



UNIVERSITAS INDONESIA

**VARIABILITAS GELOMBANG LAUT DI LAUT JAWA DAN
SELAT KARIMATA DITINJAU DARI PERSPEKTIF
DINAMIKA METEOROLOGI**

TESIS

**R A M L A N
0906577135**

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
PROGRAM PASCA SARJANA
PROGRAM STUDI MAGISTER ILMU KELAUTAN
DEPOK
JANUARI 2012**



UNIVERSITAS INDONESIA

**VARIABILITAS GELOMBANG LAUT DI LAUT JAWA DAN
SELAT KARIMATA DITINJAU DARI PERSPEKTIF
DINAMIKA METEOROLOGI**

TESIS

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar magister
sains

R A M L A N
0906577135

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
PROGRAM PASCA SARJANA
PROGRAM STUDI MAGISTER ILMU KELAUTAN
DEPOK
JANUARI 2012**

HALAMAN PERNYATAAN ORISINILITAS

**Tesis ini adalah hasil karya saya sendiri,
dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk
telah saya nyatakan dengan benar.**

Nama : Ramlan
NPM : 0906577135
Tanda Tangan : 
Tanggal : 13 Januari 2012

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademik Universitas Indonesia, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Ramlan
NPM : 0906577135
Program Studi : Magister Ilmu Kelautan
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Jenis karya : Tesis

demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia Hak Bebas Royalti Noneksklusif (Non-exclusive RoyaltyFree Right) atas karya ilmiah saya yang berjudul : *Variabilitas Gelombang Laut di Laut Jawa dan Selat Karimata Ditinjau dari Perspektif Dinamika Meteorologi*.

Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat, dan memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Jakarta
Pada tanggal : 13 Januari 2012

Yang menyatakan



(R a m l a n)

HALAMAN PENGESAHAN

Tesis ini diajukan oleh :
Nam : Ramlan
NPM : 0906577135
Program Studi : Megister Ilmu Kelautan
Judul Tesis : *Variabilitas Gelombang Laut di Laut Jawa dan Selat Karimata Ditinjau dari Perspektif Dinamika Meteorologi*

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Magister Sains pada Program Studi Magister Ilmu Kelautan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Indonesia

DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Dr. A. Harsono Soepardjo, M.Eng

Pembimbing : Dr. Widada Sulistya, DEA

Penguji : Dr. Edwin Aldrian, M.Eng, APU

Penguji : Dr. Eko Kusratmoko, M.Sc



Direktori : Jakarta
Tanggal : 13 Januari 2012

KATA PENGANTAR

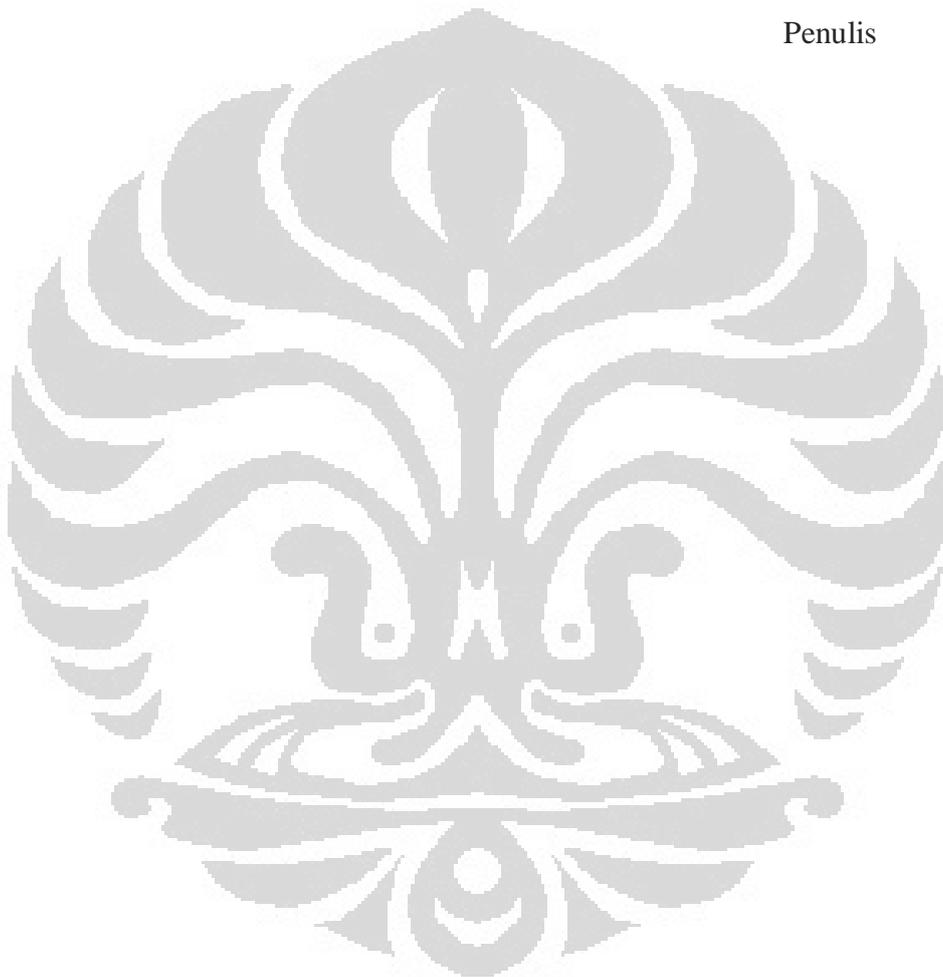
Puji syukur Alhamdulillah, saya panjatkan kehadirat Allah SWT atas segala karunia-Nya, saya dapat menyelesaikan tesis ini dengan judul "Variabilitas Gelombang Laut di Laut Jawa dan Selat Karimata Ditinjau dari Perspektif Dinamika Meteorologi". Penulisan tesis ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Magister Sains Program Studi Magister Ilmu Kelautan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Indonesia. Saya sadar bahwa, tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak dari masa perkuliahan sampai pada penyusunan tesis ini, sangatlah sulit bagi saya untuk menyelesaikannya. Oleh karena itu, saya mengucapkan terima kasih dan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada:

1. Ibu Dr. Sri Woro B. Harijono, M.Sc, yang telah tulus dan ikhlas memberikan batuan materil dan moril.
2. Bapak Dr. A. Harsono, M.Eng dan Bapak Dr. Widada Sulistya DEA, selaku pembimbing yang telah banyak meluangkan waktu, tenaga dan pikiran tanpa kenal lelah untuk membimbing dan mengarahkan dalam penyusunan tesis ini
3. Ibu Dra. Tuty Handayani, M.S, bapak Ir. Titis Bisono beserta semua staf pengajar program magister kelautan Universitas Indonesia yang telah banyak membantu memberikan fasilitas dalam mendukung penyelesaian tesis ini
4. Bapak Suratno, M.Si yang telah banyak mengarahkan dalam penyusunan tesis ini.
5. Saudara Iman, S.Si beserta rekan Subbidang Meteorologi Maritim BMKG pusat yang telah membantu dalam menyiapkan data dan pengolahan.
6. Orang tua, Keluarga beserta anak-anakku tercinta yang telah memberikan inspirasi besar sehingga dapat menyelesaikan Tesis ini.
7. Rekan kerja, sahabat dan semua pihak yang tidak dapat saya sebutkan satu persatu, yang telah banyak memberikan dukungan moril.

Akhir kata, saya berharap semoga ALLAH SWT berkenan membalas semua kebaikan semua pihak yang telah banyak membantu baik secara langsung maupun tidak langsung. Mudah-mudahan tesis ini membawa manfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan khususnya di bidang kelautan.

Jakarta, Januari 2012

Penulis



ABSTRAK

Nama : Ramlan
Program Studi : Magister Ilmu Kelautan
Judul : Variabilitas Gelombang Laut di Laut Jawa dan Selat Karimata
Ditinjau dari Perspektif Dinamika Meteorologi.

Penelitian ini dilakukan untuk mempelajari karakteristik dan variabilitas angin yang membangkitkan gelombang laut di perairan selat Karimata dan laut Jawa. Data yang digunakan adalah arah dan kecepatan angin ketinggian 10 meter pengamatan tiap 6 jam tahun 2005 – 2010. Berdasarkan hasil analisis menunjukkan bahwa arah dan kecepatan angin dominan saat musim barat di selat Karimata dari barat laut – utara, kecepatan angin antara 5 – 10 knots, puncak gelombang tertinggi antara 4 – 5 meter. Sedangkan di laut Jawa, angin dominan dari barat – barat laut, kecepatan berkisar antara 10 – 15 knots dengan puncak gelombang tertinggi mencapai 3,5 – 4 meter, puncak tertinggi terjadi di bulan Desember – Januari dan terendah bulan April. Saat musim angin timur di selat Karimata, angin dominan dari tenggara – selatan, di laut Jawa dominan dari timur – tenggara, kecepatan angin di kedua wilayah ini antara 10 – 15 knots. Puncak gelombang tinggi di musim ini terjadi bulan Juli – Agustus dengan gelombang tertinggi mencapai 2,5 – 3 meter dan puncak terendah terjadi bulan Nopember. Frekuensi tinggi gelombang ≥ 2 meter 20 – 30% di laut Jawa bagian timur dan selat Karimata bagian utara terjadi bulan Januari.

Kata kunci; *Arah dan kecepatan angin dominan, Gelombang laut tertinggi, Frekuensi gelombang signifikan.*

ABSTRACT

Name : Ramlan
Study Program : Magister of Marine Science
Title : Variability of Wind Waves in The Java Sea and Karimata Strait Viewed From The Perspective of Dynamics Meteorology.

This study was conducted to study the characteristics and variability of wind generating waves in the ocean waters of the Karimata strait and Java sea. The data utilized here are the 10 meters direction and wind speed observation height in every 6 hours in 2005 to 2010. The analysis results indicate that the dominant wind direction and speed during the wind west season in the Karimata strait is from northwest – north, with the wind speed ranged between 50 – 10 knots, the highest peak of the wave is between 4 – 5 meters. While in Java Sea, the dominant winds is from the west – northwest, with the velocity ranged between 10 – 15 knots and the highest wave peaks reaching 3.5 to 4 meters, the highest peak occurred on December-January and the lowest was on April. As the east wind season in the east Karimata strait , the dominant winds is from the southeast – south, in the Java Sea the dominant winds is from east – southeast, the wind speed in the second region between 10 – 15 knots. The wave height peak of the season occurs in July – August with the highest wave reached 2.5 – 3 meters and the lowest peak occurred in November. High-frequency waves ≥ 2 meters 20 – 30% in eastern Java Sea and the northern part of the Karimata strait occurred in January.

Key words: *Dominant wind direction and speed, The highest waves, Significant wave frequencies.*

DAFTAR ISI

	Hal
HALAMAN PENGESAHAN	i
KATA PENGANTAR	ii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR LAMPIRAN	ix
BAB 1. PENDAHULUAN	
1.1 Lata Belakang	1
1.2 Tujuan Penelitian	3
1.3 Manfaat Penelitian	3
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Angin Monsun (Musim)	4
2.1.1 Musim Barat	4
2.1.2 Musim Timur	5
2.2 Gelombang Laut	7
2.2.1 Gelombang Laut sebagai Gelombang Sinusoidal	8
2.2.2 Gelombang Laut sebagai Gelombang Superposisi	8
2.2.3 Pertumbuhan Gelombang	9
II.2.4 Interaksi Antar Gelombang	12
BAB 3. DATA DAN METODE PENELITIAN	
3.1 Data dan Lokasi Penelitian	16
3.2 Analisa Data Angin	17
3.3 Penjelasan Windwaves-05	20
3.4 Metode Penelitian	21

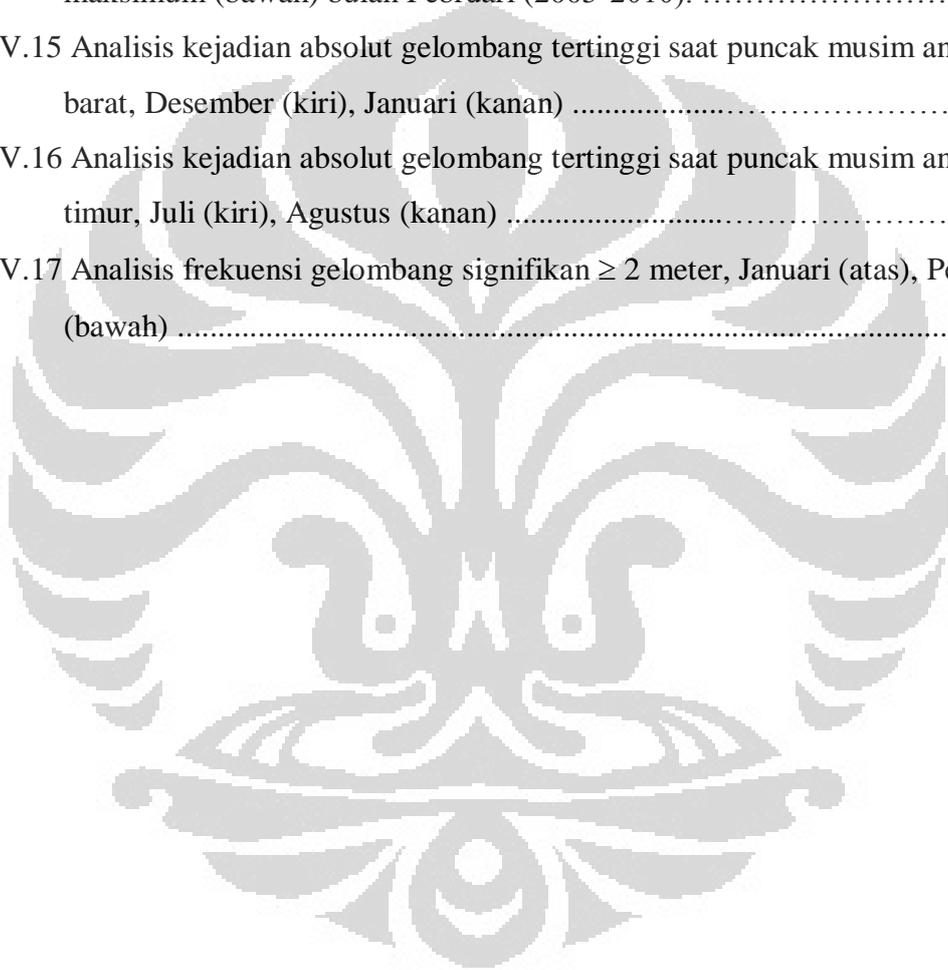
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil	23
4.1.1 Analisis Arah dan Kecepatan Angin Spasial dan Temporal	23
4.1.2 Analisis Arah dan Kecepatan Angin Tiap Titik	27
4.1.3 Analisis Arah dan Ketinggian Gelombang Laut Signifikan	31
4.1.4 Analisis Ketinggian Gelombang Laut Maksimum	34
4.1.5 Analisis Rata-rata Bulanan Ketinggian Gelombang Laut Signifikan dan Gelombang Laut Maksimum	38
4.1.6 Analisis Kejadian Absolut Gelombang Tertinggi Masing-masing Bulan	43
4.2 Pembahasan	44
4.2.1 Distribusi Pola Arah dan Kecepatan Angin	44
4.2.2 Distribusi Arah dan Tinggi Gelombang Laut	47
4.2.3 Distribusi Kejadian Absolut Gelombang Tertinggi	50
4.2.4 Distribusi Frekuensi Gelombang Signifikan ≥ 2 Meter	51
BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1 Kesimpulan	53
5.2 Saran	54
DAFTAR PUSTAKA	55

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Hal
II.1 Rata-rata arah angin monsun dingan Asia/ musim Barat.....	5
II.2 Rata-rata arah angin monsun dingan Australia/ musim Timur	6
II.3 Bentuk Gelombang Sinusoidal	9
II.4 Bentuk Gelombang Superposisi	9
II.5 Sepektrum gelombang untuk kecepatan angin yang berbeda beda	10
II.6 Sepektrum gelombang untuk fetch yang berbeda-beda	11
II.7 Variasi jenis dan ukuran gelombang sepanjang fetch	11
II.8 Tampilan permukaan laut akibat gelombang	14
III.1 Pembagian wilayah Penelitian	17
III.2 Alur proses pengolahan data dan penelitian	22
IV.1 Analisis rata-rata arah dan kecepatan angin saat puncak musim barat (Januari) Tahun 2005 – 2010	24
IV.2 Analisis rata-rata arah dan kecepatan angin saat puncak musim timur (Agustus) Tahun 2005 – 2010.....	24
IV.3 Rata-rata arah dan frekuensi kecepatan angin musim barat (Oktober – April) tahun 2005 – 2010 pada titik 3 ($2,731^0$ LS; $109,199^0$ BT)	28
IV.4 Rata-rata arah dan frekuensi kecepatan angin musim timur (April – Oktober) tahun 2005 – 2010 pada titik 5 ($5,444^0$ LS; $108,509^0$ BT)	30
IV.5 Analisis rata-rata arah dan ketinggian gelombang laut signifikan bulan April Tahun (2005 – 2010)	32
IV.6 Analisis rata-rata arah dan ketinggian gelombang laut signifikan bulan Agustus Tahun (2005 – 2010)	33
IV.7 Analisis rata-rata arah dan ketinggian gelombang laut maksimum bulan Januari Tahun (2005 – 2010)	35
IV.8 Analisis rata-rata arah dan ketinggian gelombang laut maksimum bulan April Tahun (2005 – 2010)	36
IV. 9 Analisis rata-rata arah dan ketinggian gelombang laut maksimum bulan Agustus Tahun (2005 – 2010)	38
IV.10 Analisis rata-rata bulanan gelombang laut signifikan dan gelombang laut maksimum titik 02 (108.557 BT; 1.328 LS) Tahun 2005 – 2010	40

IV.11 Analisis rata-rata bulanan gelombang laut signifikan dan gelombang laut maksimum titik 06 (110.127 BT; 4.445 LS) Tahun 2005 – 2010	42
IV.12 Rata-rata kejadian siklon tropis di belahan bumi utara dan selatan Indonesia data tahun 1977 – 2009	46
IV.13 Analisis rata-rata gelombang laut signifikan (atas) dan gelombang laut maksimum (bawah) bulan Juni (2005-2010).	48
IV.14 Analisis rata-rata arah dan kecepatan angin (atas) dan gelombang laut maksimum (bawah) bulan Pebruari (2005-2010).	49
IV.15 Analisis kejadian absolut gelombang tertinggi saat puncak musim angin barat, Desember (kiri), Januari (kanan)	50
IV.16 Analisis kejadian absolut gelombang tertinggi saat puncak musim angin timur, Juli (kiri), Agustus (kanan)	51
IV.17 Analisis frekuensi gelombang signifikan ≥ 2 meter, Januari (atas), Pebruari (bawah)	52



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Hal
1. Analisis Rata-rata Arah dan Kecepatan Angin Spasial Bulanan Tahun 2005 – 2010	58
2. Analisis Rata-rata Arah dan Persentase Kecepatan Angin di Setiap Titik Pengamatan Saat Musim Barat (Oktober – April) Tahun 2005 – 2010	65
3. Analisis Rata-rata Arah dan Persentase Kecepatan Angin di Setiap Titik Pengamatan Saat Musim Timur (April – Oktober) Tahun 2005 – 2010	76
4. Analisis Rata-rata Arah dan Ketinggian Gelombang Laut Signifikan Spasial Bulanan Tahun 2005 – 2010	87
5. Analisis Rata-rata Arah dan Ketinggian Gelombang Laut Maksimum Spasial Bulanan Tahun 2005 – 2010	94
6. Grafik Rata-rata Bulanan Gelombang Laut Signifikan dan Gelombang Laut Maksimum Tahun 2005 – 2010	101
7. Gambar Analisis Kejadian Absolut Gelombang Tertinggi Masing-masing Bulan (Data Tiap Jam Periode 2005 – 2010)	107
8. Gambar Analisis Frekuensi Gelombang Signifikan ≥ 2 Meter Masing-Masing Bulan (Data Periode 2005 – 2010)	114

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Secara geografis wilayah Indonesia terletak di daerah tropis yang sepanjang tahun mendapatkan sinar matahari sehingga pada umumnya Indonesia mempunyai suhu yang hangat. Selain itu wilayah Indonesia juga diapit oleh dua benua yaitu benua Asia dan benua Australia serta berada di antara samudera Pasifik dan samudera Hindia dengan kata lain perairan wilayah Indonesia lebih luas dari daratan. Dikarenakan letak geografis yang sangat strategis itu maka Indonesia memiliki peran yang sangat penting terutama pada sirkulasi air laut di dunia. Dengan adanya pergerakan matahari dari 23.5° lintang utara ke 23.5° lintang selatan sepanjang tahun sehingga panas yang diterima oleh permukaan air laut juga berbeda secara periodik.

Matahari merupakan sumber energi utama dalam mempengaruhi perpindahan massa udara di bumi. Radiasi yang dipancarkan matahari ke bumi mengakibatkan permukaan bumi semakin panas, dengan adanya perbedaan panas yang diterima oleh bumi, timbul perbedaan suhu dan tekanan udara dari satu tempat ke tempat lainnya sehingga massa udara selalu berpindah dari daerah yang bertekanan tinggi ke daerah bertekanan rendah. Pergerakan massa udara dari satu tempat ketempat lain inilah yang disebut angin. Gesekan angin dengan permukaan laut menimbulkan gelombang laut.

Gelombang yang dibangkitkan angin terbentuk di perairan dalam kemudian bergerak ke perairan dangkal yang mengalami deformasi (refraksi, difraksi, refleksi) dan pada akhirnya pecah di dekat pantai. Parameter gelombang seperti tinggi, periode, sudut refraksi dan tipe gelombang sangat penting diketahui untuk mempelajari gelombang yang ada di laut. Informasi gelombang laut dimanfaatkan untuk menunjang berbagai kegiatan kelautan, baik informasi gelombang untuk kegiatan kelautan jangka pendek maupun untuk jangka panjang. Informasi gelombang untuk kegiatan kelautan jangka pendek dapat dimanfaatkan untuk operasi kegiatan di pantai dan lepas pantai, seperti operasi pelabuhan dan

pengeboran minyak, efisiensi dan keselamatan pelayaran, sarana olah raga dan penangkapan ikan. Sedangkan informasi gelombang untuk kegiatan kelautan jangka panjang dapat dimanfaatkan sebagai perencanaan pembangunan atau desain bangunan pelabuhan, bangunan untuk pengeboran minyak ataupun bangunan pembangkit tenaga listrik, serta menentukan transpor sedimen yang terjadi di pantai dan perubahan garis pantai.

Untuk memperoleh informasi perairan jangka panjang atau iklim maritim, perlu dilakukan kajian-kajian yang mendalam tentang berbagai interaksi antara atmosfer, laut dan daratan. Oleh karena itu penulis sangat tertarik untuk mengkaji bagaimana karakteristik dan sebaran pola angin dan sebaran gelombang laut ekstrim secara spasial pada wilayah tersebut baik pada periode musim timur/monsun dingin Australia maupun musim barat/monsun dingin Asia.

1.2 Rumusan Masalah

Informasi angin maupun informasi gelombang tinggi merupakan bagian terpenting untuk informasi cuaca kelautan. Informasi dari berbagai media diketahui bahwa pada bulan-bulan tertentu terjadi gelombang tinggi yang sangat mempengaruhi beragam kegiatan di laut, seperti terjadinya kecelakaan atau tenggelamnya kapal sehingga menelan korban jiwa maupun kehilangan harta benda, disamping itu masyarakat nelayan sulit melaut akibat gelombang tinggi. Sering terjadinya gelombang tinggi di beberapa wilayah penelitian dapat mengganggu kelancaran transportasi laut antar pulau maupun antar negara yang berdampak pada kehidupan di darat, seperti kelangkaan bahan pangan di beberapa pulau kecil dan terganggunya berbagai aktivitas pembangunan karena terhambatnya suplai bahan konstruksi.

Dampak adanya gelombang tinggi seperti yang telah diuraikan dapat dicegah atau dikurangi jika variabilitas dan karakteristik gelombang di setiap wilayah penelitian dipahami dengan baik, sehingga kegiatan-kegiatan kelautan dapat direncanakan sesuai dengan karakter gelombang di wilayah operasinya masing-masing.

Perilaku gelombang tinggi dan tingkat kerawanan di wilayah Indonesia umumnya dan wilayah penelitian khususnya hingga saat ini belum dipahami dengan baik, oleh karena itu perlu dilakukan kajian.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini antara lain:

- a. Mendapatkan gambaran arah dan kecepatan angin dominan yang membangkitkan gelombang pada kedua periode angin musim.
- b. Mengetahui secara spasial maupun temporal/ bulanan arah dan tinggi gelombang laut (gelombang signifikan dan gelombang maksimum) disekitar Perairan Selat Karimata dan Laut Jawa periode tahun 2005 – 2010 baik pada periode musim barat maupun musim timur.
- c. Mendeteksi dan menggambarkan secara spasial wilayah-wilayah perairan yang mengalami kejadian gelombang tertinggi pada masing-masing bulan selama periode tahun 2005 – 2010.
- d. Mengetahui secara spasial maupun temporal frekuensi tinggi gelombang 2 meter atau lebih (gelombang berbahaya bagi pelayaran) pada masing-masing bulan selama periode tahun 2005 – 2010.

1.4 Manfaat Penelitian

Dalam penelitian ini diharapkan memberikan manfaat sebagai berikut:

- a. Dapat dijadikan referensi untuk menentukan pola iklim (terutama iklim laut) disekitar wilayah Laut Jawa dan Selat Karimata.
- b. Memberikan informasi kepada masyarakat maupun pengguna jasa lainnya, kapan terjadinya gelombang laut maksimum disekitar wilayah penelitian agar dapat mengambil keputusan dalam perencanaan.
- c. Meningkatkan ilmu pengetahuan khususnya tentang pengaruh angin musim (monsun) terhadap gelombang laut sehingga dapat menjadi inspirasi dalam penelitian lebih lanjut.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Angin Monsun (Musim)

Dengan adanya gerak semu posisi matahari terhadap bumi secara periodik dibelahan bumi utara dan selatan sehingga angin di wilayah Indonesia sangat dipengaruhi oleh adanya perbedaan sel tekanan tinggi dan sel tekanan rendah di benua Asia dan Australia secara bergantian. Menurut definisi dari Ramage (1971) dan (Prawirowardoyo, 1996) terlihat bahwa Indonesia adalah negara yang dipengaruhi oleh monsun. Istilah ‘monsun’ berasal dari kata Arab ‘*mausim*’ yang berarti musim. Istilah ini digunakan untuk menjelaskan pembalikan arah angin secara musiman di sepanjang pantai Samudra Hindia, khususnya di Laut Arab, yang bertiup dari arah Barat Daya (*South West*) selama setengah tahun dan dari arah sebaliknya Timur Laut (*North East*), selama setengah tahun berikutnya. Monsun di Indonesia adalah bagian dari monsun Asia Timur dan Asia Tenggara.

2.1.1 Musim Barat

Pada saat musim dingin di BBU¹ khatulistiwa, umumnya terjadi pada bulan Oktober hingga April dan puncaknya terjadi pada bulan Desember, Januari, Februari, angin monsun bertiup dari daerah Siberia menuju benua Australia. Pada periode ini daerah-daerah di Indonesia yaitu daerah yang berada di sekitar Sumatera bagian selatan, Jawa, Bali, Lombok, Nusa Tenggara sampai dengan Papua angin monsun bertiup dari barat ke arah timur. Daerah ini disebut monsun dingin dari BBU ini dinamakan monsun barat dan musimnya disebut musim monsun barat. Sedangkan daerah yang mencakup sebagian besar Sumatera dan Kalimantan barat angin monsun datang dari arah timur laut, angin monsun di daerah ini disebut monsun timur laut dan musimnya diberi nama musim monsun timur laut (Prawirowardoyo, 1996).

¹ *Belahan Bumi Utara*

Angin monsun barat ini bertiup saat matahari berada di BBS² khatulistiwa, yang menyebabkan benua Australia musim panas, sehingga bertekanan rendah. Sedangkan Benua Asia lebih dingin, sehingga tekanannya tinggi. Menurut hukum Buys Ballot, angin akan bertiup dari daerah bertekanan tinggi ke daerah bertekanan rendah, sehingga angin bertiup dari benua Asia menuju benua Australia, dan karena menuju ke selatan khatulistiwa/ equator, maka angin akan dibelokkan ke arah kiri (Gambar II.1). Pada waktu ini, Indonesia khususnya akan mengalami musim hujan akibat adanya massa uap air yang dibawa oleh angin ini, saat melalui lautan luas di bagian utara (Samudera Pasifik dan Laut Cina Selatan), (www.cuacajateng.com/monsun.htm).



Gambar II.1 Rata-rata arah angin monsun dengan Asia/ musim Barat

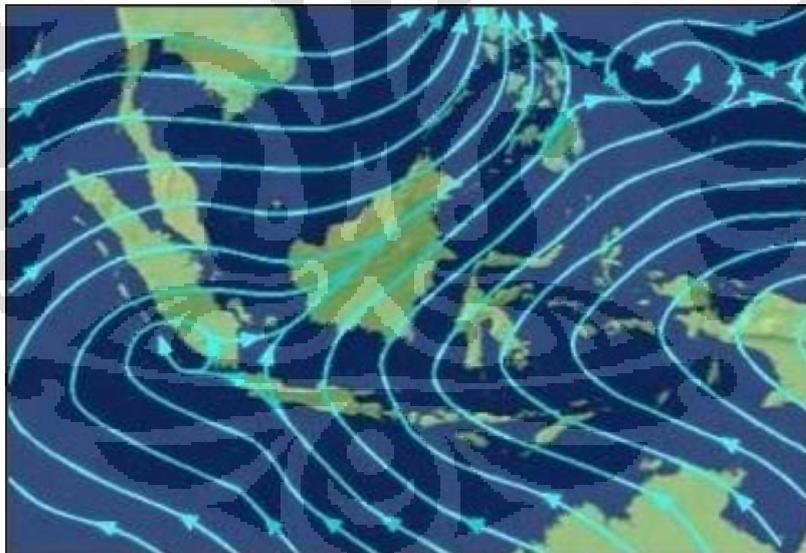
2.1.2 Musim Timur

Demikian sebaliknya, antara bulan April hingga Oktober saat matahari berada di belahan bumi utara, menyebabkan benua Australia musim dingin, sehingga bertekanan tinggi. Sedangkan benua Asia lebih panas, sehingga tekanannya rendah. Menurut hukum Buys Ballot, angin akan bertiup dari daerah bertekanan tinggi ke daerah bertekanan rendah, sehingga angin bertiup dari benua Australia menuju benua Asia, dan karena menuju Utara khatulistiwa/equator, maka angin akan dibelokkan ke arah kanan. Pada waktu ini, Indonesia akan

² *Belahan Bumi Selatan*

mengalami musim kemarau akibat angin tersebut melalui gurun pasir di bagian utara Australia yang kering dan hanya melalui lautan sempit (Gambar II.2), (www.cuacajateng.com/monsun.htm).

Pada bulan Juni, Juli, Agustus (JJA) merupakan puncak terjadinya angin musim Timur sehingga terjadi sel tekanan rendah di Asia dan sel tekanan tinggi di Australia yang menggerakkan monsun timur atau monsun tenggara. Monsun barat biasanya lebih lembab daripada monsun timur. Perbedaan arah angin di dalam kedua monsun tersebut disebabkan oleh dua faktor yaitu pertama udara turun di atas Australia pada waktu terjadi monsun timur sebaliknya udara naik di atas Australia pada waktu monsun barat sedangkan yang kedua pada saat monsun timur arus udara bergerak di atas laut yang jaraknya pendek sedangkan pada saat monsun barat arus udara bergerak di atas laut yang jaraknya cukup jauh sehingga dalam monsun barat arus udara lebih banyak mengandung uap air (Tjasyono, B.H.K. dan Mustofa, A.M., 2000).



Gambar II.2 Rata-rata arah angin monsun dengan Australia/ musim Timur

Pada saat terjadi monsun barat disekitar wilayah penelitian (Selat Karimata dan Laut Jawa), angin umumnya bertiup dari arah barat – barat laut dan umumnya sepanjang wilayah penelitian tiupan angin monsun barat lebih luas karena daerah yang dilaluinya merupakan daerah perairan yang homogen. Sebaliknya pada saat terjadi monsun timur yaitu angin umumnya bertiup dari arah tenggara hingga

timur, umumnya tiupan angin di sekitar wilayah penelitian akan terhalang oleh daratan (pulau Jawa) sehingga akan mempengaruhi tinggi gelombang laut di sekitar wilayah penelitian.

2.2 Gelombang Laut

Gelombang/ombak yang terjadi di lautan dapat diklasifikasikan menjadi beberapa macam tergantung kepada pembangkitnya. Pembangkit gelombang laut dapat disebabkan oleh: angin (gelombang angin), gaya tarik menarik bumi-bulan matahari (gelombang pasang-surut), gempa (vulkanik atau tektonik) di dasar laut (gelombang tsunami), ataupun gelombang yang disebabkan oleh gerakan kapal.

Perubahan angin musim (musim barat dan musim timur serta masa transisi keduanya) akan mengakibatkan perubahan lingkungan perairan dalam satu kawasan. Pada masa transisi umumnya kondisi laut tenang karena terjadi pergantian dari dominasi angin barat menjadi angin timur atau sebaliknya (Nontji, 1987). Pergerakan musiman air permukaan laut sangat erat kaitannya dengan pola musonal. Seperti diungkapkan (Hutabarat *et al*, 1985 dalam Sulistya. W, 2009) angin musiman (monsun) mempunyai pengaruh yang dramatis terhadap arah pergerakan arus permukaan laut dan gelombang laut.

Definisi gelombang laut secara umum adalah pergerakan naik dan turunnya air dengan arah tegak lurus permukaan air laut yang membentuk kurva/grafik sinusoidal. Gelombang laut disebabkan oleh angin. Angin di atas lautan mentransfer energinya ke perairan, menyebabkan riak-riak, alun/bukit, dan berubah menjadi apa yang kita sebut sebagai gelombang.

