awan golakan. Pada waktu tahun El Nino, keadaan menjadi sebaliknya seperti yang bagannya terlihat pada Gambar

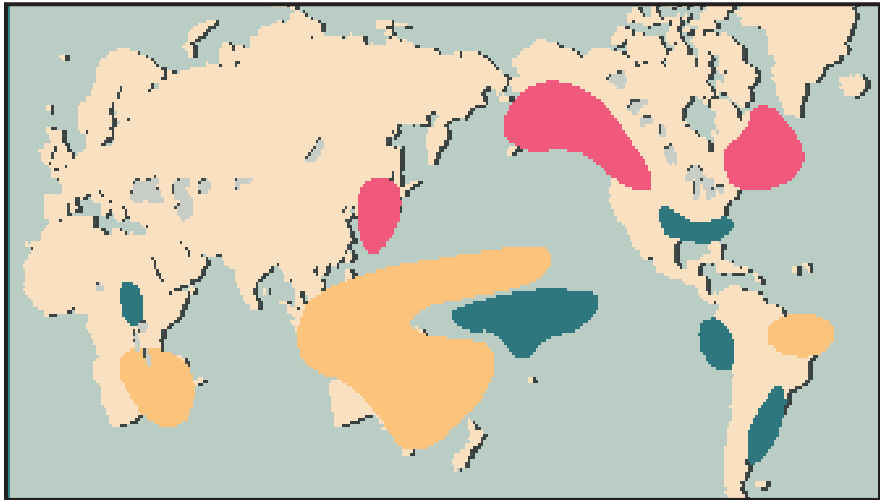
6.1 bawah, sel peredaran Walker di atas Pasifik bergeser ke timur karena pasat di bagian timur lemah. Daerah golkakan terdapat di bagian timur dekat pantai barat Amerika Selatan. Di bagian barat di sekitar Indonesia menjadi daerah beraian angin dan udara cenderung turun sehingga golkakan berkurang.



**Gambar 6.1.** Peredaran Walker di atas Pasifik: umum (atas); selama El Nino (bawah) (Sumber: BoM Australia).

Karena El Nino merupakan fenomena skala besar maka dampaknya juga mencakupi daerah yang sangat luas, tetapi dampak tersebut berbeda-beda di setiap daerah.

Seperti yang terlihat pada peta berikut, Gambar 6.2, dampak yang paling dirasakan selama tahun El Nino adalah adanya daerah yang kekeringan, daerah yang banyak hujan, dan adanya daerah yang panas melewati nilai-nilai normalnya. Dampak yang berbeda-beda tersebut disebabkan oleh adanya perbedaan massa udara dan peredaran atmosfer di masing-masing daerah.



**Gambar 6.2.** Daerah yang terkena dampak El Nino. Hitam = basah; oranye = kering; merah = panas.

Dampak adanya El Nino di Indonesia adalah kekeringan, meskipun berbeda-beda tingkatnya di setiap daerah.

Namun demikian, karena El Nino, Osilasi Selatan, dan Dipole Mode merupakan fenomena pasangan laut-atmosfer yang tidak saling bebas, melainkan berkaitan antara yang satu dan lainnya sehingga sulit untuk menunjukkan dampak dari masing-masing secara tersendiri. Oleh karena itu, untuk mempelajari dampak dari kesemuanya perlu ditinjau sinopsisnya secara luas.

Di kawasan Pasifik angin pasat merupakan bagian dari komponen bawah peredaran Walker. Normalnya angin pasat tersebut mendorong massa udara panas yang lembab dari Pasifik tropis sehingga udara di kawasan Indonesia menjadi cukup lembab. Pada waktu tahun El Nino, keadaan menjadi sebaliknya; sel peredaran Walker di atas Pasifik bergeser ke timur karena pasat di bagian timur lemah. Daerah golakan terdapat di bagian timur dekat pantai barat Amerika Selatan. Di bagian barat di sekitar Indonesia menjadi daerah beraian angin dan udara cenderung turun sehingga golakan berkurang. Siklon tropis di Pasifik barat berkurang.

Selama tahun La Nina, pembentukan siklon tropis bergeser ke barat di bagian barat laut Pasifik. La Nina menyebabkan penurunan suhu permukaan laut Asia Tenggara dapat lebih dari 2 C. Penurunan suhu tersebut membuat tekanan udara di Asia Tenggara tinggi sehingga pasat tenggara di Lautan India bagian selatan dan timur berkurang. Berkurangnya pasat di kawasan Lautan India selatan tersebut mungkin juga ditimbulkan oleh dipole mode negatif sehingga di Indonesia banyak terdapat golkandan hujan.

Tabel 6.4. Simpangan curah hujan terhadap normal (%) di beberapa tempat selama tahun El Nino 1982/1983.

Stasiun	1982							1983				
	Jun	Jul	Agu	Sep	Okt	Nop	Des	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei
B.Aceh	-31	69	-32	-36	0	39	-43	-36	-2	-20	-15	-190
Pontianak	-5	-86	-83	10	49	78	-3	3	-66		-12	-31
Jakarta	7	-62	-59	-100	-52	-96	-20	-11	-25	-22	52	-173
Cilacap	-90	-93	-100	-100	-88	-82	-80	-15	-21	-34	-26	-229
Surabaya	-91	-98	-100	-100	-100	-100	-36	-46	6	36	10	-164
Makassar	-92	-100	-100	-97	-100	-87	-35	-57	-69	-69	48	49
Manado	105	-100	-88	-94	-87	-79	-59	-72	-90	-90	37	-1
Kupang	-82	-26	-100	-100	-100	-64	-72	-41	-53	-56	-1	-2

Olahan data dari BMKG

Seperti yang terlihat pada Tabel 6.4 selama tahun El Nino 1982/1983 makin ke timur curah hujan makin berkurang dan makin besar simpangan terhadap normalnya.

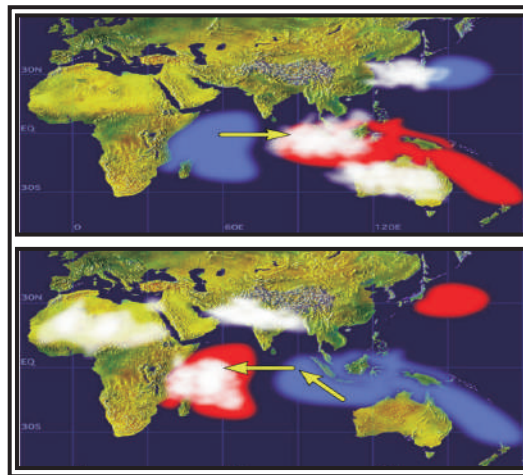
Efek yang mirip dengan El Nino sering terjadi di Samudera Atlantik, yang ditandai dengan air laut di sepanjang khatulistiwa Afrika dari Teluk Guinea menjadi hangat dan di sebelah timur Indonesia dingin dan kering.

## 6.2. Dipole Mode

Dipole Mode adalah sebutan populer dari *Indian Ocean Dipole*, yakni suatu fenomena pasangan antara lautan-atmosfer yang terdapat di Lautan



India tropis. Fenomena tersebut dicirikan dengan anomali dingin suhu muka laut Lautan India khatulistiwa bagian tenggara di sebelah barat Sumatra dan anomali panas suhu muka laut di Lautan India khatulistiwa bagian barat. Umumnya bila pusat panas berada di bagian timur disebut "dipole mode positif" dan bila berada di bagian barat disebut "dipole mode negatif" seperti yang terlihat pada gambar Gambar 6.3.

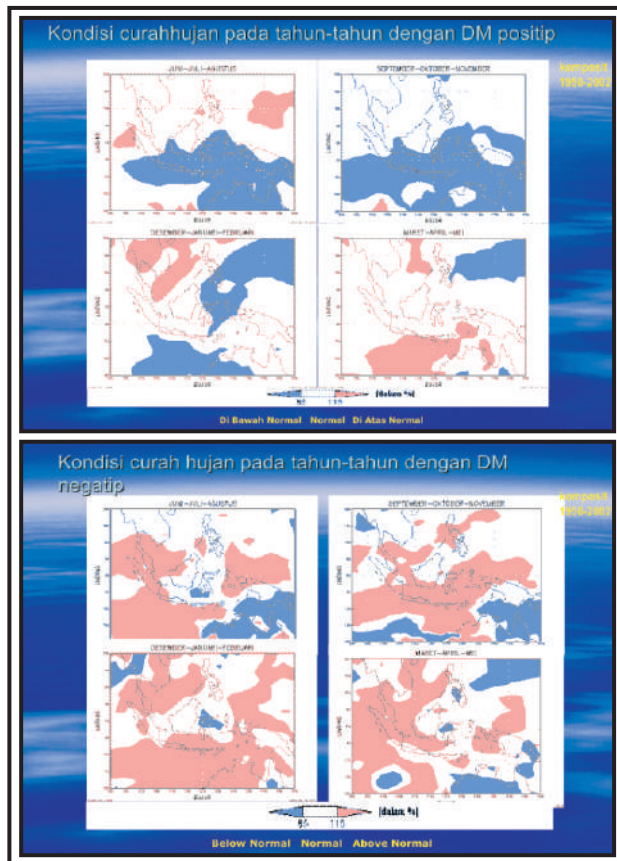


**Gambar 6.3.** Dipole Mode positif (atas), dan Dipole Mode negatif (bawah) (Sumber: BoMASustralia).

Mirip dengan fenomena El Nino, Dipole Mode didahului pasat tenggara di atas Lautan India bagian selatan dan timur yang kuat yang menimbulkan tegangan (*stress*) muka air laut dan terjadi penumpukan panas di bagian barat. Bersamaan dengan anomali suhu muka laut di Lautan India khatulistiwa yang demikian, daerah golokan yang biasanya terdapat di bagian timur yang panas bergeser ke barat dan menimbulkan banyak hujan di bagian timur Afrika dan kekeringan di Indonesia (Gambar 6.4 bawah).

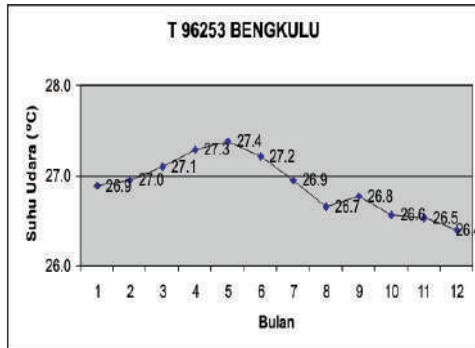
Kekeringan tersebut karena angin pasat tenggara yang kuat dan bertiup melalui lautan yang dingin sehingga udara pasat yang bersifat mantap (*stable*) bertambah mantap dengan adanya pendinginan di bagian bawah.

Keadaan menjadi sebaliknya apabila pasat tenggara lemah, daerah pusat panas berada di bagian timur (dipole mode negatif). Di bagian timur udara cukup lembab karena penguapan yang banyak dari lautan yang panas, angin pasat tenggara berkurang, dan banyak terjadi pusaran di dekat sebelah barat Sumatra (Gambar 6.4 atas). Lebih lanjut Toshio Yamagata, Ashok Karumuri, dan Guan Zhaoyong, menunjukkan bahwa dampak dari Dipole Mode tersebut berkaitan pula dengan Monsun India dan ENSO (*El Nino -Southern Oscillation*).



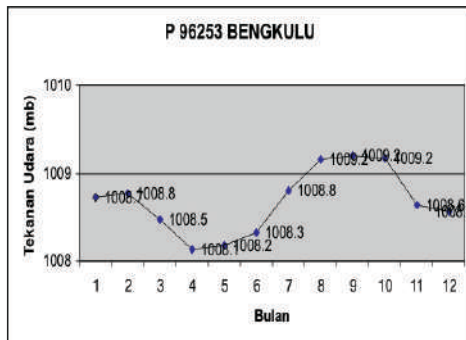
**Gambar 6.4.** Kondisi daerah curah hujan selama DM positif (atas), dan selama DM negatif (bawah). Merah = di atas normal; putih = normal; biru = di bawah normal.

Variasi suhu tidak mencolok; beda suhu rata-rata bulanan tertinggi dan terendah hanya sekitar 1,0 C. Meskipun terdapat maksimum sekitar bulan Mei-Juni dan minimum sekitar bulan Desember tetapi tingginya suhu lebih banyak berkaitan dengan banyaknya liputan awan dan adanya hujan.



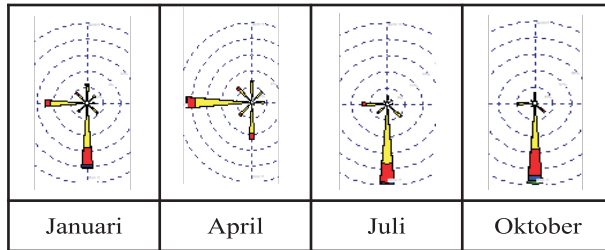
**Gambar 5.6f.** Variasi tahunan suhu udara ( C) di Bengkulu dan sekitarnya (Sumber: BMKG, 2000-2008).

Tekanan rata-rata bulanan maksimum terdapat sekitar bulan September berkaitan dengan tekanan tinggi di Lautan India selatan, dan minimum sekitar Mei berkaitan dengan seringnya timbul pusaran di daerah tersebut. Namun demikian, beda tekanan rata-rata bulanan selama setahun kecil, hanya sekitar 1,5 hPa.



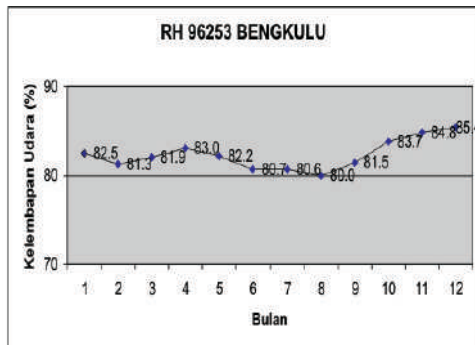
**Gambar 5.6g.** Variasi tahunan tekanan udara (hPa) di Bengkulu dan sekitarnya (Sumber: BMKG, 2000-2008).

Variasi tahunan angin juga berkaitan dengan monsun; tetapi monsun Asia musim dingin kurang konsisten di kawasan tersebut dan angin banyak berubah. Pada waktu musim dingin di selatan angin banyak dari arah tenggara dan selatan.



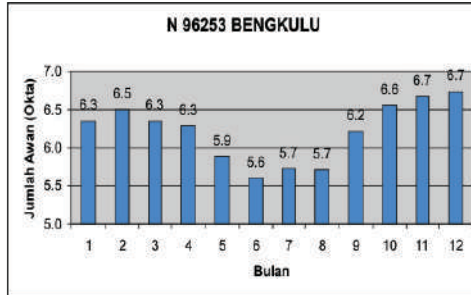
**Gambar 5.6h** . Variasi tahunan angin di Bengkulu dan sekitarnya (Sumber: BMKG , 2000-2008).

Variasi tahunan kelembapan sangat kecil dan kelembapan rata-rata bulanan lebih dari 80 %. Tingginya kelembapan udara karena daerah tersebut banyak diwarnai sifat lautan.



**Gambar 5.6i**. Variasi tahunan kelembapan udara (%) di Bengkulu dan sekitarnya (Sumber: BMKG, 2000-2008).

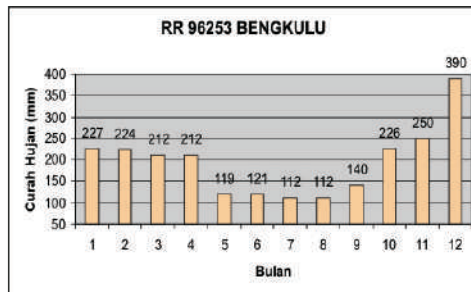
Hampir sepanjang tahun liputan awan di daerah tersebut lebih dari 5 okta. Liputan awan banyak terdapat dalam bulan September sampai April dan minimum terdapat dalam bulan Juni.



**Gambar 5.6j.** Variasi tahunan jumlah awan (okta) di Bengkulu dan sekitarnya (Sumber: BMKG, 2000-2008).

Selain berkaitan dengan adanya PPAT selama monsun Asia musim dingin, juga berkaitan dengan seringnya timbul pusaran pada waktu aktifnya monsun Asia musim panas.

Variasi tahunan hujan serupa dengan variasi tahunan liputan awan. Dari bulan Oktober sampai April rata-rata bulanan curah hujan lebih dari 200 mm.



**Gambar 5.6k.** Variasi tahunan curah hujan (mm) di Bengkulu dan sekitarnya (Sumber: BMKG, 2000-2008).

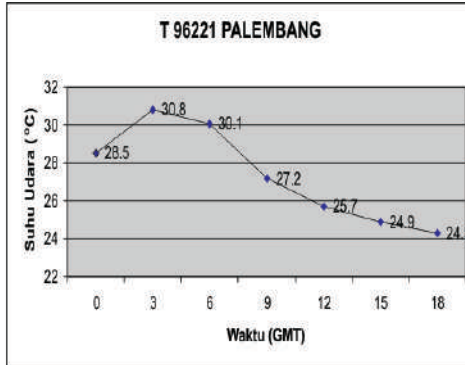
## 5.7. Daerah Sumatra Selatan Laut Jawa dan Sekitarnya

Daerah Sumatra Selatan, Laut Jawa dan sekitarnya termasuk sebagai daerah yang benar-benar memiliki sebutan monsun barat identik dengan musim hujan karena memang benar-benar angin bertiup dari barat pada waktu musim hujan; dan musim timur adalah musim kemarau karena

benar-benar angin bertiup dari arah timur pada waktu musim kemarau. Mulai bulan Oktober angin berangsur bertiup dari barat sampai bulan Maret berkaitan dengan monsun dingin Asia; dan berangsur menjadi dari timur berkaitan dengan monsun Australia musim dingin. PPAT di daerah tersebut merupakan batas angin timur laut dari Pasifik barat yang membelok ke timur karena melintasi khatulistiwa menjadi angin barat, dan angin pasat tenggara belahan bumi selatan (Australia) yang membelok ke timur karena pertukaran momentum dari angin barat tersebut. Aliran udara di bagian selatan dari PPAT pada waktu menuju ke selatan lebih bersifat siklonal dibandingkan di bagian utara. Di bagian timur aliran terpotong oleh jazirah Sulawesi Selatan. Bulan Maret - Mei daerah tersebut menjadi daerah doldrums; angin berubah-ubah dan berangsur menjadi angin tenggara sampai selatan. Pada waktu Australia musim dingin, angin pasat dari tenggara membelok menjadi angin barat daya, sedangkan pasat utara menjadi barat laut. Bila terdapat siklontropis di sebelah timur Philipina, PPAT membujur pada arah barat daya-timur laut menuju ke arah tempat siklontropis.

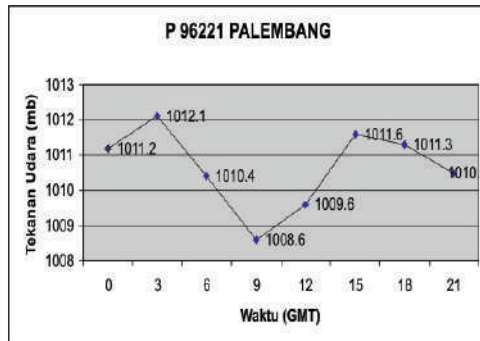
**Variasi harian** unsur cuaca (suhu, tekanan, angin, kelembapan, awan, hujan) di daerah tersebut juga cukup jelas. Seperti yang terdapat di Palembang :

Variasi harian suhu agak besar. Beda maksimum dan minimum sebesar 6,5 C. Maksimum terjadi pada sekitar pukul 12 dan minimum pada sekitar 05 pagi waktu setempat. Laju perubahan suhu dari minimum menuju maksimum sekitar +0,9 C/jam dan laju perubahan suhu dari maksimum menuju minimum sekesar -0,4 C/jam.



**Gambar 5.7a.** Variasi harian suhu udara ( C) di Palembang dan sekitarnya (Sumber: BMKG, 2000-2008).

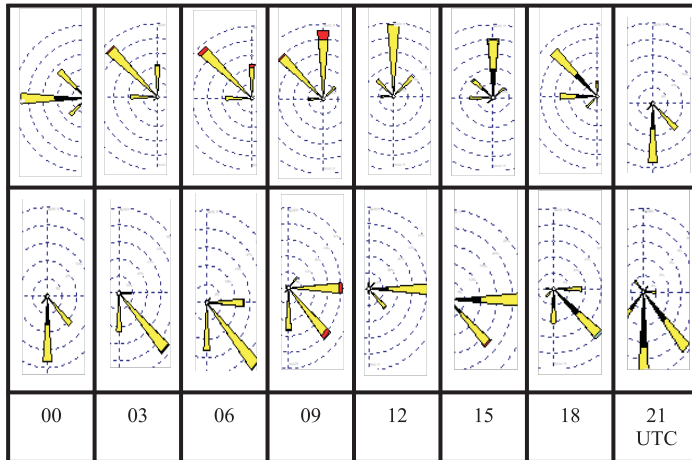
Variasi harian tekanan cukup jelas dengan dua maksimum dan dua minimum dalam sehari. Maksimum terjadi pada sekitar pukul 11 dan sekitar pukul 23 waktu setempat; minimum terjadi pada sekitar pukul 17 dan sekitar pukul 06 waktu setempat. Maksimum pertama sebesar 1012,1 hPa dan maksimum ke dua sebesar 1011,6 hPa; sedangkan minimum pertama sebesar 1008,6 hPa dan minimum ke dua sebesar 1010,5 hPa.



**Gambar 5.7b.** Variasi harian tekanan udara (hPa) di Palembang dan sekitarnya (Sumber: BMKG, 2000-2008).

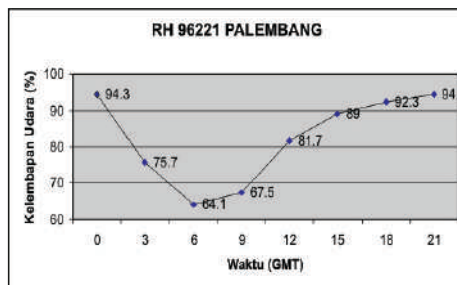
Variasi harian angin tidak jelas, tetapi dari adanya perubahan kecepatan angin dari arah barat laut - utara dari siang sampai malam menunjukkan angin laut ikut menambah kekuatan angin monsun Asia

musim dingin. Sebaliknya pada bulan Juli atau pada waktu monsun Asia musim panas sepenuhnya angin dikuasai oleh angin timur - tenggara.



**Gambar 5.7c.** Variasi harian angin Januari (atas) dan Juli (bawah) di Palembang dan sekitarnya (Sumber: BMKG, 2000-2008).

Variasi harian kelembapan nisbi juga terlihat jelas, dengan rendah di siang hari dan tinggi di malam hari. Pada siang hari kelembapan nisbi sekitar 60% sampai 80%, sedangkan pada malam hari lebih dari 80%. Minimum ketika suhu udara mencapai maksimum.

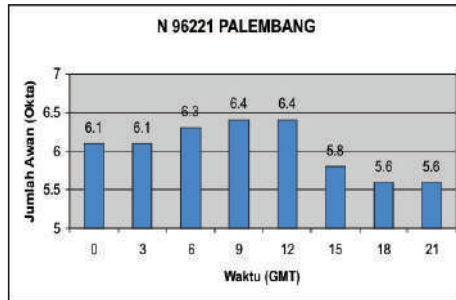


**Gambar 5.7d.** Variasi harian kelembapan udara (%) di Palembang dan sekitarnya (Sumber: BMKG, 2000-2008).

Berbeda dengan daerah yang menghadap Lautan India sebelah barat Sumatra, di daerah Palembang dan sekitarnya liputan awan banyak



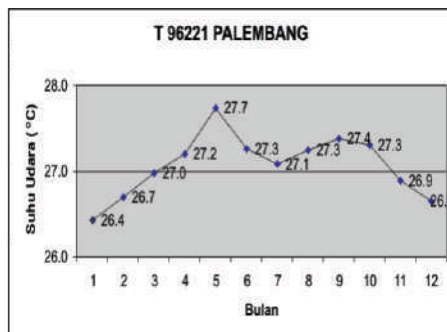
dipengaruhi sifat daratan. Pada siang hari dan pada sore hari liputan awan maksimum, sedangkan minimum pada malam dan dini hari.