Ketinggian dan periode gelombang tergantung kepada panjang *fetch*³ pembangkitannya. *Fetch* ini dibatasi oleh bentuk daratan yang mengelilingi laut. Semakin panjang jarak *fetch* nya, ketinggian gelombangnya akan semakin besar. Angin juga mempunyai pengaruh yang penting pada ketinggian gelombang. Angin yang lebih kuat akan menghasilkan gelombang yang lebih besar.

Gelombang yang menjalar dari laut dalam (*deep sea*) menuju ke pantai akan mengalami perubahan bentuk karena adanya perubahan kedalaman laut. Apabila gelombang bergerak mendekati pantai, pergerakan gelombang di bagian bawah

³ Jarak tempuh perjalanan gelombang dari awal pembangkitannya

yang berbatasan dengan dasar laut akan melambat. Ini adalah akibat dari friksi/gesekan antara air dan dasar pantai. Sementara itu, bagian atas gelombang di permukaan air akan terus melaju. Semakin gerak gelombang menuju ke pantai, puncak gelombang akan semakin tajam dan lembahnya akan semakin datar. Fenomena ini yang menyebabkan gelombang tersebut kemudian pecah.

Ada dua tipe gelombang, bila dipandang dari sisi sifat-sifatnya. Yaitu: gelombang pembangun/pembentuk pantai (*Constructive wave*) dan gelombang perusak pantai (*Destructive wave*). Yang termasuk gelombang pembentuk pantai, bercirikan mempunyai ketinggian kecil dan kecepatan rambatnya rendah. Sehingga saat gelombang tersebut pecah di pantai akan mengangkut sedimen (material pantai). Material pantai akan tertinggal di pantai (deposit) ketika aliran balik dari gelombang pecah meresap ke dalam pasir atau pelan-pelan mengalir kembali ke laut.

Sedangkan gelombang perusak pantai biasanya mempunyai ketinggian dan kecepatan rambat yang besar (sangat tinggi). Air yang kembali berputar mempunyai lebih sedikit waktu untuk meresap ke dalam pasir. Ketika gelombang datang kembali menghantam pantai akan ada banyak volume air yang terkumpul dan mengangkut material pantai menuju ke tengah laut atau ke tempat lain. (Sumber: www.scribd.com/doc/66261435/GELOMBANG-LAUT)

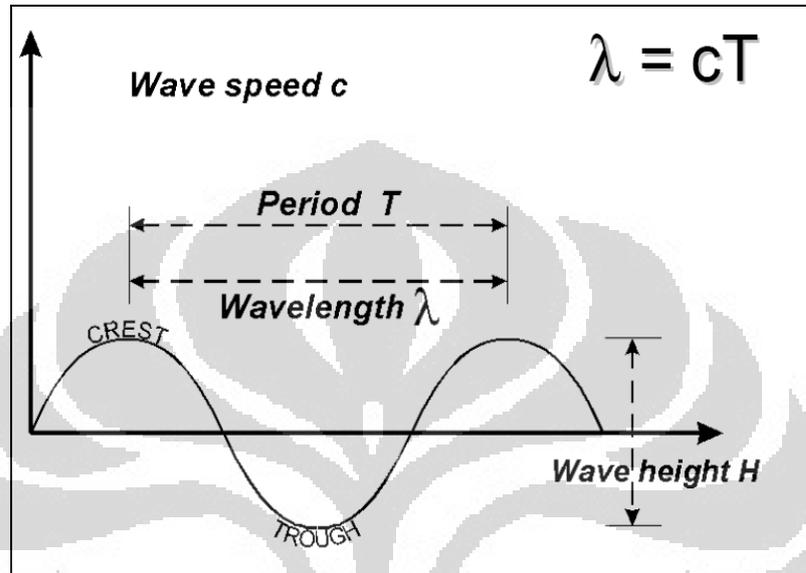
2.2.1 Gelombang Laut sebagai Gelombang Sinusoidal

Gelombang permukaan laut merupakan gelombang yang sangat kompleks dan tidak dapat hanya diwakili oleh sebuah gelombang sinusoidal sederhana. Penggambaran dengan menggunakan gelombang sinusoidal ini hanya digunakan sebagai konsep puncak perambatan gelombang tanpa adanya pengaruh angin serta diketahui sebagai sifat-sifat dasar gelombang laut (Gambar II.3). Bagaimanapun dalam kenyataannya gelombang seperti itu tidak akan ada walaupun gelombang besar tsunami datang pada daerah laut yang tenang (Ramdhani, 2010).

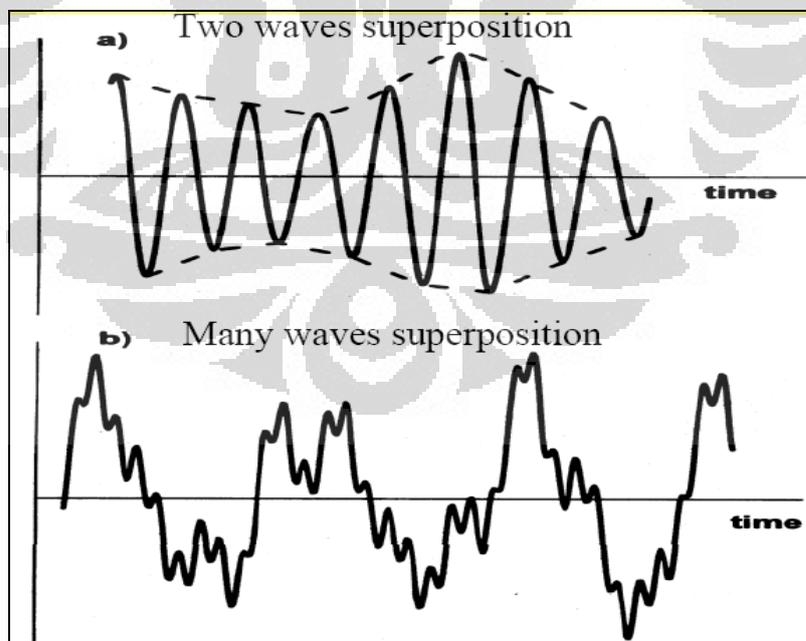
2.2.2 Gelombang Laut sebagai Gelombang Superposisi

Superposisi gelombang adalah penjumlahan dua gelombang atau lebih dapat melintasi ruang yang sama tanpa ada ketergantungan satu gelombang dengan yang lain. Elastisitas medium akan mempengaruhi bentuk gelombang yang dihasilkan.

Di alam, gelombang laut selalu nampak tidak teratur. Hal ini karena gelombang laut terbentuk dari beberapa gelombang sinusoidal (Ramdhani, 2010). Gelombang ini menggambarkan gabungan gelombang yang merupakan jumlah amplitude dan periode (Gambar II.4).



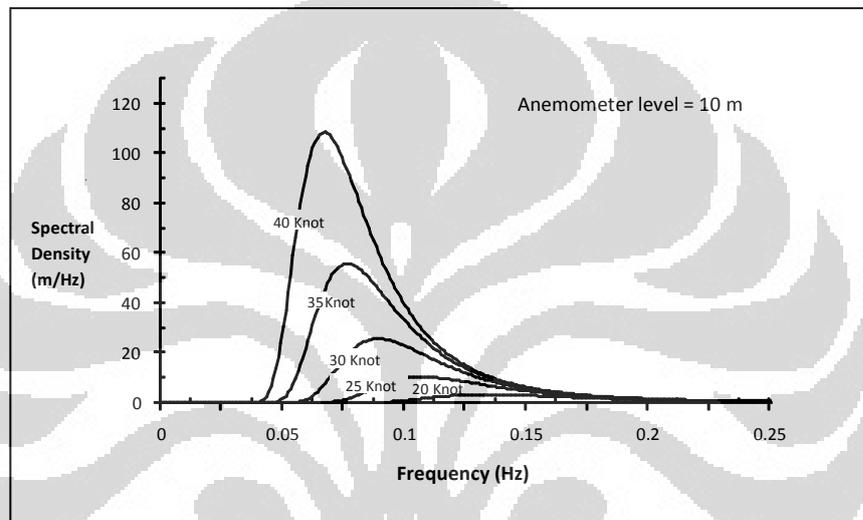
Gambar II.3 Bentuk Gelombang Sinusoidal



Gambar II.4 Bentuk Gelombang Superposisi

2.2.3 Pertumbuhan Gelombang

Pertumbuhan spektrum gelombang sebagai fungsi dari kecepatan angin (Gambar II.5). Pada gambar terlihat bahwa semakin besar kecepatan angin semakin lebar kisaran frekuensi dan semakin besar energi gelombang yang terbentuk. Luas masing-masing kurva spektrum sebanding dengan tinggi gelombang, gambar ini menunjukkan bahwa semakin besar kecepatan angin semakin besar gelombang yang terbentuk.

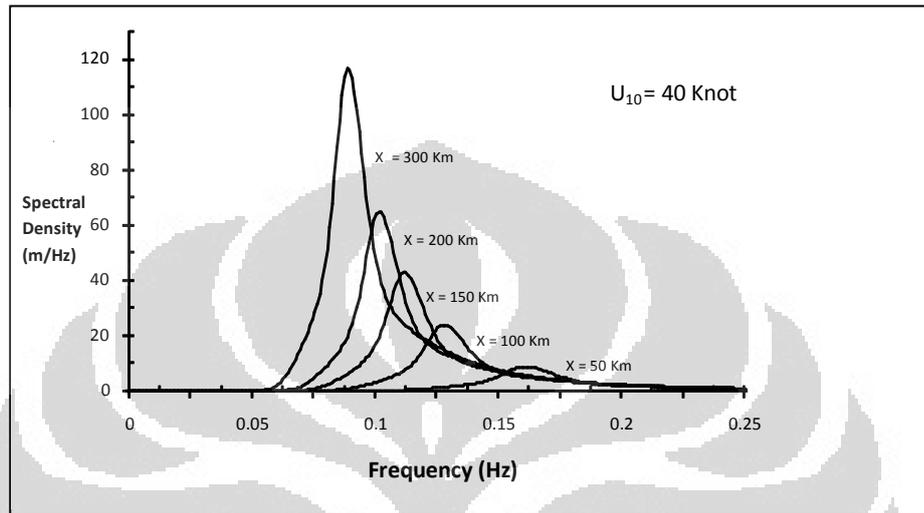


Gambar II.5 Sepektrum gelombang untuk kecepatan angin yang berbeda beda, Pierson dan Moskowitz (1964)

Spektrum gelombang yang ditunjukkan pada gambar diatas merupakan gelombang yang di formulasikan oleh Pierson dan Moskowitz (1964). Berdasarkan data gelombang di laut Atlantik Utara dan dengan anggapan bahwa jika arah dan kecepatan angin dapat bertiup secara konstan di lautan yang luas selama sehari-hari, energi gelombang dapat berimbang dengan energi angin atau dengan kata lain gelombang dapat tumbuh penuh (maksimum). Hasselman et. al (1973), berdasarkan data gelombang selama kegiatan *Joint North Sea Wave Observation Project* (JONSWAP) bahwa spektrum gelombang tidak bisa tumbuh penuh tetapi terus berubah terhadap waktu dan panjang lintasan (*fetch*) yang dilalui.

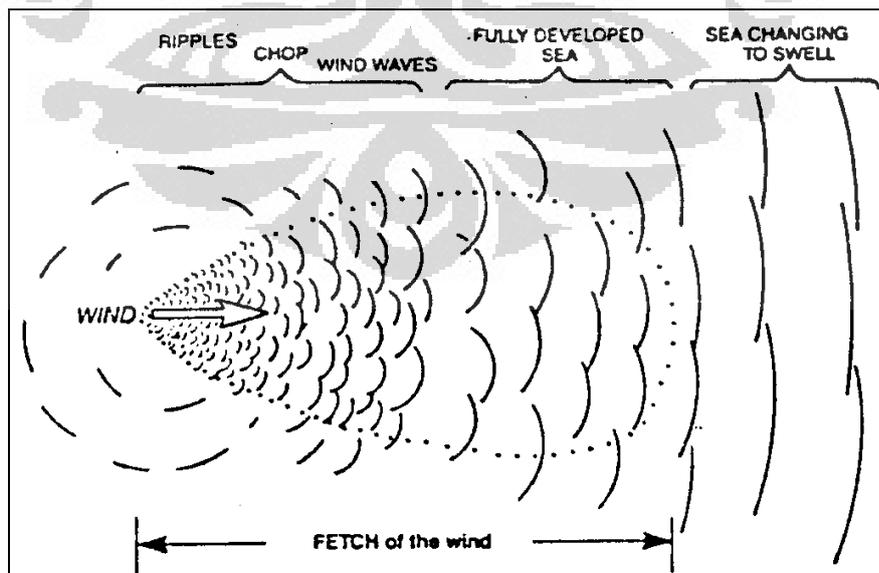
Variasi spektrum gelombang sebagai fungsi *fetch* (Gambar II.6). Pada gambar ini dapat dilihat adanya perubahan bentuk puncak spektrum tumpul ke

puncak spektrum yang lebih lancip sesuai dengan jarak fetch yang berarti juga waktu. Perubahan yang demikian akibat adanya transfer energi dari gelombang dengan frekuensi lebih tinggi ke frekuensi yang lebih rendah sesuai dengan teori interaksi non-linier antar gelombang dari Hasselmann (1966).



Gambar II.6 Spektrum gelombang untuk fetch yang berbeda-beda, Hasselmann et. al. (1973)

Variasi jenis dan ukuran gelombang di sepanjang fetch, dimana angin bertiup secara konstan, juga dapat dilihat pada Gambar II.7.



Gambar II.7 Variasi jenis dan ukuran gelombang sepanjang fetch (Sumber : WMO- No. 702)

Pengurangan energi gelombang yang terbesar terjadi jika gelombang dan angin saling berlawanan arah. Efek angin yang berlawanan arah hampir sebanding dengan efek angin pada pertumbuhan gelombang.

Gelombang memiliki sifat-sifat tertentu yang dapat dipengaruhi oleh 3 bentuk angin :

1. Kecepatan angin, umumnya makin kencang angin bertiup maka makin besar gelombang yang terbentuk dan gelombang ini mempunyai kecepatan yang tinggi dan panjang gelombang yang besar.
2. Ketika angin sedang bertiup, tinggi, kecepatan dan panjang gelombang seluruhnya cenderung meningkat sesuai dengan meningkatnya waktu pada saat angin pembangkit gelombang mulai bertiup.
3. Jarak tanpa rintangan ketika angin bertiup (*fetch*). *Fetch* di lautan lebih besar daripada *fetch* di daerah selat sehingga panjang gelombang yang terbentuk di lautan lebih panjang hingga mencapai ratusan meter.

2.2.4 Interaksi Antar Gelombang

Ketika kita melihat fenomena gelombang laut, ternyata, air gelombang tidak bergerak maju, melainkan melingkar. Sehingga air hanya bergerak naik-turun begitu gelombang melintas. Tepi pantai menahan dasar gelombang, sehingga puncak gelombang bergerak lebih cepat untuk memecah di tepi pantai. Gelombang bergerak melintasi jarak yang jauh, tetapi medium (cair, padat, atau gas) hanya bisa bergerak terbatas. Dengan demikian, walaupun gelombang bukan merupakan materi, pola gelombang dapat merambat pada materi.

Dalam usaha menjelaskan proses tumbuhnya gelombang di laut, banyak teori dikemukakan para ahli, tetapi hanya ada dua teori yang saling melengkapi dan dapat menjelaskan pertumbuhan gelombang di lautan.

- a. Teori yang pertama dikemukakan oleh Phillips (1957), menyatakan bahwa: Turbulensi dalam angin menyebabkan fluktuasi acak permukaan laut yang menghasilkan gelombang-gelombang kecil-kecil/riak dengan panjang gelombang beberapa sentimeter. Gelombang-gelombang kecil-kecil ini

kemudian tumbuh secara linier melalui proses resonansi dengan fluktuasi tekanan turbulensi.

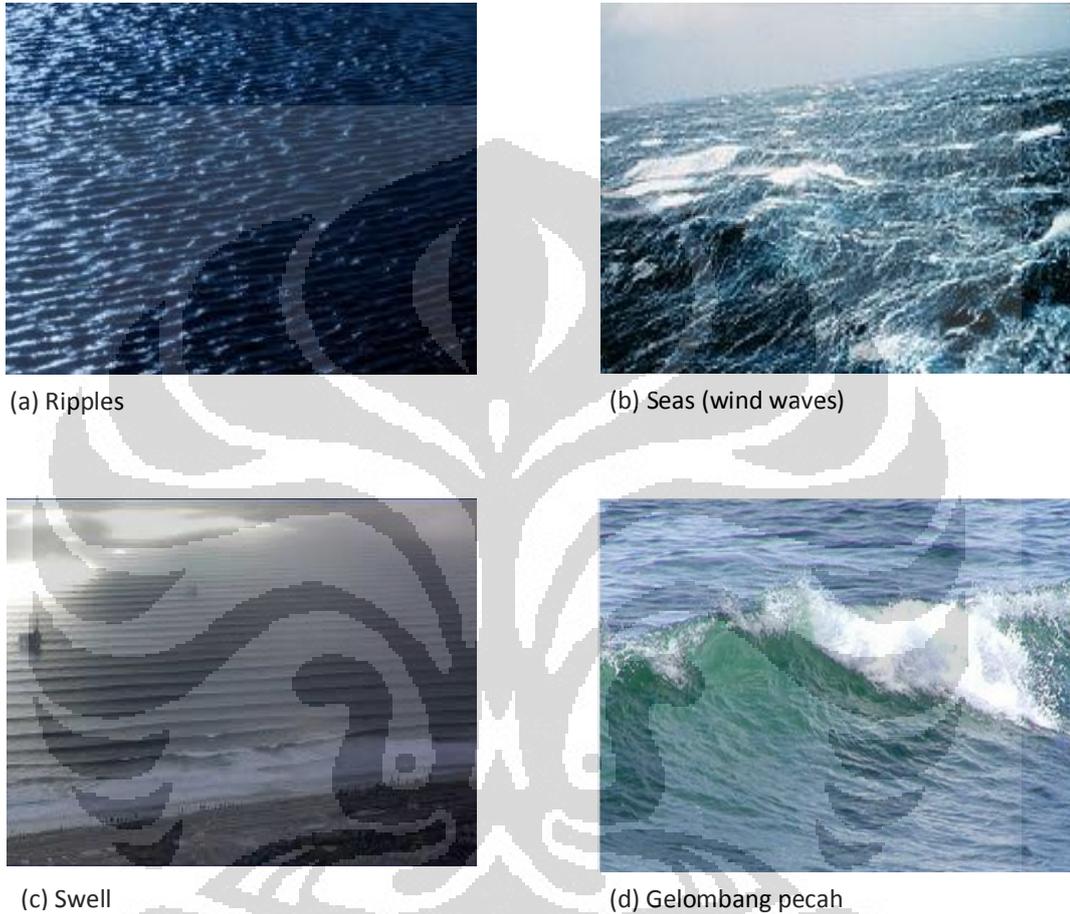
- b. Teori yang kedua dikemukakan oleh Miles (1957) dan dikenal dengan teori ketidakstabilan atau mekanisme arus balik (*feed-back Mechanisme*), menyatakan bahwa: Ketika ukuran gelombang-gelombang kecil yang sedang tumbuh mulai mengganggu aliran udara di atasnya, angin yang bertiup memberikan tekanan yang semakin kuat seiring dengan meningkatnya ukuran gelombang sehingga gelombang tumbuh menjadi besar. Proses pemindahan energi ini berlangsung secara tak stabil, semakin besar ukuran gelombang semakin cepat gelombangnya. Ketidak stabilan menyebabkan gelombang tumbuh secara eksponensial.

Bersamaan dengan proses pertumbuhannya, gelombang-gelombang yang sedang tumbuh yang beragam energi dan frekuensinya saling berinteraksi untuk menghasilkan gelombang yang lebih panjang. Interaksi yang terjadi melibatkan proses pemindahan energi secara tak linier dari gelombang-gelombang frekuensi tinggi (periode pendek) ke gelombang yang frekuensinya yang lebih rendah. Teori tentang interaksi tak linier dikemukakan oleh Hasselmann (1961), Hasselmann (1963), dan Hasselmann, et al. (1973). Proses transfer energi ini menyebabkan gelombang-gelombang periode panjang mempunyai energi yang lebih tinggi. Jika periode gelombang cukup panjang, kecepatan rambat gelombang dapat melebihi kecepatan angin pembentuknya, sehingga gelombang dapat keluar dari daerah pertumbuhannya.

Bentuk dari sebuah gelombang dan rentetan diagram yang menunjukkan gerakan partikel-partikel air yang ada di dalam gelombang. Walaupun gelombang bergerak makin maju ke depan, partikel-partikel di dalam gelombang akan meninggalkan jejak yang membentuk lingkaran. Jejak lingkaran yang dibuat oleh partikel-partikel akan menjadi lebih kecil sesuai dengan makin besarnya kedalaman di bawah permukaan gelombang.

Gelombang yang berada di daerah pertumbuhannya disebut "Sea" dan gelombang yang telah atau dapat keluar dari daerah pertumbuhannya disebut "swell". Di daerah pertumbuhannya, gelombang mempunyai variasi frekuensi,

ukuran dan arah rambat yang beragam sehingga permukaan laut tampak tidak teratur (Gambar II.8b). Variasi ukuran dan frekuensi swell terbatas pada gelombang frekuensi rendah yang saling berdekatan sehingga perambatan gelombang teratur dan nampak jelas di permukaan laut (Gambar II.8c).

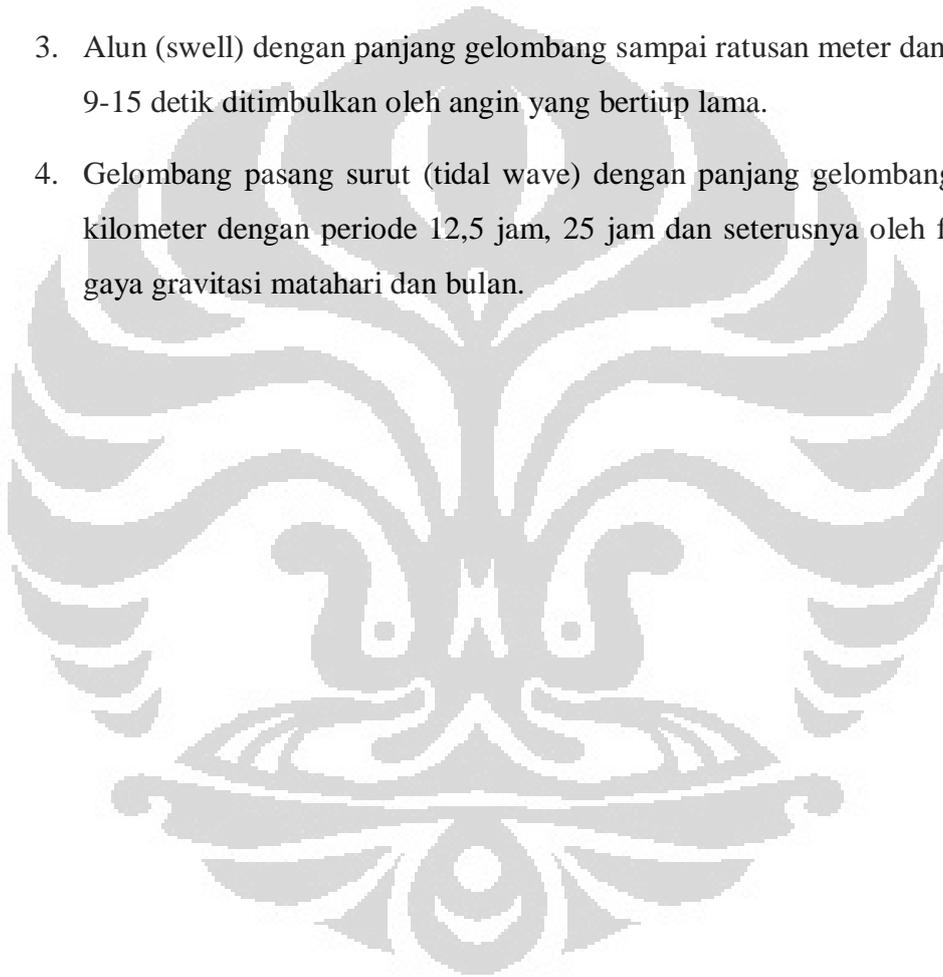


Gambar II.8 Tampilan permukaan laut akibat gelombang

Penjelasan tentang proses tumbuhnya gelombang menunjukkan bahwa gelombang-gelombang pendek tumbuh dengan sangat cepat, jauh lebih cepat daripada gelombang-gelombang yang lebih panjang. Ini berarti bahwa gelombang pendek mendapat suplai energi yang lebih besar dari angin daripada gelombang panjang.

Klasifikasi gelombang berdasarkan ukuran dan penyebabnya:

1. Riak (*ripples*) / gelombang kapiler (*capillary wave*) dengan panjang gelombang 1,7 m dan periode kurang dari 0,2 detik disebabkan oleh adanya tegangan permukaan dan tiupan angin yang tidak terlalu kuat pada permukaan laut.
2. Gelombang angin (*seas/ wind waves*) dengan panjang gelombang sampai kira-kira 130 m dan periode 0,2-9 detik ditimbulkan angin.
3. Alun (*swell*) dengan panjang gelombang sampai ratusan meter dan periode 9-15 detik ditimbulkan oleh angin yang bertiup lama.
4. Gelombang pasang surut (*tidal wave*) dengan panjang gelombang ribuan kilometer dengan periode 12,5 jam, 25 jam dan seterusnya oleh fluktuasi gaya gravitasi matahari dan bulan.



BAB 3

DATA DAN METODE PENELITIAN

3.1 Data dan Lokasi Penelitian

Data input yang akan dipergunakan dalam penelitian ini adalah: data arah dan kecepatan angin permukaan (ketinggian 10 meter) produk NWP (*Numerical Weather Prediction*) GFS (*Global Forecast System*) dalam format GRIB⁴ dari NOAA⁵ – USA. Data ini merupakan data pengamatan tiap 6 jam selama 6 (enam) tahun (2005 – 2010) dengan resolusi 1 derajat x 1 derajat (60 x 60 menit) kemudian resolusinya di perhalus (*down scaled*) menjadi 0,09 x 0,09 derajat (5 x 5 menit). Data tersebut diolah menggunakan perangkat lunak *Windwaves-05*⁶, perangkat lunak tersebut dapat mengolah data input angin dengan resolusi 5 x 5 menit (0,1 x 0,1 derajat). Disamping itu, perangkat lunak *Windwaves-05* dapat digunakan untuk mengolah data input arah dan kecepatan angin menjadi output arah dan tinggi gelombang, arah dan tinggi arus laut, periode gelombang laut maupun ketinggian maksimum gelombang laut, namun yang di fokuskan pembahasannya dalam penelitian ini adalah arah dan tinggi gelombang laut signifikan dan gelombang laut maksimum pada periode penelitian,

Lokasi Penelitian Perairan Selat Karimata dan Laut Jawa yaitu antara 4⁰ LU – 8⁰ LS dan 104⁰ BT – 115⁰ BT. Untuk memudahkan dalam analisis maka wilayah penelitian dibagi (*clustered*) dalam beberapa wilayah pelayaran dan secara acak ditentukan 10 (sepuluh) titik pengamatan. Perairan Selat Karimata bagian utara diwakli oleh titik 1 dan 2, perairan Selat Karimata bagian selatan diwakli oleh titik 3, perairan Laut Jawa bagian barat diwakli oleh titik 4 dan 5, perairan Laut Jawa bagian tengah diwakli oleh titik 6 dan 7, perairan Laut Jawa bagian timur diwakli oleh titik 8, 9 dan 10 (Gambar III.1). Masing-masing titik berada pada garis lintang dan bujur sebagai berikut:

Titik 1 (1,589⁰ LS; 107,081⁰ BT).

Titik 2 (1,328⁰ LS; 108,557⁰ BT).

Titik 3 (2,731⁰ LS; 109,199⁰ BT).

⁴ Salah satu bentuk format data

⁵ National Oceanographic and Atmosphere Administration

⁶ Software yang digunakan untuk mengolah data angin dan gelombang

Titik 4 ($4,112^{\circ}$ LS; $106,867^{\circ}$ BT).

Titik 5 ($5,444^{\circ}$ LS; $108,509^{\circ}$ BT).

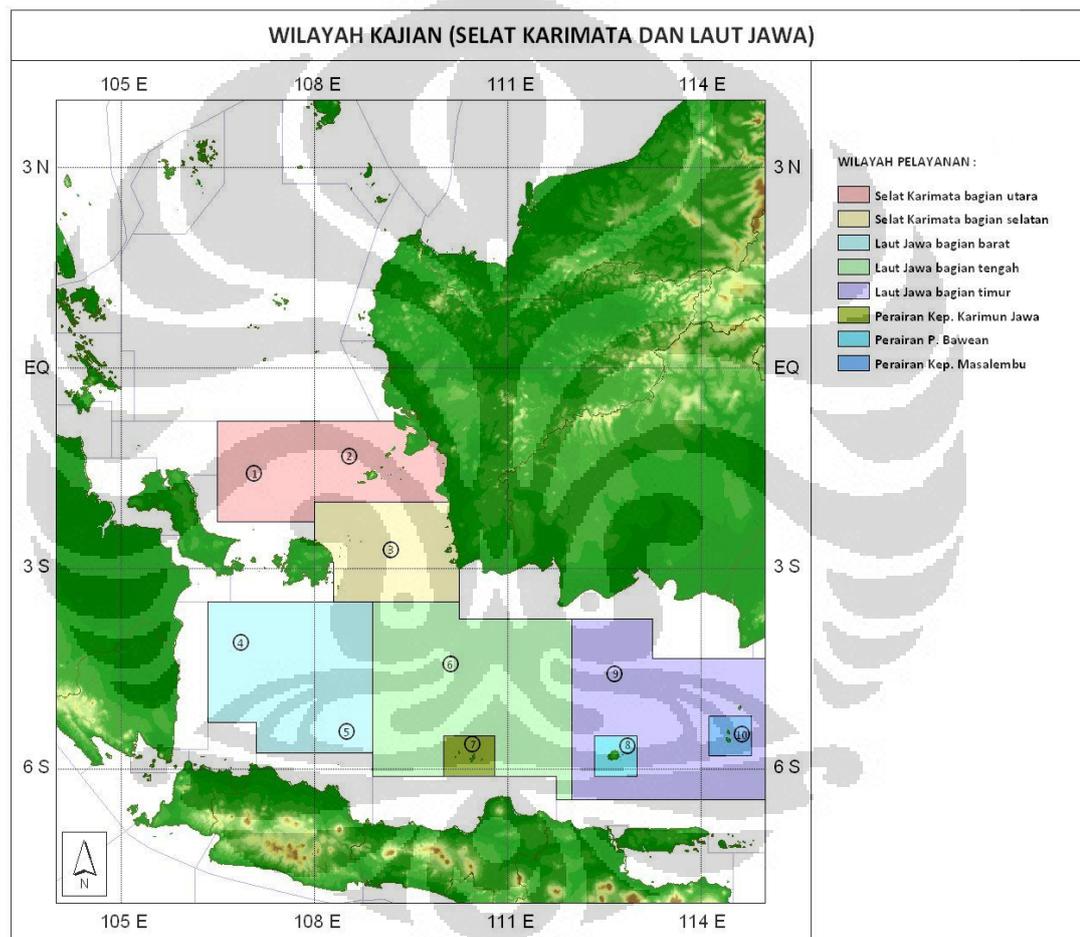
Titik 6 ($4,445^{\circ}$ LS; $110,127^{\circ}$ BT).

Titik 7 ($5,634^{\circ}$ LS; $110,450^{\circ}$ BT).

Titik 8 ($5,658^{\circ}$ LS; $112,864^{\circ}$ BT).

Titik 9 ($4,587^{\circ}$ LS; $112,673^{\circ}$ BT).

Titik 10 ($5,492^{\circ}$ LS; $114,648^{\circ}$ BT).



Gambar III.1 Pembagian wilayah Penelitian

3.2 Analisis Data Angin

Data angin merupakan besaran vektor yang direpresentasikan oleh arah dan kecepatan. Untuk menghitung rata-rata angin pada tiap titik grid, maka data angin

tersebut harus dipisahkan antara komponen u (angin zonal)⁷ dan komponen v (angin meridional)⁸.

Data arah angin ditunjukkan dengan sudut yang dibentuk oleh vektor angin dengan arah utara (koordinat meteorologis). Untuk menghitung angin zonal dan meridional maka diperlukan koordinat cartesian. Secara matematis masing-masing komponen angin dapat dituliskan sebagai berikut (Suyono H *et al*, 1999):

$$\vec{u} = \vec{V} \cos (270^\circ - \alpha) \dots\dots\dots (3.1)$$

$$\vec{v} = \vec{V} \sin (270^\circ - \alpha) \dots\dots\dots (3.2)$$

dimana:

\vec{u} = Komponen angin zonal (timur – barat)

\vec{v} = Komponen angin meridional (utara – selatan)

\vec{V} = Kecepatan angin

α = arah datangnya angin (koordinat cartesian)

Selanjutnya rata-rata angin pada setiap titik grid ditentukan berdasarkan rata-rata komponen angin zonal ($\bar{u}_{[i,j]}$) dan rata-rata komponen angin meridional ($\bar{v}_{[i,j]}$) yang dapat ditulis sebagai berikut:

$$\bar{u}_{[i,j]} = \frac{\sum_{i=1}^n u[i,j]}{n} \dots\dots\dots (3.3)$$

$$\bar{v}_{[i,j]} = \frac{\sum_{i=1}^n v[i,j]}{n} \dots\dots\dots (3.4)$$

dimana:

$\bar{u}_{[i,j]}$ = Rata-rata komponen angin zonal di titik $[i,j]$

$\bar{v}_{[i,j]}$ = Rata-rata komponen angin meridional di titik $[i,j]$

$u_{[i,j]}$ = komponen angin zonal di titik $[i,j]$

$v_{[i,j]}$ = komponen angin meridional di titik $[i,j]$

n = Jumlah data masing-masing bulan (tahun 2005 – 2010).

⁷ komponen angin barat – timur

⁸ komponen angin utara – selatan

Setelah seluruh data angin pada masing-masing titik grid ditemukan nilai rata-rata bulanan baik komponen u maupun komponen v, maka selanjutnya di hitung *resultante* angin (V). Secara matematis persamaan *resultante* angin masing-masing titik grid dapat ditulis sebagai berikut:

$$V_{[i,j]} = \sqrt{(u[i,j])^2 + (v[i,j])^2} \dots\dots\dots (3.5)$$

Dalam meteorologi, kecepatan angin dilambangkan oleh $ff = V$, sehingga kecepatan angin:

$$ff = \sqrt{(u[i,j])^2 + (v[i,j])^2}$$

untuk menghitung arah angin sebenarnya (koordinat meteorologi) yang dilambangkan ddd dapat dirumuskan:

$$ddd = 270^\circ - \theta \dots\dots\dots (3.6)$$

$$\text{dengan, } \theta = \text{arc. tan} \left(\frac{v[i,j]}{u[i,j]} \right) \dots\dots\dots (3.7)$$

Dari data angin, dengan menggunakan pendekatan empiris dapat dihitung tinggi gelombang laut. Salah satu persamaan empiris tersebut adalah formula Wilson IV (Ueno K *et al*, 2005 dalam Sulistya W, 2009) yang secara matematis dapat dituliskan sebagai berikut:

$$(g H_{1/3})/ U^2 = 0,30 \tanh [1 - \{ 1 + 0,008 (g F/U)^{1/3} \}^{-5}] \dots\dots\dots (3.8)$$

Dimana:

- g = percepatan grafitasi (m/s²)
- F = *fetch* (panjang lintasan angin) (m)
- H_{1/3} = tinggi gelombang laut signifikan (m)
- U = kecepatan angin (m/s)

Mengingat banyaknya data dan titik grid yang akan di hitung, dengan bantuan *software Windwaves-05* sehingga perhitungan arah dan kecepatan angin dapat dilakukan dengan cepat.

3.3 Penjelasan Windwaves-05

Windwaves-05 merupakan *software* berbasis PC (*Personal Computer*), untuk analisis dan prakiraan gelombang yang didesain untuk keperluan operasional dalam menyediakan informasi meteorologi kelautan BMKG. *Software* ini dikembangkan berdasarkan model MRI-II yang diperoleh tahun 1994 dari *Asean Specialized Meteorological Center (ASMC)*, Singapura. Studi tentang penerapan model ini untuk analisis dan prakiraan gelombang di perairan Indonesia dilakukan oleh Suratno, 1997 yang didalam studinya model diverifikasi dengan data kapal. Setelah melalui uji coba selama 3 tahun (tahun 2000 – 2003), awal tahun 2004 model gelombang ini dioperasikan secara rutin untuk pelayanan informasi meteorologi kelautan.

Persamaan umum yang digunakan dalam model-model gelombang adalah persamaan transfer energi gelombang yang dapat ditulis sebagai :

$$\frac{\partial S}{\partial t} = -\nabla \cdot (C_g S) + S_{in} + S_{nl} + S_{ds} \dots\dots\dots (3.9)$$

dengan $S = S(f, \theta)$ adalah spektrum energi sebagai fungsi frekuensi dan arah rambat, t menyatakan waktu, C_g adalah vector kecepatan kelompok gelombang (group velocity).

Suku $-\nabla \cdot (C_g S)$ menyatakan perubahan energi selama perambatan gelombang karena adveksi dan refraksi oleh dasar laut, S_{in} menyatakan perubahan energi karena angin, S_{nl} menyatakan perubahan energi karena transfer energi non linier antar gelombang dan S_{ds} menyatakan energi yang hilang karena termasuk karena gesekan dasar laut.

Berdasarkan Pandey et al, (1986) dan Suratno, (1997), tinggi gelombang signifikan ($H_{1/3} = H_{sig}$) ditentukan dari spektrum gelombang sebagai berikut :

$$\begin{aligned} H_{sig} &= \sqrt{2} \times \sqrt{\frac{8E_t}{\rho g}} \\ &= 2,83 \sqrt{E_t} \dots\dots\dots (3.10) \end{aligned}$$

Dengan E_t = Energi total gelombang, dan

$$E_t = \sqrt{\iint_{f \theta} S(f, \theta) df d\theta} \dots\dots\dots (3.11)$$

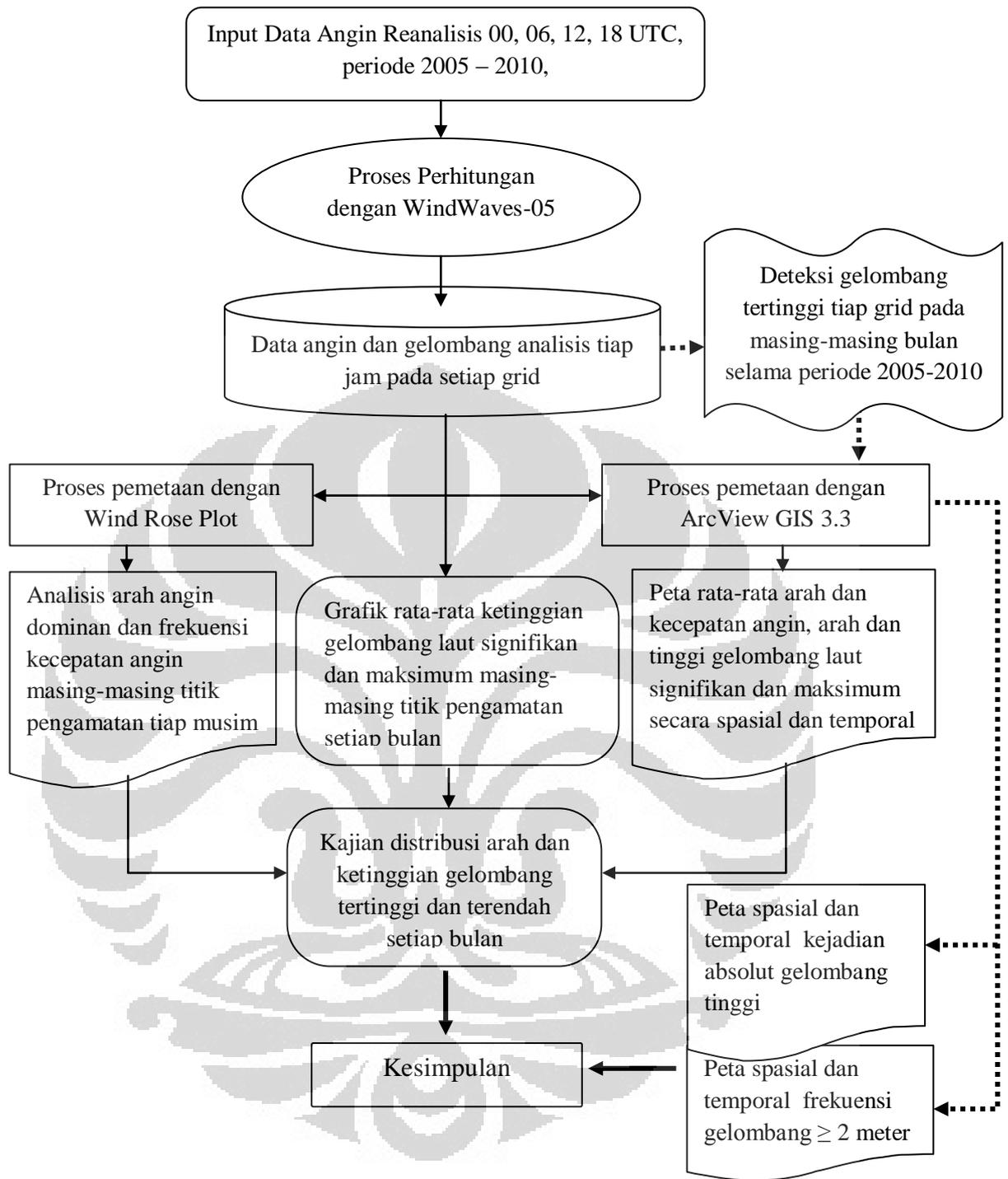
$$H_{sig} = 2.83 \sqrt{\iint_{f \theta} S(f, \theta) df d\theta} \dots\dots\dots (3.12)$$

Tinggi gelombang signifikan atau tinggi rata-rata dari 1/3 gelombang-gelombang tertinggi yang tercatat pada rekaman gelombang. Arah Gelombang didefinisikan sebagai arah dari spektral $S(f, \theta)$ maksimum atau dengan kata lain adalah arah gelombang dengan energi terbesar.

3.4 Metode Penelitian

Kajian yang dilakukan meliputi variasi musiman dan variasi bulanan dalam setiap musim. Dengan menganalisa peta-peta karakteristik klimatologi (rata-rata bulanan) yang mencakup: arah dan kecepatan angin, arah dan persentase frekuensi kecepatan angin setiap musim (musim barat dan musim timur), arah dan tinggi gelombang signifikan dan gelombang maksimum secara spasial maupun variasi gelombang tertinggi dan terendah masing-masing titik pengamatan (10 titik perwakilan) di wilayah penelitian. Selain itu, dikaji juga wilayah-wilayah perairan yang mengalami kejadian gelombang tertinggi pada masing-masing bulan selama periode tahun 2005 – 2010.

Pengolahan data yang dilakukan dalam kajian ini meliputi, pengoperasian *Windwaves-05* untuk memperoleh informasi arah gelombang laut dan rata-rata tinggi gelombang laut signifikan dan rata-rata tinggi gelombang laut maksimum serta puncak tertinggi dan terendah setiap bulan baik pemetaan secara spasial maupun masing-masing titik pengamatan (10 titik). Semua jenis pemetaan dilakukan dengan *Software ArcView GIS 3.3*. Sedangkan untuk analisis arah dan frekuensi kecepatan angin masing-masing titik pengamatan setiap musim menggunakan *Software WIND ROSE PLOT*. Secara keseluruhan proses pengolahan data dan kajian yang dilakukan, dapat dilihat pada Gambar III.2.



Gambar III.2 Alur proses pengolahan data dan penelitian

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil

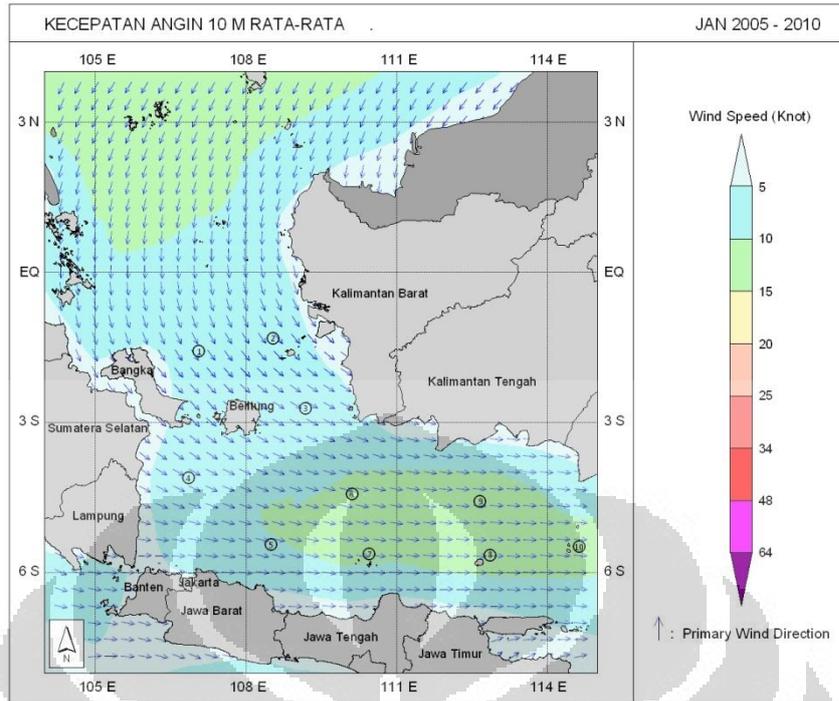
Hasil olahan *Windwaves-05* yang akan dibahas pada bab ini adalah arah dan kecepatan angin, arah gelombang dan tinggi gelombang laut signifikan dan gelombang laut maksimum yang disajikan baik secara spasial dan temporal maupun titik/ tempat. Untuk wilayah selat Karimata diwakili oleh 3 titik (titik 1 s.d 3), sedangkan untuk wilayah laut Jawa diwakili oleh 7 titik (titik 4 s.d 10), posisi lintang dan bujur titik tersebut sudah diuraikan pada bab sebelumnya.

4.1.1 Analisis Arah dan Kecepatan Angin Spasial dan Temporal

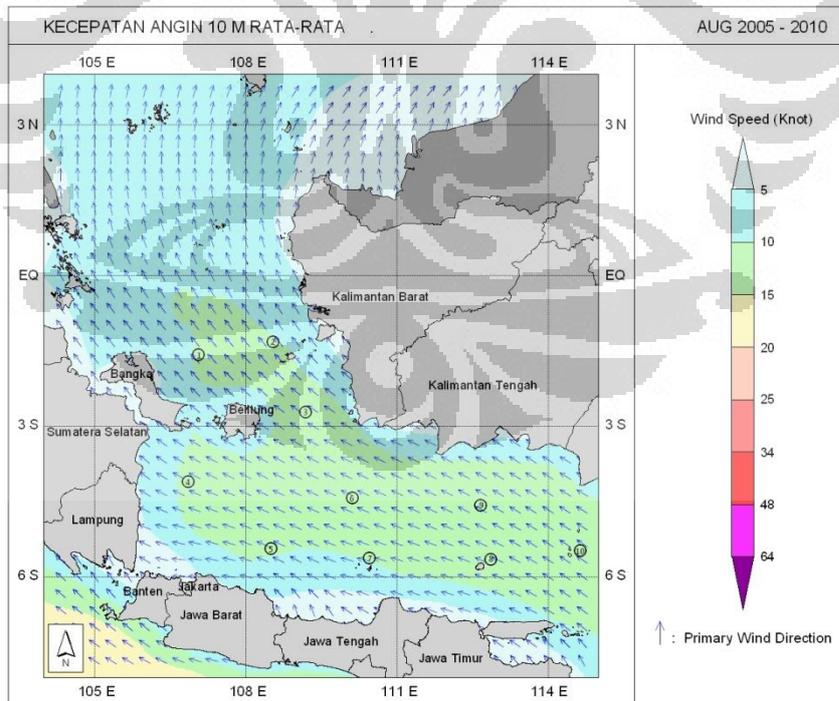
Untuk keperluan analisis angin secara umum, wilayah penelitian dibatasi antara 4° lintang utara – 8° lintang selatan dan 104° bujur Timur – 115° bujur timur, hasil rata-rata bulanan arah dan kecepatan angin data tahun 2005 – 2010 menunjukkan bahwa perubahan pola angin Barat – Timur terhadap waktu (bulan) di wilayah penelitian memiliki pola yang sama, yaitu dominasi angin Barat berlangsung antar bulan Desember sampai Maret, kecepatan angin maksimum terjadi pada bulan Januari (gambar IV.1), sebaliknya dominasi angin Timur berlangsung antara bulan April sampai Nopember, kecepatan angin maksimum terjadi pada bulan Juli dan Agustus (gambar IV.2).

Secara rinci perubahan pola angin di wilayah penelitian dapat disampaikan sebagai berikut:

Januari di wilayah selat Karimata angin umumnya dari arah timur laut sampai utara dengan kecepatan angin 5 – 10 knots, di wilayah laut jawa bagian barat angin umumnya dari arah barat – barat laut dengan kecepatan berkisar antara 5 – 10 knots, sedangkan wilayah laut jawa bagian tengah dan timur arah angin umumnya dari barat dengan kecepatan 5 – 15 knots (gambar IV.1)



Gambar IV.1 Analisis rata-rata arah dan kecepatan angin saat puncak musim barat (Januari) Tahun 2005 – 2010



Gambar IV.2 Analisis rata-rata arah dan kecepatan angin saat puncak musim timur (Agustus) Tahun 2005 – 2010

Pebruari di wilayah selat Karimata arah angin umumnya dari timur laut sampai utara dengan kecepatan angin 5 – 10 knots, sedangkan di wilayah laut Jawa bagian barat dan tengah angin umumnya dari arah barat laut dan untuk wilayah laut Jawa bagian timur arah angin umumnya dari barat dengan kecepatan berkisar antara 5 – 10 knots (lampiran.1b).

Maret di wilayah selat Karimata bagian utara angin umumnya dari utara dan selat Karimata bagian selatan angin umumnya dari arah timur laut dengan kecepatan angin 1 – 5 knots, sedangkan di wilayah laut Jawa bagian barat dan tengah angin umumnya bervariasi dari arah barat sampai barat laut dengan kecepatan berkisar antar 1 – 10 knots, sementara di wilayah laut Jawa bagian timur arah angin umumnya dari barat dengan kecepatan berkisar antara 1 – 5 knots (lampiran.1c).

April di wilayah selat Karimata angin umumnya dari selatan dengan kecepatan angin 1 – 5 knots, sedangkan di wilayah laut Jawa bagian barat angin umumnya bervariasi dari arah tenggara sampai selatan dengan kecepatan berkisar antara 1 – 5 knots, sementara di wilayah laut Jawa bagian tengah dan timur arah angin umumnya bervariasi dari timur sampai tenggara, dengan kecepatan berkisar antar 1 – 5 knots, (lampiran.1d).

Mei di wilayah selat Karimata maupun laut Jawa angin umumnya dari Arah tenggara dengan kecepatan angin bervariasi antara 1 – 10 knots (lampiran.1e).

Juni di wilayah selat Karimata angin umumnya masih dominan dari tenggara dengan kecepatan angin 5 – 10 knots, sedangkan di wilayah laut Jawa bagian barat angin umumnya bervariasi dari arah timur sampai tenggara dengan kecepatan berkisar antara 5 – 10 knots, sementara di wilayah laut Jawa bagian tengah dan timur arah angin umumnya tenggara, dengan kecepatan berkisar antar 5 – 15 knots, (lampiran.1f).

Juli di wilayah selat Karimata bagian utara angin umumnya dari tenggara dengan kecepatan angin 5 – 10 knots, di selat Karimata bagian selatan angin umumnya dari arah tenggara dengan kecepatan 5 – 15 knots, sedangkan umumnya

di wilayah laut Jawa arah angin bervariasi dari tenggara sampai selatan dengan kecepatan berkisar antara 1 – 15 knots, (lampiran.1g).

Agustus di wilayah selat Karimata angin umumnya dari tenggara dengan kecepatan angin 5 – 15 knots, sedangkan wilayah laut Jawa arah angin bervariasi dari timur sampai selatan dengan kecepatan berkisar antara 1 – 15 knots, (gambar IV.2).

September di wilayah selat Karimata bagian utara angin umumnya dari tenggara dengan kecepatan angin 5 – 10 knots, di selat Karimata bagian selatan angin umumnya dari arah tenggara dengan kecepatan 5 – 15 knots, sedangkan di wilayah laut Jawa bagian barat angin umumnya bervariasi dari arah timur sampai tenggara dengan kecepatan berkisar antara 1 – 10 knots, sementara di laut Jawa bagian tengah dan timur arah angin bervariasi dari arah timur sampai selatan dengan kecepatan berkisar antara 1 – 15 knots, (lampiran.1i).

Oktober di wilayah selat Karimata bagian utara angin umumnya dari tenggara sampai selatan dengan kecepatan angin 1 – 5 knots, sedangkan di selat Karimata bagian selatan angin umumnya dari arah tenggara dengan kecepatan 1 – 10 knots, sementara itu di wilayah laut Jawa bagian barat dan tengah angin umumnya bervariasi dari arah timur sampai selatan dengan kecepatan berkisar antara 1 – 10 knots, sedangkan di wilayah laut Jawa bagian timur angin umumnya dari arah timur sampai tenggara dengan kecepatan berkisar antara 5 – 10 knots, (lampiran.1j).

Nopember di wilayah selat Karimata bagian utara angin umumnya bervariasi dari arah barat daya sampai barat, sedangkan di wilayah selat Karimata bagian selatan angin umumnya dari arah selatan sampai barat daya, sementara itu di wilayah laut Jawa bagian barat angin umumnya bervariasi dari arah tenggara sampai barat daya, sedangkan di wilayah laut Jawa bagian tengah dan timur angin umumnya dari arah tenggara sampai selatan, kecepatan angin di wilayah penelitian ini umumnya tenang (calm) hingga 5 knots, (lampiran.1k).

Desember di wilayah selat Karimata angin umumnya dari arah barat sampai barat laut dengan kecepatan angin 1 – 10 knots, sedangkan di wilayah laut Jawa

angin lebih dominan dari arah barat dengan kecepatan berkisar antara 1 – 10 knots, (lampiran.11).

4.1.2 Analisis Arah dan Kecepatan Angin Tiap Titik

Analisis arah dan kecepatan angin pada tiap titik di wilayah penelitian menggunakan perangkat lunak *Wind Rose plotting (WRPLOT)*, untuk menentukan dominasi arah angin dan persentase frekuensi kecepatan angin pada musim barat (Oktober-April) dan musim timur (April-Oktober), maka tiap-tiap titik pengamatan dianalisis berdasarkan pada masing-masing musim (musim barat dan musim timur). Secara rinci dapat disampaikan sebagai berikut:

a. Musim barat (Oktober – April)

Titik 1 ($1,589^0$ LS; $107,081^0$ BT), angin umumnya bertiup dari arah timur laut dengan frekuensi kecepatan angin dengan kecepatan 4 – 7 knots sebesar 30,0 % dan kecepatan angin 7 – 11 knots sebesar 29,4 %. (lampiran. 2a)

Titik 2 ($1,328^0$ LS; $108,557^0$ BT), arah angin masih dominan dari arah timur laut dengan frekuensi kecepatan angin 4 – 7 knots sebesar 31,5 %. (lampiran. 2b)

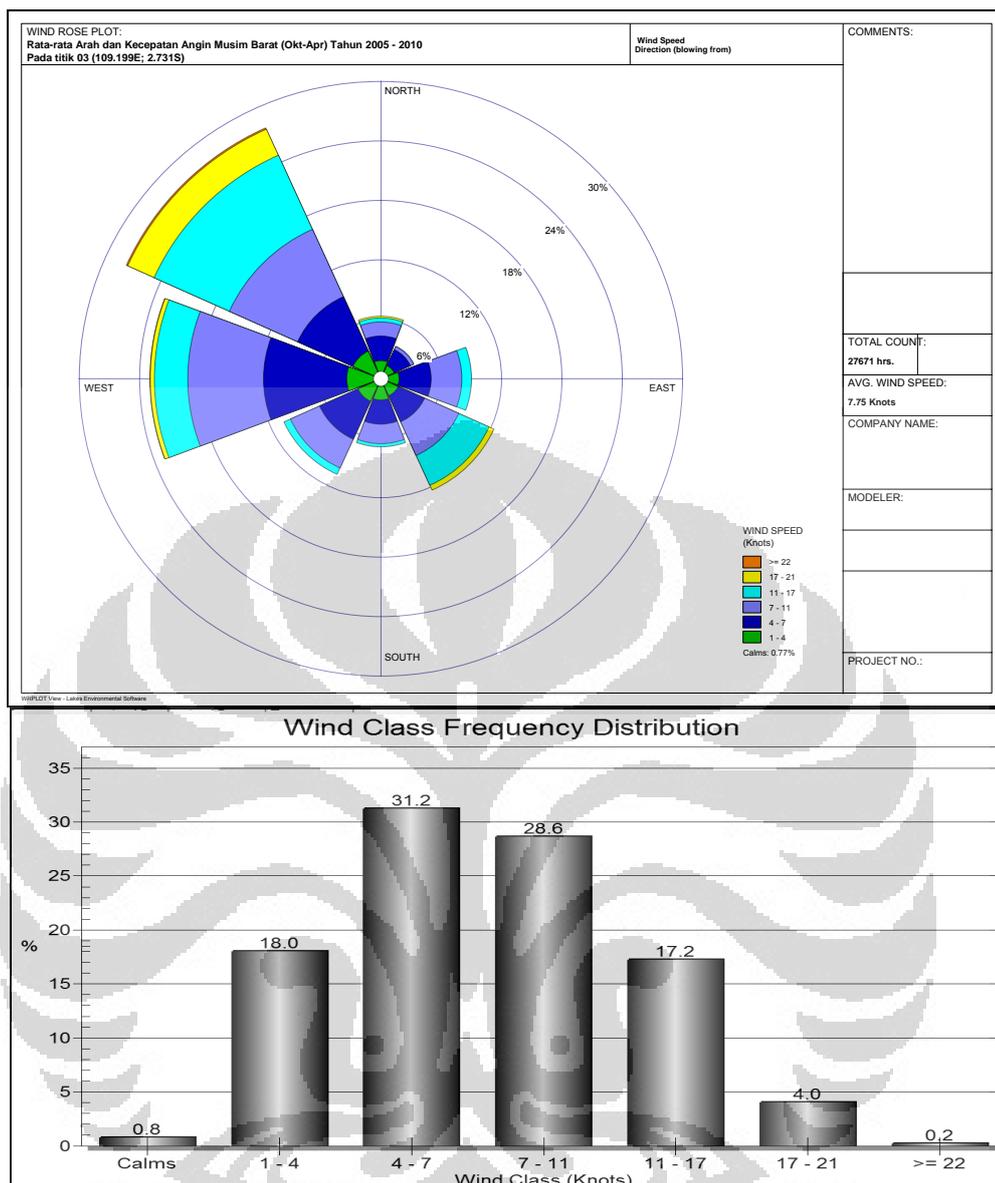
Titik 3 ($2,731^0$ LS; $109,199^0$ BT), arah angin umumnya bervariasi dari barat sampai barat laut dengan frekuensi kecepatan angin 4 – 7 knots sebesar 31,5 % dan frekuensi kecepatan angin 7 – 11 knots sebesar 28,6 %. (Gambar IV.3).

Titik 4 ($4,112^0$ LS; $106,867^0$ BT), arah angin umumnya bervariasi dari barat sampai barat laut dengan frekuensi kecepatan angin 7 – 11 knots sebesar 36,1 %. (lampiran. 2d).

Titik 5 ($5,444^0$ LS; $108,509^0$ BT), arah angin sangat dominan dari arah barat dengan frekuensi kecepatan angin 7 - 11 knots sebesar 30,5 %. (lampiran. 2e).

Titik 6 ($4,445^0$ LS; $110,127^0$ BT), arah angin masih sangat dominan dari arah barat dengan frekuensi kecepatan angin 7 – 11 knots sebesar 30,5 % dan frekuensi kecepatan angin 11 – 17 knots sebesar 26,9 %. (lampiran. 2f).

Titik 7 ($5,634^0$ LS; $110,450^0$ BT), arah angin masih sangat dominan dari arah barat dengan frekuensi kecepatan angin 7 – 11 knots sebesar 30,5 % dan frekuensi kecepatan angin 11 – 17 knots sebesar 26,9 %. (lampiran. 2g).



Gambar IV.3 Rata-rata arah dan frekuensi kecepatan angin musim barat (Oktober – April) tahun 2005 – 2010 pada titik 3 ($2,731^0$ LS; $109,199^0$ BT)

Titik 8 ($5,658^0$ LS; $112,864^0$ BT), arah angin masih sangat dominan dari arah barat dengan frekuensi kecepatan angin 7 – 11 knots sebesar 24,1 % sedangkan frekuensi kecepatan angin 11 – 17 knots sebesar 25,3 %. (lampiran. 2h).

Titik 9 ($4,587^0$ LS; $112,673^0$ BT), arah angin juga masih sangat dominan dari arah barat dengan frekuensi kecepatan angin 7 – 11 knots sebesar 25,0 % sedangkan frekuensi kecepatan angin 11 – 17 knots sebesar 27,8 %. (lampiran. 2i).

Titik 10 ($5,492^0$ LS; $114,648^0$ BT), arah angin umumnya sangat dominan dari arah barat dengan frekuensi kecepatan angin 7 – 11 knots sebesar 24,2 % sedangkan frekuensi kecepatan angin 11 – 17 knots sebesar 28,4 %. (lampiran. 2j).

b. Musim timur (April – Oktober)

Titik 1 ($1,589^0$ LS; $107,081^0$ BT), arah angin umumnya sangat dominan dari arah tenggara dengan frekuensi kecepatan angin 7 – 11 knots sebesar 32,5 % sedangkan frekuensi kecepatan angin 11 – 17 knots sebesar 33,8 %. (lampiran. 3a).

Titik 2 ($1,328^0$ LS; $108,557^0$ BT), arah angin umumnya dari arah tenggara dengan frekuensi kecepatan angin 7 – 11 knots sebesar 27,8 % sedangkan frekuensi kecepatan angin 11 – 17 knots sebesar 32,1 %. (lampiran. 3b).

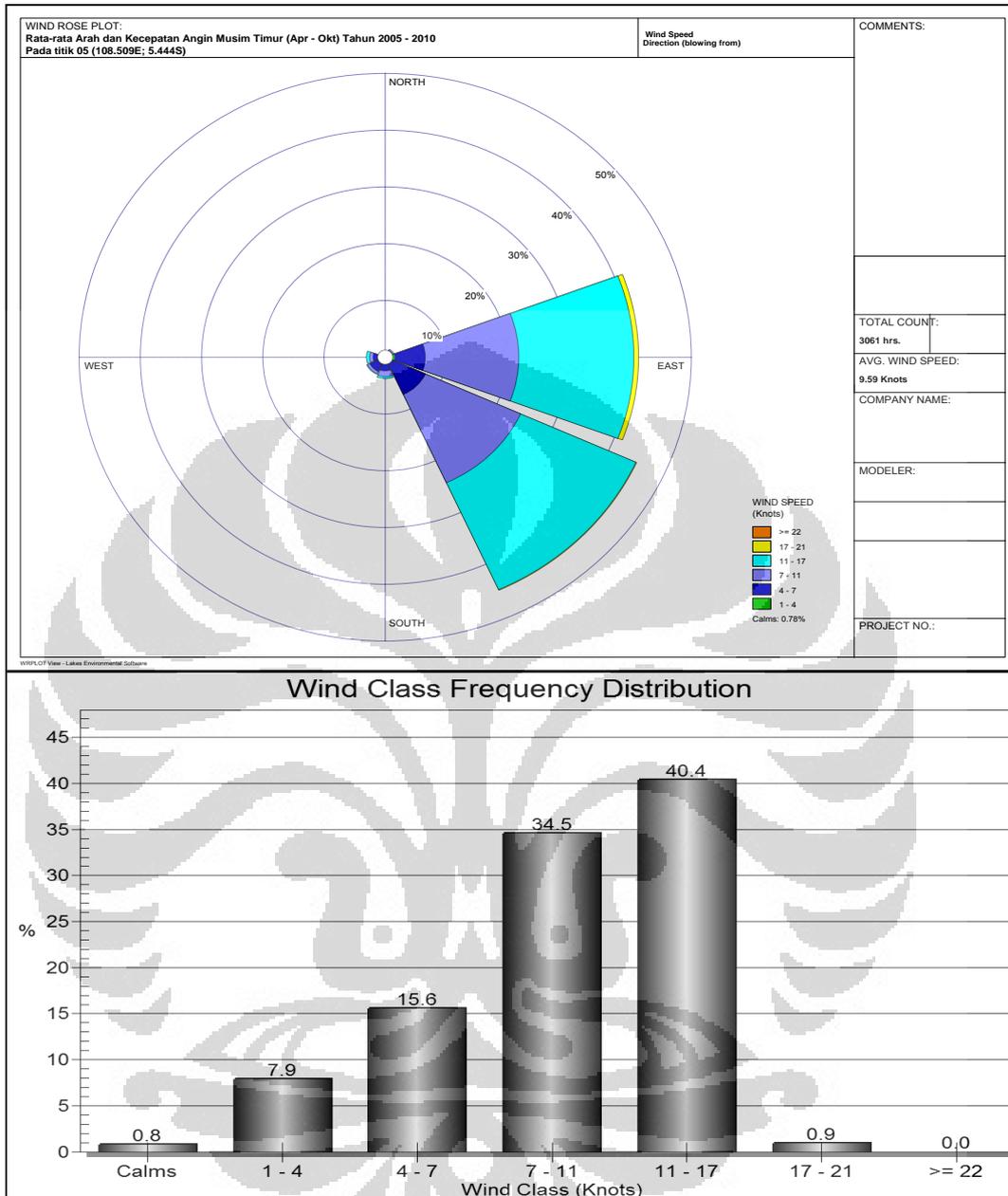
Titik 3 ($2,731^0$ LS; $109,199^0$ BT), arah angin masih sangat dominan dari arah tenggara dengan frekuensi kecepatan angin 7 – 11 knots sebesar 26,6 % sedangkan frekuensi kecepatan angin 11 – 17 knots sebesar 40,8 %. (lampiran. 3c).

Titik 4 ($4,112^0$ LS; $106,867^0$ BT), arah angin umumnya bervariasi dari arah timur sampai tenggara dengan frekuensi kecepatan angin 7 – 11 knots sebesar 36,9 % sedangkan frekuensi kecepatan angin 11 – 17 knots sebesar 36,7 %. (lampiran. 3d).

Titik 5 ($5,444^0$ LS; $108,509^0$ BT), angin umumnya bervariasi dari arah timur sampai tenggara dengan frekuensi kecepatan angin 7 – 11 knots sebesar 34,5 % sedangkan frekuensi kecepatan angin 11 – 17 knots sebesar 40,4 %. (gambar IV.4).

Titik 6 ($4,445^0$ LS; $110,127^0$ BT), angin umumnya bervariasi dari arah timur sampai tenggara dengan frekuensi kecepatan angin 7 – 11 knots sebesar 23,1 % sedangkan frekuensi kecepatan angin 11 – 17 knots mencapai 51,5 %. (lampiran. 3f).