**Gambar 5.7e.** Variasi harian jumlah awan (okta) di Palembang dan sekitarnya (Sumber: BMKG, 2000-2008).

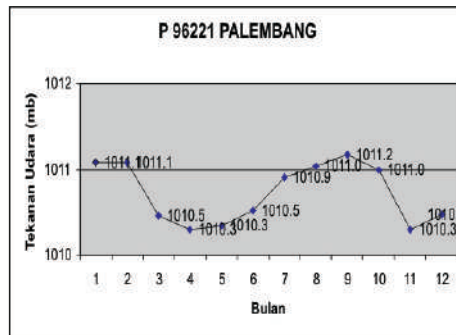
**Variasi tahunan** unsur cuaca (suhu, tekanan, angin, kelembapan, awan, hujan) tidak mencolok, kecuali liputan awan dan hujan. Seperti yang tercatat di Palembang:

Beda antara suhu rata-rata bulanan tertinggi dan terendah hanya sekitar 1,5 C. Variasi suhu tidak banyak kaitannya dengan posisi matahari tetapi lebih banyak berkaitan dengan liputan awan dan hujan yang menghalangi masuknya sinar matahari ke permukaan bumi. Suhu rata-rata bulanan tinggi antara bulan Mei dan September ketika liputan awan sedikit dan suhu rata-rata bulanan rendah antara bulan November sampai Maret bertepatan dengan liputan awan dan curah hujan banyak.



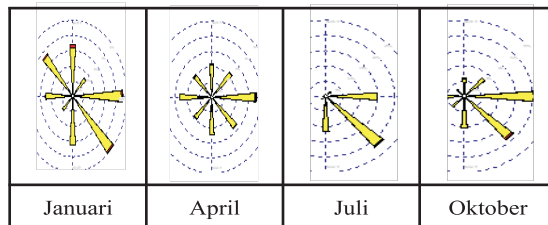
**Gambar 5.7f.** Variasi tahunan suhu udara ( C) di Palembang dan sekitarnya (Sumber: BMKG, 2000-2008).

Variasi tahunan tekanan kecil, tetapi mempunyai maksimum dan minimum dua kali yang berkaitan dengan variasi musiman tekanan di Asia dan Australia. Beda antara tekanan rata-rata bulanan tertinggi dan terendah hanya sekitar 1,0 hPa. Tertinggi sekitar 1011 hPa terdapat dalam bulan Januari ketika di Asia bertekanan tinggi dan September ketika di belahan Australia bertekanan tinggi. Minimum terdapat dalam bulan April menjelang tekanan udara di Asia turun dan sekitar bulan November menjelang tekanan udara di Australia turun.



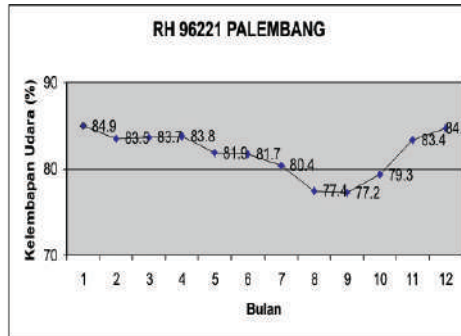
**Gambar 5.7g.** Variasi tahunan tekanan udara (hPa) di Palembang dan sekitarnya (Sumber: BMKG, 2000-2008).

Dalam waktu monsun Asia musim dingin dari Januari sampai April angin sangat berubah-ubah, tetapi pada waktu monsun Asia musim panas atau monsun Australia musim dingin angin hampir tetap dari arah tenggara sampai timur. Keadaan demikian menunjukkan bahwa di kawasan tersebut angin barat - utara dari monsun Asia musim dingin banyak terganggu.



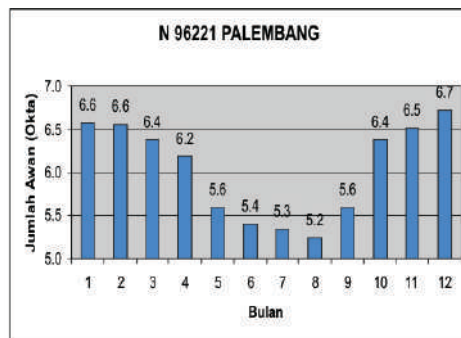
**Gambar 5.7h.** Variasi tahunan angin di Palembang dan sekitarnya (Sumber: BMKG, 2000-2008).

Meskipun kelembapan rata-rata bulanan cukup tinggi namun dalam bulan Agustus - September kelembapan rendah dengan rata-rata bulanan sekitar 70%.



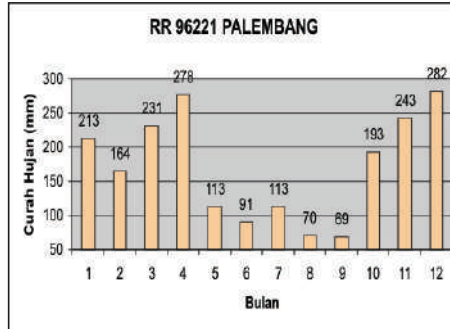
**Gambar 5.7i.** Variasi tahunan kelembapan udara (°C) di Palembang dan sekitarnya (Sumber: BMKG, 2000-2008).

Liputan awan mempunyai variasi tahunan dengan minimum sekitar bulan Juni sampai September. Rata-rata bulanan antara 5 dan 7 okta.



**Gambar 5.7j.** Variasi tahunan jumlah awan (okta) di Palembang dan sekitarnya (Sumber: BMKG, 2000-2008).

Karena dilewati PPAT dua kali dalam setahun, variasi tahunan curah hujan mempunyai dua kali maksimum, yakni sekitar bulan April dan sekitar bulan Desember yang mengesankan tipe hujan ekuatorial.



**Gambar 5.7k.** Variasi tahunan curah hujan (mm) di Palembang dan sekitarnya (Sumber: BMKG, 2000-2008).

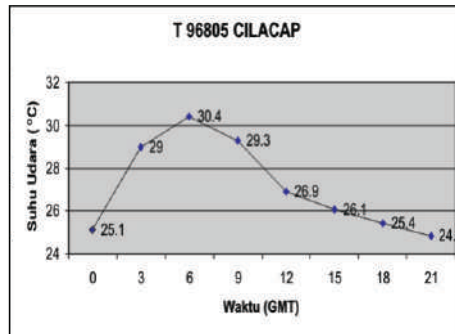
## 5.8. Daerah Selat Sunda dan Jawa Bagian Selatan

Daerah Selat Sunda dan Jawa bagian selatan menghadap Lautan India bagian timur. Daerah tersebut membujur sejajar khatulistiwa dan bagian pinggir dari daerah tekanan tinggi subtropik selatan. Pada waktu menjelang akhir musim dingin utara, udara di daerah tersebut diwarnai oleh sifat udara Laut Cina Selatan yang sudah melalui banyak daerah dan udara tropik Lautan India bagian timur. Tetapi pada waktu musim dingin selatan, udara diwarnai oleh sifat udara benua Australia dan udara tropik Lautan India bagian timur. Makin ke timur sifat udara benua tropis lebih terlihat. Dari bulan Januari - Februari daerah tersebut ditempati oleh PPAT yang merupakan daerah pempunan angin dari barat-barat laut yang berasal dari angin monsun timur laut kemudian berbelok menjadi angin barat setelah melintasi khatulistiwa, dan angin barat daya yang berasal dari angin pasat tenggara (selatan yang berbelok ke timur). Pada musim dingin selatan PPAT sudah ke utara, dan angin berubah menjadi dari tenggara sampai timur yang berasal dari angin pasat dari sub tropik selatan. Di bagian barat daerah tersebut imbas dari adanya palung tekanan rendah yang terbentuk oleh daerah tekan tinggi sub tropik Lautan India barat dan timur masih terasakan.

**Variasi harian** unsur cuaca (suhu, tekanan, angin, kelembapan, awan, hujan) juga tampak jelas di daerah selatan Jawa. Di kawasan pantai

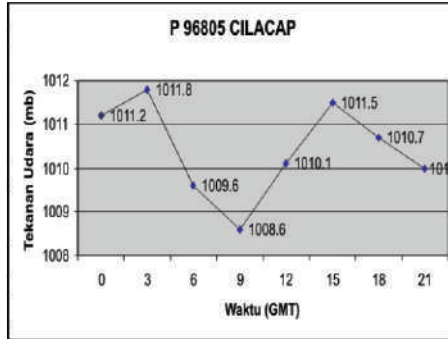
selatan Jawa, seperti yang terlihat dari data di Cilacap, menunjukkan bahwa :

Suhu harian mempunyai maksimum pada siang hari sekitar pukul 14 dan minimum pada dini hari sekitar pukul 05 waktu setempat. Laju perubahan suhu menuju ke maksimum sebesar dan laju perubahan suhu dari maksimum menuju minimum rata-rata sebesar +0,6 C/jam dan laju perubahan dari maksimum menuju minimum rata-rata sebesar -0,4 C/jam.



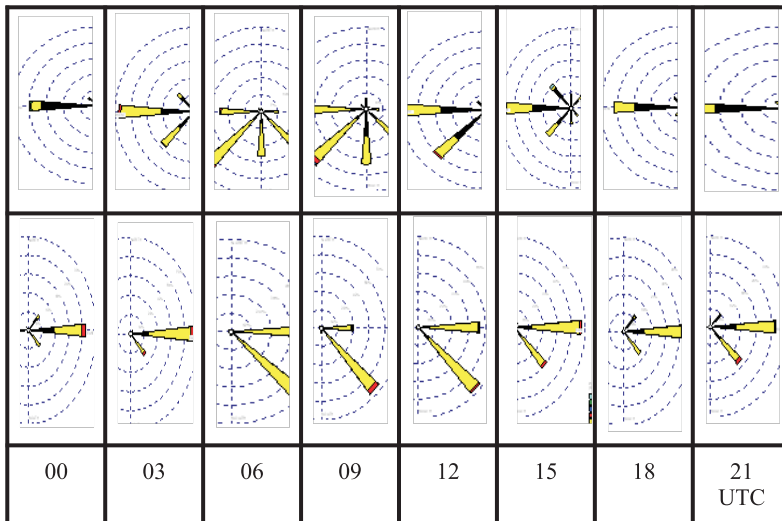
**Gambar 5.8a.** Variasi harian suhu udara (°C) di Cilacap dan sekitarnya (Sumber: BMKG, 2000-2008).

Variasi harian tekanan juga tampak jelas dengan dua maksimum dan dua minimum. Maksimum terjadi pada sekitar pukul 11 dan sekitar pukul 23 waktu setempat; sedangkan minimum terjadi sekitar pukul 17 dan sekitar pukul 05 waktu setempat. Maksimum pertama rata-rata sebesar 1011,8 hPa dan maksimum kedua sebesar 1011,5 hPa. Minimum pertama sebesar 1008,6 hPa dan minimum kedua sebesar 1010,0 hPa.



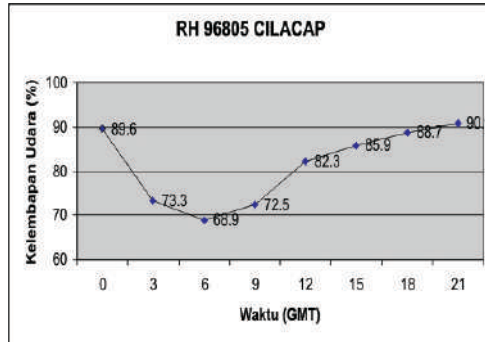
**Gambar 5.8b.** Variasi harian tekanan udara (hPa) di Cilacap dan sekitarnya (Sumber: BMKG, 2000-2008).

Variasi harian angin tidak jelas tetapi perubahannya mengikut musim monsun Asia musim dingin pada siang hari bertiup angin dari barat daya-selatan dan pada malam hari sampai menjelang pagi bertiup dari arah barat. Tetapi pada waktu monsun Asia musim panas atau monsun Australia musim dingin hampir sepanjang hari angin bertiup dari tenggara sampai timur.



**Gambar 5.8c.** Variasi harian angin Januari (atas) dan Juli (bawah) di Cilacap dan sekitarnya (Sumber: BMKG, 2000-2008).

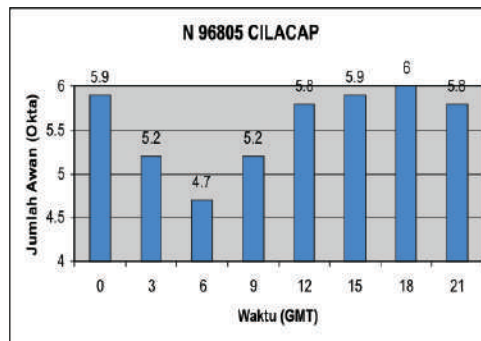
Seperti sifat kelembapan umumnya, variasi harian kelembapan nisbi udara berkebalikan dengan suhu, minimum terjadi pada siang hari ketika suhu mencapai maksimum.



**Gambar 5.8d.** Variasi harian kelembapan udara (%) di Cilacap dan sekitarnya (Sumber: BMKG, 2000-2008).

Umumnya pada siang hari kelembapan kurang dari 80% dan pada malam hari lebih dari 80%.

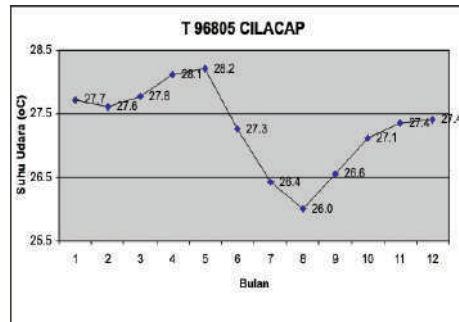
Berbeda dengan daerah pantai barat Sumatra, liputan awan banyak pada malam dan dini hari sedangkan pada siang hari lebih sedikit. Variasi tersebut berkaitan dengan udara pasat tenggara yang dengan angin laut membentuk pempunan di sepanjang pantai pada malam hari.



**Gambar 5.8e.** Variasi harian jumlah awan (okta) di Cilacap dan sekitarnya (Sumber: BMKG, 2000-2008).

**Variasi tahunan** unsur cuaca (suhu, tekanan, angin, kelembapan, awan, hujan) lebih banyak berkaitan dengan keadaan belahan bumi selatan. Seperti yang tercatat di Cilacap :

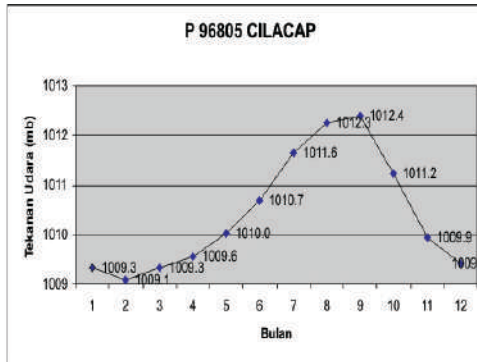
Variasi tahunan suhu tidak jelas kaitannya dengan posisi matahari tetapi banyak berkaitan dengan liputan awan dan adanya hujan. Suhu tinggi bertepatan dengan liputan awan dan curah hujan sedikit sehingga banyak sinaran matahari yang sampai ke permukaan bumi. Beda suhu rata-rata bulanan tertinggi dan terendah sekitar 2 C.



**Gambar 5.8f.** Variasi tahunan suhu udara ( C) di Cilacap dan sekitarnya (Sumber: BMKG, 2000-2008).

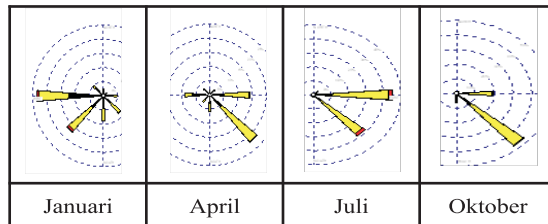
Variasi tahunan tekanan banyak berkaitan dengan perubahan tekanan di Australia. Pada waktu musim dingin Australia tekanannya tinggi dan pada waktu musim panas Australia tekanannya rendah. Beda tekanan rata-rata bulanan yang tertinggi dan yang terendah agak besar, sekitar 4 hPa.





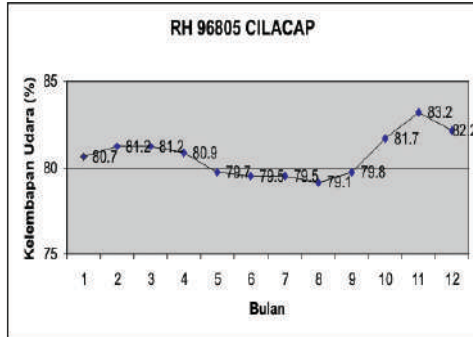
**Gambar 5.8g.** Variasi tahunan tekanan udara (hPa) di Cilacap dan sekitarnya (Sumber: BMKG, 2000-2008).

Variasi tahunan angin juga berkaitan dengan monsun; tetapi musim angin timur - tenggara berlangsung lebih lama dibandingkan dalam musim angin monsun Asia musim dingin.



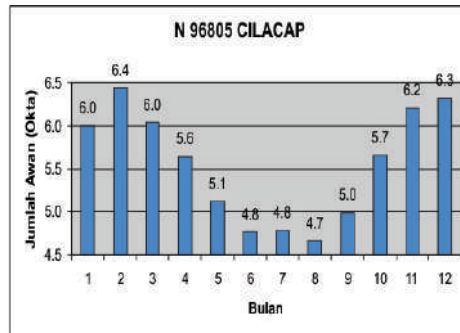
**Gambar 5.8h.** Variasi tahunan angin di Cilacap dan sekitarnya (Sumber: BMKG, 2000-2008).

Variasi tahunan kelembapan mengikut musim. Meskipun rata-rata bulanan lebih dari 75%, tetapi terdapat perbedaan dalam musim kemarau dari bulan Mei sampai September kelembapan dan dalam musim hujan dari bulan Oktober sampai Maret. Kelembapan udara dalam musim kemarau lebih rendah dibandingkan dalam musim hujan. Kelembapan rata-rata bulanan paling tinggi terdapat dalam bulan November-Desember.



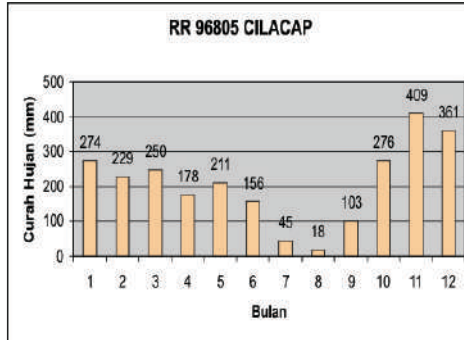
**Gambar 5.8i.** Variasi tahunan kelembapan udara (%) di Cilacap dan sekitarnya (Sumber: BMKG, 2000-2008)

Liputan awan banyak dari bulan Oktober sampai April dengan rata-rata bulanan lebih dari 5 okta, sedangkan dalam bulam Mei sampai bulan September kurang dari 5 okta.



**Gambar 5.8j.** Variasi tahunan jumlah awan (okta) di Cilacap dan sekitarnya (Sumber: BMKG, 2000-2008).

Curah hujan mempunyai variasi musiman, dengan banyak curah hujan dalam bulan Oktober sampai Maret dengan rata-rata bulanan lebih dari 200 mm, tetapi dalam musim kemarau di daerah-daerah pantai tertentu dapat timbul banyak curah hujan karena pumpanan angin pasat dengan angin darat yang arahnya bertentangan pada malam hari.



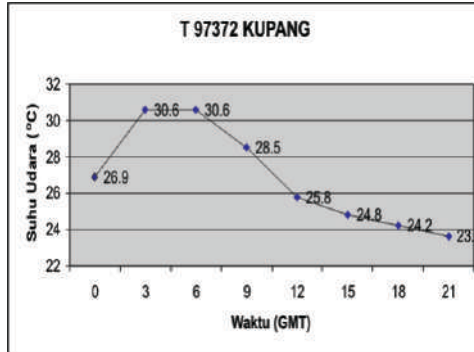
**Gambar 5.8k.** Variasi tahunan curah hujan (mm) di Cilacap dan sekitarnya (Sumber: BMKG, 2000-2008).

## 5.9. Daerah Jawa Timur Sampai Nusa Tenggara Timur

Daerah Jawa Timur sampai Nusa Tenggara Timur merupakan daerah yang paling jelas perbedaan antara musim hujan dan musim kemarau. Perubahan tekanan udara secara musiman sampai mencapai 5 milibar, dan terlihat lebih jelas dibandingkan dengan daerah lain. PPAT di daerah tersebut hanya dalam waktu pendek (Januari - Februari) yang terbentuk sebagai pampunan angin barat dari belahan bumi utara dan angin barat daya dari Lautan India bagian timur. Pada musim kemarau udara diwarnai dengan sifat massa udara benua tropik Australia. Angin bertiup dari tenggara sampai timur.

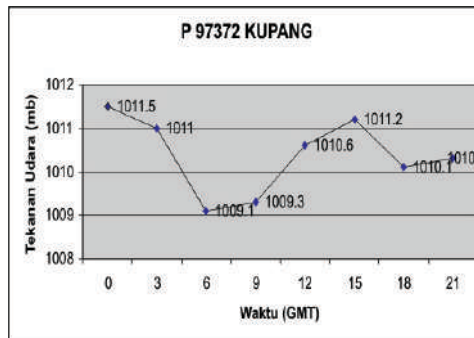
**Variasi harian** unsur cuaca (suhu, tekanan, angin, kelembapan, awan, hujan) juga sangat jelas. Seperti yang tercatat di Kupang :

Beda suhu rata-rata maksimum dan minimum cukup besar lebih dari 7 C. Suhu harian maksimum terjadi sekitar pukul 12 dan minimum terjadi sekitar pukul 06 pagi waktu setempat. Laju perubahan suhu dari minimum menuju maksimum sebesar +1,1 C/jam, dan laju perubahan suhu dari maksimum menuju minimum sebesar -0,3 C/jam.



**Gambar 5.9a.** Variasi harian suhu udara ( C) di Kupang dan sekitarnya (Sumber: BMKG, 2000-2008).

Variasi harian tekanan cukup besar; beda antara maksimum dan minimum sampai sekitar 3 hPa. Dalam sehari terdapat dua maksimum dan dua minimum.

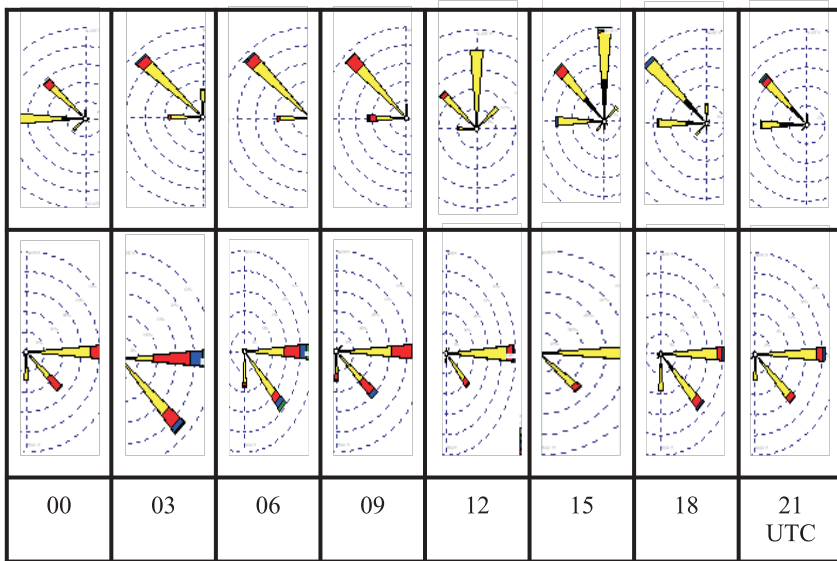


**Gambar 5.9b.** Variasi harian tekanan udara (hPa) di Kupang dan sekitarnya (Sumber: BMKG, 2000-2008).

Maksimum pertama rata-rata 1011,5 hPa terjadi sekitar pukul 09 dan maksimum kedua 1000,1 hPa pada sekitar pukul 24 waktu setempat. Minimum pertama 1009,1 hPa terjadi pada sekitar pukul 16 dan minimum kedua 1010,1 terjadi pada sekitar pukul 01 waktu setempat.