Titik 7 ($5,634^0$ LS; $110,450^0$ BT), arah angin umumnya dari timur dengan frekuensi kecepatan angin 7 – 11 knots sebesar 33,4 % sedangkan frekuensi kecepatan angin 11 – 17 knots sebesar 37,2 %. (lampiran. 3g).



Gambar IV.4 Rata-rata arah dan frekuensi kecepatan angin musim timur (April – Oktober) tahun 2005 – 2010 pada titik 5 ($5,444^0$ LS; $108,509^0$ BT)

Titik 8 ($5,658^0$ LS; $112,864^0$ BT), arah angin umumnya bervariasi dari arah timur sampai tenggara dengan frekuensi kecepatan angin 7 – 11 knots sebesar 18,7 % sedangkan frekuensi kecepatan angin 11 – 17 knots mencapai 54,5 %. (lampiran. 3h).

Titik 9 ($4,587^0$ LS; $112,673^0$ BT), arah angin umumnya dari arah tenggara dengan frekuensi kecepatan angin 11 – 17 knots mencapai 51,5 % dan frekuensi kecepatan angin 17 – 21 knots sebesar 13,4 %. (lampiran. 3i).

Titik 10 ($5,492^0$ LS; $114,648^0$ BT), arah angin umumnya dari arah tenggara dengan frekuensi kecepatan angin 11 – 17 knots mencapai 60,0 %. (lampiran. 3j).

4.1.3 Analisis Arah dan Ketinggian Gelombang Laut Signifikan

Tinggi signifikan (*Significant Height*) = $H_{1/3}$ adalah tinggi rata-rata dari 1/3 gelombang-gelombang tertinggi yang tercatat pada rekaman gelombang dan secara rinci perubahan pola arah (ditunjukkan tanda panah pada gambar) dan ketinggian gelombang (ditunjukkan oleh warna pada gambar) signifikan di wilayah penelitian dapat disampaikan sebagai berikut:

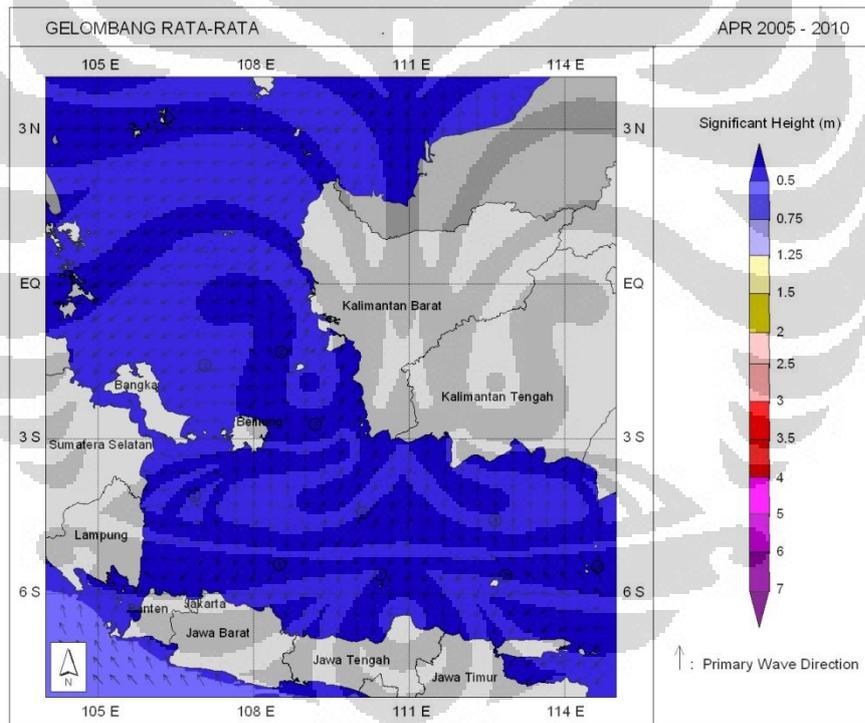
Pada bulan Januari di wilayah selat Karimata arah gelombang umumnya dari arah barat laut sampai utara dengan ketinggian gelombang laut signifikan di wilayah perairan laut dalam umumnya 0,75 - 1,25 m dan disekitar pantai umumnya 0,5 sampai 0,75 m, sedangkan di wilayah laut Jawa arah gelombang umumnya dari arah barat sampai utara dengan ketinggian gelombang laut signifikan 0,75 – 1,25 m di perairan dalam dan 0,5 – 0,75 m di sekitar pantai (lampiran. 4a).

Bulan Pebruari di wilayah selat Karimata gelombang umumnya masih dari arah barat laut sampai utara dengan ketinggian gelombang laut signifikan berkisar antara 0,5 - 0,75 m, sedangkan di wilayah laut Jawa arah gelombang umumnya dari arah barat sampai utara dengan ketinggian gelombang laut signifikan 0,5 – 1,25 m (lampiran. 4b).

Bulan Maret di wilayah selat Karimata gelombang umumnya dari arah barat laut sampai timur laut dengan ketinggian gelombang laut signifikan berkisar antara 0,5 – 1,25 m, sedangkan di wilayah laut Jawa arah gelombang umumnya dari arah barat sampai timur laut dengan ketinggian gelombang laut signifikan umumnya tenang hingga 0,5 m (lampiran. 4c).

Bulan April di wilayah selat Karimata maupun di wilayah laut Jawa arah gelombang umumnya sangat bervariasi dari arah utara sampai selatan dan ketinggian gelombang laut signifikan di kedua wilayah ini berkisar antara 0,1 – 0,5 m (gambar IV.5).

Bulan Mei di wilayah selat Karimata maupun di wilayah laut Jawa arah gelombang sudah berbalik arah dari arah timuran, umumnya di kedua wilayah penelitian ini arah gelombang dari timur laut sampai tenggara, ketinggian gelombang laut signifikan di wilayah selat karimata berkisar antara 0,1 – 0,75 m, sedangkan di wilayah laut Jawa bagian perairan laut dalam ketinggian gelombang laut signifikan berkisar antara 0,75 – 1,25 m, sedangkan di sekitar wilayah pantai ketinggian gelombang berkisar antara 0,1 – 0,5 m (lampiran. 4e).



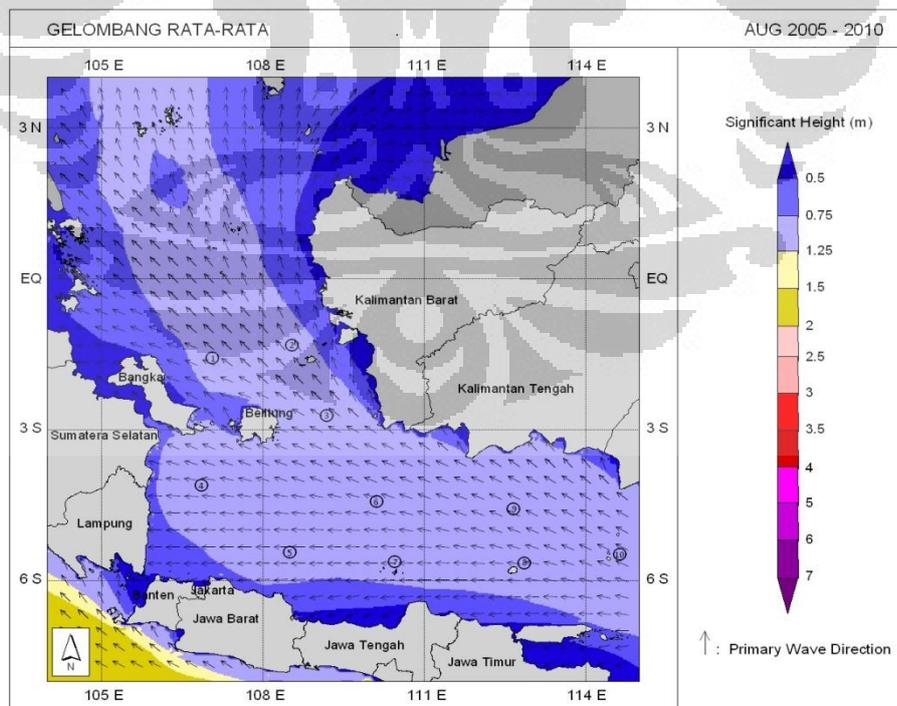
Gambar IV.5 Analisis rata-rata arah dan ketinggian gelombang laut signifikan bulan April Tahun (2005 – 2010)

Bulan Juni di wilayah selat Karimata arah gelombang umumnya arah dari arah tenggara, ketinggian gelombang laut signifikan berkisar antara 0,1 – 0,75 m, sedangkan di wilayah laut Jawa arah gelombang umumnya dari timur sampai

tenggara, ketinggian gelombang laut signifikan bagian perairan laut dalam berkisar antara 0,75 – 1,25 m, sedangkan di sekitar wilayah pantai ketinggian gelombang berkisar antara 0,1 – 0,75 m (lampiran. 4f).

Bulan Juli di wilayah selat Karimata arah gelombang umumnya masih dominan dari arah tenggara sampai selatan, ketinggian gelombang laut signifikan berkisar antara 0,75 – 1,25 m di perairan dalam dan 0,1 – 0,75 di sekitar wilayah pantai, sedangkan di wilayah laut Jawa arah gelombang umumnya masih dari timur sampai tenggara, ketinggian gelombang laut signifikan bagian perairan laut dalam sudah menyebar ke wilayah pantai yaitu berkisar antara 0,5 – 1,25 m (lampiran. 4g).

Bulan Agustus di wilayah selat Karimata maupun wilayah laut Jawa arah gelombang umumnya arah dari arah timur sampai tenggara, di kedua wilayah ini merupakan puncak dari musim timur sehingga ketinggian gelombang laut signifikan hampir menyeluruh yaitu berkisar antara 0,75 – 1,25 m, hanya di sebagian kecil di sekitar wilayah pantai ketinggian gelombang laut berkisar antara 0,1 – 0,5 m (gambar IV. 6).



Gambar IV.6 Analisis rata-rata arah dan ketinggian gelombang laut signifikan bulan Agustus Tahun (2005 – 2010)

Pada bulan September di wilayah selat Karimata arah gelombang umumnya masih dominan dari arah tenggara dan ketinggian gelombang laut signifikan antara 0,75 – 1,25 m sudah mulai berkurang, demikian juga untuk wilayah laut Jawa arah gelombang umumnya masih dominan dari arah timur sampai tenggara, ketinggian gelombang laut signifikan bagian perairan laut dalam berkisar antara 0,75 – 1,25 m, sedangkan di sekitar wilayah pantai ketinggian gelombang berkisar antara 0,1 – 0,75 m (lampiran. 4i).

Bulan Oktober di wilayah selat Karimata maupun di wilayah laut Jawa ketinggian gelombang laut signifikan sudah semakin melemah yaitu berkisar antara 0,1 – 0,75 m, dan arah gelombang laut di wilayah selat Karimata umumnya dari arah tenggara sampai selatan, sedangkan arah gelombang di wilayah laut Jawa umumnya dari arah timur laut sampai tenggara (lampiran. 4j).

Bulan Nopember di wilayah selat Karimata arah gelombang sangat bervariasi yaitu dari arah barat laut sampai tenggara, demikian juga di wilayah laut Jawa arah gelombang laut bervariasi dari arah timur laut sampai selatan dan ketinggian gelombang laut signifikan di kedua wilayah ini umumnya sangat tenang yaitu hanya berkisar antara 0,1 – 0,5 m (lampiran. 4k).

Bulan Desember di wilayah selat Karimata arah gelombang sudah berbalik arah yaitu dari arah barat laut sampai utara dan ketinggian gelombang laut signifikan berkisar antara 0,1 – 1,25 m, sedangkan di wilayah laut Jawa arah gelombang laut bervariasi dari arah barat sampai utara dan ketinggian gelombang laut signifikan di wilayah ini umumnya berkisar antara 0,1 – 0,75 m (lampiran. 4l).

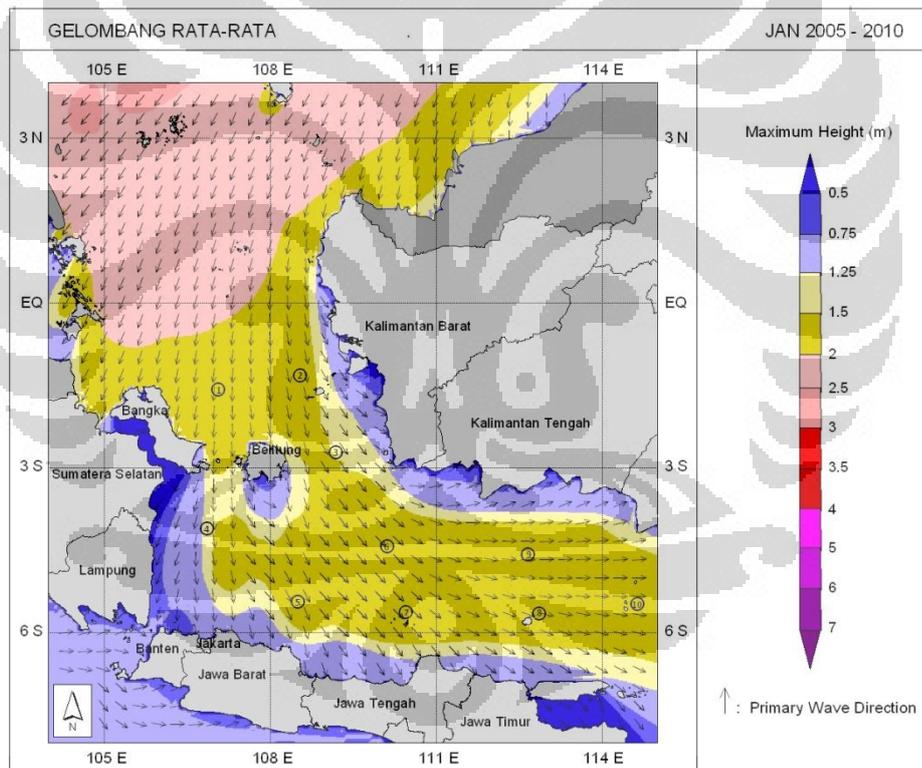
4.1.4 Analisis Ketinggian Gelombang Laut Maksimum

Tinggi gelombang maksimum adalah gelombang tertinggi yang tercatat pada rekaman gelombang. Analisis ketinggian gelombang maksimum di wilayah penelitian adalah sebagai berikut:

Pada bulan Januari di wilayah selat Karimata bagian utara tinggi gelombang maksimum lebih ditinggi dibandingkan wilayah sekitarnya yaitu berkisar antara

1,25 – 2,5 dan di wilayah selat Karimata bagian tengah dan selatan tinggi gelombang maksimum berkisar antara 1,25 – 1,5 m, sedangkan di wilayah laut tinggi gelombang maksimum berkisar antara 1,5 – 2 m untuk wilayah sekitar perairan dalam dan 0,75 – 1,5 m untuk wilayah sekitar perairan pantai (Gambar IV.7).

Bulan Pebruari di wilayah selat Karimata bagian utara tinggi gelombang maksimum berkisar antara 1,25 – 2,0 dan di wilayah selat karimata bagian tengah dan selatan tinggi gelombang maksimum berkisar antara 0,75 – 1,5 m, sedangkan di wilayah laut Jawa tinggi gelombang maksimum umumnya berkisar antara 1,25 – 1,5 m untuk wilayah sekitar perairan dalam dan 0,75 – 1,25 m untuk wilayah sekitar perairan pantai (lampiran. 5b).

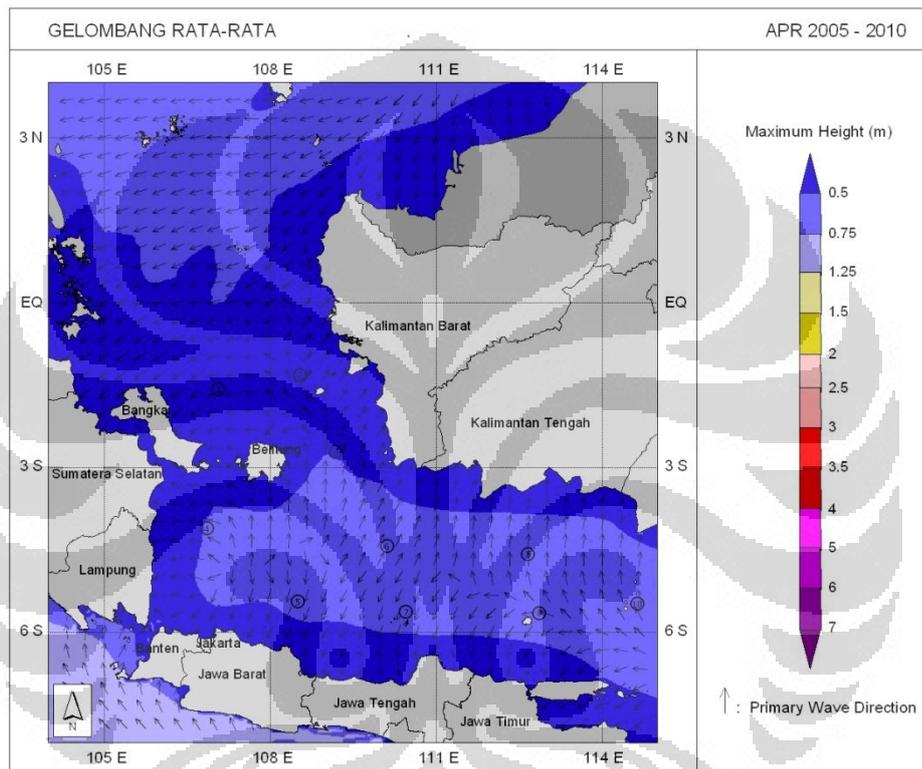


Gambar IV.7 Analisis rata-rata arah dan ketinggian gelombang laut maksimum bulan Januari Tahun (2005 – 2010)

Bulan Maret di wilayah selat Karimata bagian utara tinggi gelombang maksimum lebih tinggi dibandingkan wilayah bagian lainnya, yaitu berkisar antara 0,75 – 1,25 m untuk wilayah utara dan 0,5 – 0,75 m untuk wilayah selat Karimata lainnya, sedangkan di wilayah laut Jawa tinggi gelombang maksimum

umumnya berkisar antara 0,1 – 0,75 m dan hanya sebagian kecil ketinggian gelombang maksimum mencapai 1,25 m (lampiran. 5c).

Pada bulan April di wilayah selat Karimata bagian umumnya laut tenang, tinggi gelombang maksimum hanya berkisar antara 0,1 – 0,5 m, sedangkan di wilayah laut Jawa tinggi gelombang maksimum umumnya berkisar antara 0,1 – 0,75 m (Gambar IV. 8).



Gambar IV.8 Analisis rata-rata arah dan ketinggian gelombang laut maksimum bulan April Tahun (2005 – 2010)

Bulan Mei di wilayah selat Karimata bagian selatan tinggi gelombang maksimum lebih tinggi dibandingkan wilayah bagian utara dan lainnya, yaitu berkisar antara 0,75 – 1,25 m untuk wilayah selatan dan 0,1 – 0,75 m untuk wilayah utara dan selat Karimata lainnya, sedangkan di wilayah laut Jawa tinggi gelombang maksimum umumnya hampir merata dengan tinggi gelombang berkisar antara 0,75 – 1,25 m (lampiran. 5e).

Bulan Juni di wilayah selat Karimata tinggi gelombang maksimum umumnya berkisar antara 0,5 – 1,25 m dan ada sebagian kecil di wilayah selat Karimata

bagian selatan ketinggian gelombang laut mencapai 1,5 m, sedangkan di wilayah laut Jawa tinggi gelombang maksimum umumnya berkisar antara 1,25 – 2,0 m untuk wilayah perairan dalam (lampiran. 5f).

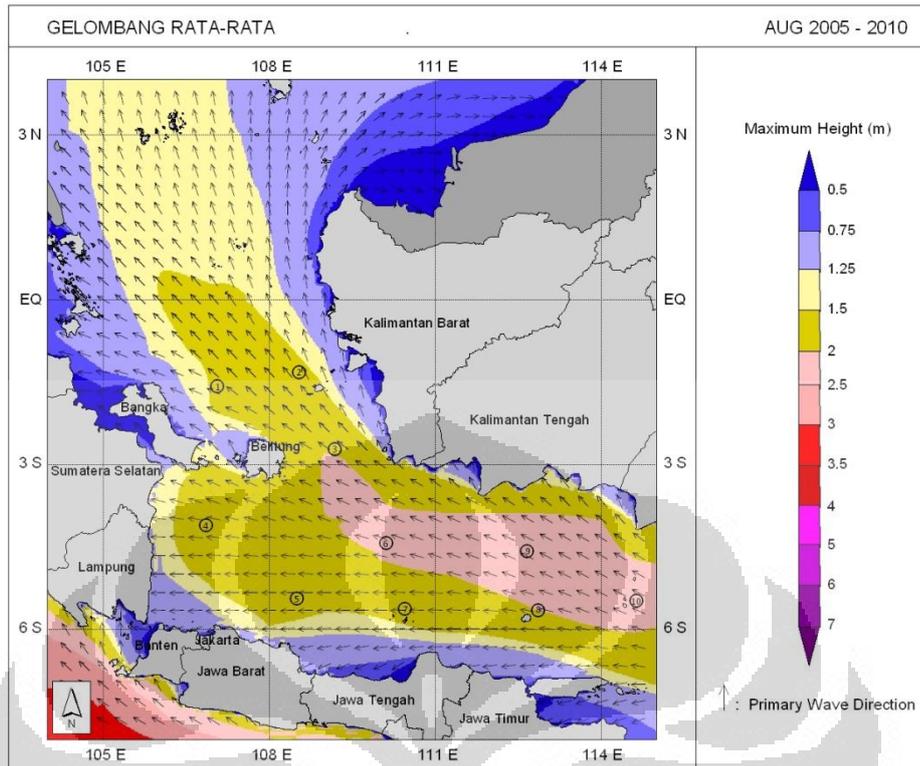
Bulan Juli di wilayah selat Karimata bagian selatan tinggi gelombang maksimum berkisar antara 1,5 – 2,0 m, sedangkan di wilayah bagian utara ketinggian gelombang maksimum berkisar antara 0,75 – 1,5 m. Untuk wilayah laut Jawa bagian barat dan tengah, tinggi gelombang maksimum umumnya berkisar antara 0,75 – 2,0 m, sedangkan wilayah laut Jawa bagian timur tinggi gelombang maksimum berkisar antara 2,0 – 2,5 m (lampiran. 5g).

Bulan Agustus gelombang laut maksimum hampir menyebar keseluruhan wilayah, di wilayah selat Karimata umumnya berkisar antara 0,75 – 2,0 m, sedangkan di wilayah laut Jawa bagian barat tinggi gelombang maksimum umumnya berkisar antara 0,75 – 2,0 m, sedangkan wilayah laut Jawa bagian tengah dan timur tinggi gelombang maksimum berkisar antara 0,75 – 2,5 m (gambar IV.9).

Bulan September gelombang laut maksimum mulai menurun, di wilayah selat Karimata tinggi gelombang maksimum berkisar antara 0,75 – 2,0 m, sedangkan di wilayah laut Jawa bagian utara ketinggian gelombang maksimum berkisar antara 1,25 – 2,0 m, sedangkan di wilayah laut Jawa bagian selatan gelombang laut maksimum umumnya berkisar antara 0,5 – 1,5 m (lampiran. 5i).

Bulan Oktober gelombang laut maksimum semakin menurun, umumnya di wilayah penelitian tinggi gelombang maksimum berkisar antara 0,1 – 1,25 m, hanya disebagin kecil di perairan dalam wilayah laut Jawa bagian timur ketinggian gelombang mencapai 1,5 m (lampiran. 5j).

Bulan Nopember gelombang laut maksimum sudah tidak terlihat, hampir diseluruh wilayah penelitian ketinggian gelombang laut maksimum hanya berkisar antara 0,1 – 0,75 m (lampiran. 5k).



Gambar IV. 9 Analisis rata-rata arah dan ketinggian gelombang laut maksimum bulan Agustus Tahun (2005 – 2010)

Bulan Desember gelombang laut maksimum mulai meningkat kembali terutama di wilayah selat Karimata, tampak pada peta, di wilayah selat karimata bagian utara gelombang maksimum berkisar antara 1,25 – 2,0 m, sedangkan di selatah selat Karimata gelombang maksimum umumnya berkisar antara 0,75 – 1,5 m. Untuk wilayah laut Jawa gelombang laut maksimum umumnya hampir merata, yaitu 0,75 – 1,25 untuk perairan dalam dan 0,5 – 0,75 m untuk wilayah sekitar perairan pantai laut Jawa (lampiran. 51).

4.1.5 Analisis Rata-rata Bulanan Ketinggian Gelombang Laut Signifikan dan Gelombang Laut Maksimum

Tinggi rata-rata gelombang laut signifikan dan gelombang laut maksimum tiap bulan di masing-masing titik pengamatan adalah sebagai berikut:

Titik 1 (1,589⁰ LS; 107,081⁰ BT)

Pada titik 1, puncak gelombang tertinggi terjadi pada bulan Januari-Februari dan Agustus-September, sedangkan gelombang terendah terjadi pada bulan April dan September. Gelombang laut signifikan tertinggi mencapai 1,52 meter pada

bulan Januari, 1,50 meter bulan Pebruari dan 1,35 meter bulan September, sedangkan gelombang laut signifikan terendah 0,35 meter bulan April dan 0,60 bulan September. Gelombang laut maksimum tertinggi 2,01 meter bulan Januari, 2,00 meter bulan Pebruari dan 1,70 meter bulan September, sedangkan gelombang laut maksimum terendah 0,45 bulan April dan 0,80 bulan September (lampiran 6a).

Titik 2 ($1,328^0$ LS; $108,557^0$ BT)

Pada titik 2, gelombang laut signifikan dan gelombang laut maksimum tertinggi juga terjadi dua puncak yaitu bulan Januari dan Agustus-September, sedangkan gelombang terendah terjadi pada bulan April dan September. Gelombang laut signifikan tertinggi 1,48 meter pada bulan Januari dan 1,40 meter bulan September, sedangkan gelombang laut signifikan terendah 0,25 meter bulan April dan 0,55 meter September. Gelombang laut maksimum tertinggi mencapai 1,95 meter bulan Januari dan 1,80 meter bulan September, sedangkan gelombang laut maksimum terendah 0,45 meter bulan April dan 0,75 meter September (Gambar IV.10).

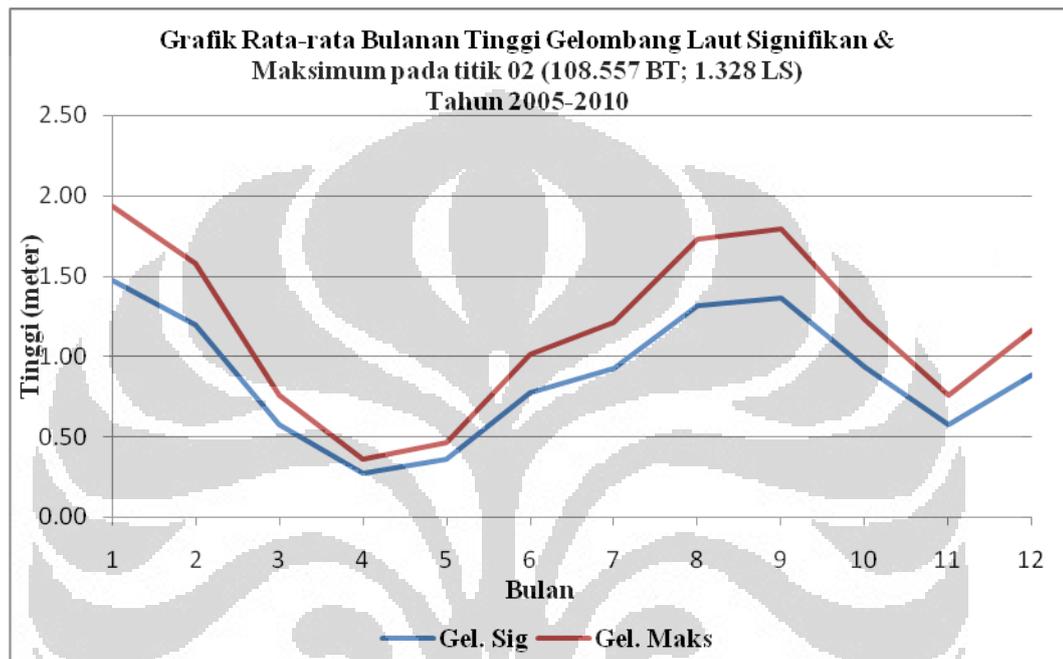
Titik 3 ($2,731^0$ LS; $109,199^0$ BT)

Pada titik 3, gelombang laut signifikan maupun gelombang laut maksimum tertinggi terjadi bulan Januari dan September, sedangkan gelombang laut terendah terjadi pada bulan April dan Nopember – Desember. Gelombang laut signifikan tertinggi 1,40 meter pada bulan Januari dan 1,70 meter bulan September, sedangkan gelombang laut signifikan terendah 0,40 meter bulan April dan 0,71 meter bulan Nopember dan Desember. Gelombang laut maksimum tertinggi 1,80 meter bulan Januari dan September mencapai 2,30 meter, sedangkan gelombang laut maksimum terendah 0,50 meter bulan April dan 0,98 meter pada bulan Nopember dan Desember (lampiran 6c).

Titik 4 ($4,112^0$ LS; $106,867^0$ BT)

Pada titik 4, gelombang laut signifikan maupun gelombang laut maksimum tertinggi terjadi bulan Januari dan September, sedangkan gelombang laut terendah terjadi pada bulan April dan Nopember – Desember. Gelombang laut signifikan tertinggi 1,25 meter pada bulan Januari dan 1,40 meter bulan September,

sedangkan gelombang laut signifikan terendah 0,40 meter bulan April dan 0,70 meter bulan Nopember dan Desember. Gelombang laut maksimum tertinggi 1,65 meter bulan Januari dan 1,85 meter bulan September, sedangkan gelombang laut maksimum terendah 0,52 meter bulan April dan 0,85 meter pada bulan Nopember dan Desember (lampiran 6d).



Gambar IV.10 Analisis rata-rata bulanan gelombang laut signifikan dan gelombang laut maksimum titik 02 (108.557 BT; 1.328 LS) Tahun 2005 – 2010

Titik 5 (5,444⁰ LS; 108,509⁰ BT)

Pada titik 5, gelombang laut signifikan maupun gelombang laut maksimum tertinggi terjadi bulan Januari dan Agustus – September, sedangkan gelombang laut terendah terjadi pada bulan April dan Nopember – Desember. Gelombang laut signifikan tertinggi 1,48 meter pada bulan Januari dan sekitar 1,40 meter bulan Agustus dan September, sedangkan gelombang laut signifikan terendah 0,40 meter bulan April dan 0,60 meter bulan Nopember dan Desember. Gelombang laut maksimum tertinggi 1,90 meter bulan Januari dan 1,75 sampai 1,80 meter bulan Agustus dan September, sedangkan gelombang laut maksimum terendah 0,50 meter bulan April dan 0,75 sampai 0,80 meter pada bulan Nopember dan Desember (lampiran 6e).

Titik 6 ($4,445^0$ LS; $110,127^0$ BT).

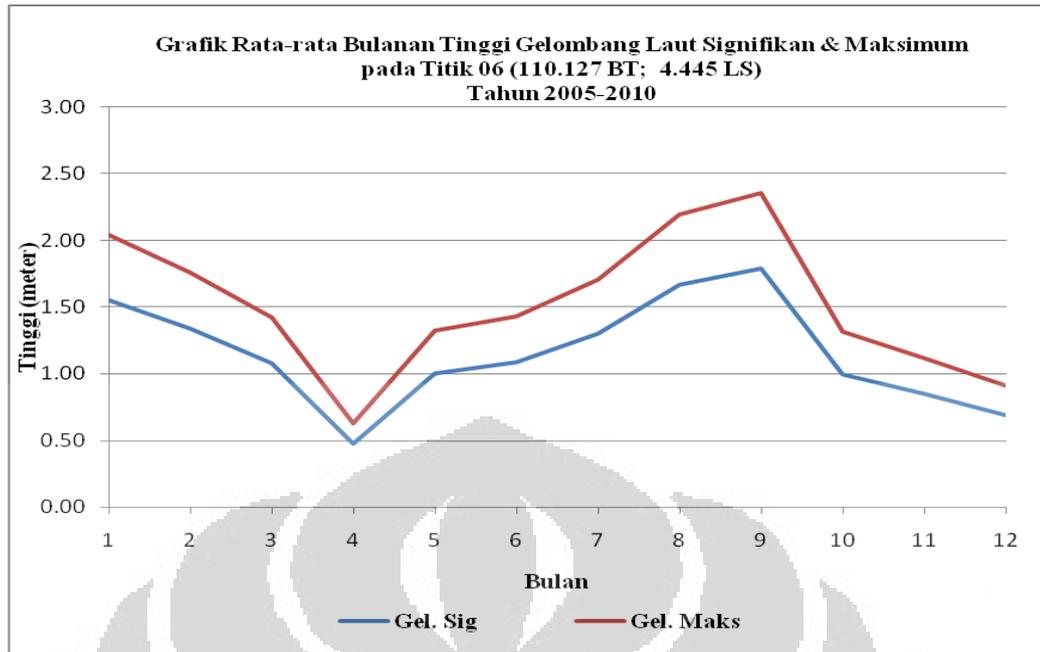
Pada titik 6, gelombang laut signifikan maupun gelombang laut maksimum tertinggi terjadi bulan Januari dan September, sedangkan gelombang laut terendah terjadi pada bulan April dan Desember. Gelombang laut signifikan tertinggi 1,50 meter pada bulan Januari dan 1,80 meter bulan September, sedangkan gelombang laut signifikan terendah 0,50 meter bulan April dan 0,70 meter bulan Desember. Gelombang laut maksimum tertinggi 2,00 meter bulan Januari dan 2,40 meter bulan September, sedangkan gelombang laut maksimum terendah 0,65 meter bulan April dan 0,90 meter bulan Desember (Gambar IV.11).

Titik 7 ($5,634^0$ LS; $110,450^0$ BT).