Variasi harian angin tidak jelas; tetapi dalam bulan Januari atau pada waktu monsun Asia musim dingin angin berubah arah dan kecepatannya.

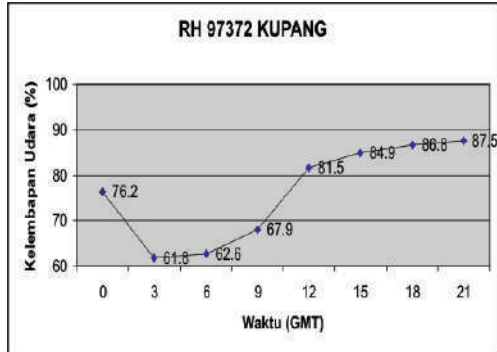
Pada waktu pagi sampai siang dari arah barat dan pada waktu sore sampai malam hari dari barat sampai utara dengan maksimum kecepatan pada waktu sore menjelang malam. Keadaan demikian menunjukkan bahwa faktor monsun dan keadaan laut mempunyai peran banyak dalam pembentukan sistem cuaca dan iklim di kawasan tersebut.



**Gambar 5.9c.** Variasi harian angin Januari (atas) dan Juli (bawah) di Kupang dan sekitarnya (Sumber: BMKG, 2000-2008).

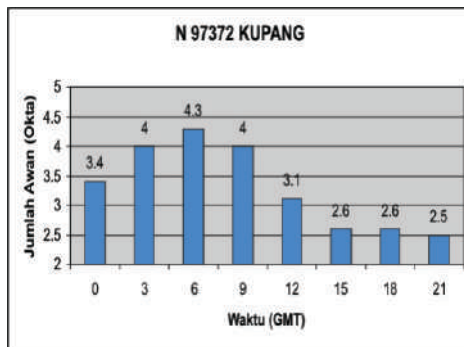
Sebaliknya dalam bulan Juli atau pada waktu aktifnya monsun Australia arah dan kecepatan angin hampir tidak berubah sepanjang hari dari arah timur-tenggara, dengan kecepatan maksimum pada siang hari.

Kelembapan udara di daerah tersebut agak rendah. Pada siang hari dapat kurang dari 60% dan pada malam hari hanya sekitar 80%.



**Gambar 5.9d.** Variasi harian kelembapan udara (°C) di Kupang dan sekitarnya (Sumber: BMKG, 2000-2008).

Variasi harian liputan awan sangat mencolok bedanya antara siang dan malam. Awan umumnya timbul pada siang hari dengan maksimum terjadi pada sekitar pukul 15 waktu setempat.

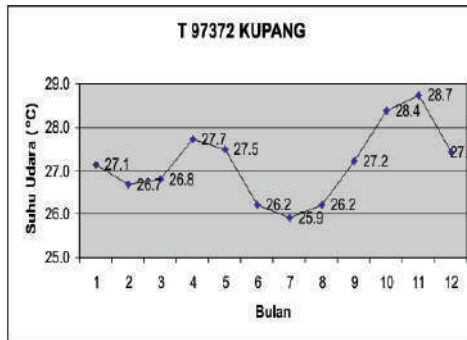


**Gambar 5.9e.** Variasi harian jumlah awan (okta) di Kupang dan sekitarnya (Sumber: BMKG, 2000-2008).

**Variasi tahunan** unsur cuaca (suhu, tekanan, angin, kelembapan, awan, hujan) lebih besar dibandingkan di daerah lain. Seperti yang terdapat di Kupang :

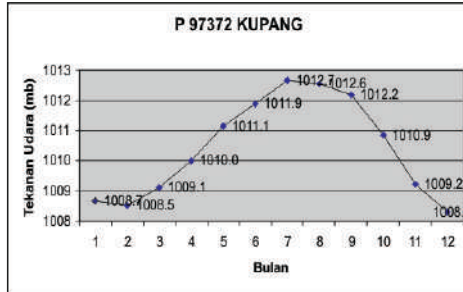
Berbeda dengan di daerah lain yang suhunya berkaitan selain dengan posisi matahari juga berkaitan dengan banyaknya liputan awan

dan hujan, di Kupang lebih banyak berkaitan dengan posisi matahari karena jumlah liputan awan dan hujan sedikit. Selain itu massa udara tropis Australia juga berperan banyak dalam pembentukan variasi tahunan suhu. Beda suhu rata-rata bulanan tertinggi dan terendah sekitar 3,5 °C. Suhu rata-rata bulanan rendah dalam bulan Juni-Agustus ketika matahari di belahan bumi utara atau di Australia musim dingin, dan suhu rata-rata bulanan tinggi pada bulan Oktober - November ketika matahari ada di belahan bumi selatan atau di Australia musim panas. Dalam bulan Desember sampai Maret suhu rata-rata bulanan agak rendah karena waktu itu banyak awan dan hujan.



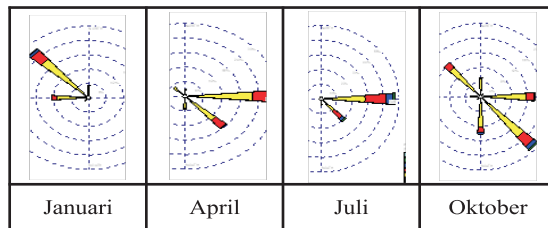
**Gambar 5.9f.** Variasi tahunan suhu udara (°C) di Kupang dan sekitarnya (Sumber: BMKG, 2000-2008).

Variasi tekanan mengikuti perubahan musiman tekanan di belahan bumi selatan atau tekanan di Australia. Tekanan bulanan rata-rata tinggi terdapat dalam bulan Juli - Agustus ketika di belahan bumi selatan atau di Australia musim dingin yang bertekanan tinggi, dan rendah terdapat dalam bulan Desember - Februari ketika di belahan bumi selatan atau di Australia musim panas yang bertekanan rendah. Beda tekanan rata-rata bulanan tertinggi dan terendah mencapai 5 hPa.



**Gambar 5.9g.** Variasi tahunan tekanan udara (hPa) di Kupang dan sekitarnya (Sumber: BMKG, 2000-2008).

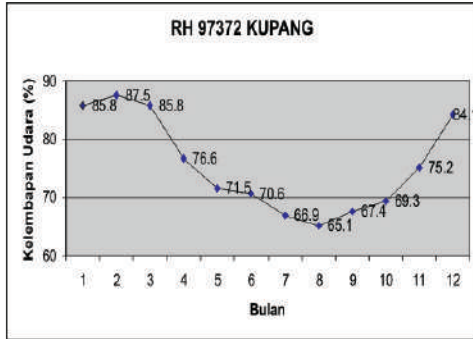
Variasi tahunan angin tampak jelas. Dalam bulan Oktober sangat berubah-ubah sampai menjadi angin barat laut pada waktu monsun Asia musim dingin. Pada waktu monsun Asia musim panas atau monsun Australia musim dingin angin bertiup dari tenggara sampai timur.



**Gambar 5.9h.** Variasi tahunan angin di Kupang dan sekitarnya (Sumber: BMKG, 2000-2008).

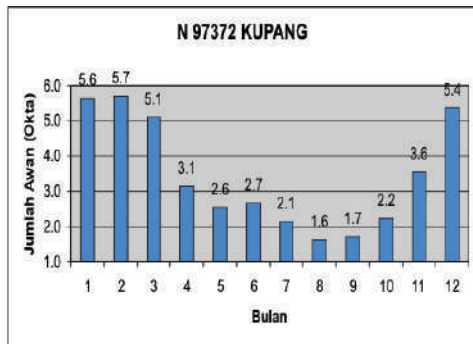
Serupa dengan suhu dan tekanan, variasi tahunan kelembapan mengikut musim. Kelembapan rendah pada waktu di belahan bumi selatan atau di Australia musim dingin dan tinggi ketika di belahan bumi selatan atau di Australia musim panas.





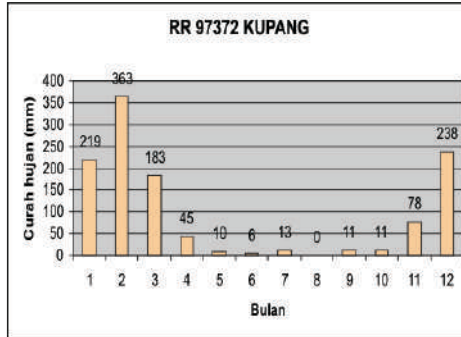
**Gambar 5.9i.** Variasi tahunan kelembapan udara (%) di Kupang dan sekitarnya (Sumber: BMKG, 2000-2008).

Liputan awan rata-rata sedikit jumlahnya. Dalam bulan April sampai Oktober rata-rata bulanan liputan awan kurang dari 3 okta sedangkan dalam bulan lainnya rata-rata tidak lebih dari 6 okta.



**Gambar 5.9j.** Variasi tahunan jumlah awan (okta) di Kupang dan sekitarnya (Sumber: BMKG, 2000-2008).

Variasi tahunan curah hujan identik dengan variasi tahunan awan, curah hujan sedikit dari bulan April sampai Oktober dan banyak hujan dari bulan Desember sampai Maret.



**Gambar 5.9k.** Variasi tahunan curah hujan (mm) di Kupang dan sekitarnya (Sumber: BMKG, 2000-2008).

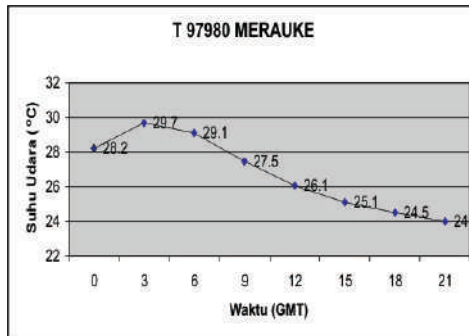
Keadaan yang demikian menunjukkan bahwa semua awan yang terbentuk umumnya adalah awan hujan dari jenis kumululus dan sedikit sekali jenis stratus.

## 5.10. Daerah Papua Bagian Selatan

Daerah Papua bagian selatan merupakan daerah tertutup yang dibatasi oleh barisan gunung yang tinggi yang menghadap ke Laut Banda dan Laut Arafura. Pada waktu musim dingin utara udara di atas daerah tersebut diwarnai oleh campuran udara Lautan Pasifik barat dan udara Lautan India bagian timur serta dari sifat Lautan Pasifik Selatan barat daya. Selama musim dingin utara angin bertiup dari arah barat laut yang berasal dari pasat utara yang terbelokkan menjadi angin barat laut setelah melintasi khatulistiwa, dan angin barat yang berasal dari daerah tekanan tinggi Lautan India bagian timur. Angin baratan kuat timbul berkaitan dengan adanya lembang tropik atau siklon tropik *willy-willy*. Pada musim dingin selatan (Australia) udara diwarnai oleh sifat Lautan Pasifik Selatan barat daya. Angin bertiup dari arah tenggara sebagai bagian pasat daerah tekanan tinggi subtropik selatan. Di daerah tersebut banyak dipengaruhi oleh massa udara tropis Lautan Pasifik barat daya (sebelah timur Australia) yang sifatnya hangat dan mantap, serta massa udara benua tropis Australia yang sifatnya dingin dan kering serta mantap.

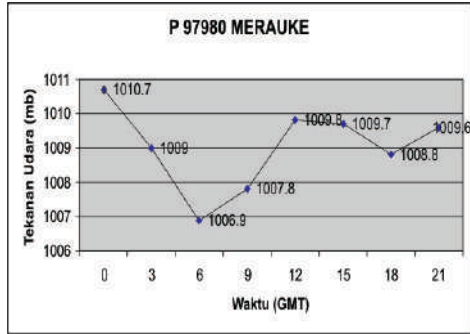
**Variasi harian** unsur cuaca (suhu, tekanan, angin, kelembapan, awan, hujan) di daerah tersebut masih jelas. Seperti hasil analisis data dari Merauke berikut :

Suhu harian maksimum pada sekitar pukul 13 dan minimum pada sekitar pukul 07 waktu setempat. Laju perubahan suhu dari minimum menuju maksimum sebesar + 0,9 C/jam, sedangkan laju perubahan dari maksimum menuju minimum sebesar -0,3 C/jam.



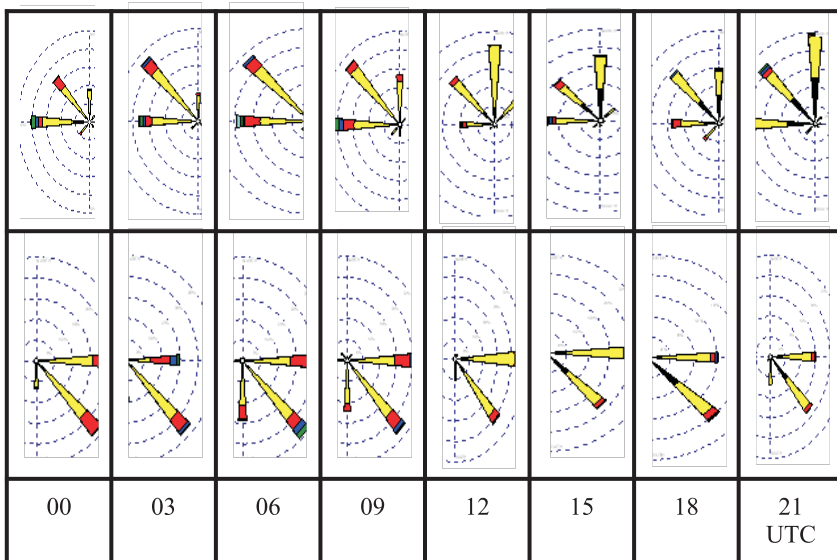
**Gambar 5.10a.** Variasi harian suhu udara (°C) di Merauke dan sekitarnya (Sumber: BMKG, 2000-2008).

Tekanan juga mempunyai variasi harian dengan dua maksimum dan dua minimum. Maksimum pertama sebesar 1010,7 hPa terjadi pada sekitar pukul 10 dan maksimum kedua sebesar 1009,8 hPa terjadi pada sekitar pukul 22 waktu setempat. Minimum pertama sebesar 1006,9 hPa terjadi pada sekitar pukul 16 dan minimum kedua sebesar 1008,8 hPa terjadi pada sekitar pukul 04 waktu setempat.



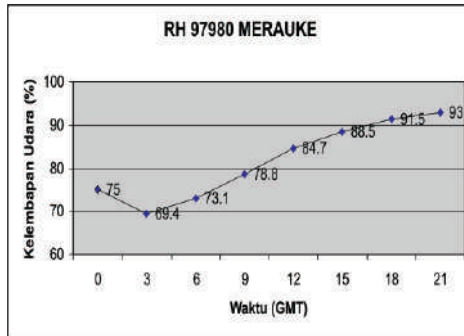
**Gambar 5.10b.** Variasi harian tekanan udara (hPa) di Merauke dan sekitarnya (Sumber: BMKG, 2000-2008).

Variasi harian angin hampir tidak terlihat untuk arahnya, tetapi terlihat jelas pada kecepatannya. Baik dalam waktu monsun Asia musim dingin atau monsun Australia musim dingin kecepatan angin pada siang hari lebih tinggi dibandingkan pada malam hari.



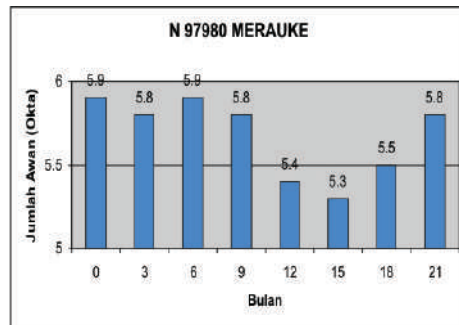
**Gambar 5.10c.** Variasi harian angin Januari (atas) dan Juli (bawah) di Merauke dan sekitarnya (Sumber: BMKG, 2000-2008).

Karena banyak mendapat aliran udara laut, kelembapan nisbi udara cukup tinggi. Pada siang hari rata-rata lebih dari 65% dan pada malam hari lebih dari 80%.



**Gambar 5.10d.** Variasi harian kelembapan udara (%) di Merauke dan sekitarnya (Sumber: BMKG, 2000-2008).

Liputan awan banyak terdapat pada siang dan malam menjelang pagi hari. Maksimum pada siang hari berkaitan dengan angin laut yang naik ke lereng-lereng pegunungan, dan maksimum di malam menjelang pagi hari berkaitan dengan pempunan angin darat dan angin laut atau pasat tenggara.

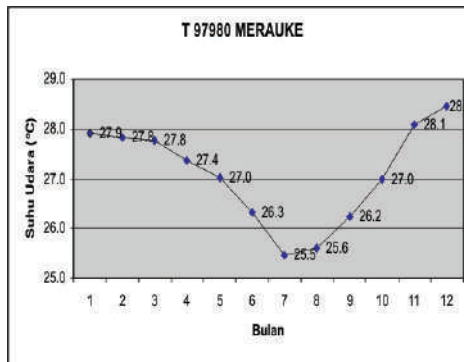


**Gambar 5.10e.** Variasi harian jumlah awan (okta) di Merauke dan sekitarnya (Sumber: BMKG, 2000-2008).

**Variasi tahunan** unsur cuaca (suhu, tekanan, angin, kelembapan, awan, hujan) banyak berkaitan dengan keadaan sistem cuaca belahan

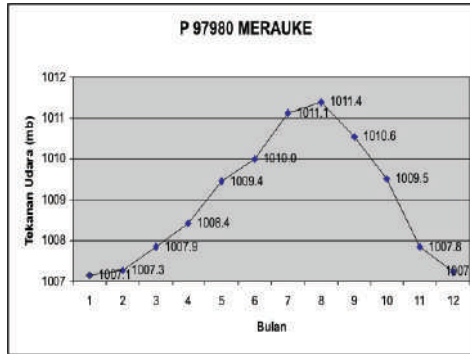
bumi selatan atau sistem cuaca di atas Australia dan Pasifik selatan. Seperti yang tercatat di Merauke :

Variasi tahunan suhu mempunyai maksimum dan minimum yang agak besar, sekitar 3,5 C. Suhu bulanan rata-rata rendah dalam bulan Juni sampai September ketika di belahan bumi selatan musim dingin dan suhu bulanan rata-rata tinggi dalam bulan November sampai Maret ketika di belahan bumi selatan musim panas.



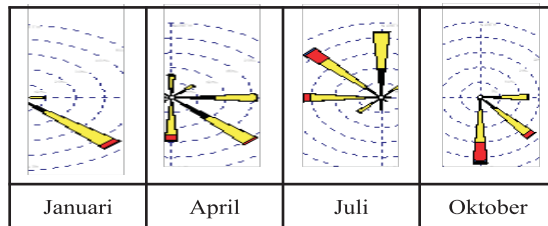
**Gambar 5.10f.** Variasi tahunan suhu ( C) di Merauke dan sekitarnya (Sumber: BMKG, 2000-2008).

Variasi tahunan tekanan sangat jelas berkaitan dengan perubahan musiman tekanan di belahan bumi selatan atau tekanan udara di atas Pasifik selatan dan Australia. Tekanan bulanan rata-rata tertinggi terdapat dalam Agustus ketika di belahan bumi selatan musim dingin dan terendah dalam bulan Desember ketika di belahan bumi selatan musim panas. Beda antara tekanan rata-rata bulanan tertinggi dan terendah besar, sampai sekitar 4,5 hPa.



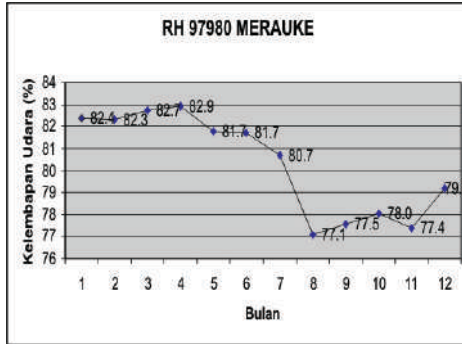
**Gambar 5.10g.** Variasi tahunan tekanan udara (hPa) di Merauke dan sekitarnya (Sumber: BMKG, 2000-2008).

Di kawasan tersebut angin lebih banyak dibentuk oleh pasat Pasifik barat daya sehingga banyak bertiup dari arah selatan - tenggara. Angin barat laut-utara karena monsun Asia musim dingin hanya bertiup dalam waktu pendek (Januari).



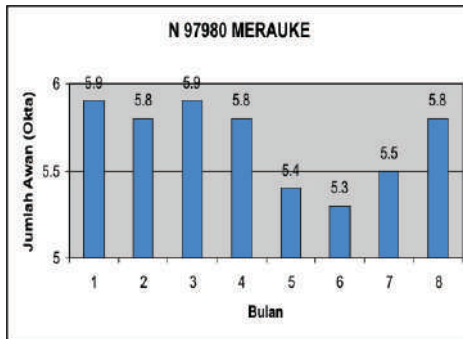
**Gambar 5.10h.** Variasi tahunan angin di Merauke dan sekitarnya (Sumber: BMKG, 2000-2008).

Variasi tahunan kelembapan udara tidak serupa dengan variasi harian yang berkebalikan dengan variasi suhu. Variasi tahunan menunjukkan bahwa kelembapan tinggi justru pada waktu suhu tinggi. Keadaan tersebut terjadi karena pada waktu itu (Januari sampai Juni) juga banyak awan dan hujan.



**Gambar 5.10i.** Variasi tahunan kelembapan udara (%) di Merauke dan sekitarnya (Sumber: BMKG, 2000-2008).

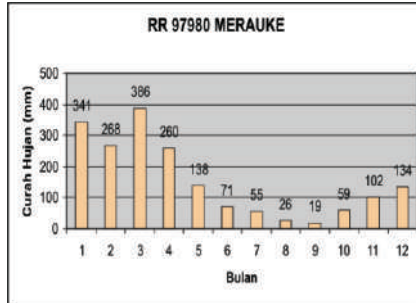
Liputan awan banyak terdapat dalam bulan Desember sampai Juni. Awan-awan tersebut berkaitan dengan monsun barat Australia yang berlangsung dari bulan Desember sampai Maret, dan karena pumpunan angin barat daya dari tekanan tinggi Australia dan angin tenggara dari tekanan tinggi Pasifik barat daya.



**Gambar 5.10j.** Variasi tahunan liputan awan (okta) di Merauke dan sekitarnya (Sumber: BMKG, 2000-2008).

Curah hujan bulanan tidak terlalu besar tetapi berbeda mencolok antara maksimum dan minimum sehingga terlihat jelas musim hujan dan musim kemarau. Variasi tahunan curah hujan mempunyai maksimum dalam bulan Maret dan terendah dalam bulan Agustus.





**Gambar 5.10k.** Variasi tahunan curah hujan (mm) di Merauke dan sekitarnya (Sumber: BMKG, 2000-2008).

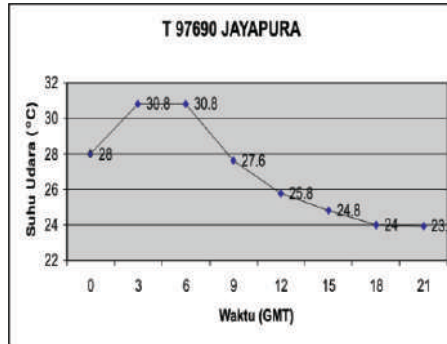
## 5.11. Daerah Papua Bagian Utara

Daerah Papua bagian utara merupakan daerah terbuka yang menghadap ke Laut Pasifik. Iklim di daerah Papua bagian utara banyak dikendalikan oleh massa udara tropis Lautan Pasifik barat laut yang sifatnya hangat dan mantap, dan massa udara tropis Lautan Pasifik barat daya (sebelah timur Australia) yang sifatnya hangat dan mantap, serta massa udara benua tropis Australia yang sifatnya dingin dan kering. Pada musim dingin belahan bumi utara, di kawasan tersebut banyak bertiup angin dari barat laut yang terbentuk oleh angin timur laut yang berbelok siklonal ketika mendekati khatulistiwa. Pada waktu musim panas belahan bumi utara di daerah tersebut sering menjadi daerah pempunan angin angin pasat tenggara dari Lautan Pasifik selatan dan angin pasat timur laut dari Lautan Pasifik utara barat, serta angin tenggara dari angin pasat Australia yang berbelok antisiklonal ketika mendekati khatulistiwa. Siklon tropis di Pasifik barat banyak andilnya kepada cuaca dan iklim daerah tersebut.