Pada titik 7, gelombang laut signifikan maupun gelombang laut maksimum tertinggi terjadi bulan Januari dan September, sedangkan gelombang laut terendah terjadi pada bulan April dan Desember. Gelombang laut signifikan tertinggi 1,50 meter pada bulan Januari dan 1,40 meter bulan September, sedangkan gelombang laut signifikan terendah 0,40 meter bulan April dan 0,45 meter bulan Desember. Gelombang laut maksimum tertinggi 1,95 meter bulan Januari dan 1,80 meter bulan September, sedangkan gelombang laut maksimum terendah 0,45 meter bulan April dan 0,55 meter pada bulan Desember (lampiran 6g).

Titik 8 ($5,658^0$ LS; $112,864^0$ BT).

Pada titik 8, gelombang laut signifikan maupun gelombang laut maksimum tertinggi terjadi bulan Januari sampai Pebruari dan Agustus sampai September, sedangkan gelombang laut terendah terjadi pada bulan April dan Desember. Gelombang laut signifikan tertinggi 1,45 – 1,55 meter pada bulan Januari – Pebruari dan 1,50 meter bulan Agustus dan September, sedangkan gelombang laut signifikan terendah 0,45 meter bulan April dan 0,50 meter bulan Desember. Gelombang laut maksimum tertinggi 1,90 - 2,05 meter bulan Januari – Pebruari dan 2,00 meter bulan Agustus – September, sedangkan gelombang laut maksimum terendah 0,40 meter bulan April dan 0,75 meter bulan Desember (lampiran 6h).



Gambar IV.11 Analisis rata-rata bulanan gelombang laut signifikan dan gelombang laut maksimum titik 06 (110.127 BT; 4.445 LS) Tahun 2005 – 2010

Titik 9 (4,587⁰ LS; 112,673⁰ BT).

Pada titik 9, gelombang laut signifikan maupun gelombang laut maksimum tertinggi terjadi bulan Januari dan Agustus sampai September, sedangkan gelombang laut terendah terjadi pada bulan April dan Desember. Gelombang laut signifikan tertinggi 1,60 meter pada bulan Januari dan 1,70 - 1,75 meter bulan Agustus dan September, sedangkan gelombang laut signifikan terendah 0,35 meter bulan April dan 0,65 meter bulan Desember. Gelombang laut maksimum tertinggi 2,10 meter bulan Januari dan 2,30 sampai 2,40 meter bulan Agustus dan September, sedangkan gelombang laut maksimum terendah 0,40 meter bulan April dan 0,65 meter bulan Desember (lampiran 6i).

Titik 10 (5,492⁰ LS; 114,648⁰ BT).

Demikian juga halnya dengan titik 10, gelombang laut signifikan maupun gelombang laut maksimum tertinggi terjadi bulan Januari dan Agustus sampai September, sedangkan gelombang laut terendah terjadi pada bulan April dan Desember. Gelombang laut signifikan tertinggi 1,65 meter pada bulan Januari, Agustus dan September, sedangkan gelombang laut signifikan terendah 0,30 meter bulan April dan 0,55 meter bulan Desember. Gelombang laut maksimum

tertinggi 2,20 meter bulan Januari Agustus dan September, sedangkan gelombang laut maksimum terendah 0,40 meter bulan April dan 0,70 meter bulan Desember (lampiran 6j).

4.1.6 Analisis Kejadian Absolut Gelombang Tertinggi Masing-masing Bulanan

Gelombang tertinggi atau maksimum ditentukan berdasarkan analisis data pengamatan setiap jam selama periode penelitian, Kejadian gelombang tertinggi pada hasil berikut merupakan kejadian absolut di wilayah penelitian. Secara rinci variasi gelombang maksimum spasial masing-masing bulan disampaikan sebagai berikut:

Pada bulan Januari, gelombang tertinggi mencapai 3,5 meter, umumnya terjadi di sebagian besar wilayah laut Jawa bagian timur dan tengah, sedangkan di wilayah selat Karimata gelombang tertinggi mencapai 3 meter (lampiran 7a).

Pebruari, gelombang tertinggi mencapai 3,5 meter, umumnya terjadi di wilayah laut Jawa bagian timur dan tengah tepatnya sekitar titik 7 dan 8, sedangkan di wilayah selat Karimata gelombang tertinggi hanya mencapai 2,5 meter terutama di wilayah bagian utara (lampiran 7b).

Maret, gelombang tertinggi sekitar 2,5 meter, umumnya terjadi di wilayah selat Karimata bagian utara, sedangkan di wilayah laut Jawa gelombang tertinggi hanya sebagian mencapai 2 meter terutama di wilayah bagian timur (lampiran 7c).

April, gelombang tertinggi hanya disebagian kecil mencapai 2,5 meter di wilayah laut Jawa bagian timur, sedangkan di wilayah selat Karimata gelombang tertinggi hanya mencapai 1,25 meter (lampiran 7d).

Bulan Mei, gelombang tertinggi sekitar 2 meter yang menyebar di sebagian besar wilayah laut, sedangkan di wilayah selat Karimata gelombang tertinggi umumnya 1,25 hingga 2 meter (lampiran 7e).

Pada bulan Juni, gelombang tertinggi terjadi di sebagian besar wilayah laut Jawa dengan ketinggian 1,5 hingga 2 meter, sedangkan di wilayah lainnya gelombang tertinggi berkisar antara 1,25 hingga 1,5 meter (lampiran 7f).

Bulan Juli, gelombang laut meningkat kembali, kejadian tertinggi di wilayah laut Jawa bagian timur mencapai 3 meter, sedangkan di wilayah laut Jawa dan selat Karimata lainnya mencapai 2 – 2,5 meter (lampiran 7g).

Agustus, gelombang tertinggi mencapai 3 meter terutama di sebagian wilayah laut Jawa bagian timur, untuk wilayah selat Karimata gelombang tertinggi berkisar mencapai 2,5 meter (lampiran 7h).

September, gelombang tertinggi di laut Jawa maupun selat Karimata umumnya berkisar antara 1,5 hingga 2 meter, hanya disebagian kecil wilayah laut Jawa bagian timur, gelombang mencapai 2,5 meter (lampiran 7i).

Oktober, gelombang tertinggi terjadi di sebagian wilayah laut Jawa bagian tengah dan barat yang mencapai 2,5 meter, sedangkan di wilayah lainnya gelombang tertinggi berkisar antara 1,5 hingga 2 meter (lampiran 7j).

Bulan Nopember, gelombang tertinggi lebih dominan terjadi di wilayah selat Karimata bagian utara dengan tinggi mencapai 2 hingga 2,5 meter, sedangkan di wilayah laut Jawa gelombang tertinggi umumnya berkisar antara 1,25 hingga 2 meter (lampiran 7k).

Pada bulan Desember, gelombang tertinggi mencapai 4 meter terutama di wilayah laut Jawa bagian timur, sedangkan di beberapa wilayah selat Karimata gelombang tertinggi mencapai 2,5 meter (lampiran 7l).

4.2 Pembahasan

4.2.1 Distribusi Pola Arah dan Kecepatan Angin

Berdasarkan hasil analisis rata-rata arah dan kecepatan angin spasial, saat musim barat dan musim timur diatas tampak bahwa pada saat musim angin barat terjadi pada bulan Januari yang bertepatan dengan musim dingin di Asia dan puncak musim angin timur terjadi pada bulan Agustus dan September yang

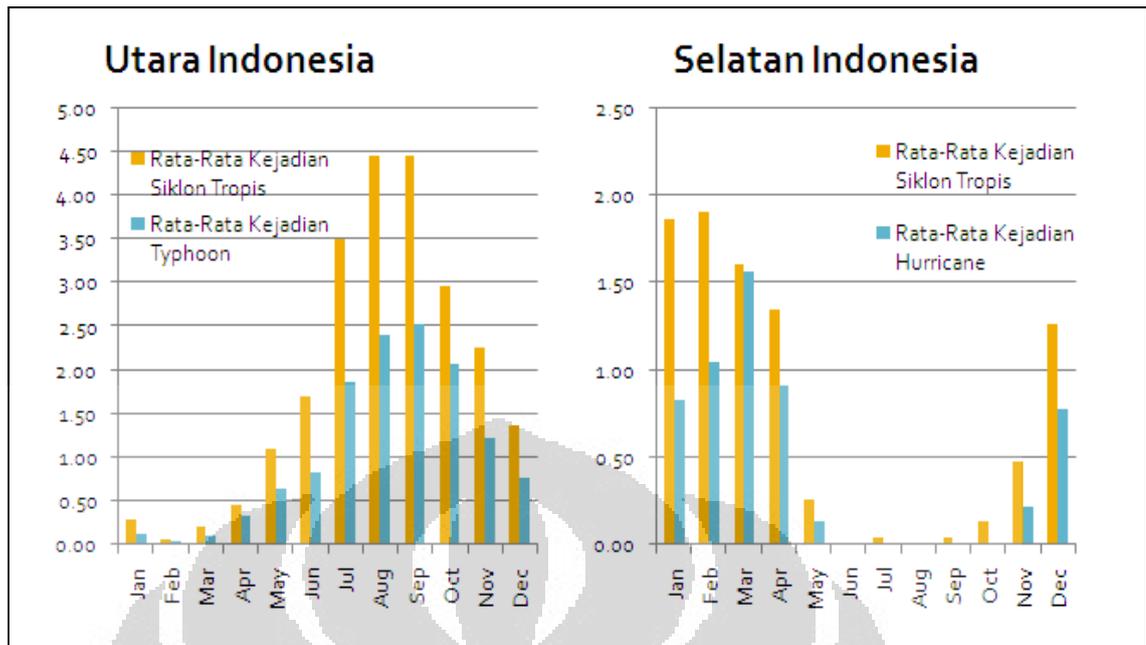
betepatan dengan musim dingin di Australia. Masa transisi dari kedua musim ini terjadi pada April dan Nopember (lampiran 1).

Pola angin di Indonesia pada umumnya, termasuk selat Karimata dan laut Jawa di pengaruhi oleh pola musim di daratan Asia (musim angin barat) dan daratan Australia (musim angin timur). Pada saat bertiup angin musim barat, di selat Karimata arah angin umumnya dari barat laut hingga utara dan di laut Jawa arah angin umumnya dari arah barat. Sebaliknya saat musim timur arah angin di selat Karimata umumnya dari arah tenggara dan di laut Jawa arah angin umumnya dari timur hingga tenggara.

Berdasarkan hasil analisis frekuensi kecepatan angin, pada musim barat frekuensi kecepatan angin > 10 knot (5 m/dt) lebih rendah bila dibandingkan saat musim timur (lampiran 2 dan 3). Hal ini disebabkan pada saat angin musim barat atau angin dari daratan asia bertiup, sebelum melewati wilayah penelitian, angin musim barat ini melewati ekuator atau garis khatulistiwa sehingga ada pembelokan arah angin dan kecepatan angin akan melambat (efek koriolis), demikian sebaliknya saat angin timur bertiup, kecepatan angin akan melambat setelah melewati wilayah penelitian. Karena perputaran bumi, lapisan laut dangkal yang bergerak karena pengaruh angin akan berbelok ke arah kanan dari arah angin di bumi belahan utara dan ke arah kiri dari arah angin di bumi belahan selatan. Pembelokan ini diakibatkan oleh efek koriolis (Aldrian, 2008).

Perbedaan kecepatan angin utamanya disebabkan oleh perbedaan tekanan antara BBU dengan BBS. Perbedaan tekanan dipengaruhi oleh posisi Matahari terhadap bumi. Pada bulan Maret dan September posisi Matahari berada di atas khatulistiwa/ ekuator, sedangkan pada bulan Juni berada pada posisi terjauh di BBU dan pada bulan Desember berada pada posisi terjauh di BBS. Pada saat posisi terjauh inilah perbedaan kecepatan angin sangat signifikan perbedaannya.

Fenomena lain yang dapat meningkatkan kecepatan angin adalah siklon tropis. Wilayah Indonesia sebenarnya bukanlah jalur tempat pembentukan dan pergerakan siklon tropis. Namun demikian, bukannya siklon tropis yang menjadikan bahaya akan tetapi ekor dari siklon tropis dapat membawa bahaya seperti badai, angin kencang dan gelombang tinggi (Aldrian, 2008).



Gambar IV.12 Rata-rata kejadian siklon tropis di belahan bumi utara dan selatan Indonesia data tahun 1977 – 2009, (sumber: BMKG, 2011).

Puncak kejadian siklon di kedua belahan bumi tersebut berlawanan yaitu di musim angin timur yang identik dengan musim kemarau (Agustus sampai September) pada bumi belahan utara dan di musim angin barat yang identik dengan musim hujan pada bumi belahan selatan (Januari sampai Pebruari). Dari data yang sama ditunjukkan bahwa kejadian siklon lebih banyak di bumi belahan utara dibanding belahan selatan (Gambar IV.12). Ekor dari siklon tropis akan lebih jauh dikarenakan lebih kuatnya energi dinamis yang dimilikinya. Dengan kuatnya energi dinamis ini semakin menguatkan daya tarik siklon yang akan memperpanjang ekor yang terbentuk. Sehingga daerah sekitar yang dilewati oleh siklon tropis memiliki kecepatan angin yang lebih besar.

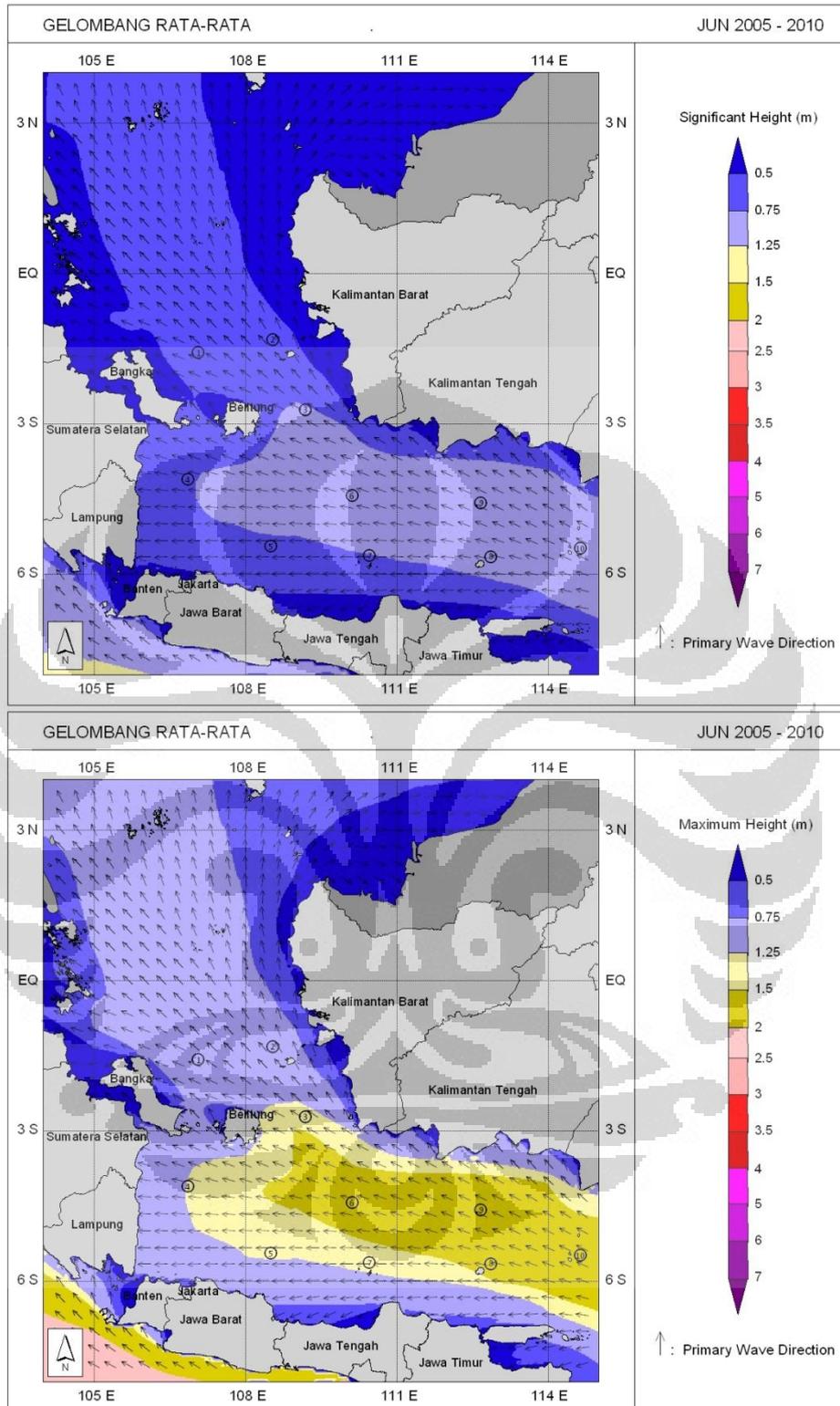
Dari gambar IV.11 dan IV.12 tampak bahwa seiring dengan meningkatnya kejadian siklon tropis di wilayah utara Indonesia saat musim angin timur, mencapai puncak tertinggi bulan Agustus – September, meningkatkan pula ketinggian gelombang laut di wilayah penelitian. Demikian sebaliknya saat puncak musim barat, puncak kejadian siklon seiring dengan puncak ketinggian gelombang laut yang terjadi pada bulan Januari dan Pebruari.

4.2.2 Distribusi Arah dan Tinggi Gelombang Laut

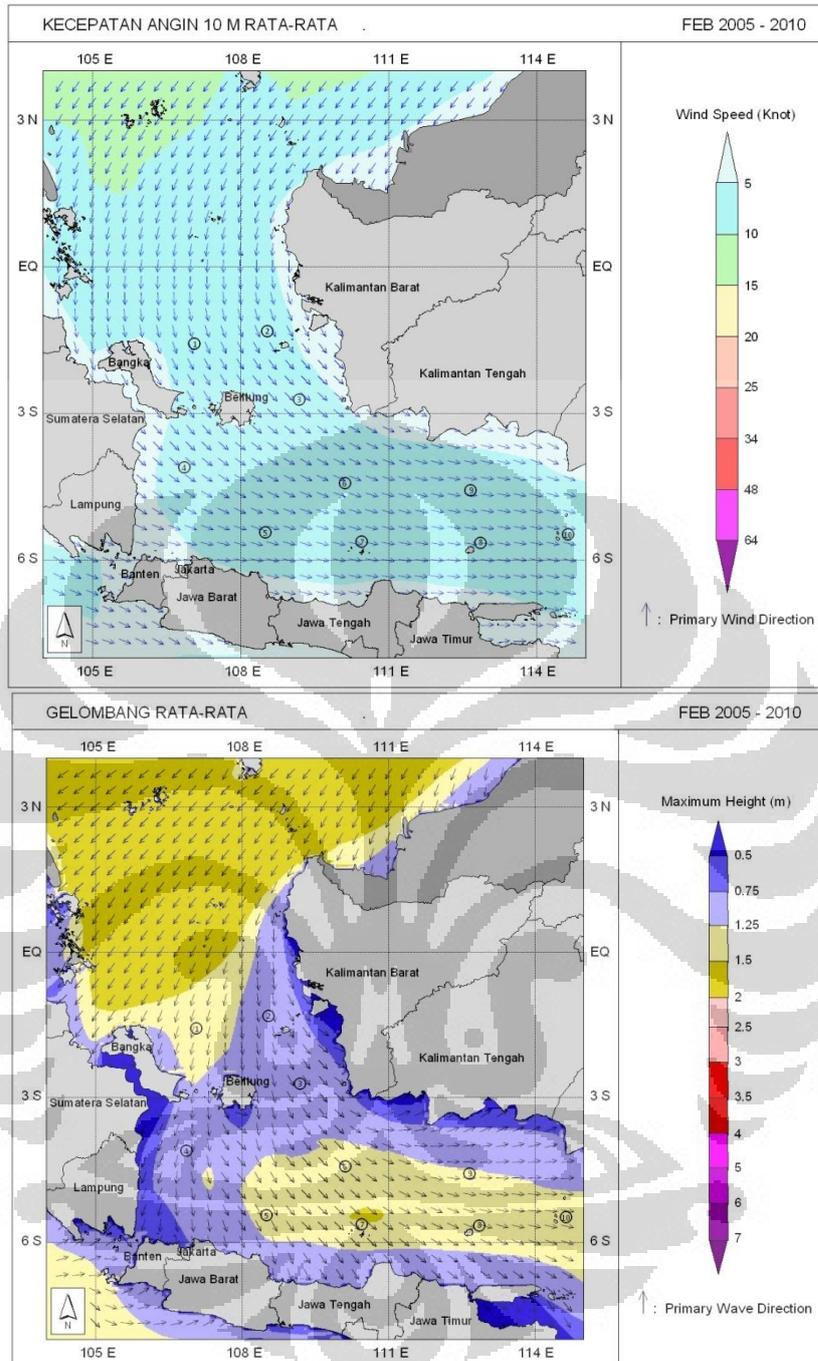
Berdasarkan hasil pemetaan secara spasial arah gelombang laut (lampiran 4) yang di tunjukkan oleh tanda panah tiap-tiap grid, tampak bahwa distribusi pola arah gelombang laut mengikuti pola distribusi arah angin. Di perairan dengan kecepatan angin tinggi umumnya gelombang laut juga tinggi dan di perairan dengan kecepatan angin rendah umumnya gelombang laut rendah.

Faktor penentu ketinggian gelombang selain kecepatan angin juga ditentukan oleh lamanya angin bertiup (durasi). Walaupun kecepatan angin sangat besar, tetapi jika hanya bertiup dalam waktu yang singkat maka tidak akan menimbulkan gelombang besar. Faktor lain yang menentukan tinggi suatu gelombang adalah panjang lintasan atau daerah yang dilewati angin (*Fetch*). Di perairan sempit, *fetch* dibatasi oleh pantai, sedangkan diperairan terbuka *fetch* ini tergantung pada keadaan meteorologi, yaitu pada bentangan angin yang bertiup dengan kecepatan dan arah yang konstan atau hampir konstan. Pengaruh *fetch* ini dapat terlihat di pantai bila angin bertiup menuju ke laut. Di dekat pantai gelombang sangat kecil, tetapi menjadi semakin tinggi ketengah laut seiring dengan bertambahnya *fetch* (Suratno, 1997).

Pengaruh *fetch* ini tampak pada hasil analisis pada gelombang signifikan maupun gelombang maksimum bulan Juni.(Gambar IV.13). Pada saat bertiup angin timur, angin berasal dari perairan Masalembo menuju laut Jawa hingga selat Karimata. Dari gambar tampak jelas, saat melewati *fetch* yang panjang di laut Jawa ketinggian gelombang semakin tinggi dan melemah saat melewati selat Karimata yang memiliki *fetch* yang pendek dan terhalang oleh pantai di Pulang Bangka.



Gambar IV.13 Analisis rata-rata gelombang laut signifikan (atas) dan gelombang laut maksimum (bawah) bulan Juni (2005-2010).



Gambar IV.14 Analisis rata-rata arah dan kecepatan angin (atas) dan gelombang laut maksimum (bawah) bulan Pebruari (2005-2010).

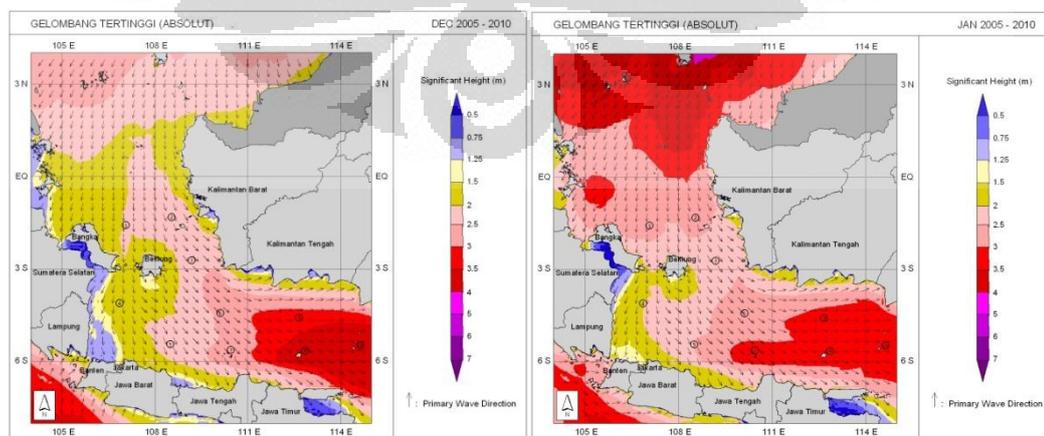
Secara umum medan gelombang aktif terdapat diperairan dengan kecepatan angin tinggi dan *fetch* yang panjang. Kedaan ini berubah sesuai dengan perubahan kecepatan angindan panjang *fetch* yang bersangkutan.

Di perairan dengan kecepatan angin rendah, tinggi gelombang laut juga dipengaruhi oleh adanya rambatan gelombang di tempat lain (alun atau *swell*).

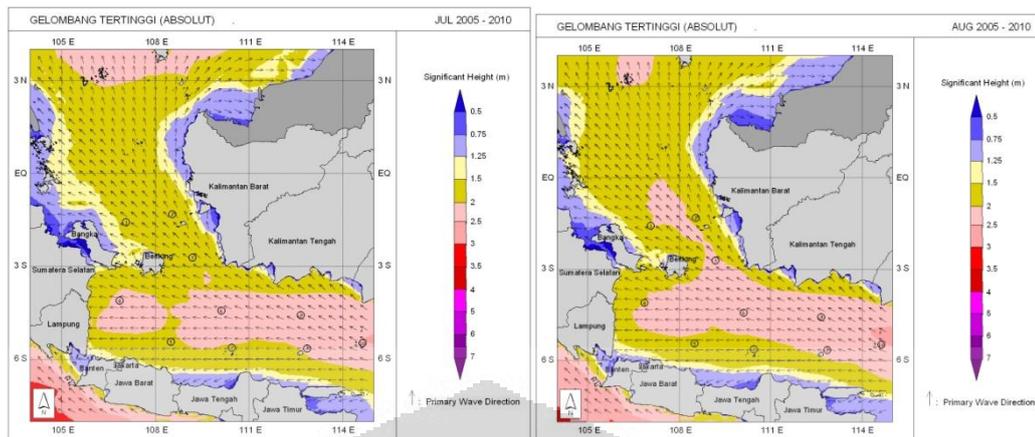
Kondisi ini dapat terlihat pada Gambar IV.14. Pada saat bertiup angin barat (Pebruari), meskipun tidak adanya peningkatan kecepatan angin di perairan selat Karimata, namun terjadi peningkatan ketinggian gelombang di perairan tersebut. Hal ini dipengaruhi oleh gelombang yang merambat dari laut Cina Selatan yang memiliki kecepatan angin tinggi dan *fetch* yang panjang.

4.2.3 Distribusi Kejadian Absolut Gelombang Tertinggi

Berdasarkan hasil analisis kejadian gelombang tertinggi diatas tampak bahwa sebagian besar wilayah penelitian yang mengalami gelombang tertinggi yang mencapai 3,5 hingga 4 meter terjadi bulan Desember dan Januari (Gambar IV.15). Pada bulan tersebut merupakan puncak tertinggi saat musim angin barat, sedangkan puncak terendah kejadian gelombang tinggi musim ini terjadi di bulan April. Gelombang tinggi umumnya terjadi di laut Jawa bagian tengah dan timur, sedangkan di selat karimata gelombang tertinggi umumnya berkisar 2,5 hingga 3 meter . Sedangkan puncak kejadian tertinggi gelombang tinggi saat musim angin timur terjadi di bulan Juli dan Agustus. Gelombang tinggi saat puncak musim timur ini berkisar antara 1,5 hingga 3 meter (Gambar IV. 16), sedangkan puncak terendah terjadi di bulan Nopember, tinggi gelombang berkisar antara 1,25 hingga 2 meter, kecuali di wilayah selat Karimata bagian utara, gelombang mencapai 2,5 meter, hal ini karena adanya pengaruh swell/ alun dari Laut Cina Selatan. Secara rinci distribusi kejadian absolut gelombang tertinggi masing-masing bulan disajikan pada lampiran 7.



Gambar IV.15 Analisis kejadian absolut gelombang tertinggi saat puncak musim angin barat, Desember (kiri), Januari (kanan).

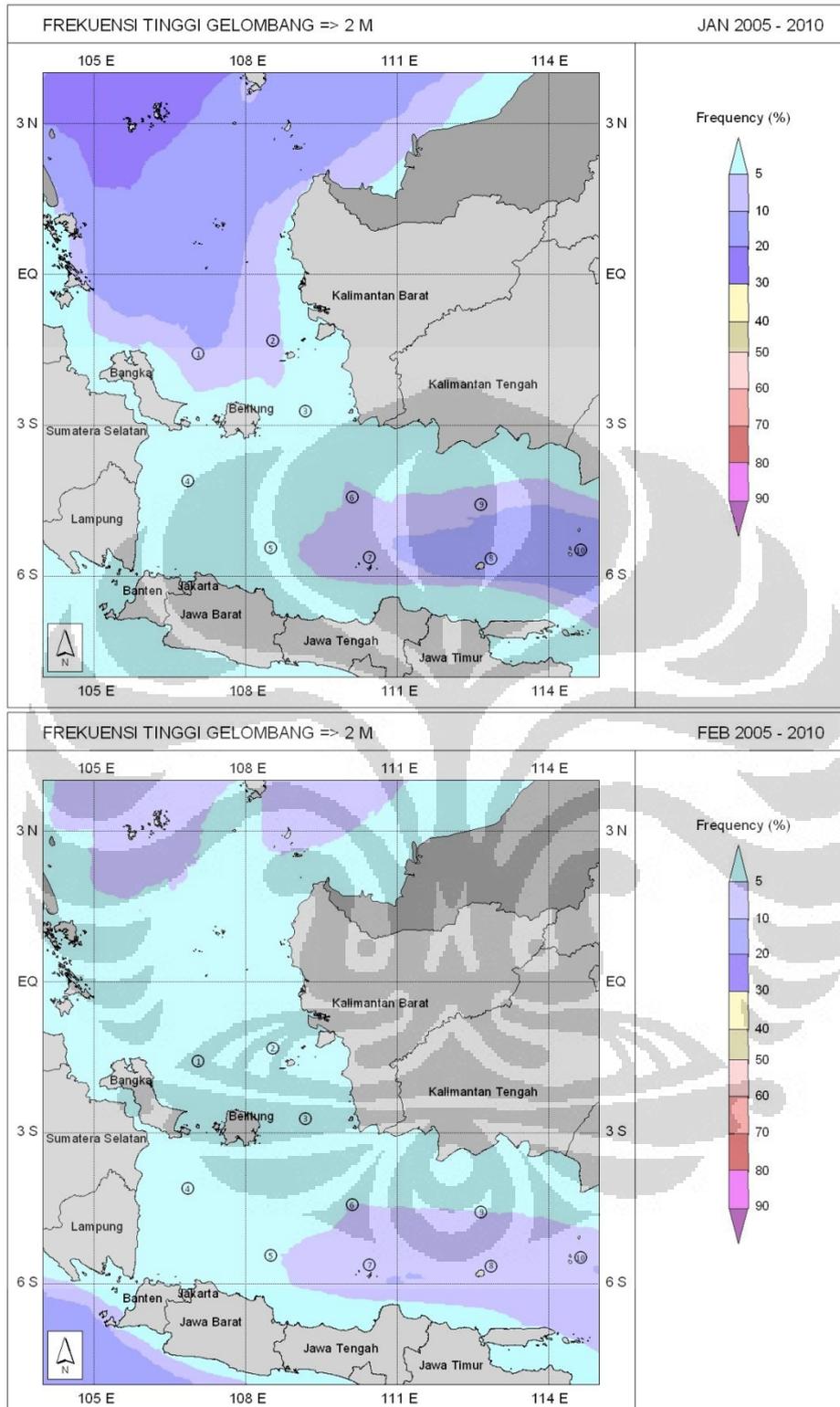


Gambar IV.16 Analisis kejadian absolut gelombang tertinggi saat puncak musim angin timur, Juli (kiri), Agustus (kanan).

4.2.4 Distribusi Frekuensi Gelombang Signifikan ≥ 2 Meter

Berdasarkan WMO-No.741, Gelombang dengan tinggi 2 meter atau lebih harus dinformasikan dalam pelayanan informasi cuaca-laut bagi pelayaran internasional dan oleh karena itu dalam kajian ini tinggi gelombang 2 meter dijadikan acuan terendah untuk gelombang tinggi. Berdasarkan hal tersebut, maka dalam kajian ini terminologi yang digunakan untuk gelombang tinggi adalah gelombang dengan tinggi signifikan ≥ 2 meter dan daerah gelombang tinggi adalah yang sering mengalami gelombang tinggi.

Dari hasil analisis frekuensi tinggi gelombang mencapai 2 meter atau lebih di wilayah penelitian masing-masing bulan selama periode 2005 – 2010 disajikan pada lampiran 8. Frekuensi gelombang 2 meter atau lebih yang paling sering terjadi pada bulan Januari dan Pebruari, yaitu 20 – 30% terjadi di wilayah laut Jawa bagian timur dan selat karimata bagian utara, sedangkan frekuensi kejadian 10 – 20% terjadi di wilayah laut Jawa bagian tengah dan selat Karimata bagian tengah. Untuk wilayah lainnya frekuensi gelombang 2 meter atau lebih hanya berkisar 1 – 5% (Gambar IV.17).



Gambar IV.17 Analisis frekuensi gelombang signifikan ≥ 2 meter, Januari (atas), Pebruari (bawah).