**Variasi harian** unsur cuaca (suhu, tekanan, angin, kelembapan, awan, hujan) juga terlihat jelas di daerah tersebut tetapi pengaruh lautan luas, siklon tropis, dan daratan pegunungan menentukan kadar variasinya. Seperti yang terlihat dari analisis data Jayapura :

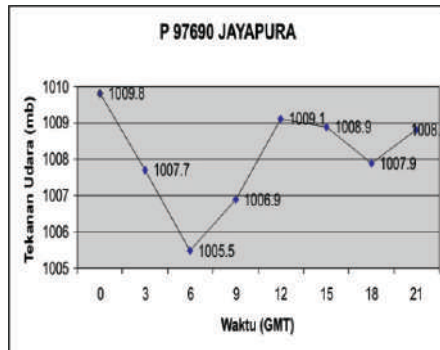
Variasi harian suhu mempunyai beda maksimum dan minimum sekitar 7 C. Maksimum terjadi sekitar pukul 13 dan minimum pada dini hari sekitar pukul 06 waktu setempat. Laju perubahan menuju ke

maksimum sekitar +0,9 C/jam dan laju perubahan dari maksimum ke minimum sebesar -0,4 C/jam.



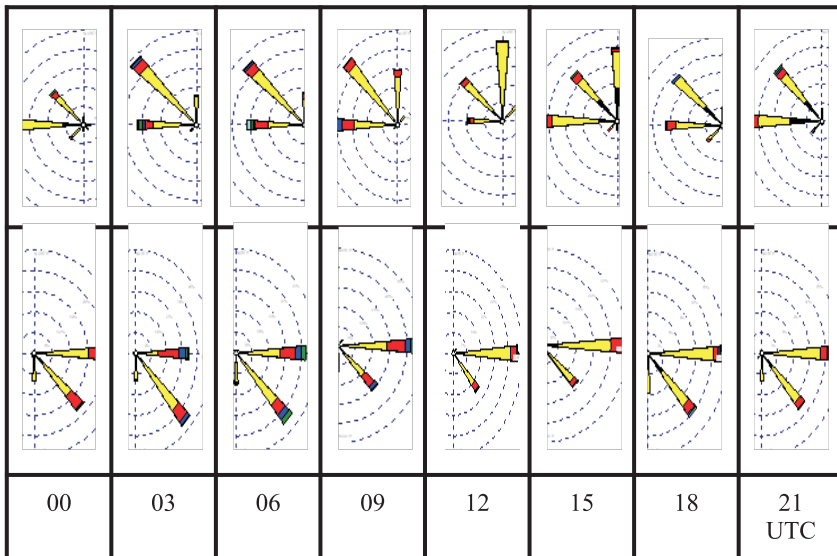
**Gambar 5.11a.** Variasi harian suhu udara ( C) di Jayapura dan sekitarnya (Sumber: BMKG, 2000-2008).

Variasi harian tekanan ditandai dengan dua maksimum dan dua minimum. Beda maksimum paling tinggi dan minimum paling rendah agak besar, sekitar 5 hPa. Beda yang agak besar tersebut karena berkaitan dengan daerah tersebut dekat dengan daerah siklontropis. Maksimum terjadi pada sekitar pukul 10 dan sekitar pukul 22 waktu setempat. Minimum terjadi pada sekitar pukul 16 dan 04 waktu setempat. Maksimum pertama sebesar 1009,8 hPa dan maksimum kedua sebesar 1009,1 hPa, sedangkan minimum pertama sebesar 1005,5 dan minimum kedua sebesar 1007,8 hPa.



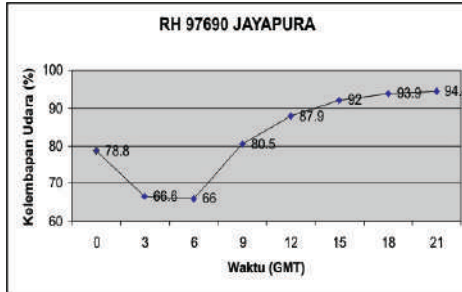
**Gambar 5.11b.** Variasi harian tekanan udara (hPa) di Jayapura dan sekitarnya (Sumber: BMKG, 2000-2008).

Variasi harian angin tidak tampak jelas. Pada waktu aktifnya monsun Asia musim dingin sepanjang hari angin berubah-ubah bertiup dari barat sampai utara dengan pada siang hari lebih kencang dibandingkan pada malam hari. Pada waktu musim dingin belahan bumi selatan dan aktifnya pasat Pasifik barat daya sepanjang hari angin bertiup dari timur sampai tenggara dan pada siang hari juga lebih kencang dibandingkan pada malam hari.



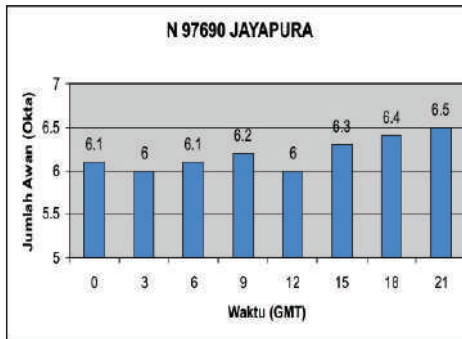
**Gambar 5.11c.** Variasi harian angin Januari (atas) dan Juli (bawah) di Jayapura dan sekitarnya (Sumber: BMKG, 2000-2008).

Kelembapan nisbi udara cukup besar; pada siang hari lebih dari 65% dan pada malam hari lebih dari 80%. Pada siang hari perubahannya lebih besar dibandingkan pada malam hari.



**Gambar 5.11d.** Variasi harian kelembapan udara (%) di Jayapura dan sekitarnya (Sumber: BMKG, 2000-2008).

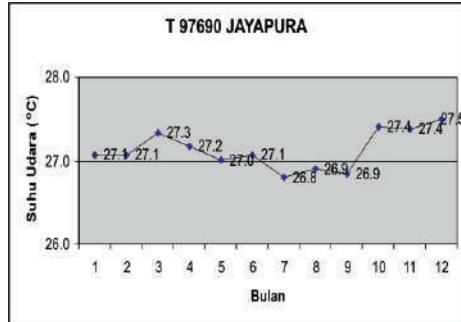
Liputan awan cukup banyak, rata-rata lebih dari 6 okta. Tidak banyak berbeda antara siang dan malam, meskipun maksimum umumnya terjadi pada malam menjelang dini hari.



**Gambar 5.11e.** Variasi harian jumlah awan (okta) di Jayapura dan sekitarnya (Sumber: BMKG, 2000-2008).

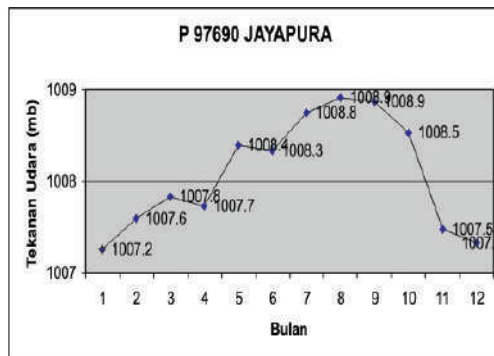
**Variasi tahunan** unsur cuaca (suhu, tekanan, angin, kelembapan, awan, hujan) di daerah Papua bagian utara kecil karena terletak dekat khatulistiwa dan iklim laut. Seperti yang tercatat di Jayapura :

Suhu rata-rata bulanan hampir tetap sepanjang tahun di sekitar 27 C, dengan beda tertinggi dan terendah hanya sekitar 0,5 C . Suhu tinggi pada waktu matahari di atas khatulistiwa sekitar bulan Maret dan Oktober, dan rendah ketika belahan bumi selatan musim dingin bulan Juni - Agustus.



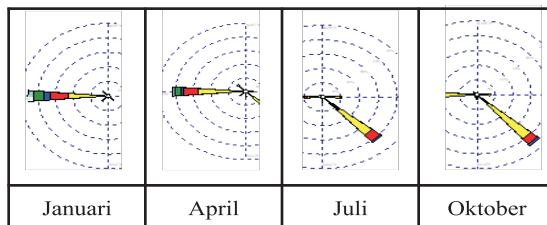
**Gambar 5.11f.** Variasi tahunan suhu udara (°C) di Jayapura dan sekitarnya (Sumber: BMKG, 2000-2008).

Variasi tekanan juga kecil meskipun banyak berkaitan dengan perubahan musiman tekanan di belahan bumi selatan.



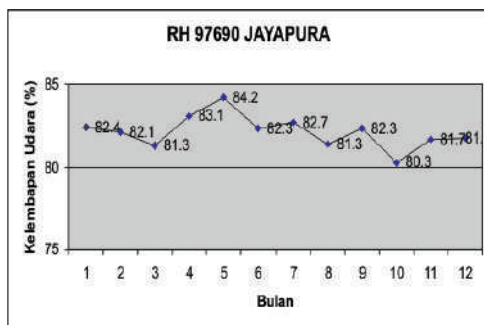
**Gambar 5.11g.** Variasi tahunan tekanan udara(hPa) di Jayapura dan sekitarnya (Sumber: BMKG, 2000-2008).

Beda tekanan rata-rata bulanan hanya sekitar 2 hPa dan tertinggi pada sekitar bulan September ketika di belahan bumi selatan musim dingin dan bertekanan tinggi; terendah sekitar bulan Januari ketika di belahan bumi selatan musim panas dan bertekanan rendah.



**Gambar 5.11h.** Variasi tahunan angin di Jayapura dan sekitarnya (Sumber: BMKG, 2000-2008).

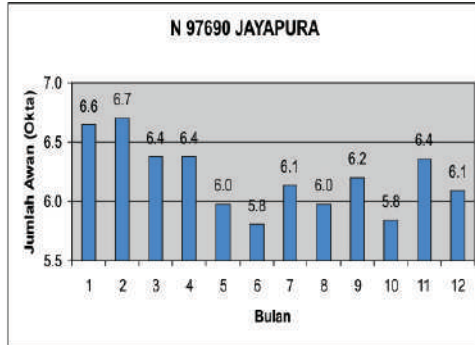
Variasi tahunan angin tampak jelas dari barat pada waktu monsun Asia musim dingin dan dari selatan - tenggara pada waktu monsun Asia musim panas atau monsun musim dingin Australia.



**Gambar 5.11i.** Variasi tahunan kelembapan udara (%) di Jayapura dan sekitarnya (Sumber: BMKG, 2000-2008).

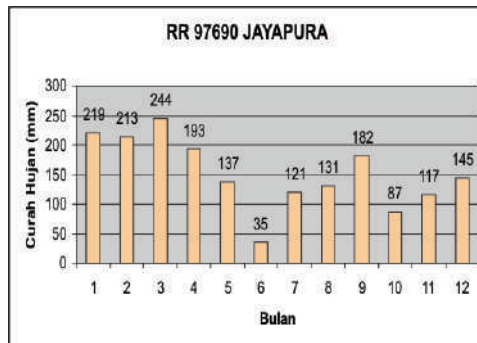
Karena banyak sifat massa udara tropis lautan maka kelembapan udara cukup tinggi. Rata-rata bulanan lebih dari 80% dan tidak banyak perbedaan sepanjang tahun.

Liputan awan juga banyak sepanjang tahun, dengan rata-rata bulanan antara 5 dan 7 okta, meskipun tertinggi terdapat dalam bulan Januari.



**Gambar 5.11j.** Variasi tahunan jumlah awan (okta) di Jayapura dan sekitarnya (Sumber: BMKG, 2000-2008).

Variasi tahunan curah hujan hampir identik dengan variasi tahunan awan, yang menandai bahwa hujan berasal umumnya dari awan jenis kumulus yang terbentuk oleh pempunan angin dalam PPAT yang terdapat di daerah tersebut sekitar bulan Januari dan dalam musim badai tropis atau siklon tropis dalam bulan Juni - September.



**Gambar 5.11k.** Variasi tahunan curah hujan (mm) di Jayapura dan sekitarnya (Sumber: BMKG, 2000-2008).

# 5

## VARIASI KLIMATIK UNSUR IKLIM

Kondisi dan peredaran matahari membentuk sistem cuaca dalam berbagai skala, mulai dari skala kecil sampai skala sangat besar dengan sifat berfluktuasi. Fluktuasi tersebut mempunyai ukuran variabilitas tak hingga banyak mulai dari variabilitas sangat kecil variasi harian (*diurnal variation*), variasi intra-musiman, variasi musiman, variasi intra tahunan, variasi tahunan (*annual variation*), sampai variasi antar tahunan dst. Khususnya kepada sistem cuaca kawasan tropik memberikan jenis-jenis fluktuasi seperti dalam tabel berikut (Yamanaka M.D., 1996). Namun demikian dalam buku ini yang dibahas hanya variasi harian dan variasi tahunan.

Cuaca di Indonesia berfluktuasi dengan berbagai variasi, dari variasi harian (*diurnal variation*), variasi tahunan (*annual variation*), variasi musiman (*seasonal variation*), variasi intra musiman (*intraseasonal variation*), variasi antartahunan (*interannual variation*), dst. Karena letak wilayah Indonesia di sekitar khatulistiwa, maka wilayah tersebut menerima sinaran matahari terus-menerus sepanjang tahun tetapi berbeda mencolok pada waktu siang dan malam hari. Perbedaan sinaran



siang dan malam hari memberi ciri yang kuat berupa variasi harian unsur cuaca, terutama pada suhu, tekanan, angin, dan kelembaban.

Tabel 5.1. Variasi klimatik atmosfer tropik (Yamanaka M.D., 1996).

Kategori	Variasi	Skala waktu	Keterangan
Musiman dan antar tahun	Osilasi 10-12 tahunan (TTO)	10 – 12 th	Osilasi TTO ( <i>ten to twelve oscillation</i> ) sering dikaitkan dengan daur bintik matahari.
	ENSO ( <i>El Nino Southern Oscillation</i> )	4 th	Osilasi troposferik yang dominan dalam kaitannya dengan iklim global, dan dipandang sebagai pasangan laut-atmosfer yang mandiri.
	QBO ( <i>Quasi Binary Oscillation</i> )	2 th	Moda osilasi yang dominan di stratosfer ekuator bawah. Juga sebagai komponen osilasi troposfer selatan dan peredaran monsun, tetapi asalnya belum diketahui dengan pasti.
	AO ( <i>Annual Oscillation</i> )	0,5 th	Dominan di kawasan khatulistiwa. AO tropopause dan mesopause dipengaruhi / ditimbulkan oleh interaksi aliran (monsun).
	ISO ( <i>Interseasonal Oscillation</i> )	30-60 hari	Gelombang Kelvin dengan bilangan gelombang zonal = 1. Dipandang sebagai hasil dari CSIK ( <i>Convective Stability of Secondary Kind</i> ).

Gangguan yang gerakannya ke timur	<i>Super cloud</i>	10-20 hari	Gelombang Kelvin dengan panjang gelombang zonal 2000-4000 km. Dipandang sebagai rezim golakan dalam dari ISO yang gerakannya ke timur.
	Gelombang Kelvin	20 hari	Di dekat tropopause, terpusat di Pasifik Barat.
	Gelombang Kelvin	10-20 hari	Di stratosfer bawah dengan bilangan gelombang k antara 1 dan 2.
	Gelombang Kelvin	5 hari	Di dekat stratopause dengan kecepatan besar ke arah timur.
	MRG ( <i>Mixed Rossby Gravity wave</i> )	4-5 hari	Di stratosfer bawah dengan bilangan gelombang 4 – 5.
Gangguan yang gerakannya ke barat	<i>Cloud cluster</i>	4 hari	Di troposfer.
	Gelombang dua hari	2 hari	Di dekat tropopause ; berbentuk gelombang gravitas inersia atau siklontropis. Dihasilkan dari mekanisme CISK.
	Pasang surut	1 hari	Skala planet.
	Angin darat-angin laut	1 hari	Skala meso.
Variasi yang lebih pendek	Pasang surut semi harian	0,5 hari	Skala planet.
	Awan Cb	1 jam	Angin laut-angin darat sampai jarak 10 km, didorong oleh kondisi atmosfer takmantap. Dihasilkan dari mekanisme CISK.

Variasi harian suhu yang jelas ditandai dengan maksimum pada siang hari dan minimum pada malam menjelang pagi hari. Laju perubahan (landaian) suhu pada waktu menuju maksimum lebih besar dibandingkan dengan laju perubahan dari maksimum menuju ke minimum. Berbedanya laju perubahan suhu tersebut karena permukaan bumi cepat menjadi panas selama matahari naik, dan pelepasan panas sedikit pada waktu masih ada penyinaran matahari.

Variasi harian tekanan mempunyai maksimum dua kali dan minimum juga dua kali tetapi berbeda-beda waktunya. Namun demikian rata-rata maksimum terjadi pada sekitar pukul 10 pagi dan 10 malam waktu setempat, sedangkan minimum pada sekitar pukul 4 pagi dan pukul 4 sore waktu setempat. Umumnya tekanan maksimum pertama lebih tinggi dibandingkan minimum kedua, dan tekanan minimum pertama lebih rendah dibandingkan minimum kedua. Tingginya tekanan maksimum dan minimum bergantung kepada lokasi daerah.

Variasi harian angin yang jelas terdapat di tempat-tempat tertentu, misalnya di kawasan pantai variasi harian ditandai dengan adanya angin darat dan angin laut, di pegunungan dengan angin lembah dan angin gunung. Akan tetapi angin lokal tersebut menjadi tidak jelas karena adanya angin dari sistem skala besar, misalnya monsun. Bila angin lokal kuat interaksi dengan angin dari sistem skala besar tersebut menimbulkan angin yang sangat berubah-ubah. Oleh karena itu, saat terjadinya angin berubah-ubah dapat digunakan sebagai indikasi mulai berperannya angin dari sistem skala besar tersebut.

Variasi harian kelembaban nisbi udara berkebalikan dengan variasi harian suhu, yakni minimum pada saat suhu mencapai maksimum dan maksimum pada waktu suhu mencapai minimum.

Variasi harian curah hujan sangat bergantung kepada tempatnya; di atas daratan hujan lebih banyak terjadi pada siang dan sore hari, sedangkan di atas laut dan teluk sering terjadi pada waktu malam dan menjelang pagi hari.

Sesuai dengan letak geografinya Indonesia mempunyai variasi tahunan atau musiman. Namun demikian variasi musiman suhu dan tekanan sangat kecil. Variasi tahunan yang jelas terlihat pada curah hujan dan angin. Oleh karena itu, di Indonesia dikenal musim hujan dan musim kemarau. Kedua musim tersebut dibedakan dari banyaknya curah hujan dan bertiupnya angin. Pada umumnya sewaktu matahari ada di belahan bumi selatan dari bulan Oktober sampai Maret, curah hujan lebih banyak dibandingkan sewaktu matahari di atas belahan bumi utara dari bulan April sampai September. Untuk membedakan kedua musim tersebut BMKG menggunakan kriteria banyaknya curah hujan sama atau lebih dari 50 mm tiap dasarian; meskipun dengan kriteria tersebut banyak daerah yang sulit dibedakan antara musim hujan dan musim kemarau.

Dalam tabel berikut ditunjukkan sebaran jumlah curah hujan bulanan di beberapa tempat yang berbeda variasinya. Umumnya dalam musim kemarau Juni - Juli - Agustus (JJA) koefisien variasinya besar, sedangkan dalam musim hujan Desember-Januari - Februari (DJF) koefisien variasinya kecil.

Tabel. 5.2. Koefisien variasi (%) hujan bulanan

Stasiun	Periode			
	JJA	SON	DJF	MAM
Medan	96	68	70	52
Banda Aceh	140	59	107	58
Manado	75	23	13	40
Padang	60	42	2	22
Jambi	102	121	62	100
Pontianak	117	12	17	21
Balikpapan	32	146	24	5
Jakarta	127	60	3	12
Yogyakarta	417	140	16	64
Ujungpandang	225	153	23	29
Biak	78	88	48	72
Merauke	211	314	79	78

Sumber data : Diolah dari data BMKG 1957-1997.

Minoru Tanaka (1994) mengemukakan bahwa daur musim kemarau yang diidentifikasi dengan menggunakan jumlah liputan awan di Jawa dan sekitarnya mempunyai variasi kisaran sampai 35% sedangkan daur intra

musiman sekitar 5%. Pernyataan tersebut sesuai dengan pendapat M.J. Manton dan J.L. McBride. Besarnya variasi tersebut karena dalam daerah monsun lebih banyak struktur cuaca skala meso.

Variasi tahunan suhu sangat kecil hanya sekitar 3 °C. Secara teori suhu maksimum terdapat dalam bulan ketika posisi matahari di atas daerah tersebut; tetapi di banyak daerah di dalam bulan-bulan tersebut suhunya rendah karena justru saat matahari di atas daerah tersebut terjadi banyak awan dan hujan. Awan dan hujan tersebut mengurangi banyaknya sinaran yang sampai di permukaan bumi.

Variasi tahunan tekanan juga kecil; rata-rata kisarannya kurang dari 3 hPa; kecuali di daerah-daerah yang berdekatan dengan daerah tekanan tinggi Australia dan daerah tekanan tinggi Asia variasinya dapat lebih dari 3 hPa. Pada waktu Asia musim dingin tekanan di atas Asia tinggi dan pada waktu musim panas tekanannya rendah; demikian pula di atas Australia. Dengan demikian daerah-daerah yang berdekatan dengan Asia dan Australia mempunyai variasi tahunan tekanan yang agak nyata.

Variasi tahunan atau musiman juga terlihat pada arah angin meskipun tidak sama arah dan perubahan anginnya; misalnya di Sumatra Barat variasi musiman berupa perubahan dari angin barat daya dan timur laut, di Jawa terlihat dari perubahan angin barat dan angin timur. Variasi-variasi tersebut berkaitan dengan monsun Asia dan monsun Australia. Di beberapa daerah misalnya di Jawa bagian timur, Bali, Nusa Tenggara serta daerah lain yang berdekatan dengan Australia, variasi musiman tekanan, suhu maksimum dan minimum juga terlihat jelas.

Dari sifat massa udara dan variabilitas unsur cuacanya, dalam skala besar (sinoptik) wilayah Indonesia dibedakan menjadi 11 subwilayah, yakni: daerah Nangroe Aceh Darussalam bagian utara, daerah Sumatra bagian utara (Sumatra Utara bagian utara dan Riau daratan), daerah Riau lautan dan Kalimantan Barat. Daerah NAD bagian barat-selatan sampai Bengkulu, daerah Sumatra Selatan, Laut Jawa dan sekitarnya, daerah Kalimantan dan Sulawesi, daerah Maluku bagian tengah dan utara sampai Papua bagian barat dan utara, daerah Selat Sunda dan Jawa bagian selatan,

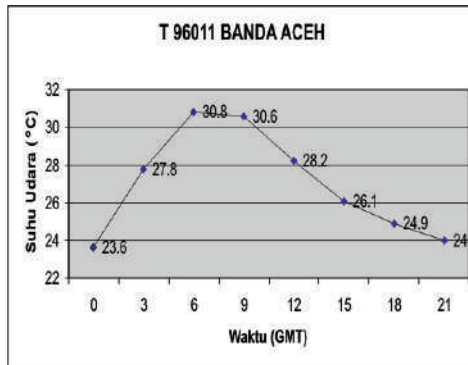
daerah Jawa Timur sampai Nusa Tenggara Timur, daerah Papua bagian selatan, dan daerah Papua bagian utara.

### **5.1. Daerah Nangroe Aceh Darussalam Bagian Utara**

Daerah Aceh yang terletak di ujung barat-utara langsung menghadap Lautan India dan bertetangga dengan sistem cuaca Teluk Benggala dan Bangladesh. Dari sistem tekanan, daerah tersebut terletak dalam daerah tekanan rendah khatulistiwa atau *doldrums*. Dalam waktu peralihan musim *doldrums* terlihat jelas; angin sangat berubah arah. Musimnya sangat berkaitan dengan monsun Asia Selatan yang pada musim dingin Asia angin bertiup dari timur laut dengan massa udara yang sifat asalnya dari Tibet dingin dan kering kemudian termodifikasi di Laut India utara. Oleh karena itu, cuaca di daerah Aceh bergantung banyak kepada udara di atas laut tersebut. Bila laut panas banyak menghasilkan hujan dan bila lautnya dingin hujan berkurang. Pada musim panas belahan bumi utara angin bertiup dari arah barat daya karena monsun barat daya (*SW monsoon*). Pada waktu monsun Asia musim panas aktif dan kuat, angin barat dayanya berkurang dan menjadi dari selatan sampai selatan tenggara; curah hujan juga berkurang, Pada saat itu di laut sebelah barat India sering timbul lembang tropis (*tropical depression*); curah hujan banyak di pantai barat dan utara India. Tetapi bila monsun Asia tersebut lemah, angin bertiup dari arah barat daya sampai barat. Ada yang mengatakan bahwa angin barat tersebut adalah angin baratan khatulistiwa atau sebagai kepanjangan dari komponen peredaran Walker. Angin baratan tersebut memicu timbulnya lembang tropis sampai siklon tropis (*tropical cyclone*) di Teluk Benggala. Imbas dari lembang tropis dan siklon tropis dirasakan di daerah Aceh berupa banyak hujan dan angin kencang, serta gelombang laut yang tinggi. Masa timbulnya lembang tropis tersebut antara bulan Mei sampai September. Keadaan yang demikian berbeda dengan di daerah tengah atau timur yang cuaca gangguannya banyak terjadi dalam bulan Oktober - Maret.

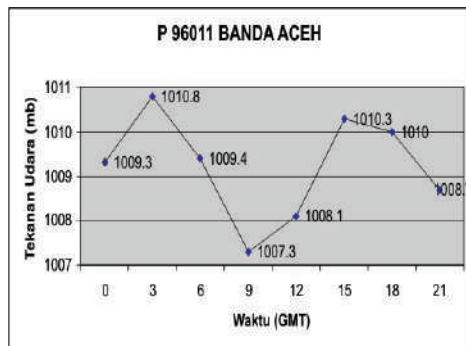
**Variasi harian** unsur cuaca (suhu, tekanan, angin, kelembaban, awan, hujan) seperti yang tercatat di Banda Aceh :

Suhu harian mencapai maksimum pada beberapa waktu setelah matahari mencapai kulminasi, dan minimum pada waktu setelah dini hari. Karena banyak angin berasal dari laut maka beda suhu maksimum dan minimum tidak terlalu besar, hanya sekitar 6 C. Laju perubahan suhu selama menuju ke maksimum sebesar +1,8 C/jam, dan laju perubahan dari maksimum ke minimum sebesar -0,6 C/jam



**Gambar 5.1a.** Variasi harian suhu udara ( C ) di Banda Aceh dan sekitarnya (Sumber: BMKG, 2000-2008).

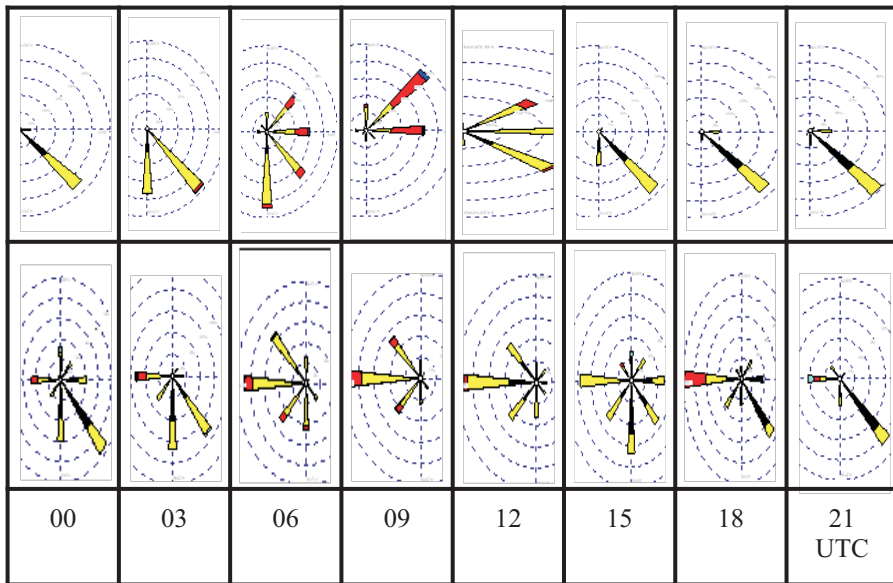
Tekanan berubah harian dengan dua maksimum dan dua minimum. Tekanan maksimum terjadi sekitar pukul 11 dan sekitar pukul 24 waktu setempat; maksimum pertama sebesar 1010,8 hPa dan maksimum kedua sebesar 1010,3 hPa.



**Gambar 5.1b.** Variasi harian tekanan udara (hPa) di Banda Aceh dan sekitarnya (Sumber: BMKG, 2000-2008).

Tekanan minimum terjadi pada sekitar pukul 17 dan sekitar pukul 05 waktu setempat; minimum pertama sebesar 1007,3 hPa dan minimum kedua sebesar 1008,7 hPa.

Variasi harian angin tidak jelas dalam bulan Januari atau pada waktu monsun dingin Asia. Hampir sepanjang hari angin bertiup dari timur. Tetapi berubah-ubah dari tenggara sampai timur laut pada siang sampai sore hari. Berubah-ubahnya angin tersebut karena menguatnya angin laut.

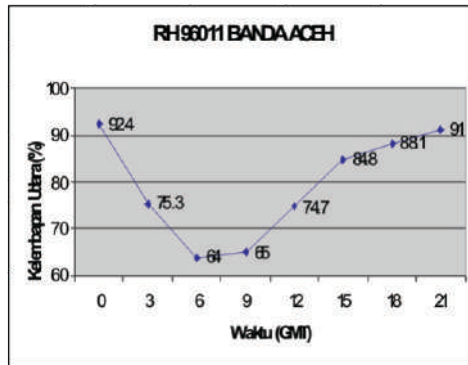


**Gambar 5.1c.** Variasi harian angin Januari (atas) dan Juli (bawah) di Banda Aceh. (Sumber: BMKG, 2000-2008).

Demikian pula dalam bulan Juli atau pada waktu monsun panas Asia, tidak menunjukkan variasi harian yang jelas. Hampir sepanjang hari bertiup dari barat, meskipun terjadi arah yang berubah-ubah dari selatan dan tenggara pada waktu malam sampai pagi ketika angin darat kuat. Keadaan demikian menunjukkan bahwa faktor lokal lemah sehingga cuaca dan iklim kawasan tersebut banyak ditentukan oleh faktor luar. Waktu terjadinya angin berubah-ubah terjadi banyak interaksi dan pertukaran sifat angin lokal dan angin skala besar.

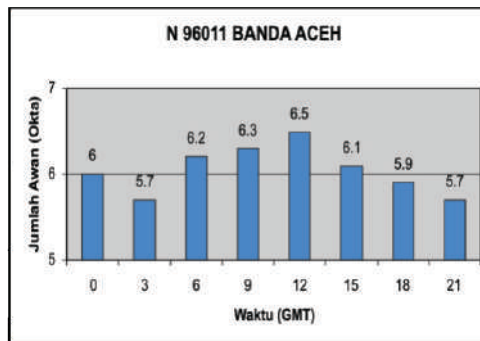


Rata-rata harian kelembaban nisbi udara cukup tinggi, lebih besar dari 60%. Minimum terjadi pada siang hari sekitar pukul 13 waktu setempat dan kelembaban tinggi pada waktu malam.



**Gambar 5.1d.** Variasi harian kelembaban udara (%) di Banda Aceh dan sekitarnya (Sumber: BMKG, 2000-2008).

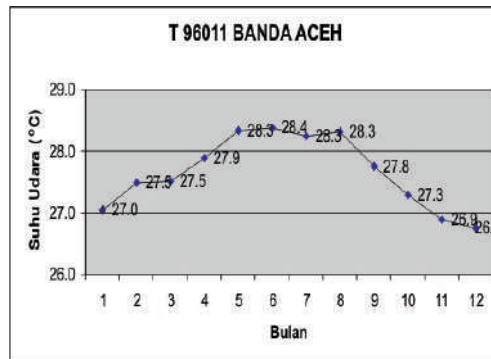
Banyaknya liputan awan minimum pada pagi hari dan maksimum pada petang hari sekitar pukul 08 malam.



**Gambar 5.1e.** Variasi harian jumlah awan (okta) di Banda Aceh dan sekitarnya (Sumber: BMKG, 2000-2008).

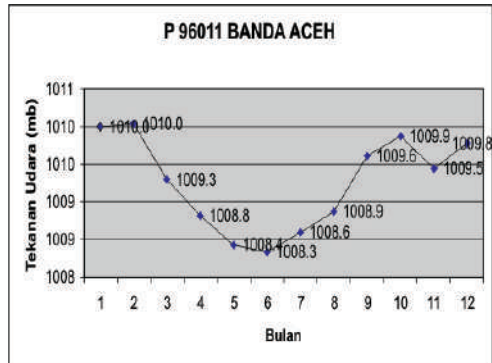
**Variasi tahunan** unsur cuaca (suhu, tekanan, angin, kelembaban, awan, hujan) banyak dibentuk oleh posisi matahari dan peredaran monsun Asia.

Variasi tahunan suhu selain berkaitan dengan posisi matahari, dan peredaran monsun, juga berkaitan dengan banyaknya liputan awan dan hujan. Suhu bulanan tinggi terdapat dalam bulan Juni sampai Agustus ketika matahari ada di belahan bumi utara dan liputan awan sedikit, sedangkan suhu rendah dalam bulan November sampai Januari ketika matahari ada di belahan bumi selatan dan liputan awan banyak. Karena letaknya Banda Aceh sekitar khatulistiwa, maka beda suhu rata-rata maksimum dan rata-rata minimum kecil, hanya sekitar 3 C.



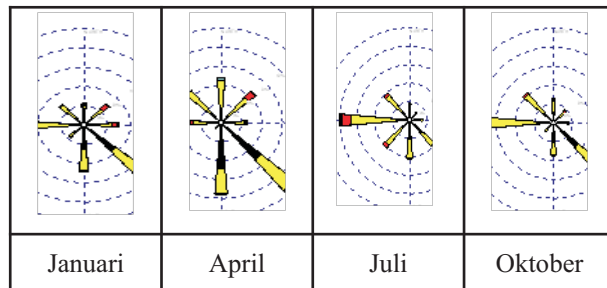
**Gambar 5.1f.** Variasi tahunan suhu udara ( C) di Banda Aceh dan sekitarnya (Sumber: BMKG, 2000-2008).

Variasi tahunan tekanan udara berkebalikan dengan variasi tahunan suhu. Tekanan rata-rata bulanan tinggi terdapat dalam bulan Oktober sampai Januari dan rendah dalam bulan Mei sampai Agustus. Variasi tahunan tekanan udara banyak berkaitan dengan monsun Asia. Ketika Asia musim panas tekanan udara di daerah Banda Aceh rendah, dan ketika Asia musim dingin tekanan udara tinggi. Namun demikian beda tekanan rata-rata bulanan kecil, hanya sekitar 2 hPa.



**Gambar 5.1g.** Variasi tahunan tekanan udara (hPa) di Banda Aceh dan sekitarnya (Sumber: BMKG, 2000-2008).

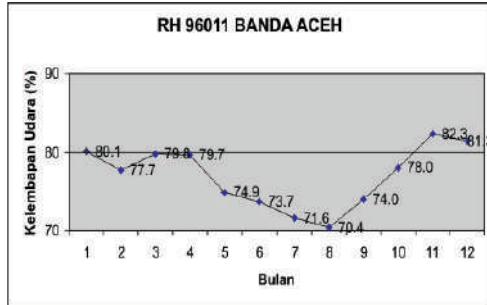
Meskipun tidak konsisten kuat, variasi tahunan angin masih kelihatan. Pada waktu monsun dingin Asia banyak bertiup dari tenggara, dan pada waktu monsum Asia musim panas banyak dari arah barat.



**Gambar 5.1h.** Variasi tahunan angin di Banda Aceh dan sekitarnya (Sumber: BMKG, 2000-2008).

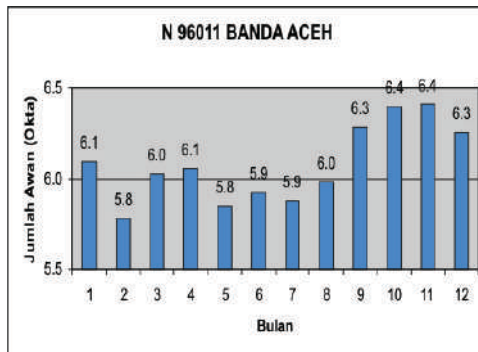
Keadaan demikian menunjukkan bahwa angin monsun Asia musim panas lebih banyak andilnya dalam pembentukan cuaca dan iklim di kawasan tersebut.

Hampir sepanjang tahun kelembaban udara tinggi. Rata-rata bulanan sekitar 75% dan variasi tahunan kecil hanya sekitar 10%. kelembaban udara rendah terdapat dalam bulan Juni sampai September ketika suhu udara tinggi dan tekanan udara rendah.



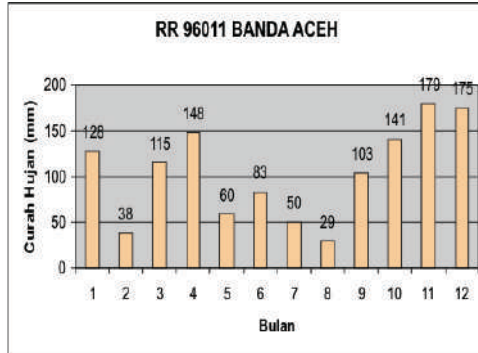
**Gambar 5.1i.** Variasi tahunan kelembapan udara (%) di Banda Aceh dan sekitarnya (Sumber: BMKG, 2000-2008).

Dalam setahun terdapat dua periode liputan awan tinggi, yakni antara bulan Maret dan Mei, dan antara bulan September dan Desember. Banyak liputan awan dalam bulan Maret - Mei berkaitan dengan seringnya timbul badai tropis di Teluk Benggala pada waktu menjelang aktifnya monsun panas Asia, dan banyak liputan awan dalam bulan September - Desember berkaitan dengan aktifnya monsun dingin Asia.



**Gambar 5.1j.** Variasi tahunan jumlah awan (okta) di Banda Aceh dan sekitarnya (Sumber: BMKG, 2000-2008).

Variasi tahunan curah hujan identik dengan variasi tahunan awan, yaitu curah hujan banyak dalam bulan Maret - Mei dan dalam bulan September - Desember. Curah hujan sedikit dalam bulan Februari dan dalam bulan Juli - Agustus.



**Gambar 5.1k.** Variasi tahunan curah hujan (mm) di Banda Aceh dan sekitarnya (Sumber: BMKG, 2000-2008).

## 5.2. Daerah Sumatra Bagian Utara (Sumatra Utara Bagian Utara dan Riau Daratan)

Daerah Sumatra bagian utara (meliputi Sumatra Utara bagian utara dan Riau daratan), terletak di sebelah utara Bukit Barisan. Di sebelah utara dibatasi oleh Selat Malaka. Letaknya sejajar dengan Semenanjung Malaysia.

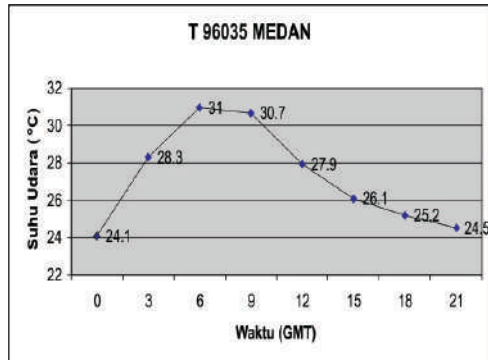
Di atas daerah tersebut bertiup angin musim timur laut yang berasal dari monsun dingin Asia (*Asia winter monsoon*) dan angin musim selatan-barat daya yang berasal dari monsun panas Asia (*Asia summer monsoon*) dan dari pasat selatan. Tetapi angin selatan barat daya tersebut tidak terlalu kuat karena terhambat bukit barisan. Namun demikian, bila angin pasat kuat dapat menimbulkan efek *fohn* yang dapat dirasakan di Sumatra Utara bagian utara. Dalam bahasa setempat nama lokalnya "angin bohorok". Angin bohorok bersifat kering dan panas, dan dapat terjadi antara bulan Juli - September. Angin timur laut mulai masuk daerah tersebut bulan November dan berlangsung sampai bulan Februari. Dalam bulan Maret - April angin sangat berubah-ubah, dan selanjutnya menjadi angin tenggara sampai barat daya dari bulan Mei sampai September. Kemudian dalam bulan Oktober juga berubah-ubah menjelang bertiupnya angin timuran. Dengan demikian bulan Maret-April adalah bulan

menjelang pergantian dari angin timur laut menjadi angin tenggara-barat daya, dan Oktober-November bulan menjelang pergantian angin tenggara-barat daya menjadi angin timur. Angin timur berkaitan dengan monsun dingin Asia. Bila terdapat pusaran di Laut Cina Selatan, angin timur tersebut berbelok ke arah timur menjadi angin utara atau sampai barat laut. Angin timur dari monsun dingin Asia menimbulkan banyak hujan di sepanjang pantai utara/timur Malaysia, dan berkurang di sebelah selatan, termasuk di daerah Sumatra bagian utara tersebut.

Angin tenggara barat-daya berkaitan dengan monsun dingin Australia dan monsun panas Asia. Dengan demikian adanya angin tersebut bergantung kepada kedua aktivitas monsun tersebut. Bila monsun panas Asia kuat dan monsun Australia lemah banyak bertiup angin barat daya; bila monsun panas Asia lemah dan monsun dingin Australia kuat banyak bertiup angin tenggara. Bila kedua-duanya kuat, angin bertiup dari arah timur; dan bila kedua-duanya lemah angin berubah-ubah sampai barat. Dalam bulan dengan angin berubah-ubah, banyak timbul curah hujan. Dalam bulan tersebut di selat Malaka terjadi banyak golakan yang ditimbulkan oleh pempunan angin yang membawa sifat massa udara dari Laut India utara dan dari Laut Cina Selatan. Akibat percampuran tersebut sering timbul gebos (*squall*) berupa garis yang panjang (*squall line*) yang dikenal dengan nama "Sumatra". Gebos tersebut umumnya terjadi pada malam menjelang pagi hari.

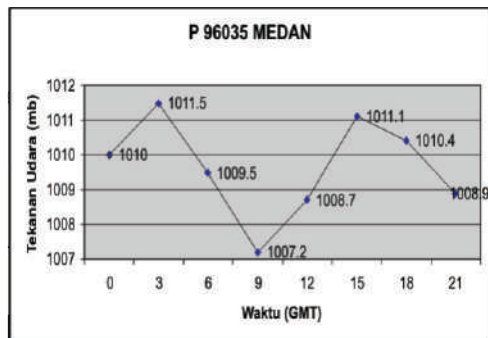
**Variasi harian** unsur cuaca (suhu, tekanan, angin, kelembaban, awan, hujan), seperti yang tercatat di Medan :

Suhu harian mencapai maksimum pada sekitar pukul 14 dan minimum pada sekitar pukul 06 waktu setempat. Karena banyak daratan beda suhu maksimum dan minimum agak besar sekitar 7 °C. Laju perubahan suhu selama menuju ke maksimum sebesar +1,4 °C/jam, dan laju perubahan dari maksimum ke minimum sebesar -0,5 °C/jam.



**Gambar 5.2a.** Variasi harian suhu udara ( C) di Medan dan sekitarnya (Sumber: BMKG, 2000-2008).

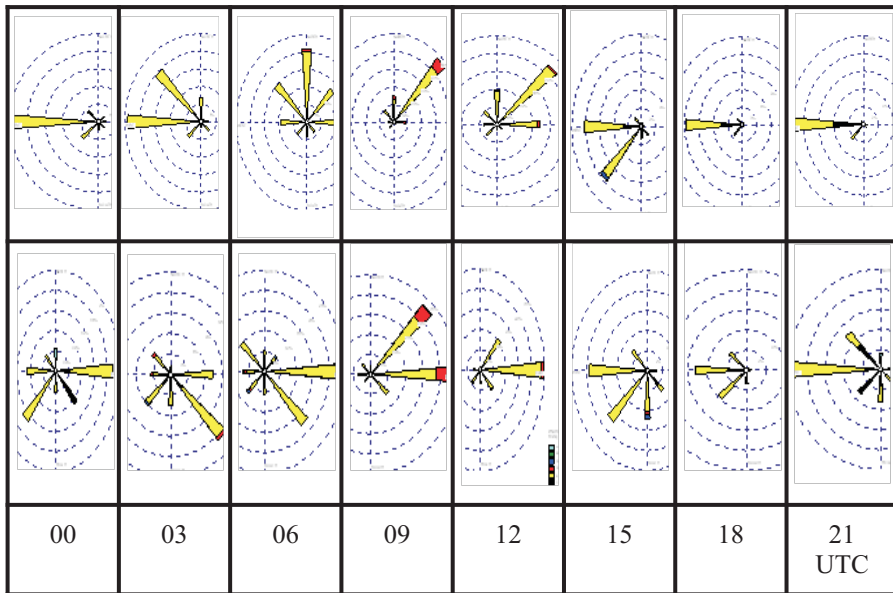
Tekanan berubah harian dengan dua maksimum dan dua minimum. Tekanan maksimum terjadi sekitar pukul 11 dan sekitar pukul 24 waktu setempat; maksimum pertama sebesar 1011,5 hPa dan maksimum kedua sebesar 1011,1 hPa. Tekanan minimum terjadi pada sekitar pukul 17 dan sekitar pukul 05 waktu setempat; minimum pertama sebesar 1007,2 hPa dan minimum kedua sebesar 1008,9 hPa.



**Gambar 5.2b.** Variasi harian tekanan udara (hPa) di Medan dan sekitarnya (Sumber: BMKG, 2000-2008).

Variasi harian angin tampak lebih jelas dibandingkan di Aceh. Dalam bulan Januari atau pada waktu monsun dingin Asia malam sampai pagi angin bertiup dari barat dan pada siang dan sore hari dari utara sampai

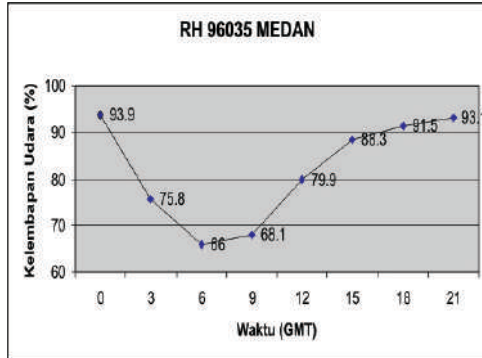
timur laut dengan perubahannya cepat sekitar pukul 06 UTC. Dalam bulan Juli atau pada waktu monsun panas Asia variasi harian juga terlihat lebih jelas; dari pagi sampai siang angin bertiup dari tenggara sampai timur sedangkan pada waktu malam dari barat daya sampai barat, tetapi perubahannya sangat cepat. Keadaan yang demikian menunjukkan bahwa faktor lokal masih mempunyai kekuatan untuk berinteraksi dengan faktor luar.



**Gambar 5.2c.** Variasi harian angin Januari (atas) dan Juli (bawah) di Medan dan sekitarnya (Sumber: BMKG, 2000-2008).

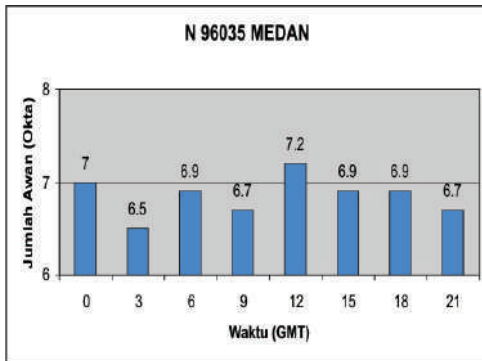
Rata-rata harian kelembaban nisbi udara cukup tinggi, lebih besar dari 68 %. Minimum terjadi pada siang hari sekitar pukul 14 waktu setempat dan kelembaban lebih dari 80 % pada waktu malam.