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Beberapa kesimpulan yang dapat diambil dari hasil analisis dan pembahasan tersebut, diantaranya:

1. Arah dan kecepatan angin dominan pada masing-masing musim dan wilayah adalah sebagai berikut:
 - a. Pada saat musim barat di selat Karimata, angin dominan dari arah barat-laut hingga utara dengan kecepatan angin berkisar antara 5 – 10 knots dan di laut Jawa angin dominan dari arah barat hingga barat laut dengan kecepatan berkisar antara 10 – 15 knots.
 - b. Pada saat musim timur di selat Karimata, angin dominan dari arah tenggara hingga selatan, sedangkan di laut Jawa, angin umumnya dari arah timur hingga tenggara, kecepatan angin di kedua wilayah ini antara 10 – 15 knot.
2. Rata-rata variabilitas gelombang laut di selat Karimata dan laut Jawa terjadi dua puncak tertinggi dan dua puncak terendah;
 - a. Pada saat musim angin barat, gelombang di selat Karimata lebih tinggi di banding laut Jawa, sebaliknya saat musim timur, gelombang di laut Jawa lebih tinggi dari selat Karimata
 - b. Pada saat musim angin barat di selat Karimatan maupun laut Jawa puncak gelombang tertinggi umumnya terjadi bulan Januari dan puncak gelombang terendah terjadi bulan April, sebaliknya saat musim angin timur, puncak gelombang tertinggi di kedua wilayah umumnya terjadi bulan Agustus – September dan terendah terjadi bulan Nopember.
3. Kejadian absolut gelombang tertinggi di laut Jawa mencapai 3,5 – 4 meter, sedangkan di selat Karimata gelombang tertinggi berkisar 2,5 – 3 meter yang terjadi di bulan Desember dan Januari.

4. Frekuensi tinggi gelombang 2 meter atau lebih berkisar antara 20 – 30% terjadi pada bulan Januari di wilayah laut Jawa bagian timur dan selat Karimata bagian utara.

5.2 Saran

Dalam penelitian ini, input data yang di gunakan hanya arah dan kecepatan angin tiap 6 jam selama 6 tahun (2005 – 2010) dan belum ada data pengamatan tinggi gelombang yang memadai untuk validasi hasil. Untuk penelitian lebih lanjut diharapkan menambah seris data dan perlu dikaji pengaruh selain angin monsun/ musim, (seperti batimetri, suhu permukaan laut maupun fenomena meteorologi lainnya) terhadap pembentukan gelombang laut.



DAFTAR PUSTAKA

- Aldrian, E. (2008). *Meteorologi Laut Indonesia*, Pusat Penelitian dan Pengembangan, Badan Meteorologi dan Geofisika, Jakarta.
- Chang, C. -P., Harr, P. A., and McBride, (2004). *East Asian Monsoon*, World Scientific Series on Meteorology of East Asia, Volume 2, World Scientific, 2004.
- Hasselmann K. (1961). *On the non-linear energy transfer in a gravity-wave spectrum*, Part 1. General theory. *Journal of Fluid Mechanics* 12 (4): 481–500.
- Hasselmann K. (1963a). *On the non-linear energy transfer in a gravity wave spectrum*, Part 2. Conservation theorems; wave-particle analogy; irreversibility, *Journal of Fluid Mechanics* 15 (2): 273–281.
- Hasselmann K. (1963b). *On the non-linear energy transfer in a gravity waves pectrum. Part 3. Evaluation of the energy flux and swell-sea interaction for a Neumann spectrum*, *Journal of Fluid Mechanics*. 15 (3): 385–398.
- Hasselmann K. (1966). *Feynman diagrams and interaction rules of wave-wave scattering processes*. *Rev. Geophysical*. 4 (1): 1–32.
- Hasselmann K., T.P. Barnett, E. Bouws, H. Carlson, D.E. Cartwright, K. Enke, J.A. Ewing, H. Gienapp, D.E. Hasselmann, P. Kruseman, A. Meerburg, P. Mller, D.J. Olbers, K. Richter, W. Sell, and H. Walden, (1973). *Measurements of wind-wave growth and swell decay during the Joint North Sea Wave Project (JONSWAP)*, *Ergänzungsheft zur Deutschen Hydrographischen Zeitschrift Reihe A(8) (Nr. 12)*: 95.
- Martono, (2009). *Karakteristik dan Variabilitas Bulanan Angin Permukaan di Perairan Samudera Hindi*, *MAKARA, SAINS*, 13 (2): 157-162
- Miles J.W. (1957). *On the generation of surface waves by shear flows*, *Journal of Fluid Mechanics*. 3(2) 185–204. Millero F.J., G. Perron, and J.F. Desnoyers.

1973. Heat capacity of seawater solutions from 5° to 35°C and 0.05 to 22‰ chlorinity. *Journal of Geophysical Research* 78 (21): 4499–4506.

M. Sulchan Darmawan, (2001). *Aktifitas Monsun Terhadap karakteristik Massa Air dan Variabilitas Parameter Laut – Atmosfer di beberapa perairan Indonesia*, Skripsi- Institut Pertanian Bogor. Phillips, O.M. 1957, *On the generation of waves by turbulent wind*. *Journal of Fluid Mechanics*. 2 (5): 417–445.

Nontji, A. (1987). *Laut Nusantara*. Djambatan, Jakarta.

Phillips, O.M. (1957). *On the generation of waves by turbulent wind*. *Journal of Fluid Mechanics*. 2 (5): 417–445.

Pierson, W. J., and L. I. Moskowitz, (1964). *Proposed spectral form for fully developed seas based on the similarity theory of S. A. Kitaigorodskii*, *J. Geophys. Res.* 69, 5181-5190.

Philander, S.G. (1990). *El Niño, La Niña, and the Southern Oscillation*, Academic Press, Inc. New York, USA.

Prawirowardoyo, S. (1996). *Meteorologi*, Penerbit ITB, Bandung.

Shi, Z., Meyers, S., and Luther, M.E. (2003). *Modeling of wind wave-induced bottom currents and Fine sand transport in tampa bay, florida, USA*, International Conference on Estuaries and Coasts, Hangzhou, China.

Sulistya, W. (2009). *Variabilitas Iklim Laut Jawa dan Pengaruhnya Terhadap Produktivitas Primer*, Disertasi Program Doktor, Program Pasca Sarjana, Doktor Manajemen Sumberdaya Pantai, Universitas Diponegoro, Semarang.

Suratno, (1997). *Model Numerik Prakiraan Gelombang Permukaan Laut untuk Perairan Indonesia dan Sekitarnya*, Thesis Magister Sain, Program Pasca Sarjana, Bidang Ilmu Sain dan Matematika, Program Studi Fisika, Kekhususan Meteorologi, Universitas Indonesia, Jakarta.

- Suratno, et. al, (2004). *Panduan Operasional WINDWAVES-04*, Pusat Informasi Meteorolog Penerbangan dan Maritim, Badan Meteorologi dan Geofisika, Jakarta.
- Surtimin dan Rahmat Gernowo, (2005). *Model Simulasi Karakteristik Gelombang Perairan sebagai Studi Perencanaan dalam Reklamasi Pantai*, Laporan Penelitian, Universitas Diponegoro, Semarang.
- Pandey, P.C., Gairola, R.M., and Gohil, B.S., (1986). *Wind-Wave Relationship From Seasat Radar Altimeter Data*, Space Application Center, Ahmedabad-380053, India.
- Tjasyono, B.H.K. dan Mustofa, A.M. (2000). "Seasonal Rainfall Variation Over Monsoonal Areas". *Jurnal Teknologi Mineral*. VII, No. 4, FIKTM-ITB, Bandung; ISSN: 0854-8528.
- Torrence, C., and Webster, P.J., (1999). *Interdecadal Changes in the ENSO-Monsoon System*, *J. Climate*, 12, 2679-2690
- World Meteorological Organization, (1998). *Guide To Wave Analysis And Forecasting*, Secretariat of the World Meteorological Organization, WMO-No. 702, second edition, Geneva – Switzerland.
-, (1971). *Guide to Marine Meteorological Services*, WMO-No. 741, Third Edition, Secretariat of the World Meteorological Organisation Geneva-Switzerland.
-, (2011). *The Operation of Jakarta Tropical Cyclone Warning Centre (Jakarta TCWC)*, Sub Bidang Siklon Tropis, Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika, Jakarta

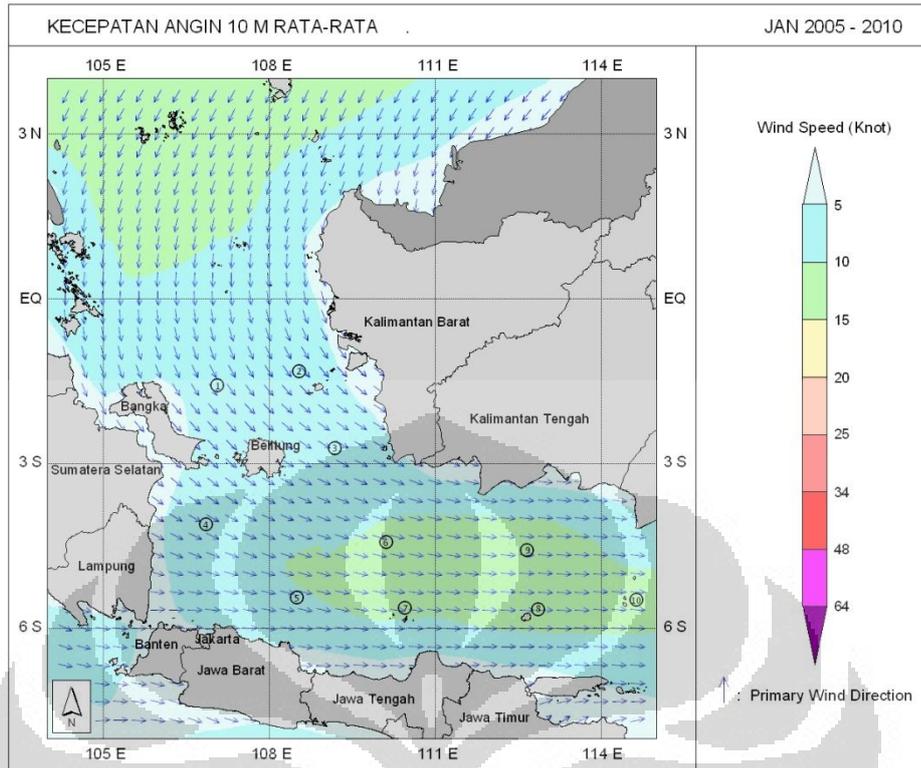
<http://www.dirgantara-lapan.or.id/moklim/edukasimonsun.html>

<http://www.scribd.com/doc/66261435/GELOMBANG-LAUT>

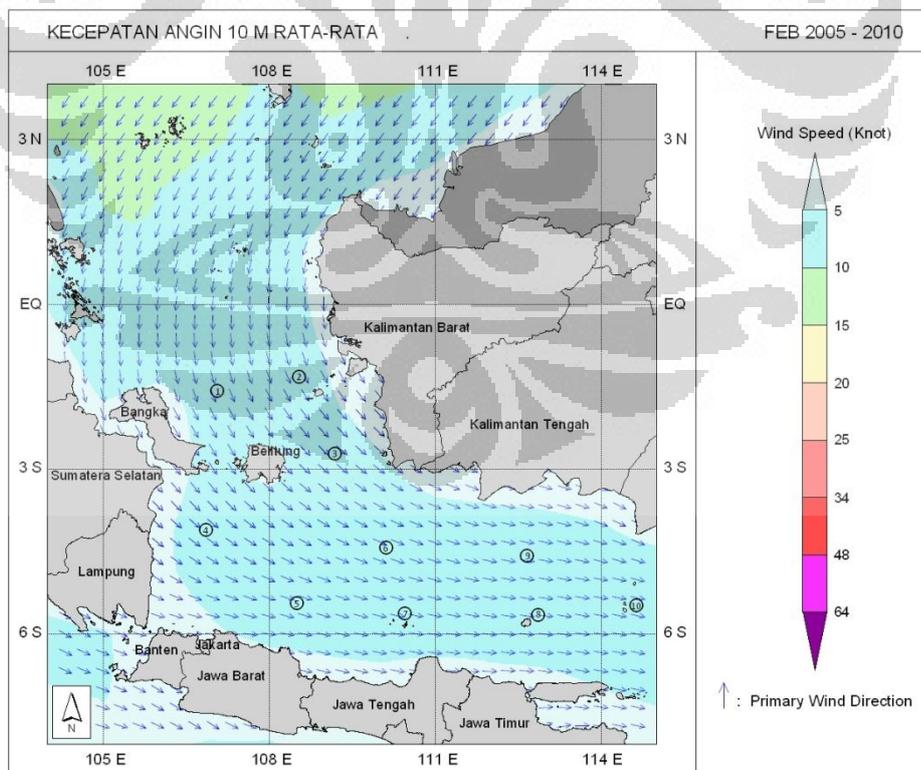


LAMPIRAN 1

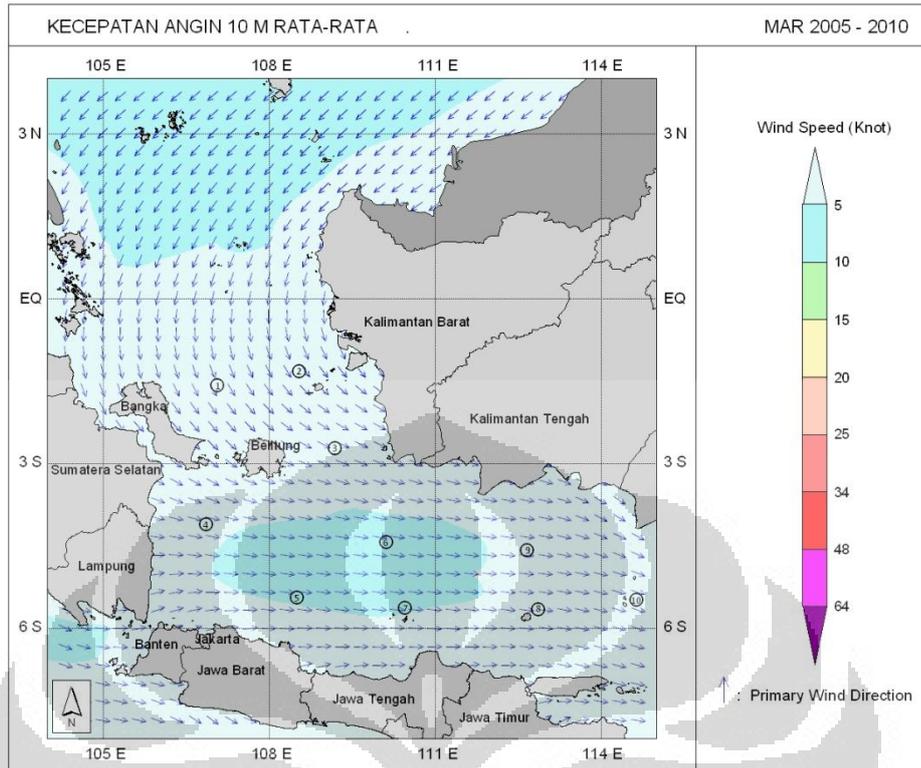
**ANALISIS RATA-RATA ARAH DAN KECEPATAN ANGIN SPASIAL
BULANAN TAHUN 2005 – 2010**



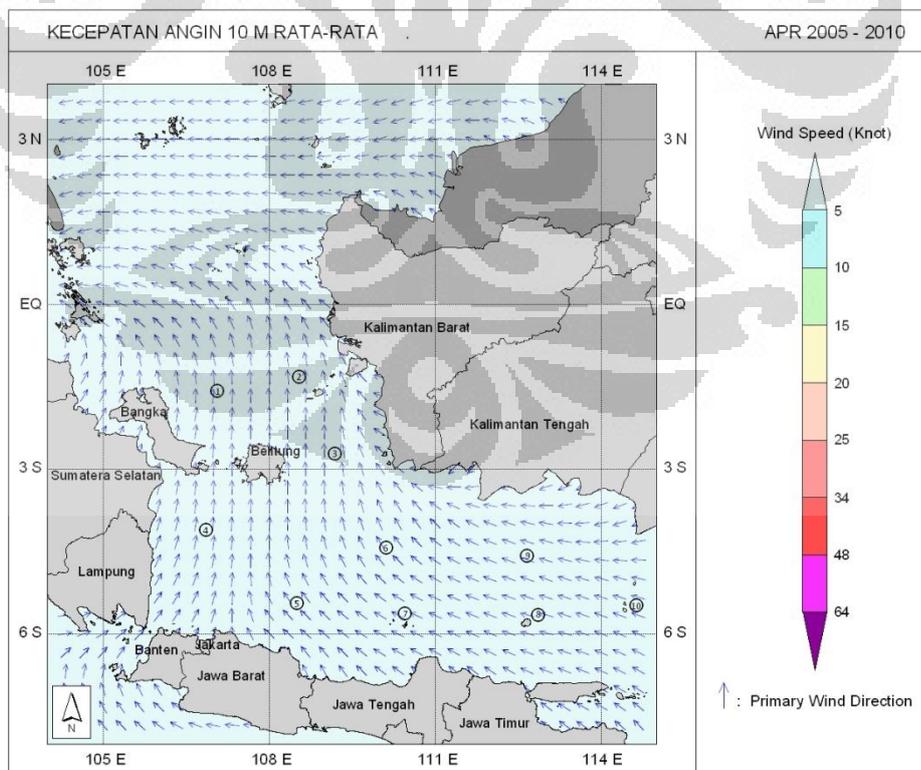
Gambar 1a. Analisis rata-rata arah dan kecepatan angin bulan Januari Tahun (2005 – 2010)



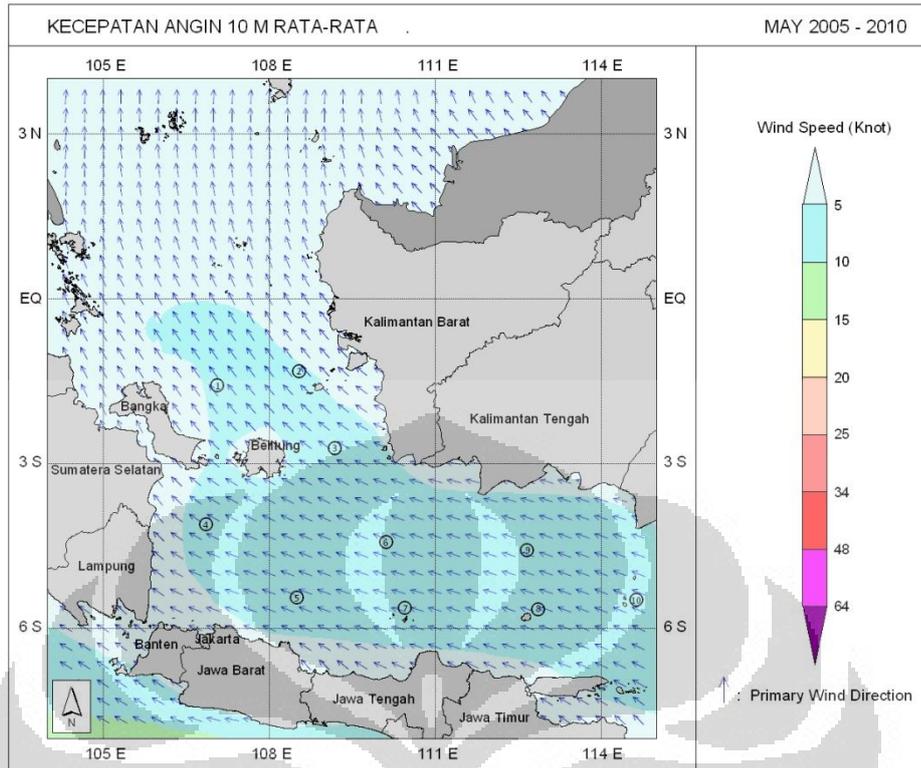
Gambar 1b. Analisis rata-rata arah dan kecepatan angin bulan Februari Tahun (2005 – 2010)



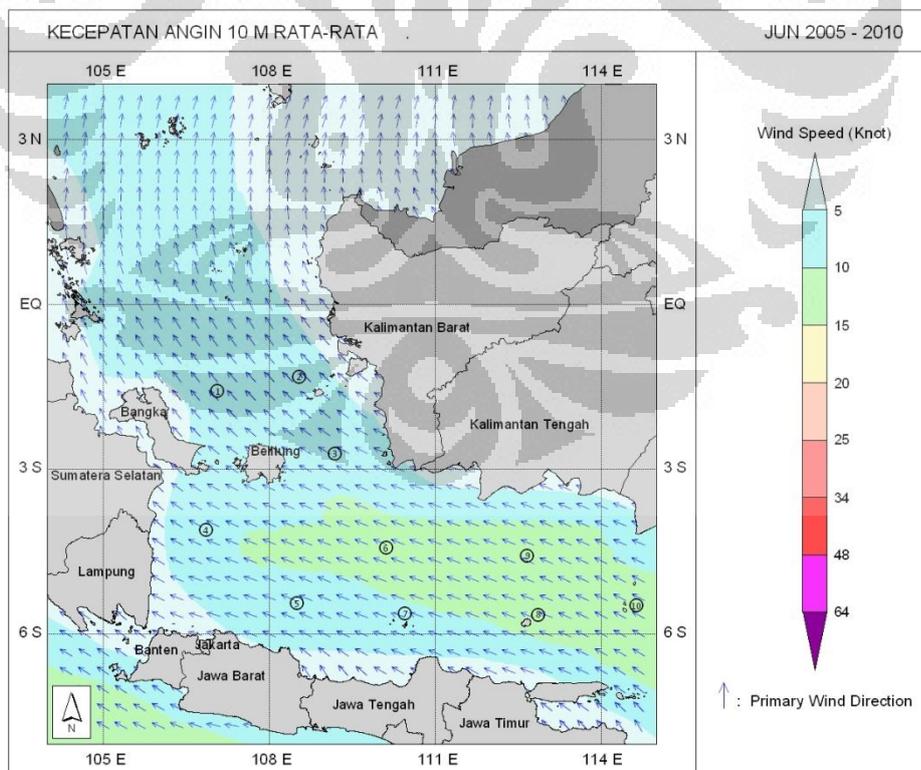
Gambar 1c. Analisis rata-rata arah dan kecepatan angin bulan Maret Tahun (2005 – 2010)



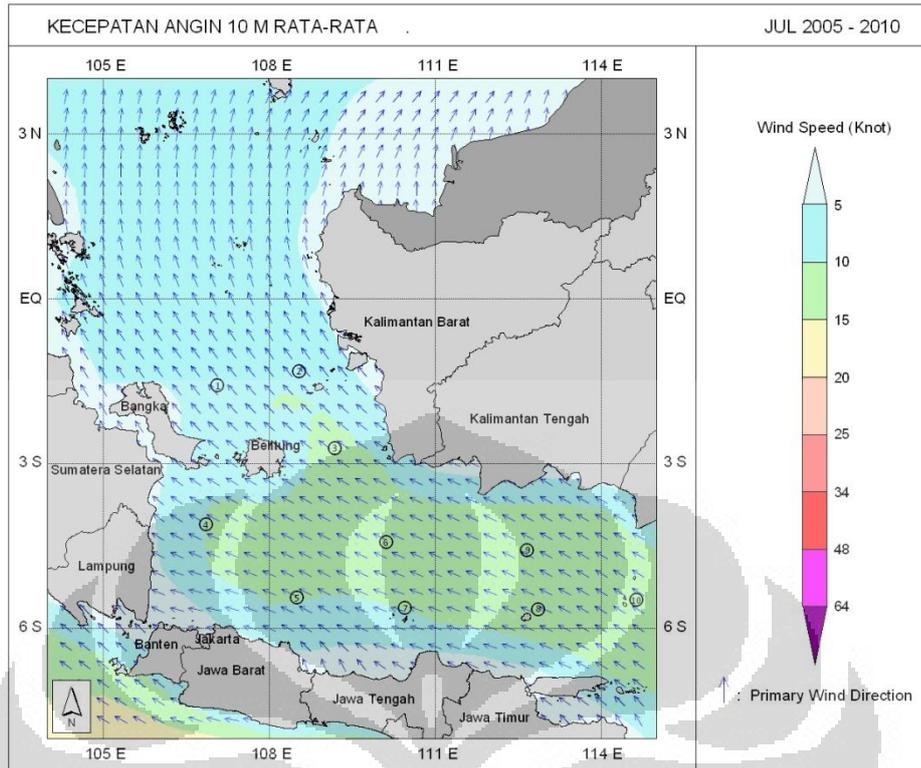
Gambar 1d. Analisis rata-rata arah dan kecepatan angin bulan April Tahun (2005 – 2010)



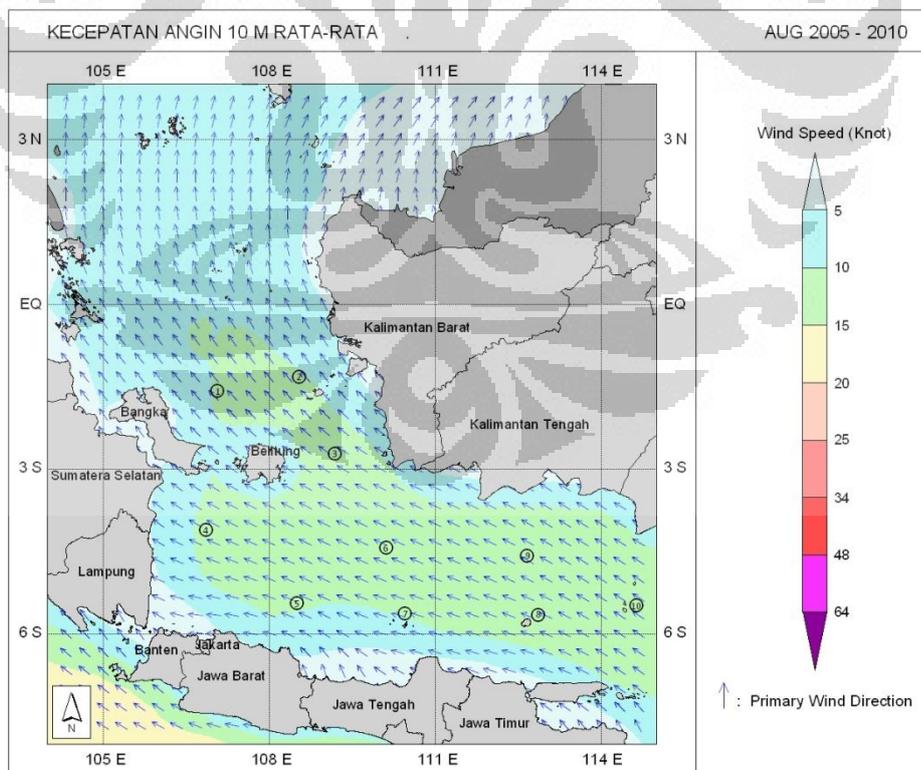
Gambar 1e. Analisis rata-rata arah dan kecepatan angin bulan Mei Tahun (2005 – 2010)



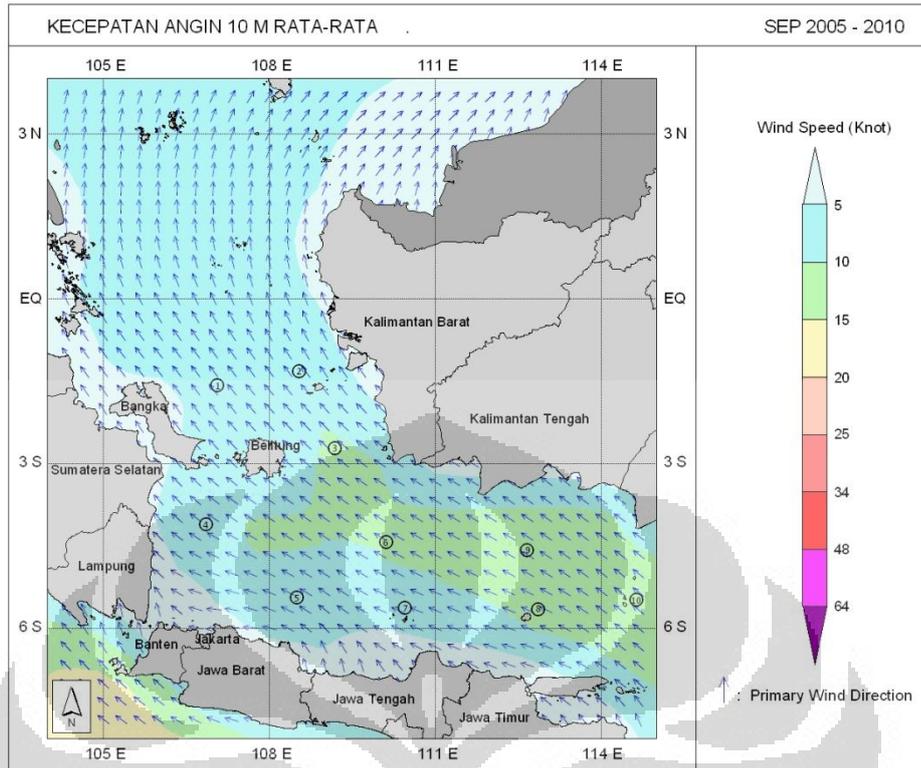
Gambar 1f. Analisis rata-rata arah dan kecepatan angin bulan Juni Tahun (2005 – 2010)



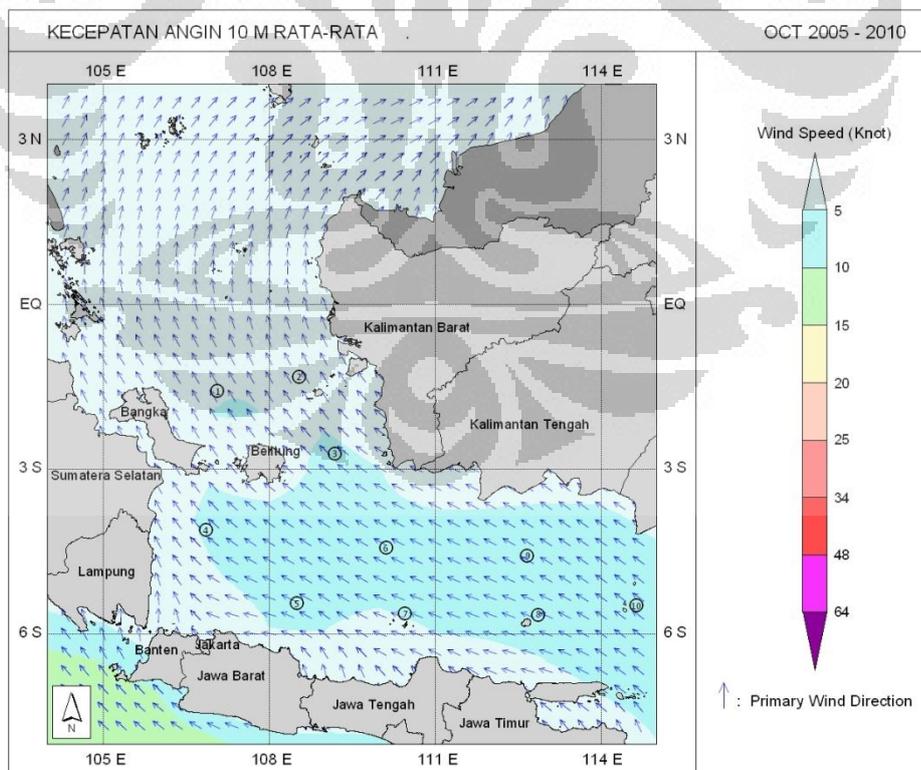
Gambar 1g. Analisis rata-rata arah dan kecepatan angin bulan Juli Tahun (2005 – 2010)



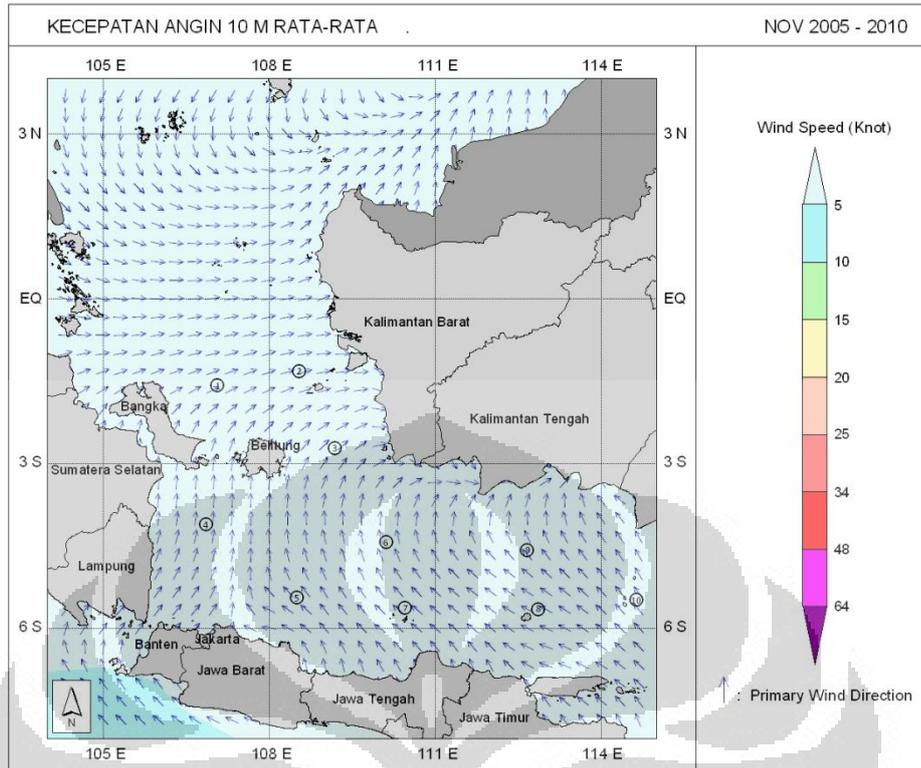
Gambar 1h. Analisis rata-rata arah dan kecepatan angin bulan Agustus Tahun (2005 – 2010)