**Gambar 5.2d.** Variasi harian kelembapan udara (%) di Medan dan sekitarnya (Sumber: BMKG, 2000-2008).

Banyaknya liputan awan berubah-ubah; tetapi maksimum pada pagi hari sekitar pukul 07 dan pada petang hari sekitar pukul 08 malam waktu setempat.

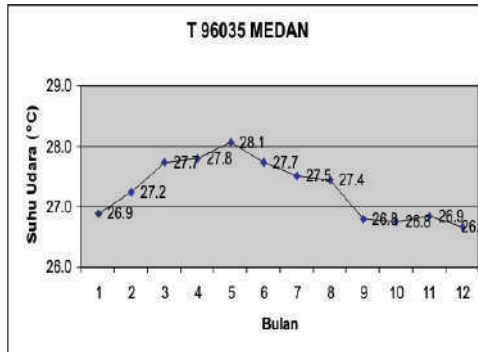


**Gambar 5.2e.** Variasi harian jumlah awan (okta) di Medan dan sekitarnya (Sumber: BMKG, 2000-2008).

**Variasi tahunan** unsur cuaca (suhu, tekanan, angin, kelembaban, awan, hujan) seperti yang tercatat di Medan, terlihat bahwa :

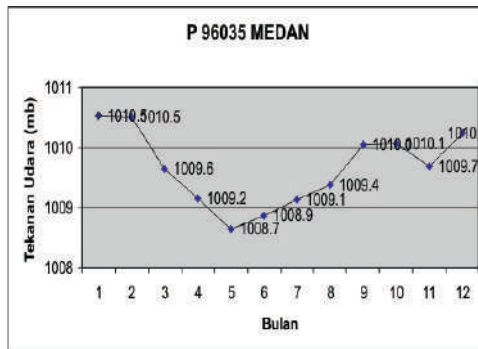
Suhu bulanan tinggi terdapat dalam bulan Mei - Juni ketika matahari ada di belahan bumi utara dan liputan awan sedikit, sedangkan suhu rendah dalam bulan November sampai Januari ketika matahari ada di belahan bumi selatan dan liputan awan banyak. Karena letaknya Medan

sekitar khatulistiwa, maka beda suhu rata-rata maksimum dan rata-rata minimumnya kecil, hanya sekitar 2 C.



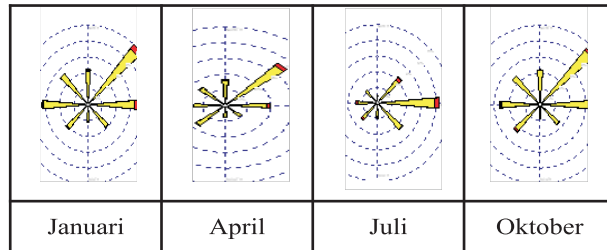
**Gambar 5.2f.** Variasi tahunan suhu udara ( C) di Medan dan sekitarnya (Sumber: BMKG, 2000-2008).

Variasi tahunan tekanan udara berkebalikan dengan dengan variasi tahunan suhu. Tekanan rata-rata bulanan tinggi terdapat dalam bulan Oktober sampai Januari, dan rendah dalam bulan April sampai Juni. Variasi tahunan tekanan udara banyak berkaitan dengan monsun Asia. Ketika Asia musim panas tekanan udara di daerah Medan rendah, dan ketika Asia musim dingin tekanan udara tinggi. Namun demikian beda tekanan rata-rata bulanan kecil, hanya sekitar 2 hPa, dengan rata-rata tinggi sekitar 1010 hPa dan rata-rata rendah sekitar 1008 hPa.



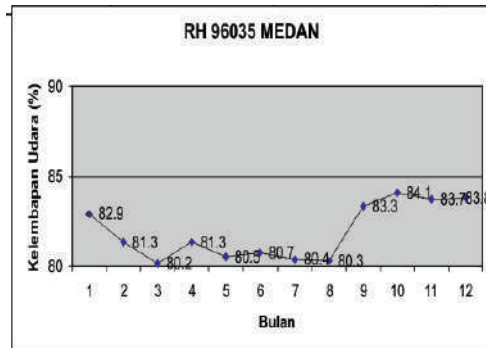
**Gambar 5.2g.** Variasi tahunan tekanan udara (hPa) di Medan dan sekitarnya (Sumber: BMKG, 2000-2008).

Variasi tahunan angin tidak jelas. Meskipun hampir sepanjang tahun bertiup angin dari timur laut variasinya sangat besar dengan komponen dari barat. Keadaan yang demikian menunjukkan bahwa baik angin timur dari monsun Asia musim dingin dan angin baratan khatulistiwa sangat dominan.



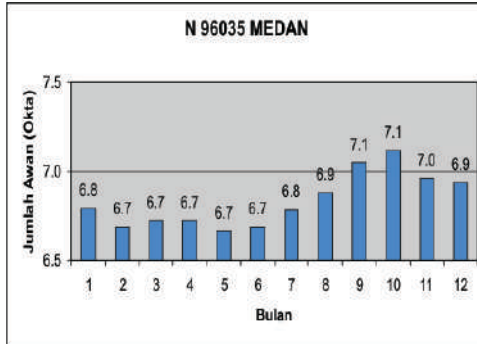
**Gambar 5.2h.** Variasi tahunan angin di Medan dan sekitarnya (Sumber: BMKG, 2000-2008).

Meskipun kelembaban udara rata-rata bulanan lebih dari 80%, namun masih kelihatan variasi tahunannya dengan kelembaban rendah dalam bulan April sampai Agustus dan tinggi dalam bulan Oktober sampai Januari.



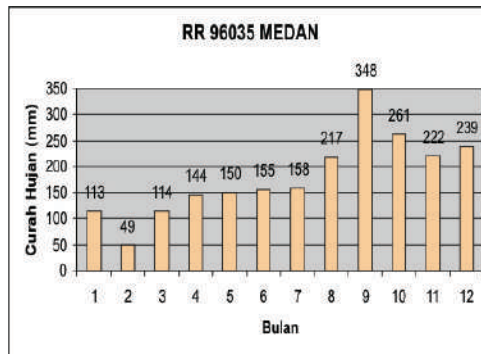
**Gambar 5.2i.** Variasi tahunan kelembaban udara (%) di Medan dan sekitarnya (Sumber: BMKG, 2000-2008).

Variasi liputan awan mempunyai dua maksimum, yakni sekitar bulan April, meskipun tidak tinggi, dan paling banyak antara bulan September dan Desember ketika monsun Asia musim dingin mulai aktif.



**Gambar 5.2j.** Variasi tahunan jumlah awan (okta) di Medan dan sekitarnya (Sumber: BMKG, 2000-2008).

Serupa dengan variasi tahunan awan, curah hujan banyak juga terjadi antara bulan September dan Desember. Meskipun ada maksimum kedua dalam bulan April tetapi tidak terlalu menonjol untuk membentuk tipe sebaran hujan ekuatorial.



**Gambar 5.2k.** Variasi tahunan curah hujan (mm) di Medan dan sekitarnya (Sumber: BMKG, 2000-2008).

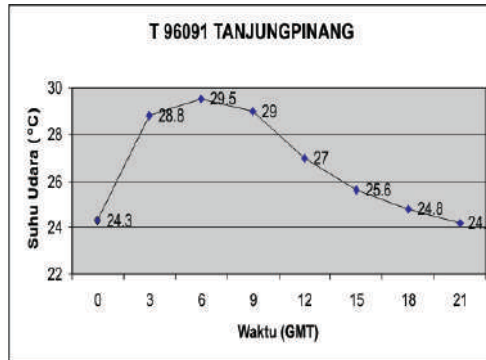
### 5.3. Daerah Riau Lautan dan Kalimantan Barat

Letak daerah Riau lautan dan Kalimantan Barat yang menghadap Laut Cina Selatan merupakan kawasan tempat bertemunya aliran pasat Pasifik Barat, aliran udara dari daratan Cina, aliran udara dari Lautan India, dan aliran pasat tenggara (Australia). Pada waktu monsun Asia musim

dingin berlangsung, massa udara daratan Cina dan massa udara subtropik Pasifik barat daya bertemu di daerah tersebut. Massa udara yang berasal dari Cina bersifat dingin dan kering, sedangkan yang dari Pasifik lebih panas dan mantap (*stable*). Keduanya termodifikasi di atas Laut Cina Selatan yang panas. Oleh karena itu, sifat kedua massa udara tersebut mempunyai peran besar dalam pembentukan cuaca di kawasan tersebut. Indikator adanya pertemuan kedua massa udara tersebut berupa perenggan (*front*) yang ujungnya bagian selatan dapat mencapai di atas Laut Cina Selatan. Pada citra satelit perenggan tersebut mudah dikenali. Biasanya datangnya perenggan tersebut diawali dengan seruak (*surge*) monsun. Musim monsun dingin adalah musim angin timur laut di daerah Riau dan Kalimantan Barat. Tetapi pada saat monsun lemah atau istirahat (*break*), angin timur laut berbelok ke timur sewaktu di atas Laut Cina Selatan dan sering membentuk pusaran. Adanya pusaran menghambat gerak monsun ke selatan. Pusaran tersebut sering terjadi dalam bulan Desember. Bila monsun dingin kuat, angin bertiup dari arah timur laut dengan kencang (> 10 knot) dan sampai melewati khatulistiwa dan dikenal dengan alir lintas khatulistiwa (*cross equatorial flow*). Pada waktu monsun Asia musim panas lebih rumit. Pada pertengahan musim monsun (Juli-Agustus), sering empat aliran (dari tenggara sebagai kepanjangan pasat selatan, dari monsun barat daya Lautan India, dari Pasifik barat daya, dan dari Asia bagian timur) masuk ke wilayah tersebut. Oleh karena itu, pada musim monsun panas tersebut sering terjadi pusaran di atas Laut Cina Selatan. Pada saat ada pusaran sering terlihat dua lajur awan dari barat daya ke arah timur laut dan lajur awan dari tenggara ke arah barat laut, dan terkesan sebagai PPAT yang bercabang. Bila monsun panas kuat letak pusaran lebih ke utara, dan bahkan sering bergabung dengan siklon tropis yang berasal dari Pasifik barat daya. Bulan Maret-April dan September-Oktober daerah tersebut merupakan daerah doldrums dengan angin berubah-ubah.

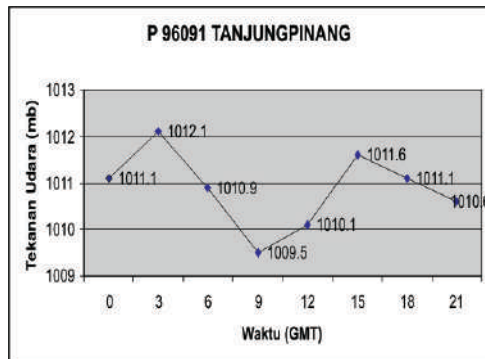
**Variasi harian** unsur cuaca (suhu, tekanan, angin, kelembaban, awan, hujan) banyak dipengaruhi oleh cuaca laut. Seperti yang tercatat di Tanjungpinang:

Suhu harian mencapai maksimum pada sekitar pukul 14 dan minimum pada sekitar pukul 06 waktu setempat. Karena banyak pengaruh lautan beda suhu maksimum dan minimum agak kecil. Beda tersebut sekitar 5 C. Laju perubahan suhu selama menuju ke maksimum sebesar +0,9 C/jam, dan laju perubahan dari maksimum ke minimum sebesar - 0,3 C/jam.



**Gambar 5.3a.** Variasi harian suhu udara ( C) di Tanjungpinang dan sekitarnya (Sumber: BMKG, 2000-2008).

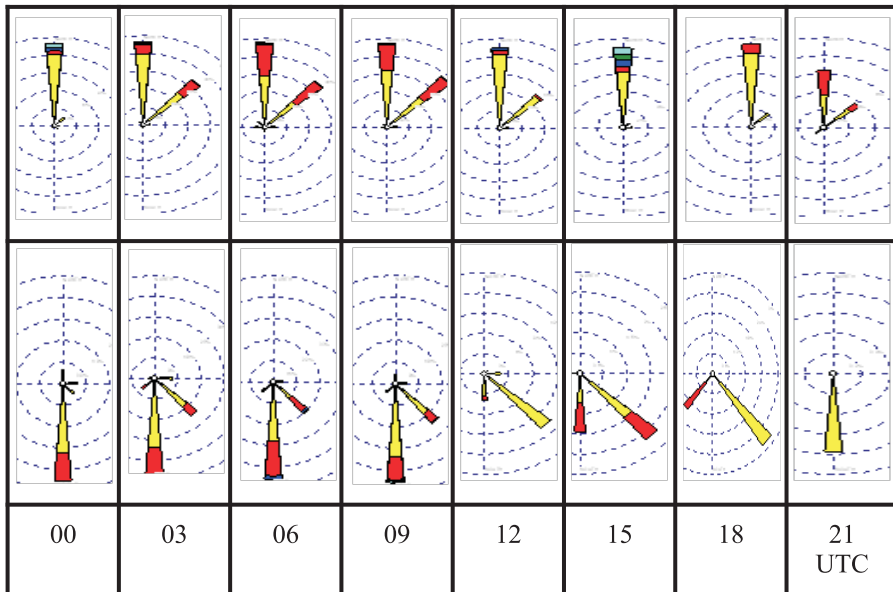
Tekanan berubah harian dengan dua maksimum dan dua minimum. Tekanan maksimum terjadi sekitar pukul 11 dan sekitar pukul 23 waktu setempat; maksimum pertama sebesar 1012,1 hPa dan maksimum kedua sebesar 1011,6 hPa.



**Gambar 5.3b.** Variasi harian tekanan udara (hPa) di Tanjungpinang dan sekitarnya (Sumber: BMKG, 2000-2008).

Tekanan minimum terjadi pada sekitar pukul 17 dan sekitar pukul 05 waktu setempat; minimum pertama sebesar 1009,5 hPa dan minimum kedua sebesar 1010,6 hPa.

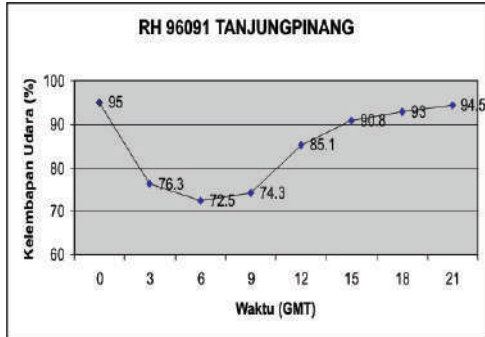
Variasi harian angin tidak tampak baik dalam bulan Januari pada waktu musim dingin Asia maupun dalam bulan Juli pada musim panas Asia.



**Gambar 5.3c.** Variasi harian angin Januari (atas) dan Juli (bawah) di Tanjungpinang dan sekitarnya (Sumber: BMKG, 2000-2008).

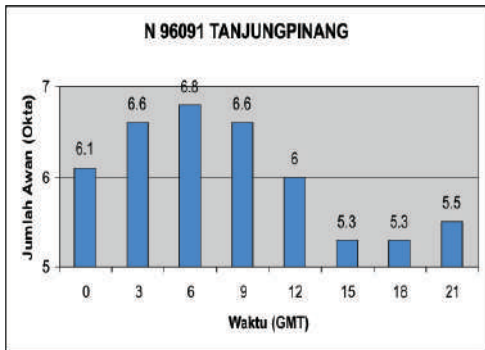
Dalam bulan Januari angin sepanjang hari dari utara, dan dalam bulan Juli angin sepanjang hari dari selatan-tenggara. Kondisi yang demikian menunjukkan bahwa peran kondisi lokal kecil sehingga cuaca dan iklim kawasan tersebut sangat ditentukan oleh faktor luar yang ada pada saat itu.

Rata-rata harian kelembaban nisbi udara cukup tinggi, rata-rata lebih besar dari 70 %. Minimum terjadi pada siang hari sekitar pukul 14 waktu setempat dan kelembaban lebih dari 80 % pada waktu malam.



**Gambar 5.3d.** Variasi harian kelembapan udara (%) di Tanjungpinang dan sekitarnya (Sumber: BMKG, 2000-2008).

Banyaknya liputan awan maksimum pada siang hari sekitar pukul 14 dan minimum pada sore hari sekitar pukul 23 malam waktu setempat.

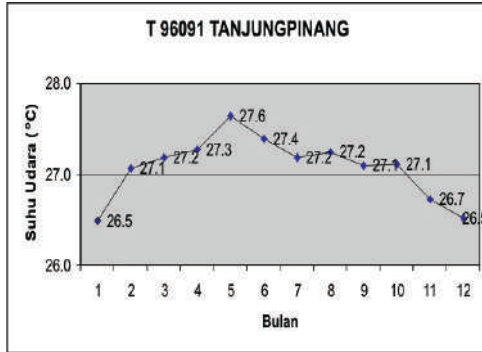


**Gambar 5.3e.** Variasi harian liputan awan (okta) di Tanjungpinang dan sekitarnya (Sumber: BMKG, 2000-2008).

**Variasi tahunan** unsur cuaca (suhu, tekanan, angin, kelembapan, awan, hujan) diwarnai oleh peredaran monsun panas dan monsun dingin Asia.

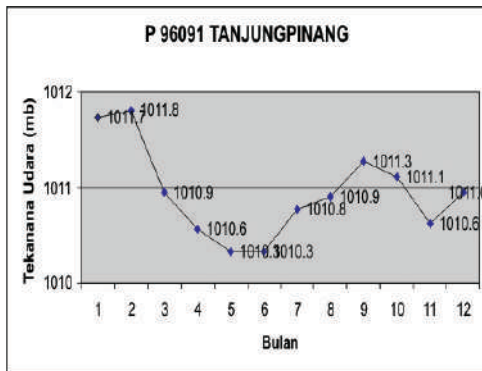
Variasi tahunan suhu tidak besar. Meskipun mempunyai maksimum dalam bulan Juni ketika matahari ada di paling utara, dan minimum dalam bulan Desember ketika matahari ada di paling selatan, tetapi beda maksimum dan minimum hanya sekitar 1 - 2 C.





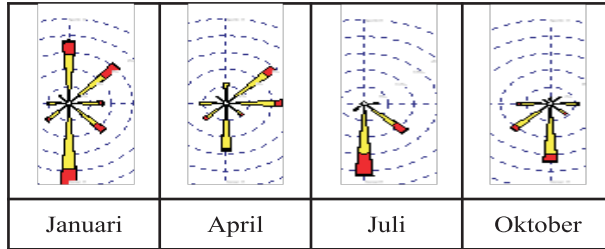
**Gambar 5.3f.** Variasi tahunan suhu udara ( C) di Tanjungpinang dan sekitarnya (Sumber: BMKG, 2000-2008).

Tekanan udara maksimum terdapat dalam bulan Januari - Februari berkaitan dengan monsun dingin Asia, dan minimum terdapat dalam bulan Juni dan November yang berkaitan dengan musim pusaran serta badai tropis di Laut Cina Selatan.



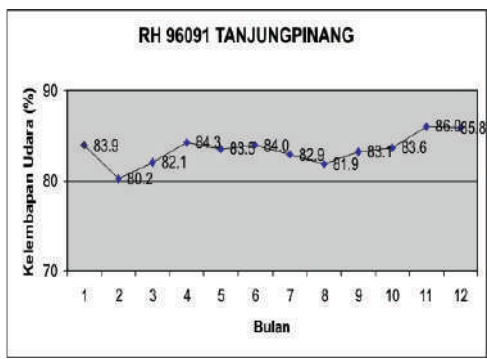
**Gambar 5.3g.** Variasi tahunan tekanan udara (hPa) di Tanjungpinang dan sekitarnya (Sumber: BMKG, 2000-2008).

Variasi tahunan angin pada dasarnya dari utara-timur laut dalam musim monsun Asia musim dingin dan dari selatan pada waktu monsun Asia musim panas, tetapi banyak gangguan pada angin utara-timur laut seperti yang terlihat pada bulan Januari dan April.



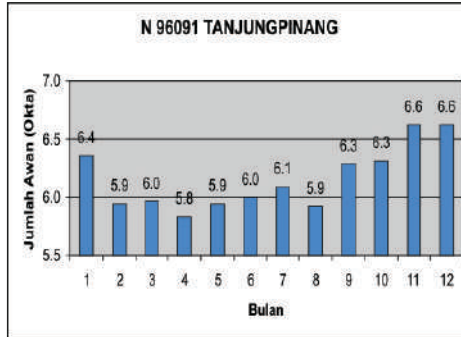
**Gambar 5.3h.** Variasi tahunan angin di Tanjungpinang dan sekitarnya (Sumber: BMKG, 2000-2008).

kelembaban udara cukup tinggi, dengan rata-rata bulanan lebih dari 80%, dan hampir tidak banyak perubahan sepanjang tahun.



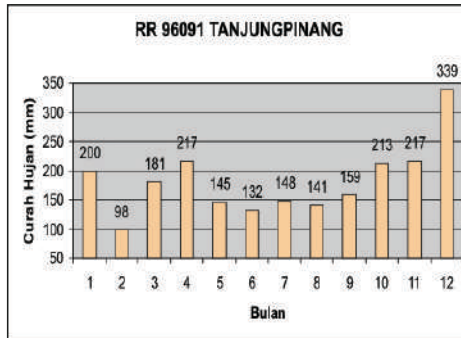
**Gambar 5.3i.** Variasi tahunan kelembapan udara (%) di Tanjungpinang dan sekitarnya (Sumber: BMKG, 2000-2008).

Awan juga cukup banyak dengan liputan rata-rata bulanan lebih dari 6 okta. Namun demikian, yang paling banyak terdapat dalam bulan November sampai Januari yang bersamaan dengan mulai aktifnya monsun dingin Asia.



**Gambar 5.3j.** Variasi tahunan jumlah awan (okta) di Tanjungpinang dan sekitarnya (Sumber: BMKG, 2000-2008).

Sebaran hujan tahunan mempunyai tipe ekuatorial, dengan maksimum pada sekitar bulan April dan Desember. Tetapi dalam bulan April liputan awan lebih sedikit dibandingkan dengan liputan awan dalam bulan Desember. Hal tersebut karena dalam bulan April banyak jenis awan kumulus yang terbentuk dalam pusaran dan atau badai tropis, sedangkan dalam bulan Desember banyak awan jenis stratus dan altostratus yang terbentuk dari lataan monsun dingin.



**Gambar 5.3k.** Variasi tahunan curah hujan (mm) di Tanjungpinang dan sekitarnya (Sumber: BMKG, 2000-2008).

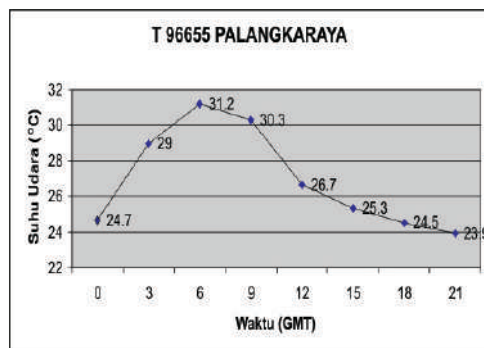
## 5.4. Daerah Kalimantan dan Sulawesi

Daerah Kalimantan dan Sulawesi mempunyai cuaca sinoptik lingkungan yang sama, tetapi Kalimantan yang berupa pulau besar dan

Sulawesi yang mempunyai struktur jazirah, dan banyak teluk mempunyai reaksi yang berbeda. Massa udara di atas daerah Kalimantan dan Sulawesi pada waktu monsun Asia musim dingin berasal dari Laut Cina Selatan dan Pasifik barat daya, serta massa udara yang telah melewati Lautan India bagian timur. Pada waktu musim dingin belahan bumi utara, angin timur laut pasat bergabung dengan angin timur monsun di Laut Cina selatan, kemudian pada waktu mendekati khatulistiwa berbelok ke timur menjadi angin barat laut. Jazirah Sulawesi Selatan yang melintang tegak lurus angin baratan selama monsun dingin Asia seolah-olah menjadi pemisah sehingga aliran menjadi lebih siklonal ke arah selatan. Pada musim dingin Australia (belahan bumi selatan), hampir seluruh daerah dialiri udara yang bersifat benua tropis Australia. Pada musim dingin selatan tersebut angin dari arah tenggara sampai selatan-tenggara. Makin ke utara cenderung berbelok ke arah timur laut karena seringnya terdapat lembang tropis atau siklon tropis di sebelah timur Philipina.

**Variasi** harian unsur cuaca (suhu, tekanan, angin, kelembaban, awan, hujan) unsur cuaca di daerah Kalimantan cukup jelas, seperti yang tercatat di Palangkaraya :

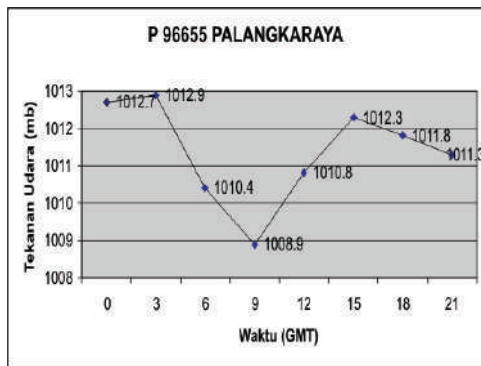
Suhu harian mencapai maksimum pada sekitar pukul 14 dan minimum pada sekitar pukul 06 waktu setempat. Karena banyak pengaruh daratan beda suhu maksimum dan minimum agak besar.



**Gambar 5.4a.** Variasi harian suhu udara ( C) di Palangkaraya dan sekitarnya (Sumber: BMKG, 2000-2008).

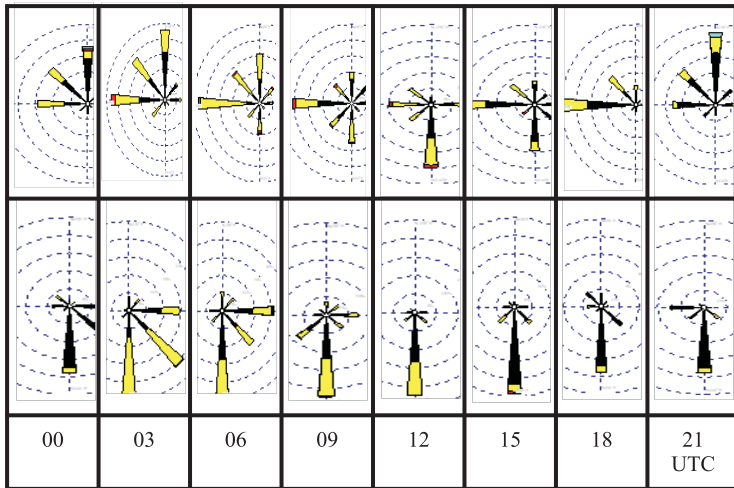
Beda tersebut sekitar 6 C. Laju perubahan suhu selama menuju ke maksimum sebesar +1,0 C/jam, dan laju perubahan dari maksimum ke minimum sebesar -0,5 C/jam.

Tekanan berubah harian dengan dua maksimum dan dua minimum. Tekanan maksimum terjadi sekitar pukul 11 dan sekitar pukul 23 waktu setempat; maksimum pertama sebesar 1012,9 hPa dan maksimum kedua sebesar 1012,3 hPa. Tekanan minimum terjadi pada sekitar pukul 17 dan sekitar pukul 05 waktu setempat; minimum pertama sebesar 1008,9 hPa dan minimum kedua sebesar 1011,3 hPa.



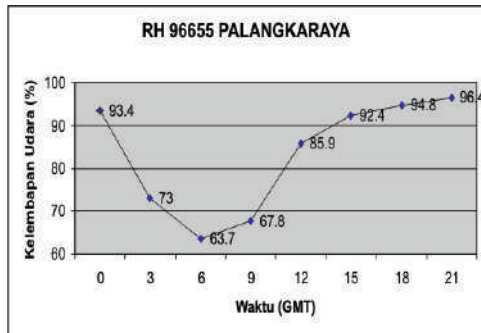
**Gambar 5.4b.** Variasi harian tekanan udara (hPa) di Palangkaraya dan sekitarnya (Sumber: BMKG, 2000-2008).

Variasi harian angin kurang kuat. Dalam bulan Januari atau pada waktu monsun Asia musim dingin angin banyak dari barat sampai utara. Variabilitas yang agak kuat pada waktu sekitar puku 12 - 15 UTC sewaktu bertiupnya angin gunung. Dalam bulan Juli atau pada waktu bertiup angin monsun Australia musim dingin hampir sepanjang hari angin bertiup dari selatan - tenggara.



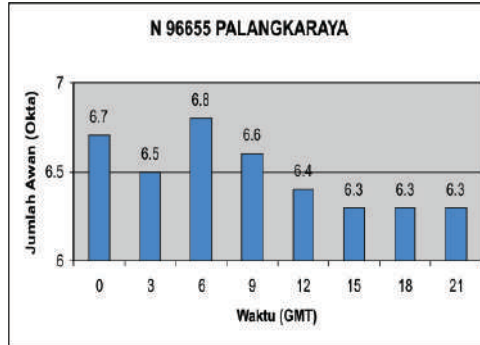
**Gambar 5.4c.** Variasi harian angin Januari (atas) dan Juli (bawah) di Palangkaraya dan sekitarnya (Sumber: BMKG, 2000-2008).

Rata-rata harian kelembaban nisbi udara cukup tinggi. Karena pengaruh daratan, minimumnya agak rendah, sekitar 60%. Minimum terjadi pada siang hari sekitar pukul 14 waktu setempat. Pada waktu malam kelembaban lebih dari 80%.



**Gambar 5.4d.** Variasi harian kelembaban udara (%) di Palangkaraya dan sekitarnya (Sumber: BMKG, 2000-2008).

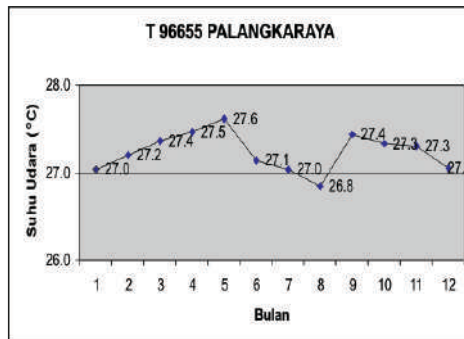
Liputan awan rata-rata lebih dari 6 okta setiap jamnya. Awan paling banyak terjadi pada siang hari dengan maksimum sekitar pukul 14 waktu setempat. Pada malam hari umumnya berkurang.



**Gambar 5.4e.** Variasi harian jumlah awan (okta) di Palangkaraya dan sekitarnya (Sumber: BMKG, 2000-2008).

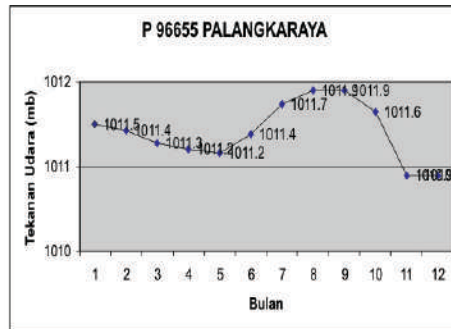
**Variasi tahunan** unsur cuaca (suhu, tekanan, angin, kelembaban, awan, hujan) selain berkaitan dengan pergeseran matahari, berkaitan banyak dengan kondisi setempat.

Variasi tahunan suhu tidak besar. Meskipun mempunyai maksimum dalam bulan Juni ketika matahari ada di paling utara, tetapi terganggu oleh adanya banyak awan dan hujan sehingga dalam bulan antara Juni dan September suhu menjadi rendah karena sinaran matahari yang sampai ke permukaan berkurang. Minimum terdapat sekitar bulan Desember ketika matahari ada di paling selatan, tetapi beda maksimum dan minimum hanya sekitar 1-2 C.



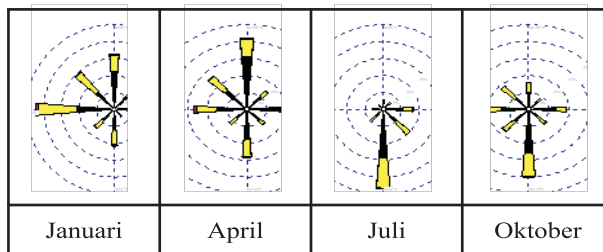
**Gambar 5.4f.** Variasi tahunan suhu udara (°C) di Palangkaraya dan sekitarnya (Sumber: BMKG, 2000-2008).

Variasi tahunan tekanan tidak besar; beda tekanan maksimum dan minimum hanya sekitar 1 hPa.



**Gambar 5.4g.** Variasi tahunan tekanan udara (hPa) di Palangkaraya dan sekitarnya (Sumber: BMKG, 2000-2008).

Angin berubah secara musiman, tetapi perubahannya tidak terlalu jelas. Dalam bulan Januari - April pada waktu bertiup angin monsun Asia musim dingin umumnya angin dari barat sampai utara meskipun variabilitasnya besar.

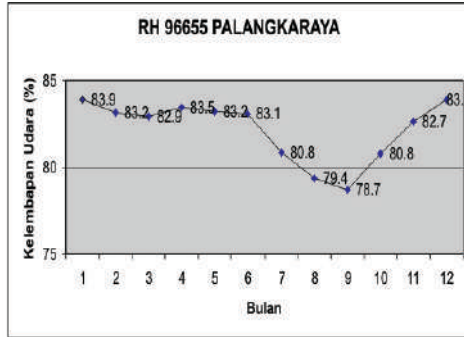


**Gambar 5.4h.** Variasi tahunan angin di Palangkaraya dan sekitarnya (Sumber: BMKG, 2000-2008).

Demikian pula pada waktu monsun Australia musim dingin meskipun pada umumnya angin bertiup dari selatan - tenggara dan variabilitasnya juga besar.

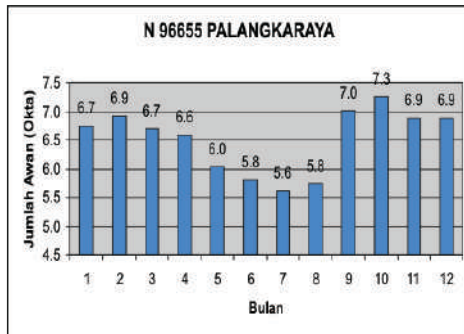
Variasi tahunan kelembaban juga kecil. Minimum terdapat sekitar bulan September. Meskipun liputan awan dalam bulan September banyak, tetapi hujannya kurang sehingga kelembaban udara rendah.





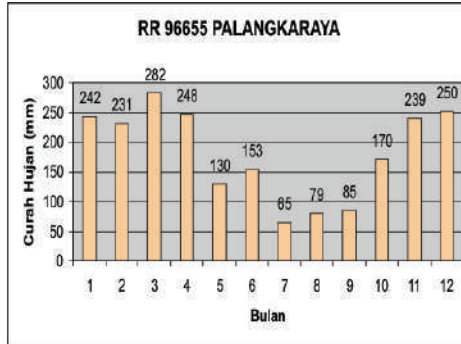
**Gambar 5.4i.** Variasi tahunan kelembaban udara (%) di Palangkaraya dan sekitarnya (Sumber: BMKG, 2000-2008).

Daerah Kalimantan termasuk daerah dengan banyak awan. Rata-rata bulanan lebih dari 5 okta. Variasi tahunan liputan awan jelas kelihatan dengan maksimum dua kali dalam bulan sekitar bulan Februari dan Oktober ketika dalam bulan - bulan tersebut PPAT terletak di kawasan tersebut.



**Gambar 5.4j.** Variasi tahunan jumlah awan (okta) di Palangkaraya dan sekitarnya (Sumber: BMKG, 2000-2008).

Serupa dengan liputan awan, curah hujan juga mempunyai variasi tahunan yang jelas dengan maksimum dalam bulan Maret dan Desember karena dua kali lewatnya PPAT. Dengan demikian, curah hujan hampir mempunyai tipe ekuatorial.



**Gambar 5.4k.** Variasi tahunan curah hujan (mm) di Palangkaraya dan sekitarnya (Sumber: BMKG, 2000-2008).

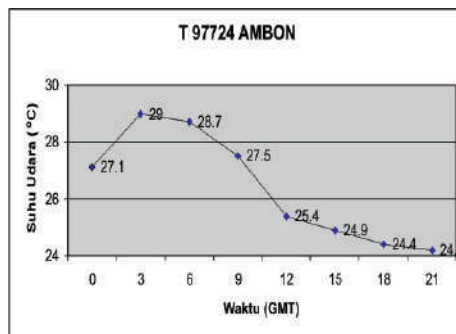
## 5.5. Daerah Maluku Bagian Tengah dan Utara Sampai Papua Bagian Barat dan Utara

Di daerah Maluku bagian tengah dan utara sampai Papua bagian barat dan utara terdapat banyak pulau kecil dan menghadap Laut Pasifik barat laut. Daerah Maluku bagian tengah dan utara serta Papua bagian utara berhadapan dengan Lautan Pasifik barat. Daerah tersebut hampir sepanjang tahun ditempati massa udara yang dibawa oleh pasat dari tekanan tinggi subtropik Pasifik barat daya dan pasat dari tekanan tinggi subtropik Pasifik tenggara. Pada waktu musim dingin utara bertiup angin barat yang berasal dari pasat timur laut yang berbelok ke timur, dan pasat tenggara yang berbelok ke timur. PPAT tidak jelas karena adanya barisan pegunungan yang tinggi di sepanjang Papua. Pada waktu musim panas utara daerah tersebut menjadi daerah geser angin dari tenggara menjadi barat daya. Pada waktu musim dingin utara, daerah tersebut diwarnai massa udara Laut Cina Selatan dan Pasifik barat laut, kadang-kadang juga yang berasal dari Lautan India bagian timur (dekat Australia). Selama musim dingin utara tersebut angin bertiup dari barat laut dan dari selatan sampai barat daya. PPAT sering melompat jauh dari utara ke selatan. Pada waktu terdapat lembang tropis atau siklon tropis di Australia Utara PPAT jauh di sebelah selatan; kemudian bila lembang tropis atau siklon tropis tersebut hilang PPAT dengan cepat pindah ke utara. Pada musim dingin

selatan (Australia), udara di atas daerah tersebut diwarnai oleh campuran sifat udara Lautan India bagian timur dan Pasifik Selatan barat daya. Selama musim dingin selatan (Australia) tersebut daerah Maluku menjadi daerah angin berubah-ubah atau dalam daerah geser angin (*shearline*) sebagai perubahan dari angin tenggara menjadi angin barat daya. Daerah geser angin terdapat melintang kearah timur laut dari sekitar Pulau Buru.

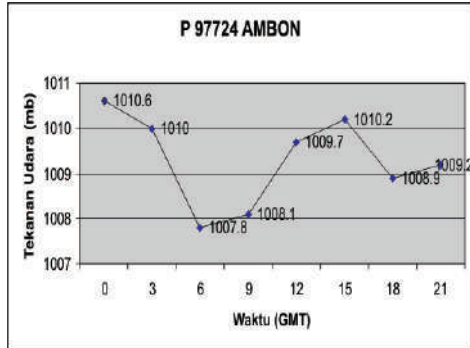
**Variasi harian** unsur cuaca (suhu, tekanan, angin, kelembaban, awan, hujan) di daerah tersebut banyak dipengaruhi sifat lautan. Seperti yang tercatat di Ambon:

Suhu harian mencapai maksimum pada sekitar pukul 14 dan minimum pada sekitar pukul 06 waktu setempat. Karena banyak pengaruh laut beda suhu maksimum dan minimum agak kecil. Beda tersebut sekitar 5 C. Laju perubahan suhu selama menuju ke maksimum sebesar +1,0 C/jam, dan laju perubahan dari maksimum ke minimum sebesar - 0,3 C/jam.



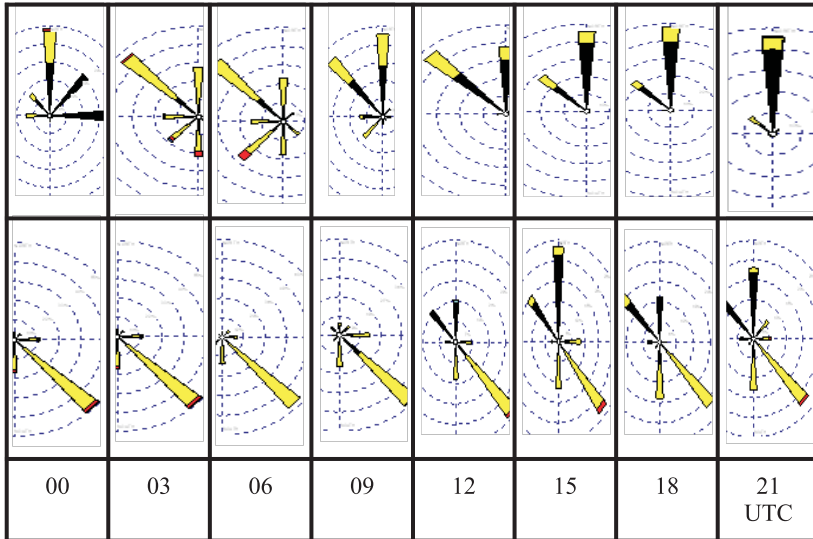
**Gambar 5.5a.** Variasi harian suhu udara ( C) di Ambon dan sekitarnya (Sumber: BMKG, 2000-2008).

Tekanan berubah harian dengan dua maksimum dan dua minimum. Tekanan maksimum terjadi sekitar pukul 10 dan sekitar pukul 01 waktu setempat; maksimum pertama sebesar 1010,6 hPa dan maksimum kedua sebesar 1010,2 hPa. Tekanan minimum terjadi pada sekitar pukul 16 dan sekitar pukul 07 waktu setempat; minimum pertama sebesar 1007,8 hPa dan minimum kedua sebesar 1008,9 hPa.



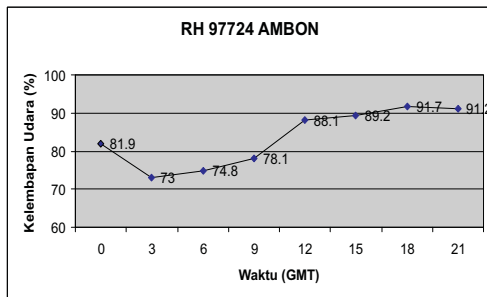
**Gambar 5.5b.** Variasi harian tekanan udara (hPa) di Ambon dan sekitarnya (Sumber: BMKG, 2000-2008).

Variasi harian angin tidak jelas. Pada waktu monsun Asia musim dingin hampir sepanjang hari angin bertiup dari utara. Tetapi berubah-ubah arah pada waktu pagi sampai siang. Pada waktu malam sampai menjelang pagi arah masih dari utara tetapi kecepatannya lebih tinggi dibandingkan pada siang hari. Pada waktu monsun Australia musim dingin angin bertiup sepanjang hari dari selatan sampai tenggara. Pada waktu malam sampai pagi agak berubah-ubah dengan kecepatan angin utara juga lebih tinggi dibandingkan pada waktu siang hari. Dengan demikian baik dalam waktu monsun Asia musim dingin maupun dalam waktu monsun Australia musim dingin kecepatan angin dari utara pada waktu malam lebih tinggi dibandingkan pada siang hari.



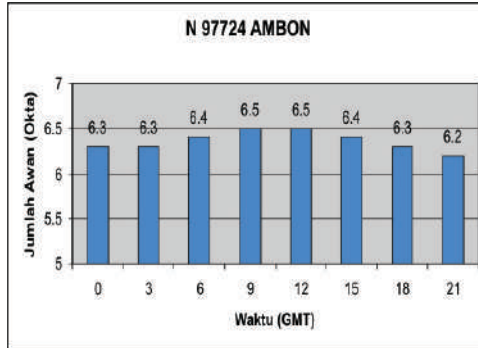
**Gambar 5.5c.** Variasi harian angin Januari (atas) dan Juli (bawah) di Ambon dan sekitarnya (Sumber: BMKG, 2000-2008).

kelembaban nisbi udara cukup tinggi rata-rata lebih dari 70 %. Pada siang hari antara 70 dan 80%, sedangkan pada malam hari umumnya lebih dari 80 %.



**Gambar 5.5d.** Variasi harian kelembapan udara (%) di Ambon dan sekitarnya (Sumber: BMKG, 2000-2008).

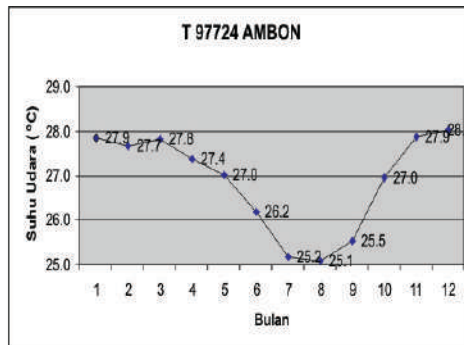
Liputan awan juga banyak rata-rata 6 okta dan tidak banyak beda antara siang dan malam hari. Maksimum terdapat petang hari antara pukul 18 dan 20 waktu setempat.



**Gambar 5.5e.** Variasi harian jumlah awan (okta) di Ambon dan sekitarnya (Sumber: BMKG, 2000-2008).

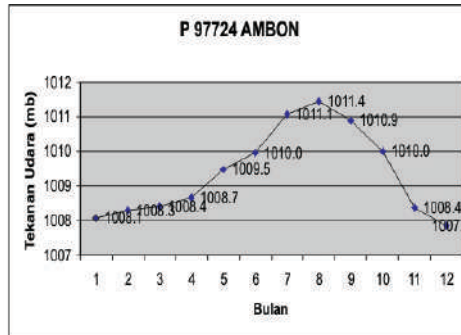
**Variasi tahunan** unsur cuaca (suhu, tekanan, angin, kelembaban, awan, hujan) di daerah Maluku bagian tengah dan utara sampai Papua bagian barat dan utara banyak berkaitan dengan perubahan tekanan tinggi Australia dan Pasifik barat daya serta pasat diatas Lautan Pasifik barat. Seperti yang tercatat di Ambon :

Variasi tahunan suhu sekitar 2,7 C; suhu rendah terdapat dalam bulan Juli - September ketika belahan bumi selatan musim dingin dan banyak awan serta hujan di daerah tersebut.



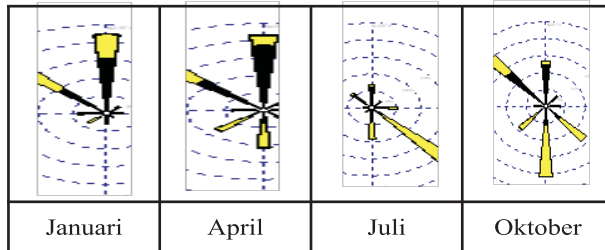
**Gambar 5.5f.** Variasi tahunan suhu udara ( C) di Ambon dan sekitarnya (Sumber: BMKG, 2000-2008).

Variasi tahunan tekanan agak besar; beda tertinggi dan terendah sekitar 3,5 hPa dengan paling tinggi terdapat dalam bulan Agustus dan terendah terdapat dalam bulan Januari-Februari.



**Gambar 5.5g.** Variasi tahunan tekanan udara (hPa) di Ambon dan sekitarnya (Sumber: BMKG, 2000-2008).

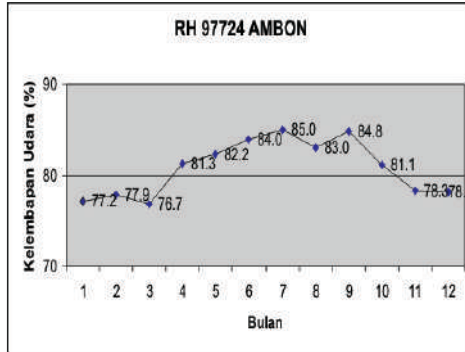
Variasi tahunan angin utamanya dari utara pada waktu musim monsun Asia musim dingin dan dari selatan-tenggara pada waktu monsun Asia musim panas atau Australia musim dingin. Tetapi tidak konsisten dan banyak komponen arah lainnya sepanjang tahun.