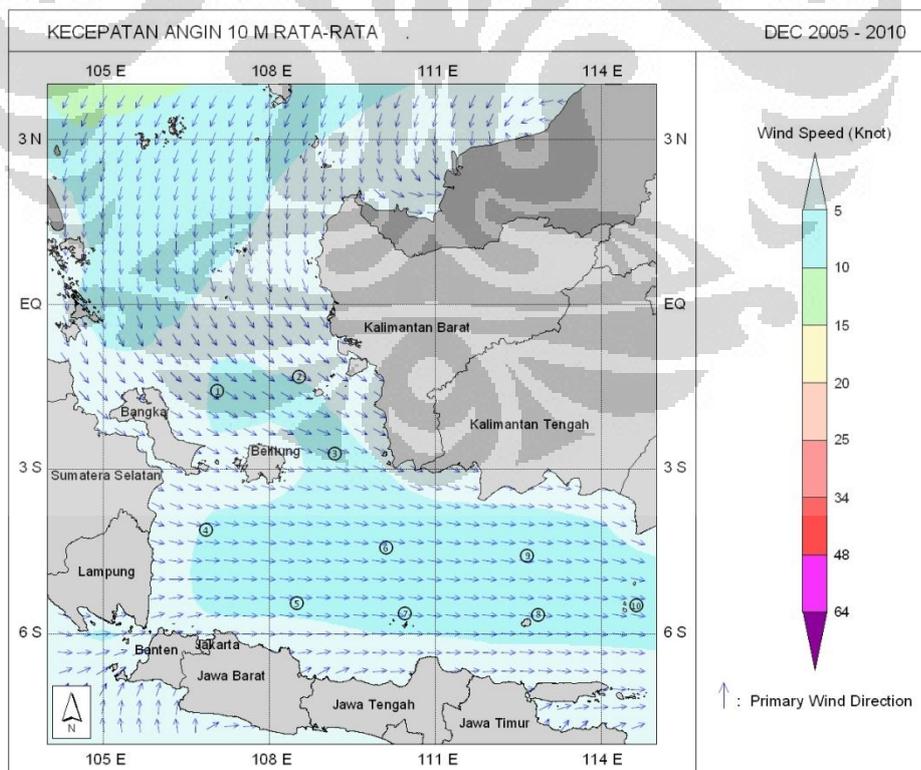
Gambar 1i. Analisis rata-rata arah dan kecepatan angin bulan September Tahun (2005 – 2010)



Gambar 1j. Analisis rata-rata arah dan kecepatan angin bulan Oktober Tahun (2005 – 2010)



Gambar 1k. Analisis rata-rata arah dan kecepatan angin bulan Nopember Tahun (2005 – 2010)

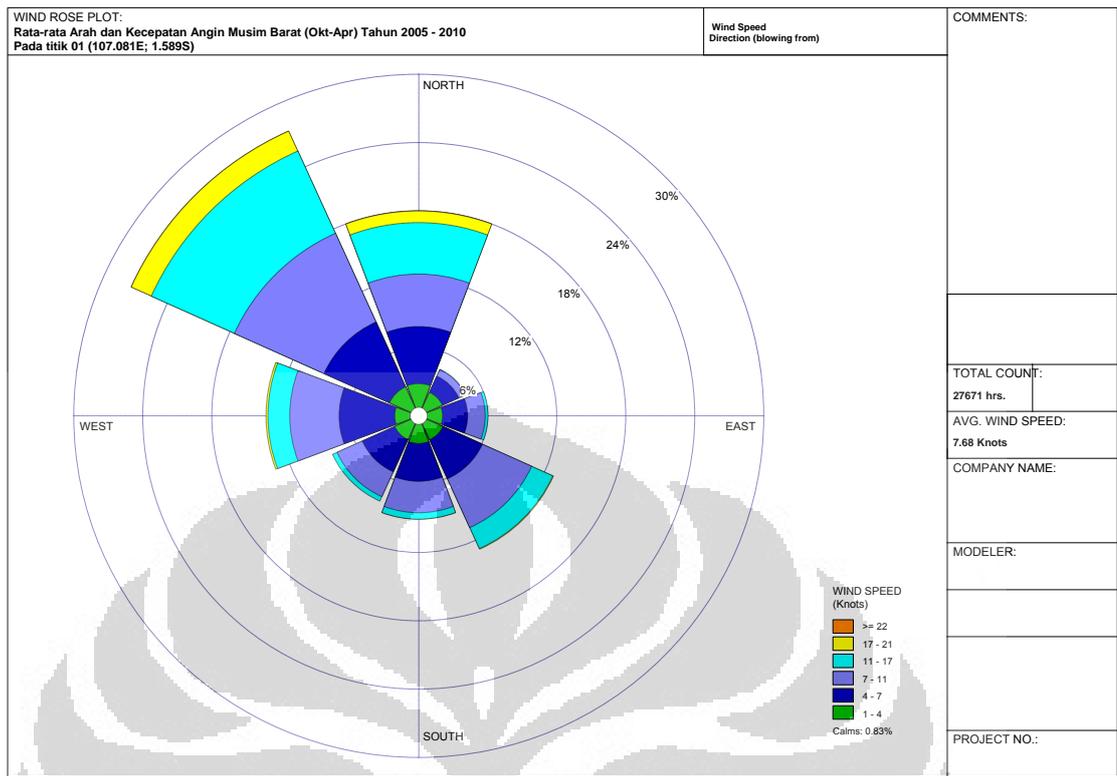


Gambar 1l. Analisis rata-rata arah dan kecepatan angin bulan Desember Tahun (2005 – 2010)

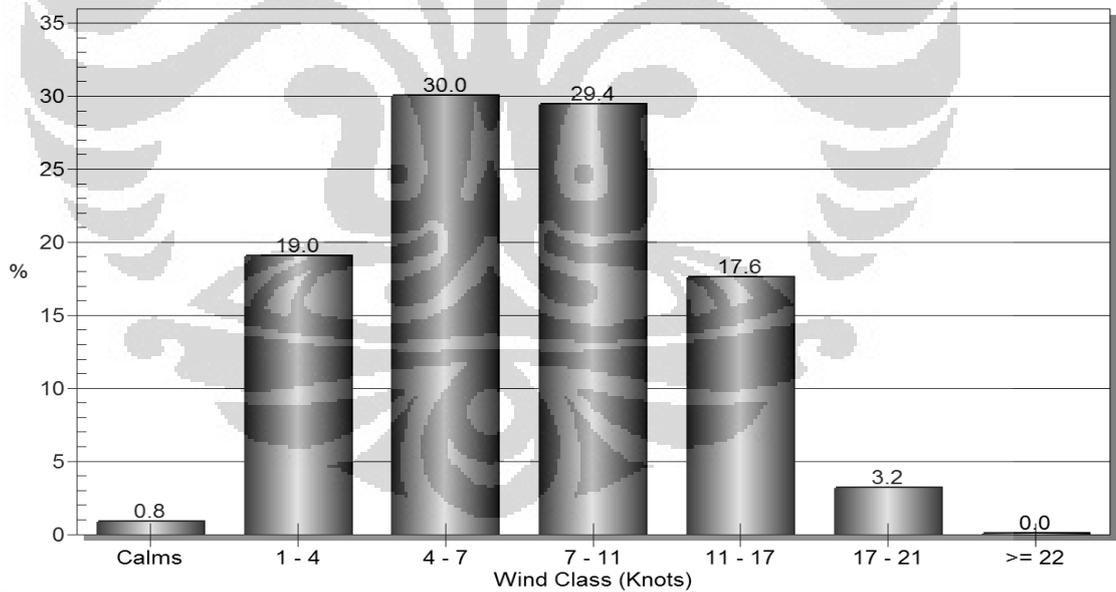


LAMPIRAN 2

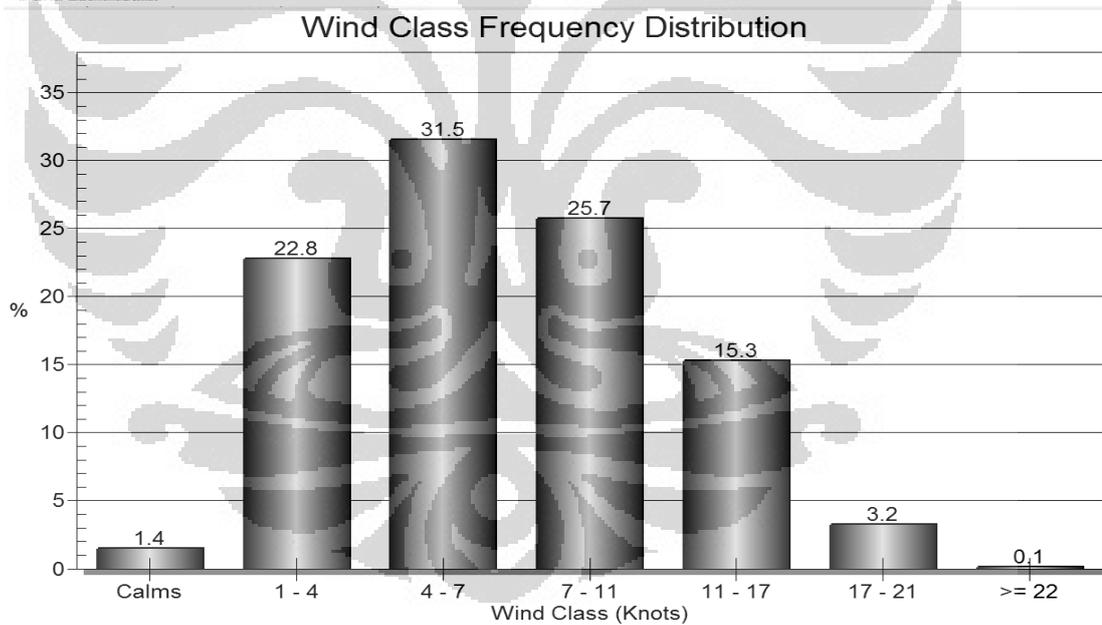
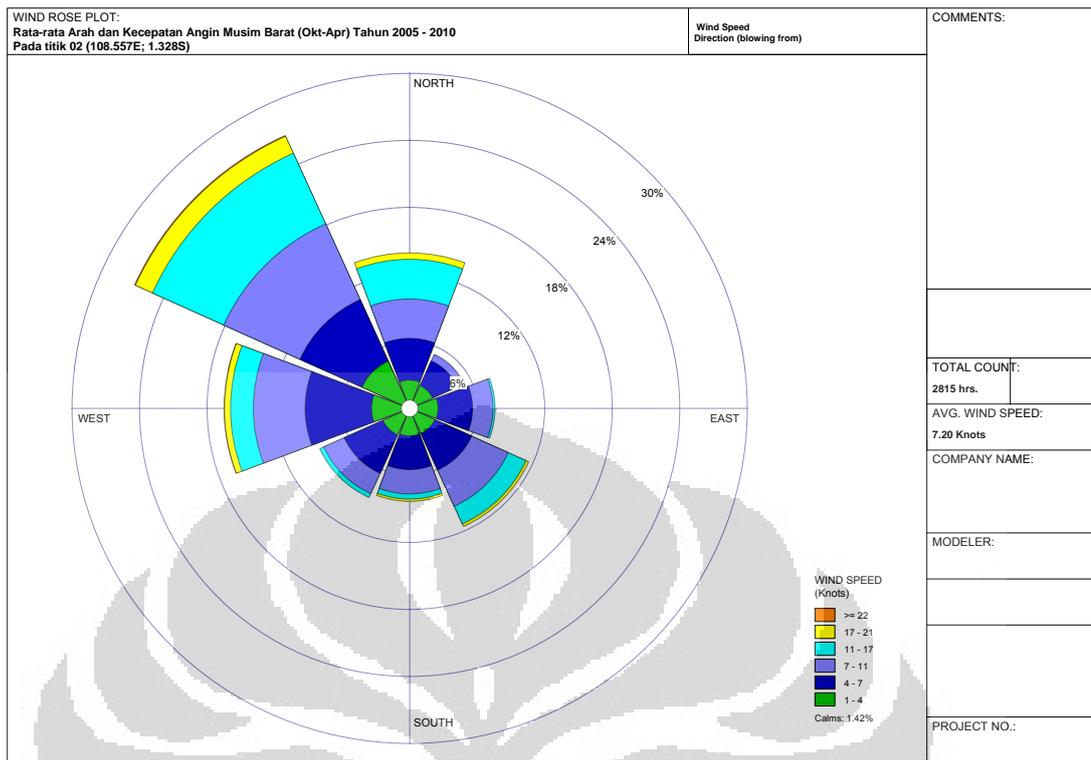
**ANALISIS RATA-RATA ARAH DAN PERSENTASE KECEPATAN
ANGIN DI SETIAP TITIK PENGAMATAN SAAT MUSIM BARAT
(OKTOBER – APRIL) TAHUN 2005 – 2010**



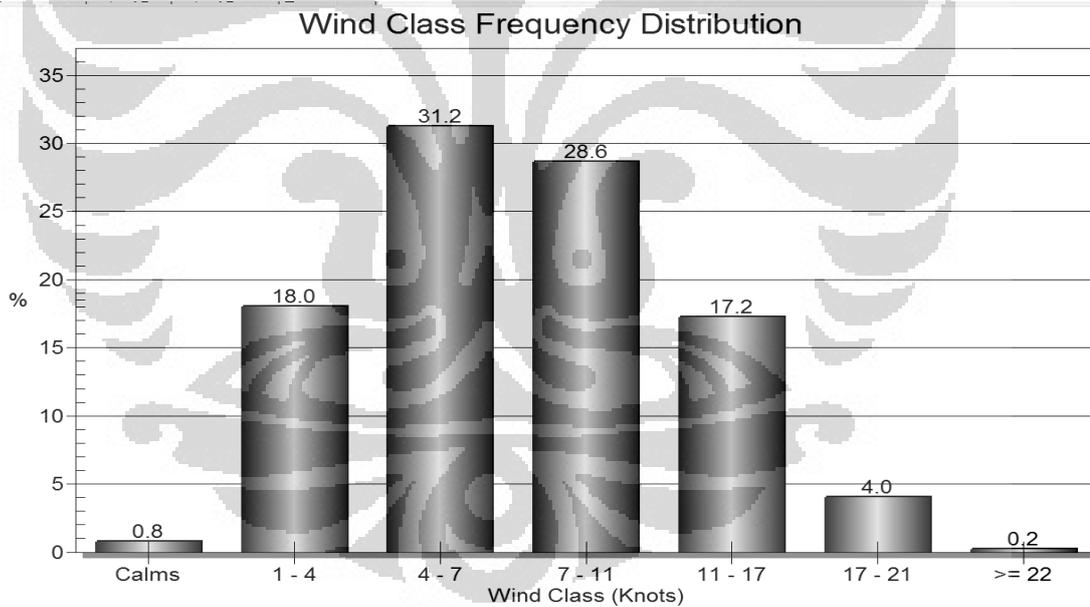
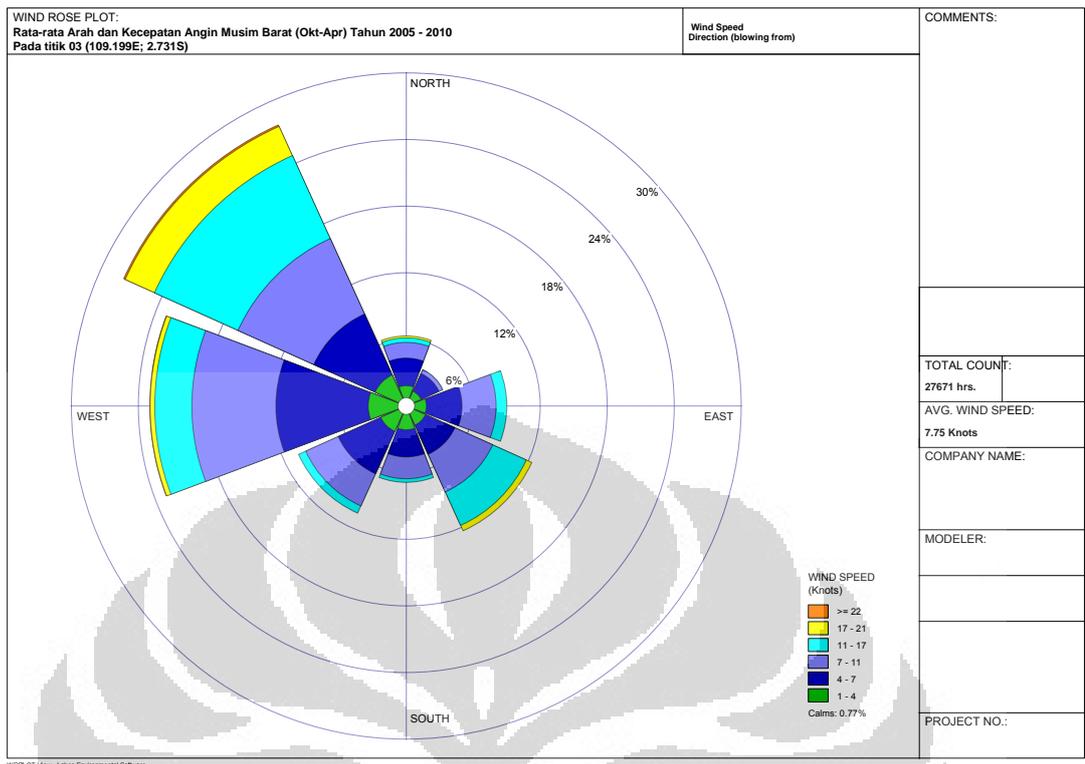
Wind Class Frequency Distribution



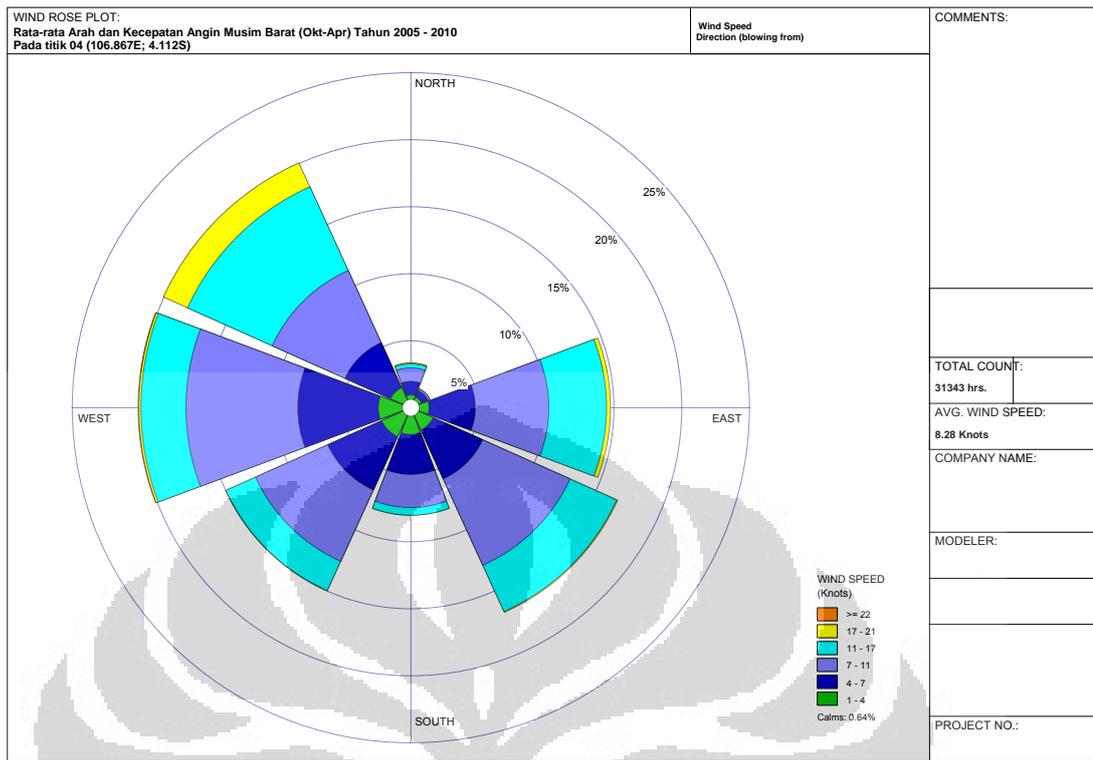
Gambar 2a. Rata-rata Arah dan Frekuensi Kecepatan Angin Musim Barat (Oktober – April) Tahun 2005 – 2010 pada titik 1 (1,589⁰ LS; 107,081⁰ BT)



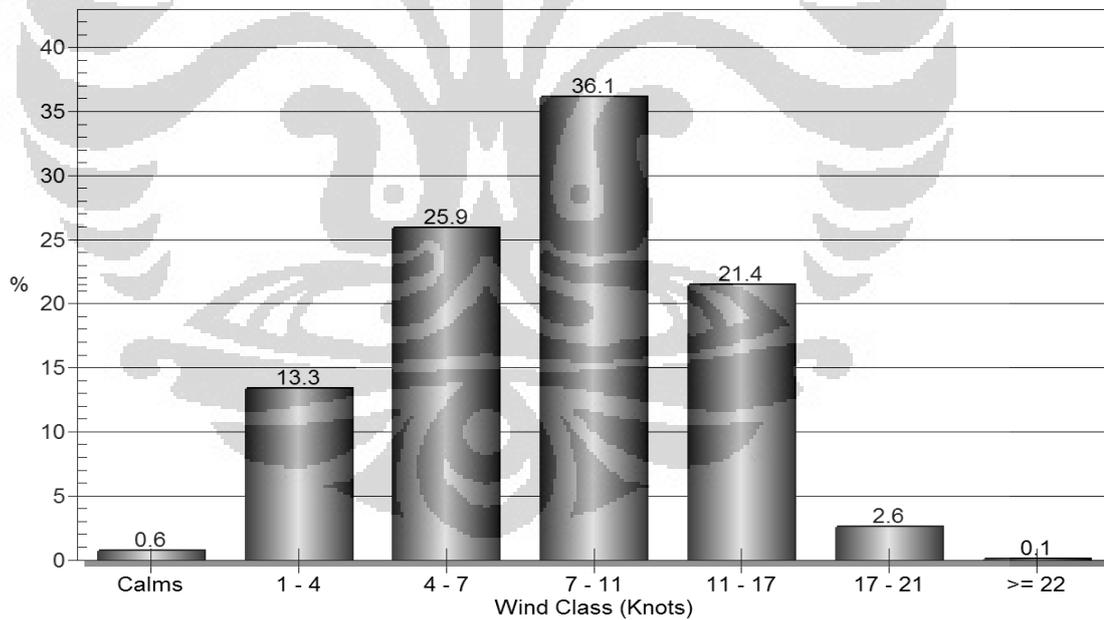
Gambar 2b. Rata-rata Arah dan Frekuensi Kecepatan Angin Musim Barat (Oktober – April) Tahun 2005 – 2010 pada Titik 2 (1,328⁰ LS; 108,557⁰ BT)



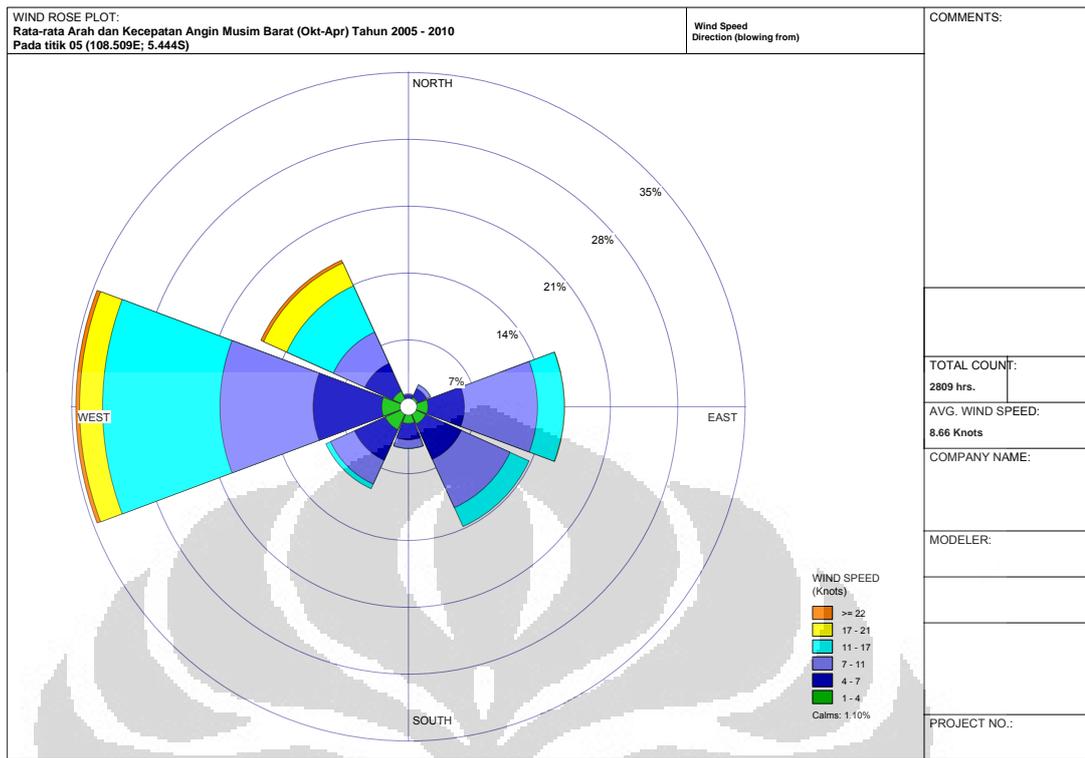
Gambar 2c. Rata-rata Arah dan Frekuensi Kecepatan Angin Musim Barat (Oktober – April) Tahun 2005 – 2010 pada Titik 3 (2,731⁰ LS; 109,199⁰ BT)



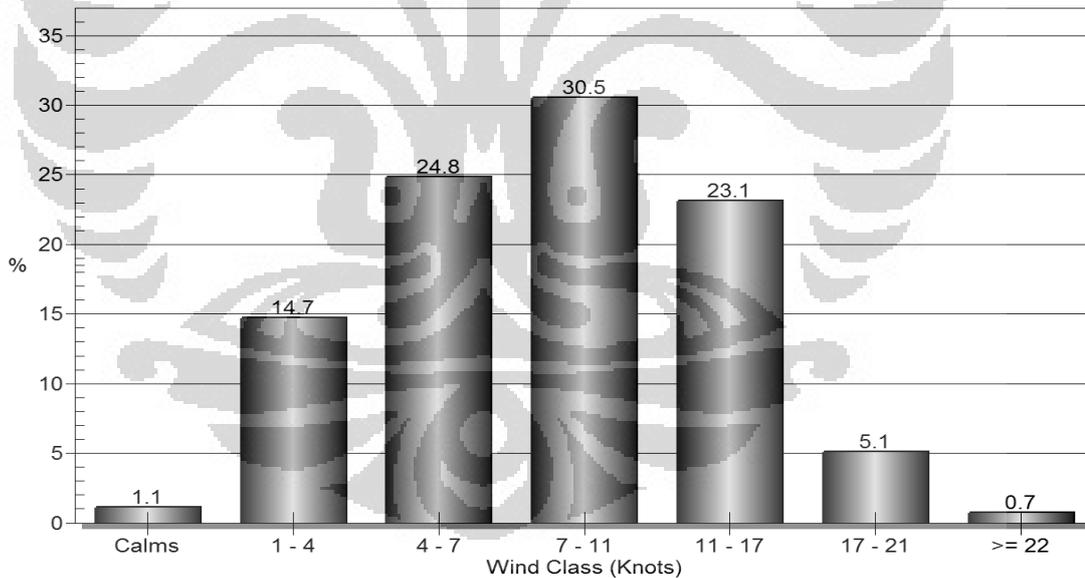
Wind Class Frequency Distribution



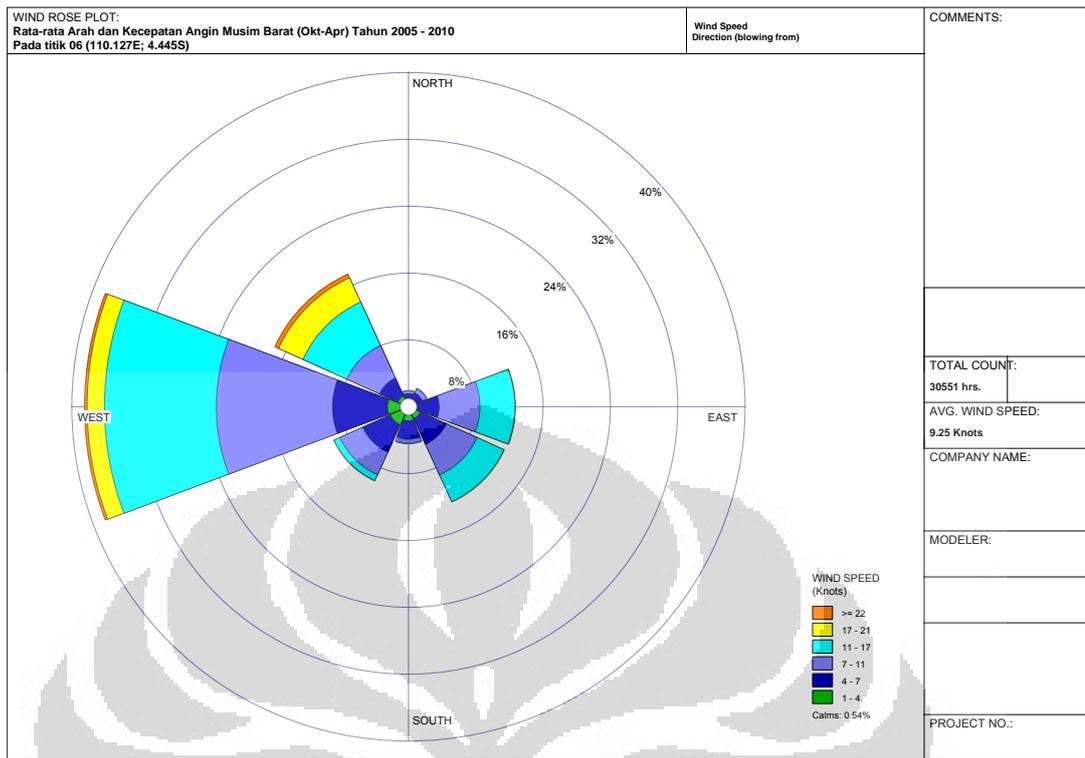
Gambar 2d. Rata-rata Arah dan Frekuensi Kecepatan Angin Musim Barat (Oktober – April) Tahun 2005 – 2010 pada Titik 4 (4,112⁰ LS; 106,867⁰ BT)



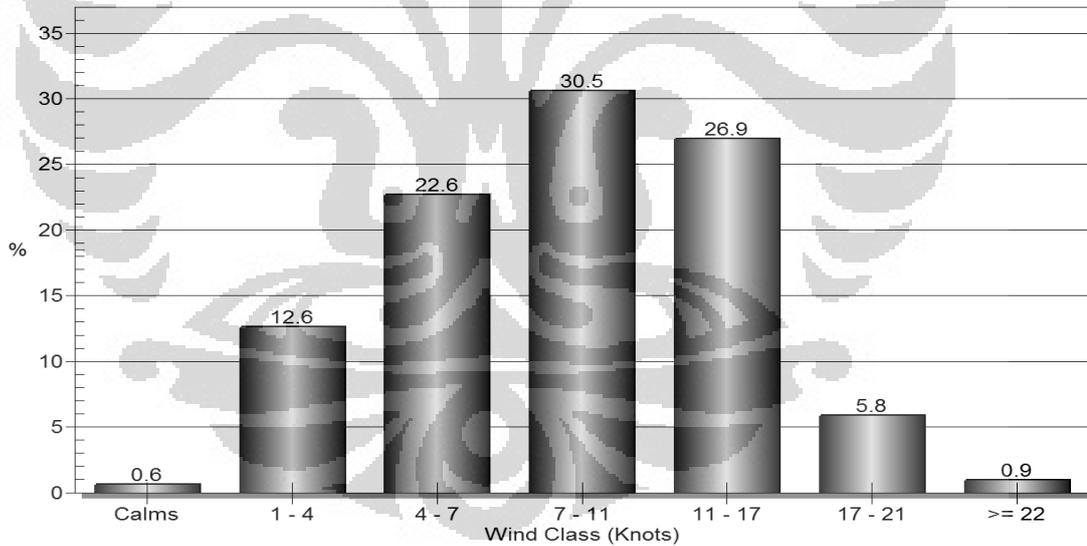
Wind Class Frequency Distribution



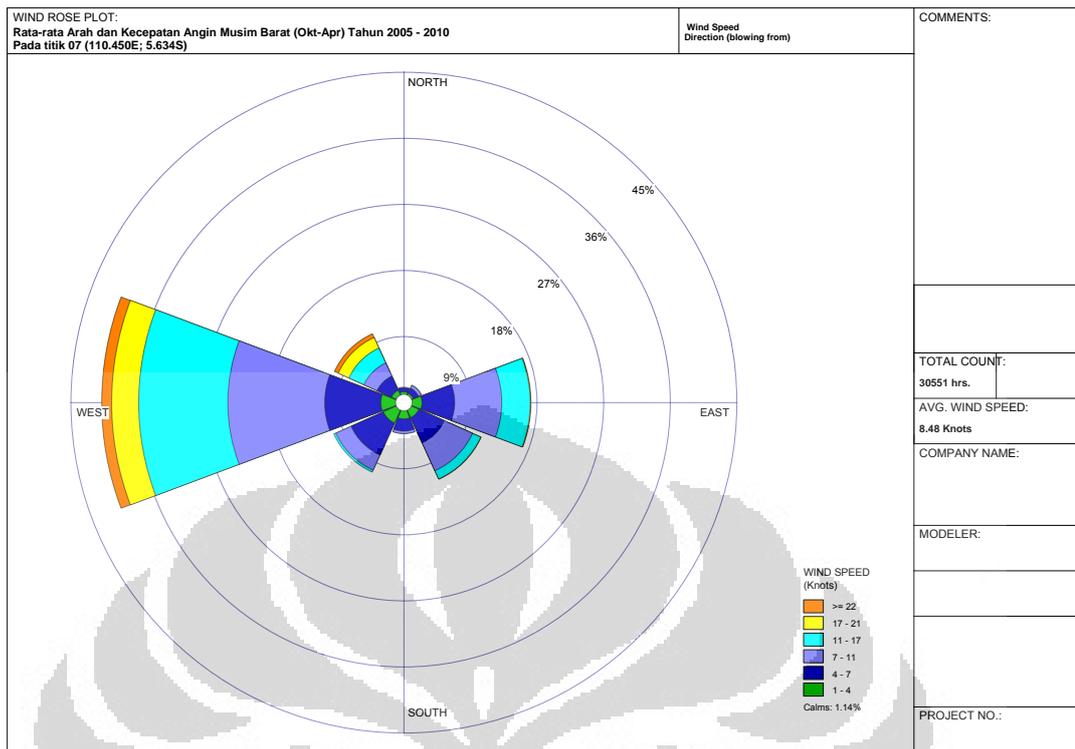
Gambar 2e. Rata-rata Arah dan Frekuensi Kecepatan Angin Musim Barat (Oktober – April) Tahun 2005 – 2010 pada Titik 5 (5,444⁰ LS; 108,509⁰ BT)