**Gambar 5.5h.** Variasi tahunan angin di Ambon dan sekitarnya (Sumber: BMKG, 2000-2008).

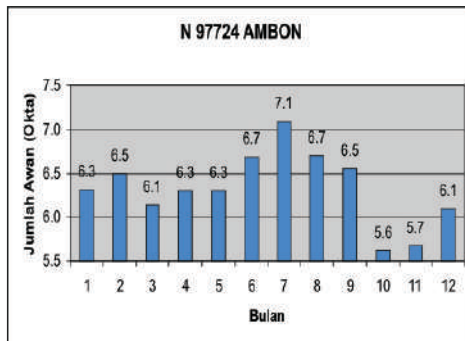
Keadaan yang demikian menunjukkan bahwa di kawasan tersebut sistem cuaca sangat berubah-ubah .

Variasi kelembaban udara berkebalikan dengan variasi suhu. Maksimum terjadi sewaktu suhu rendah, yakni terdapat dalam bulan Agustus - September, dan minimum terdapat dalam bulan Januari.



**Gambar 5.5i.** Variasi tahunan kelembaban udara (%) di Ambon dan sekitarnya (Sumber: BMKG, 2000-2008).

Meskipun tidak mencolok perbedaannya, liputan awan dalam setahun mempunyai dua kali maksimum, yakni maksimum agak rendah terdapat dalam bulan Januari-Februari, tetapi dari jenis Stratokumulus dan maksimum tinggi terdapat dalam bulan Juni - September dari jenis kumulus yang sering timbul karena pempunan angin dari barat daya dengan angin pasat tenggara dan pasat timur laut Pasifik.

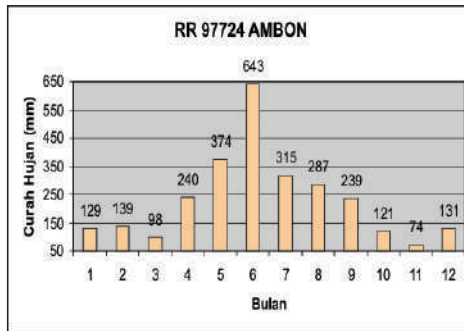


**Gambar 5.5j.** Variasi tahunan jumlah awan (okta) di Ambon dan sekitarnya (Sumber: BMKG, 2000-2008).

Curah hujan banyak terjadi dalam bulan Mei sampai September dengan tertinggi dalam bulan Juni. Meskipun dalam bulan Januari-Februari liputan awan banyak tetapi dari jenis stratokumulus sehingga



curah hujannya sedikit, dan banyak curah hujan dalam Mei sampai September dari awan jenis kumulus.



**Gambar 5.5k.** Variasi tahunan curah hujan (mm) di Ambon dan sekitarnya (Sumber: BMKG, 2000-2008).

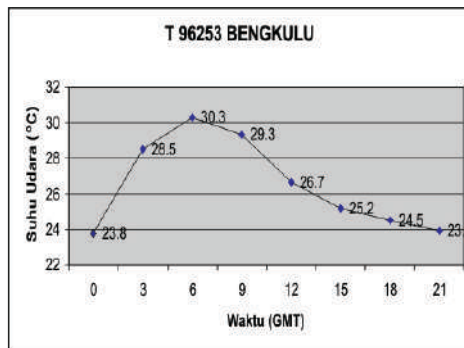
## 5.6. Daerah NAD Bagian Barat-Selatan Sampai Bengkulu

Daerah Sumatra bagian barat dari daerah NAD bagian barat-selatan sampai Bengkulu menghadap langsung ke Lautan India bagian barat, sehingga sistem cuaca daerah tersebut banyak diwarnai oleh sifat udara lautan. Pada waktu musim dingin utara (Asia) di atas Lautan India ditempati oleh daerah tekanan tinggi subtropik meskipun letaknya agak ke selatan; tetapi pada waktu musim dingin selatan (Australia), daerah tekanan tinggi subtropik tersebut terbagi menjadi dua, satu di bagian barat dan satunya di bagian timur dekat Australia. Yang di bagian timur sering menjadi satu dengan tekanan tinggi daratan Australia. Kedua daerah tekanan tinggi tersebut membentuk palung tekanan rendah yang ujungnya sebelah utara terletak di dekat sebelah barat-selatan Sumatra. Ujung palung tersebut menjadi daerah pusaran yang adanya hampir terus-menerus. Pada musim dingin utara udara di daerah tersebut campuran dari udara yang diwarnai sifat udara Laut Cina Selatan dan Lautan India. Pada waktu musim dingin Asia tersebut angin bertiup dari arah barat laut yang berasal dari angin timur laut yang membelok ke timur setelah melintasi khatulistiwa, dan angin barat daya yang berasal dari angin tenggara dari pasat selatan lautan India yang membelok ke timur pada waktu mendekati khatulistiwa. PPAT sering tidak mudah dibedakan

dengan garis geser angin. Pada musim panas Asia atau musim dingin selatan udara di atas daerah tersebut diwarnai oleh sifat udara Lautan India dan sifat udara benua tropis Australia yang sudah lama di atas Lautan India bagian timur. Selama musim panas Asia atau musim dingin selatan tersebut, angin berubah-ubah dari tenggara sampai barat daya. Sering menjadi tempat garis geser angin yang mempermudah timbulnya pusaran di atas ujung palung tekanan rendah.

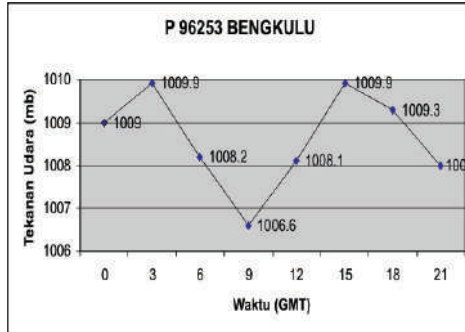
**Variasi harian** unsur cuaca (suhu, tekanan, angin, kelembaban, awan, hujan), banyak dipengaruhi sifat laut. Seperti yang terdapat di Bengkulu:

Suhu harian mencapai maksimum sekitar pukul 14 dan minimum pada pagi hari sekitar pukul 06 waktu setempat. Laju perubahan suhu menuju maksimum sebesar +1,0 C/jam dan laju perubahan dari maksimum menuju minimum sebesar -0,4 C/jam.



**Gambar 5.6a.** Variasi harian suhu udara ( C) di Bengkulu dan sekitarnya (Sumber: BMKG, 2000-2008).

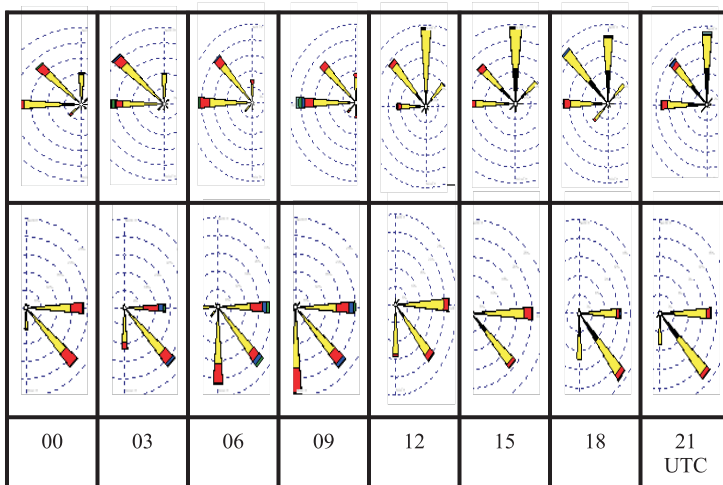
Variasi tekanan cukup jelas dengan dua maksimum dan dua minimum dalam sehari. Maksimum terjadi pada sekitar pukul 10 dan sekitar pukul 23 waktu setempat; minimum terjadi pada sekitar 17 dan sekitar pukul 06 waktu setempat.



**Gambar 5.6b.** Variasi harian tekanan udara (hPa) di Bengkulu dan sekitarnya (Sumber: BMKG, 2000-2008).

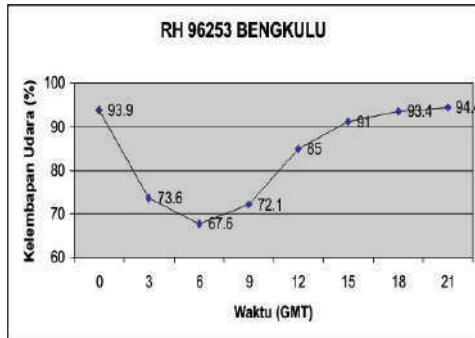
Maksimum pertama sebesar 1009,9 hPa dan maksimum kedua sebesar 1009,9 hPa; sedangkan minimum pertama sebesar 1006,6 hPa dan minimum kedua sebesar 1008,0 hPa.

Variasi harian angin tidak tampak jelas. Dalam bulan Januari atau pada waktu aktifnya monsun dingin Asia lebih banyak angin utara, dan dalam bulan Juli atau pada waktu aktifnya monsun Asia musim panas banyak angin tenggara.



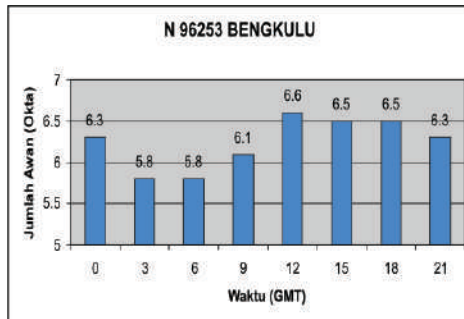
**Gambar 5.6c.** Variasi harian angin Januari (atas) dan Juli (bawah) di Bengkulu dan sekitarnya (Sumber: BMKG, 2000-2008).

kelembaban nisbi udara juga cukup tinggi, rata-rata pada siang hari lebih dari 65% sedang pada malam hari lebih dari 75%. Seperti sifat fisiknya, minimum terjadi pada sekitar pukul 14 waktu setempat ketika suhu udara mencapai maksimum.



**Gambar 5.6d.** Variasi harian kelembapan udara (%) di Bengkulu dan sekitarnya (Sumber: BMKG, 2000-2008).

Variasi harian liputan awan kelihatan jelas . Pada petang dan malam hari lebih banyak awan dibandingkan pagi dan siang hari.



**Gambar 5.6e.** Variasi harian jumlah awan (okta) di Bengkulu dan sekitarnya (Sumber: BMKG, 2000-2008).

**Variasi tahunan** unsur cuaca (suhu, tekanan, angin, kelembaban, awan, hujan) berkaitan dengan monsun Asia Selatan atau monsun Asia musim panas dan monsun Asia Timur atau monsun Asia musim dingin. Seperti yang terlihat dari data di Bengkulu:

# DAFTAR PUSTAKA

- Asnani G.C.** (1993). Tropical Meteorology. Vol. I. Pp. 1-15. 822, Sindh Clony, Aundh, Pune-411 007 India.
- Atkinson, B.W.** (1970). The Really of Urban Effect on Precipitation. Technical Note 108. WMO 254. TP 141. Page 342 - 360.
- Berlage Jr. H.P.** (1927). Monsoon-Current in the Java Sea and Its Entrances. Verhandelingen no. 19. Koninklyk Magnetisch en Meteorologisch Observatorium te Batavia.
- Boerema J.** (1926). Typen van den Regenval in Nederlandsh-Indie. Verhandeligen no.18. Koninklyk Magnetisch en Meteorologisch Observatorium te Batavia.
- Boerema J.** (1934). Daily Forecast of Windforce on Java. Verhandeligen no.27. Koninklyk Magnetisch en Meteorologisch Observatorium te Batavia.
- Budyko M.I.** (1974). Climate and Liufe. International Geophysics Series. Vol.18.
- BMG.** (2003). Laporan Akhir Pemutakhiran rata-Rata Curah Hujan di Indonesia Periode 1971 - 2000. BMG Jakarta.

- BMG.** (1983). Asean Compendium of Climate Statistics. BMG Jakarta.
- BMG** (.....). Almanak BMG.
- BMG.** (1983). Asean Compendium of Climate Statistics. BMG Jakarta.
- Charney J. and Shukla J.** (1977). Monsoon Dynamics, edited by Sir James Lighthill & Prof. R.P.Pearce, Cambridge Univ. Press.
- Chandler, T.J.** ( --- ). Urban Climate and Its Relevance to Urban Design. Technical Note 149. WMO 438.
- Euwe** (1949). Forecasting Rainfall in the Periods December - January - February and April - May - June for Parts of Celebes and South Borneo. Verhandelingen no. 38. Departemen van Verkeer, Energie en Mijwezen Meteorologische en Geophysische Diennst.
- Georgii H. W.** (1970). The Effect of Air Pollution on Urban Climate. Technical Note 108. WMO 254 page 217 - 2234.
- Gibbs W.J.** (1987). Defining Climate. WMO Bulletin no. 4 Vol. 36. Oct. 1987.
- Gill Andrian E** (192). Atmosphere - Ocean Dynamics. Academic Press. Inc. N.Y.
- Herizal & Nasrullah** (2003). Studi Awal Klimatologi Radiasi Matahari di Kawasan Tropik Ekuator - Bukit Kototabang, Sumatera Barat. Proc. Workshop Pemanfaatan Informasi Iklim untuk Pertanian di Sumatra Barat, 12 - 14 Agustus 2003. BPPT-BMG-LAPAN.
- Hess W.N.** (1974). Weather and Climate Modification. NOAA Environment Research Laboratory.
- John I. Pariwono & Agus S. Atmadipoera, M. Sulchan Darmawan, Hideake Hase** (2003). Interaksi Laut-Atmosfir Di Perairan Ekuator Samudera Hindia Timur Pada SkalaMusiman dan Harian . Proc. Workshop Pemanfaatan Informasi Iklim untuk Pertanian di Sumatra Barat, 12 - 14 Agustus 2003. BPPT-BMG-LAPAN.
- Kellog W.W.I** (1977). Effect of Human Activities on Global Climate. Technical Notee 156. WMO 486.

- Kuo-Nan Liou** (1980). An Introduction to Atmospheric Radiation. Academic Press. NY.
- Lansberg H.E.** ( ----). World Survey of Klimatologi. Elsevier Scientific Publishing Co. Vol.3.
- LAPI-ITB** (1982). Draft Final Report Mencari Metoda Ramalan Cuaca Mingguan dan Bulanan di Daerah Indonesia. Kerjasama Penelitian ITB-PMG. Surat Perjanjian no. 01/P3MB/1981 - 27/SPKS/LAPI/VII/81 tanggal 6 Juli 1981.
- Pant P.S.** (1977 Monsoon Dynamics, edited by Sir James Lighthill & Prof. R.P.Pearce, Cambridge Univ. Press.
- Philander S.Gorge** (1990). El Nino, La Nina, and the Southern Oscillation. Academic Press. Inc. N.Y.
- Sadler J.C. and Lim J.T.** (1977).. Monsoon Dynamics. edited by Sir James Lighthill & Prof. R.P.Pearce, Cambridge Univ. Press.
- Schmidt F.H. and J. van der Vecht** (1952). East Monsoon Fluctuations in Java and Madura During the Period 1880 - 1940. Verhandelingen no. 43. Kementerian Perhubungan, Djawatan Meteorologi dan Geofisik. Djakarta.
- (1992). WMO and the Ozone Issue. WMO no. 778.
- Sadli** (...). Ensiklopedi Nasional.
- Soehardi** (1968). Menentukan Permulaan Musim Hudjan dan Permulaan Musim Kemarau di daerah Surakarta dengan Menggunakan Teori de Boer. Kumpulan Naskah Meteorologi dan Pertanian. Hari Meteorologi Sedunia 1968. Lembaga Meteorologi dan Geofisika, Jakarta.
- Soerjadi Wh dan Sridadi Budiharjo** (1981). Estimasi Perhitungan Divergensi, Vortisitas dan Kecepatan Gerak Vertikal Secara Semiobjektif Serta Penggunaannya Untuk ramalan Cuaca. Temu Karya Ilmian Nasional FGGE-MONEX Dan Ramalan Cuaca/Musim. 10-12 Agustus 1981. Badan Meteorologi dan Geofisika, Jakarta.

- Soerjadi Wh, Antoyo S, Rosdiana, Umi Farida** (1981). Cuaca di daerah Sumatra dan Jawa Barat Berkenaan dengan adanya Front/Palung di Belahan Bumi Utara dan Selatan sekitar Indonesia. Temu Karya Ilmian Nasional FGGE-MONEX Dan Ramalan Cuaca/Musim. 10-12 Agustus 1981. Badan Meteorologi dan Geofisika, Jakarta.
- Soerjadi Wirjohamidjojo dkk** (1993). Kamus Istilah Hidrometeorologi. Pusat Pembinaan dan Pengembangan Bahasa, Departemen pendidikan dan Kebudayaan. Jakarta.
- Soerjadi Wirjohamidjojo dkk** (1994). Kamus Istilah Meteorologi. Pusat Pembinaan dan Pengembangan Bahasa, Departemen pendidikan dan Kebudayaan. Jakarta.
- Soerjadi Wirjohamidjojo** (1981). The Main Synoptic Feature and the Relation to the Distribution of Rainfall Over Java Sea and its Surroundings during Winter MONEX Period. Proc. International Conf. On the Scientific Results of the Monsoon Experiment. Denpasar, Bali, Indonesia 26-30 October 1981. WMO Geneva , March 1982.
- Soerjadi Wirjohamidjojo dkk** (1990). Kamus Istilah Meteorologi. Pusat Pembinaan dan Pengembangan Bahasa Depdikbud.
- Sukamso** (1981). The Influence of the Cross Equatorial Flow and the Upper Trough on Rainfall in Bali. Proc. International Conf. On the Scientific Results of the Monsoon Experiment. Denpasar, Bali, Indonesia 26-30 October 1981. WMO Geneva , March 1982.
- (1993). Kamus Besar Bahasa Indonesia. Cetakan kedua. Departemen Pendidikan dan Kebudayaan. Jakarta.
- 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 ).
- Trenberth Kelvin E.** (1980). Atmospheric Quasi-Biennial Oscillation. Monthly Weather Review vol. 108. pp 1370-1377.



**Trewartha, Glenn.T dan Horn L.H.** ( 1980). An Introduction to Climate. Fift Edition. International Student Edition.

**Xiu-De Ling** (1986) The Quasi-biennial Oscillation of Ozone in the Tropical Middle Stratosphere: A One -Dimensional Model. Journal Of The Atmospheric Sciences. Vol. 43. no. 24. pp 3122-3136.

----- (1986). WMO Bulletin. Vol. 35 no.1 January 1986.

----- (1987). WMO Bulletin. Vol. 36 no.1 January 1987.

----- (1988). WMO Bulletin. Vol. 37 no.1 April 1988.

----- (1989). WMO Bulletin. Vol. 38 no.1 April 1989.

----- (1990). WMO Bulletin. Vol. 39 no.1 January 1990.

----- (1981). International Conf. On early Results of FGGE and Large Scale Aspects of its Monsoon Experiments. Talahassee, Florida 12-17 January 1981.

----- (1981). International Conf. On the Scientific Results of the Monsoon Experiments. Denpasar, Bali 26-30 October 1981.

----- (1993). Kamus Besar Bahasa Indonesia. Departemen Pendidikan dan Kebudayaan. Balai Pustaka Jakarta.

.....(1966). International Meteorological Vucabulary. WMO / OMM / BMO No. 182. TP 91.

## DAFTAR PUSTAKA

**Penulis utama: Soerjadi Wirjohamidjojo**, lahir di Cepu tanggal 16 Agustus



1937. Setelah tamat SMA di Madiun tahun 1956, melanjutkan sekolah di Akademi Meteorologi dan Geofisik Bandung. Pada tahun 1958 bekerja di Lembaga Meteorologi dan Geofisik.. Pada tahun 1965 melanjutkan sekolah di ITB 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 . Selama bekerja di BMG melaksanakan tugas-tugas sebagai pengamat, penganalisis, dan peneliti cuaca, serta sebagai pengajar tentang meteorologi di Balai Pendidikan dan Latihan Meteorologi dan Geofisika, dosen luar biasa di ITB Bandung, dosen luar biasa di Universitas Indonesia, dosen luar biasa di Kursus Analisis Dampak Lingkungan di Pusat Penelitian Sumberdaya Manusia Universitas Indonesia, dan di berbagai Lembaga Penelitian lain. Selain itu sejak 1993

sebagai dosen matematika pada Institut Sains dan teknologi AlKamal Jakarta, dan pada tahun 1997 sd. 2002 sebagai Ketua Sekolah Tinggi Teknologi YUPPEN TEK Tangerang. Kini masih aktif sebagai peneliti bidang meteorologi.

**Penulis Kedua: Yunus Subagyo Swarinoto.** Lahir di Blitar, Jawa Timur,



pada tanggal 24 Oktober 1957. Setelah tamat dari Sekolah Menengah Atas Negeri di Blitar, melanjutkan studi di Jakarta. Lulus Pendidikan Pengamat Meteorologi (D1) dari Pusat Pendidikan dan Latihan Meteorologi dan Geofisika Jakarta pada tahun 1977. Lulus Sarjana Muda Ilmu Publisistik dari Sekolah Tinggi Publisistik (sekarang IISIP) Jakarta pada tahun 1984. Lulus Pendidikan Prakirawan Meteorologi (D3) dari Akademi Meteorologi dan Geofisika Jakarta pada tahun 1986. Lulus Sarjana (S1) dari Universitas Indonesia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Jurusan Fisika Bidang Studi Fisika Atmosfer dan Meteorologi pada tahun 1996. Lulus Magister (S2) Ilmu Geografi Fisik dari Program Pascasarjana Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Indonesia Depok tahun 2006. Saat ini sedang melanjutkan studi dalam Program Doktor pada Sekolah Pascasarjana Institut Pertanian Bogor dengan mengambil bidang studi Klimatologi Terapan. Sejak tahun 1978 bekerja sebagai Pegawai Negeri Sipil di Kantor Pusat Badan Meteorologi dan Geofisika (BMG) Jakarta pada Sub Bidang Riset Klimatologi. Tahun 2002 diangkat menjadi Koordinator Sub Bidang Analisa Klimatologi dan Kualitas Udara. Kemudian pada tahun 2004 diangkat menjadi Kepala Sub Bagian Tata Usaha Pusat Penelitian dan Pengembangan Badan Meteorologi dan Geofisika. Selanjutnya pada tahun 2006 diangkat menjadi Kepala Bidang Managemen Data Klimatologi dan Kualitas Udara di Pusat SISDATIN Klimatologi dan Kualitas Udara. Ikut serta dalam Riset Unggulan Terpadu (RUT) V pada tahun 1998 bekerjasama dengan Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (BPPT). Kemudian berpartisipasi dalam RUT VIII pada tahun 2000 bekerjasama dengan Kementrian Riset dan Teknologi (KMRT). Berpartisipasi dalam Riset Unggulan Strategis Nasional (RUSNAS) pada tahun 2001 bekerjasama dengan BPPT. Sejak November 2004 masuk ke dalam jenjang fungsional peneliti sebagai Peneliti Madya Bidang Klimatologi. Pengetahuan tambahan dalam bidang klimatologi didapat dari dinas luar negeri untuk

seminar/ training/ workshop dari beberapa negara antara lain: Amerika Serikat (New York: 2001, 2002, 2005), Australia (Melbourne: 2006; Perth: 2009), China (Shanghai: 2005), Filipina (Manila: 1991, 1997; Ilo-Ilo: 2006), India (New Delh: 2005), Jepang (Tokyo: 1998, 1999, 2000, 2001, 2002, 2003, 2004, Tsukuba: 2005), Korea (Seoul: 2006), Perancis (Paris: 2006), Peru (Lima: 2008), Singapura (2005, 2009), Thailand (Bangkok: 2004, 2005, 2006), dan Taiwan (Taipei: 2002). Saat ini masih aktif bekerja di Kantor Pusat Badan Meteorologi dan Geofisika Jakarta, baik operasional maupun penelitian. Selain itu masih berpartisipasi sebagai dosen luar biasa pada Akademi Meteorologi Klimatologi dan Geofisika di Pondokbetung, Cileduk, Tangerang, Banten.