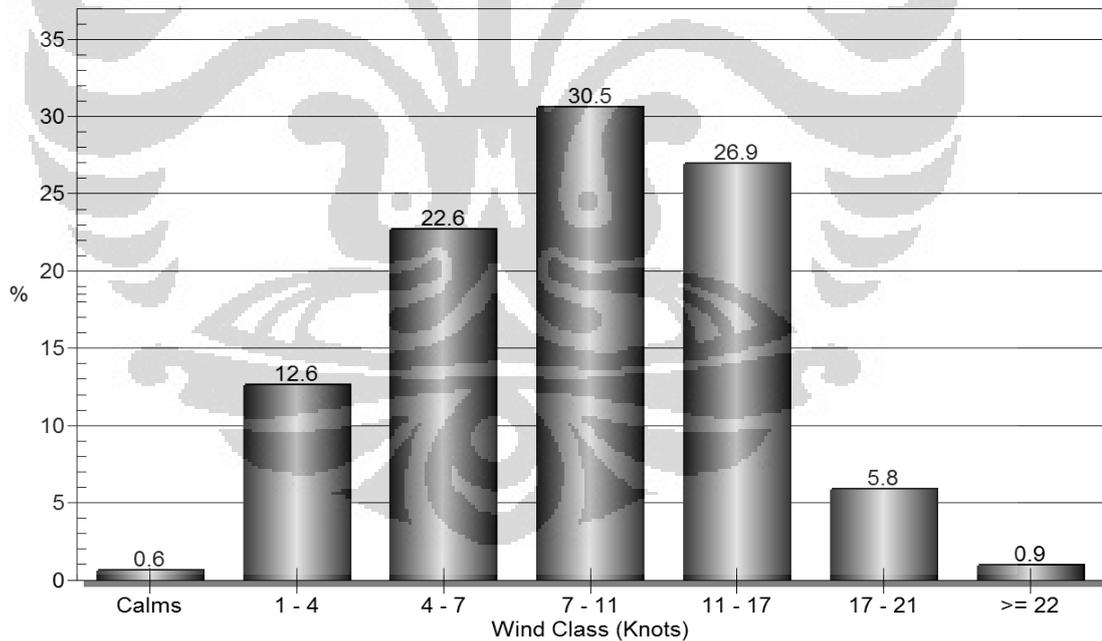
Wind Class Frequency Distribution



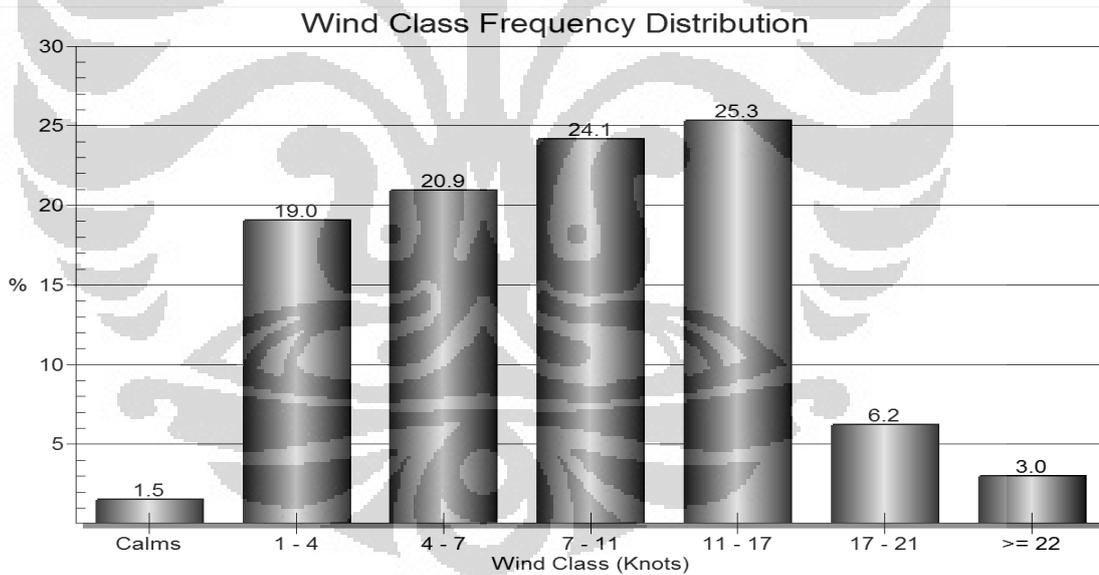
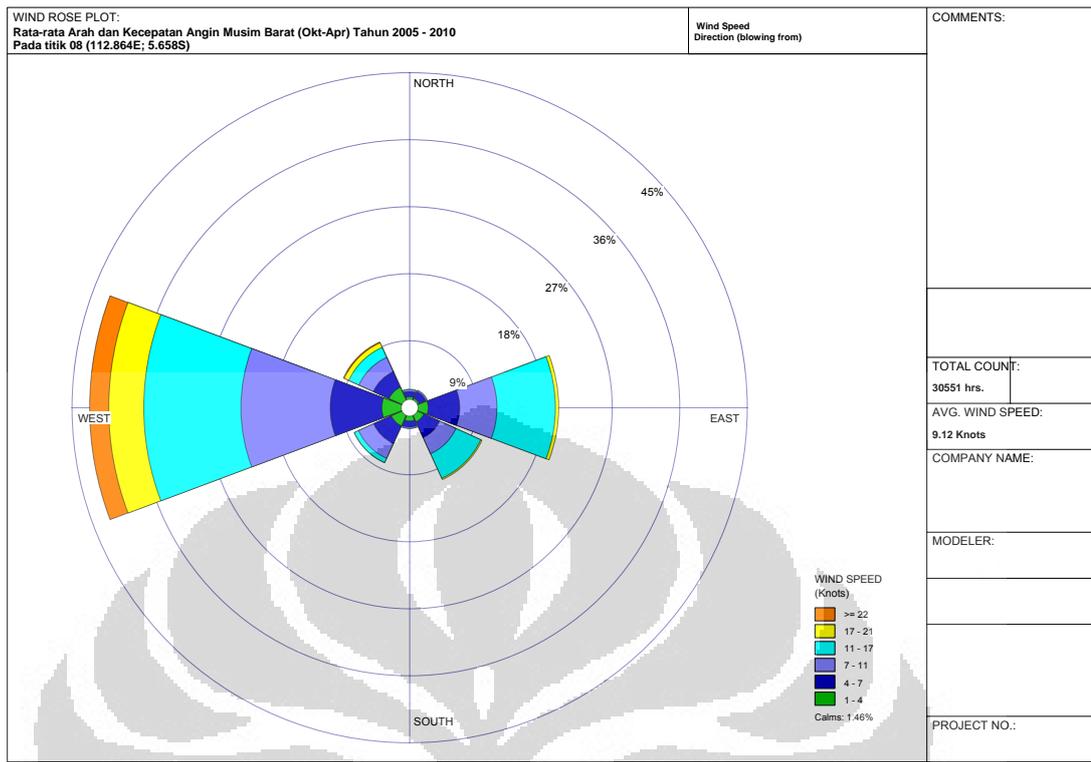
Gambar 2f. Rata-rata Arah dan Frekuensi Kecepatan Angin Musim Barat (Oktober – April) Tahun 2005 – 2010 pada Titik 6 ($4,445^0$ LS; $110,127^0$ BT)



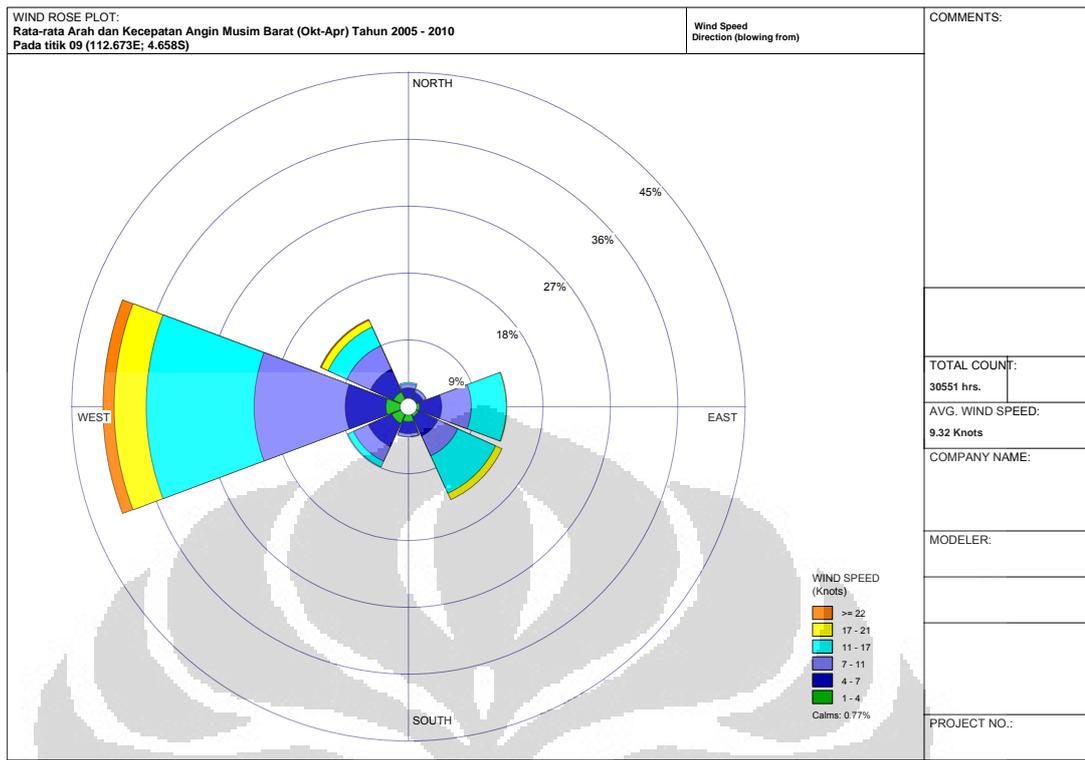
Wind Class Frequency Distribution



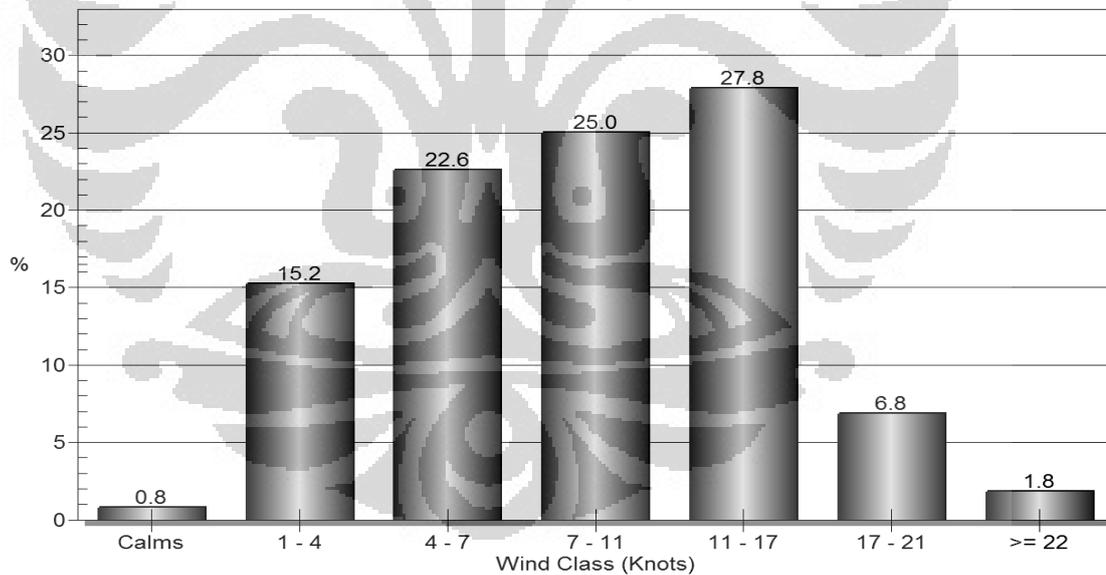
Gambar 2g. Rata-rata Arah dan Frekuensi Kecepatan Angin Musim Barat (Oktober – April) Tahun 2005 – 2010 pada Titik 7 ($5,634^0$ LS; $110,450^0$ BT)



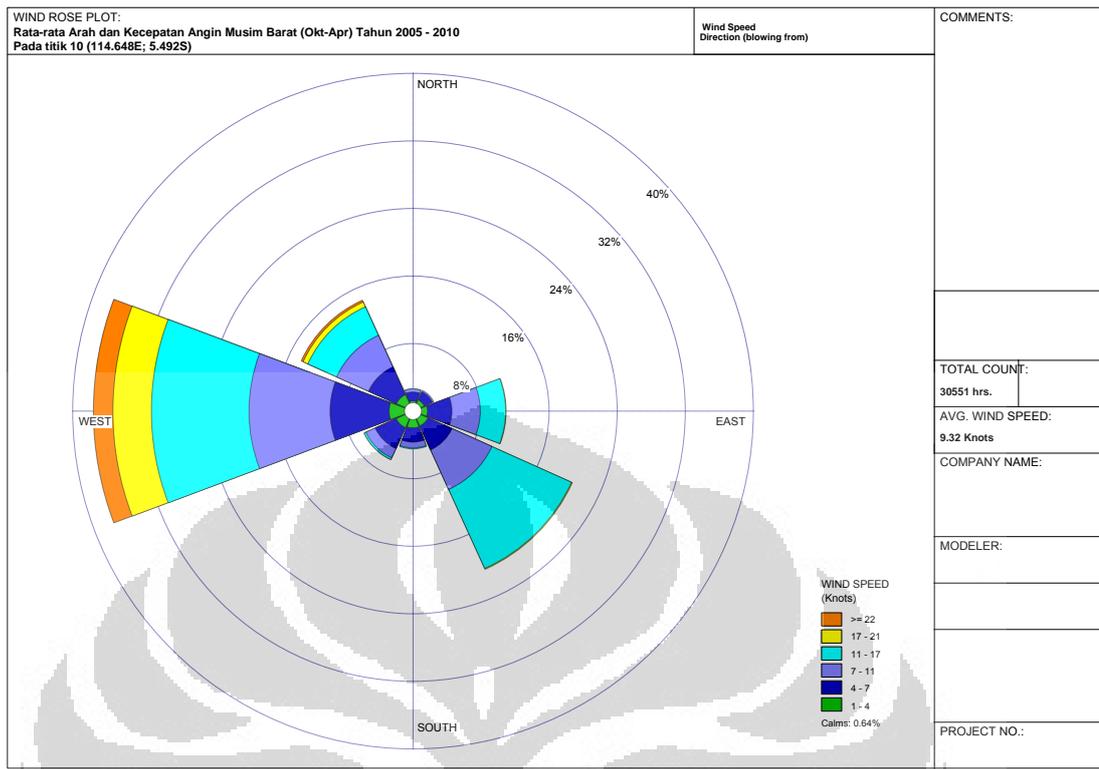
Gambar 2h. Rata-rata Arah dan Frekuensi Kecepatan Angin Musim Barat (Oktober – April) Tahun 2005 – 2010 pada Titik 8 ($5,658^{\circ}$ LS; $112,864^{\circ}$ BT)



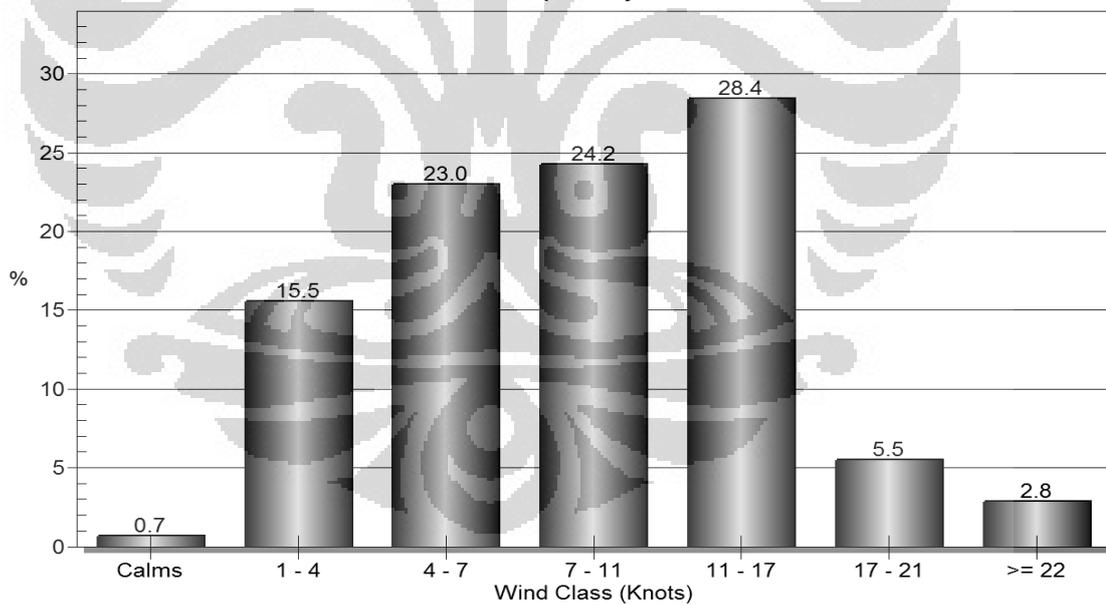
Wind Class Frequency Distribution



Gambar 2i. Rata-rata Arah dan Frekuensi Kecepatan Angin Musim Barat (Oktober – April) Tahun 2005 – 2010 pada Titik 9 ($4,587^0$ LS; $112,673^0$ BT)



Wind Class Frequency Distribution

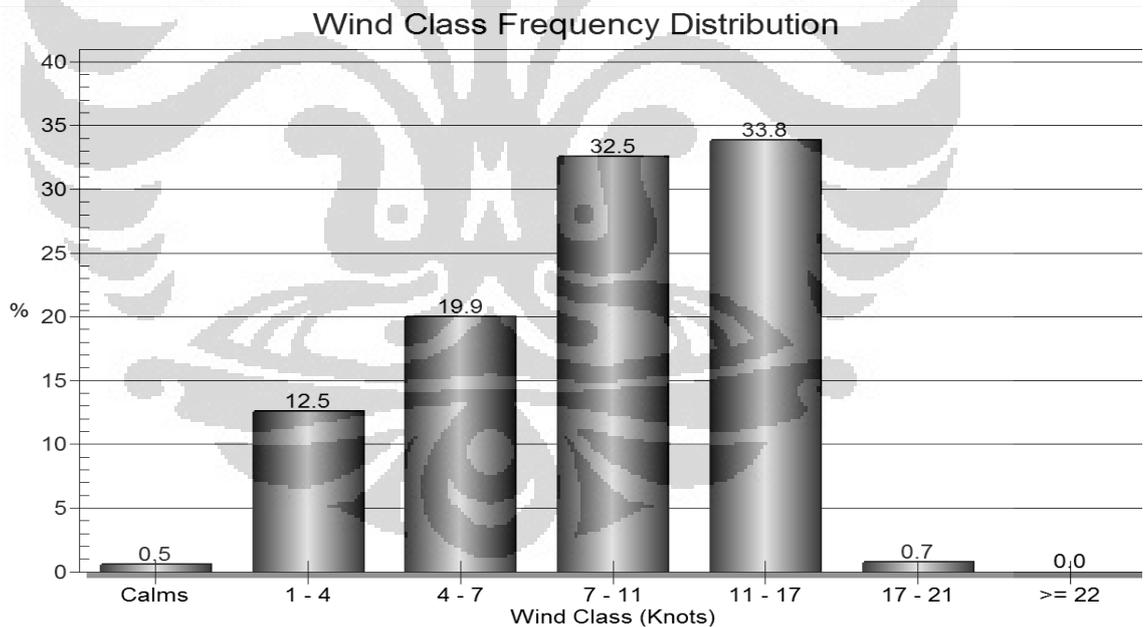
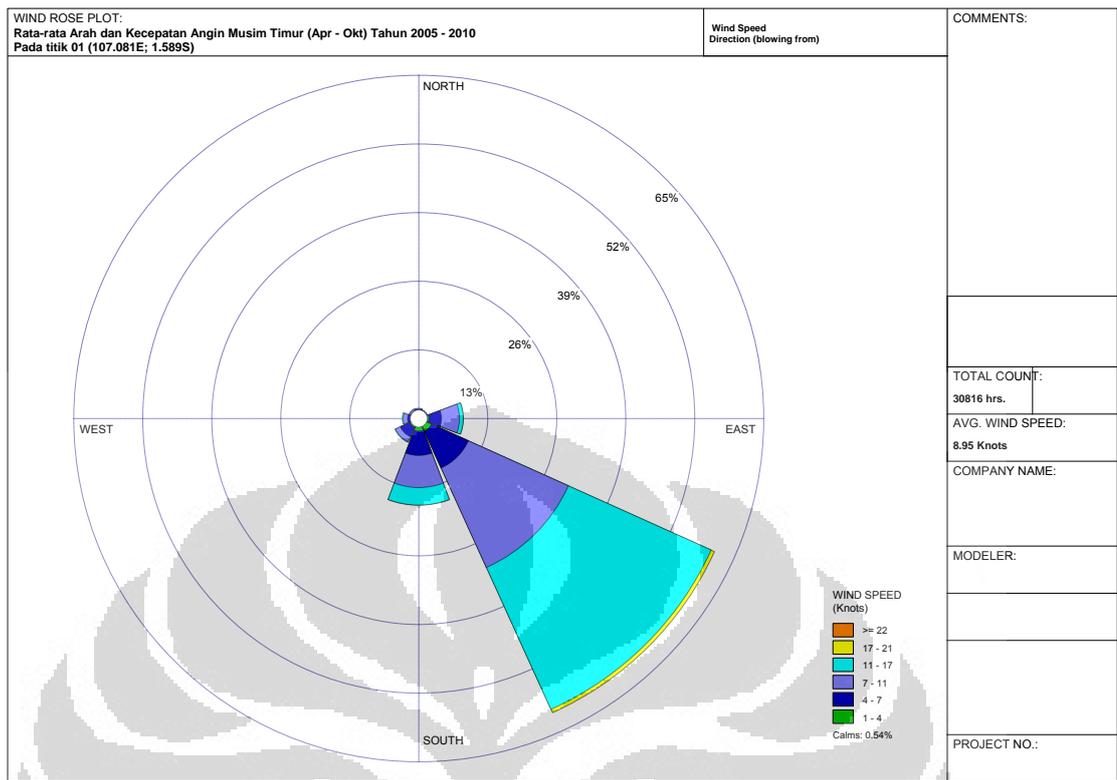


Gambar 2j. Rata-rata Arah dan Frekuensi Kecepatan Angin Musim Barat (Oktober – April) Tahun 2005 – 2010 pada Titik 10 (5,492⁰ LS; 114,648⁰ BT)

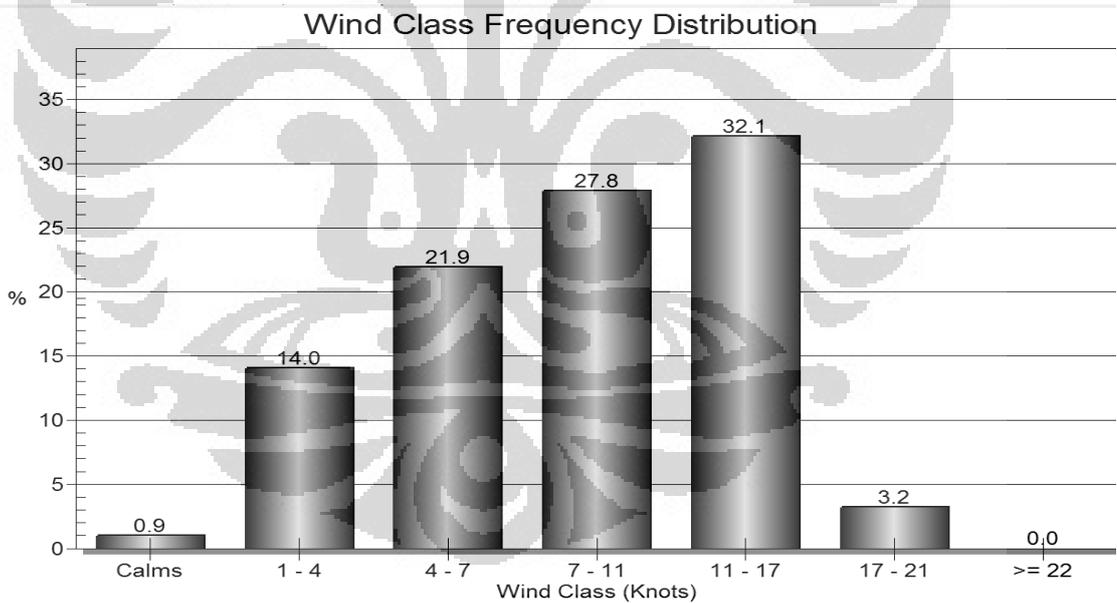
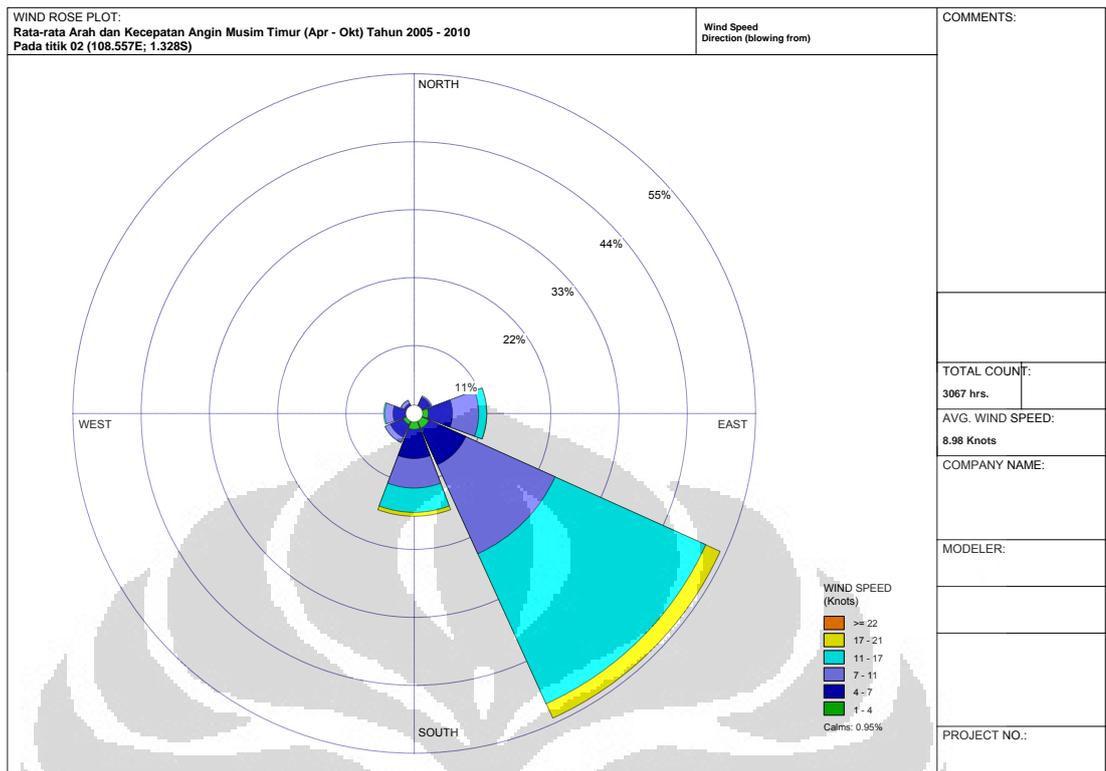


LAMPIRAN 3

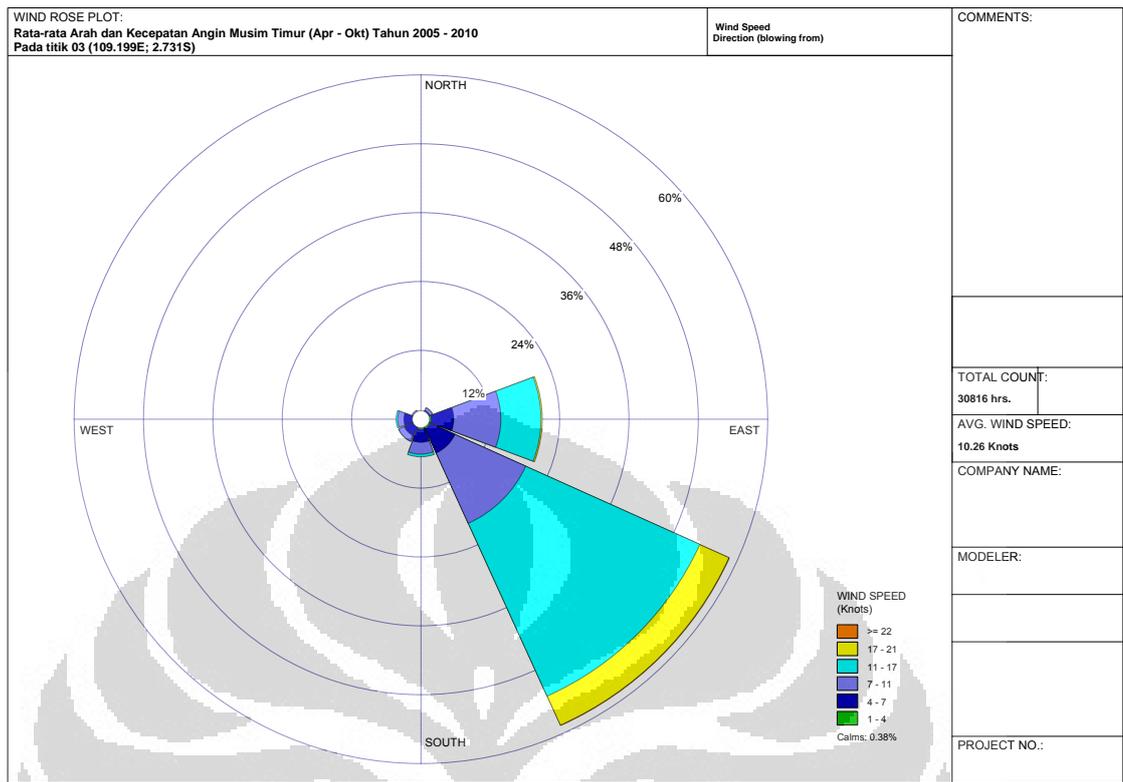
**ANALISIS RATA-RATA ARAH DAN PERSENTASE KECEPATAN
ANGIN DI SETIAP TITIK PENGAMATAN SAAT MUSIM TIMUR
(APRIL – OKTOBER) TAHUN 2005 – 2010**



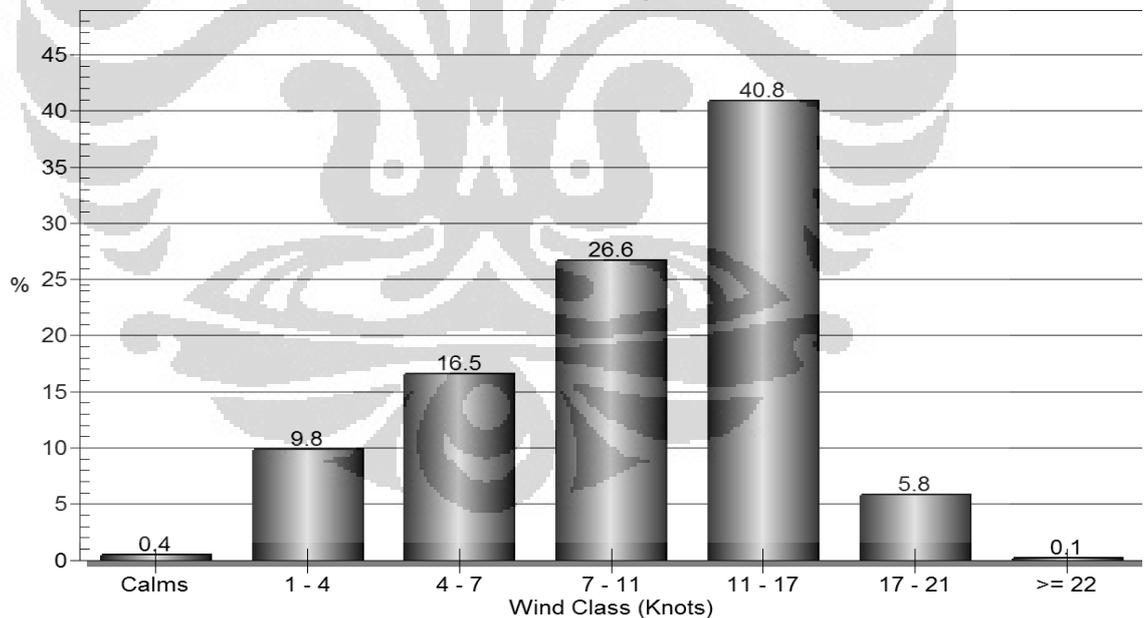
Gambar 3a. Rata-rata Arah dan Frekuensi Kecepatan Angin Musim Timur (April – Oktober) Tahun 2005 – 2010 pada titik 1 (1,589⁰ LS; 107,081⁰ BT)



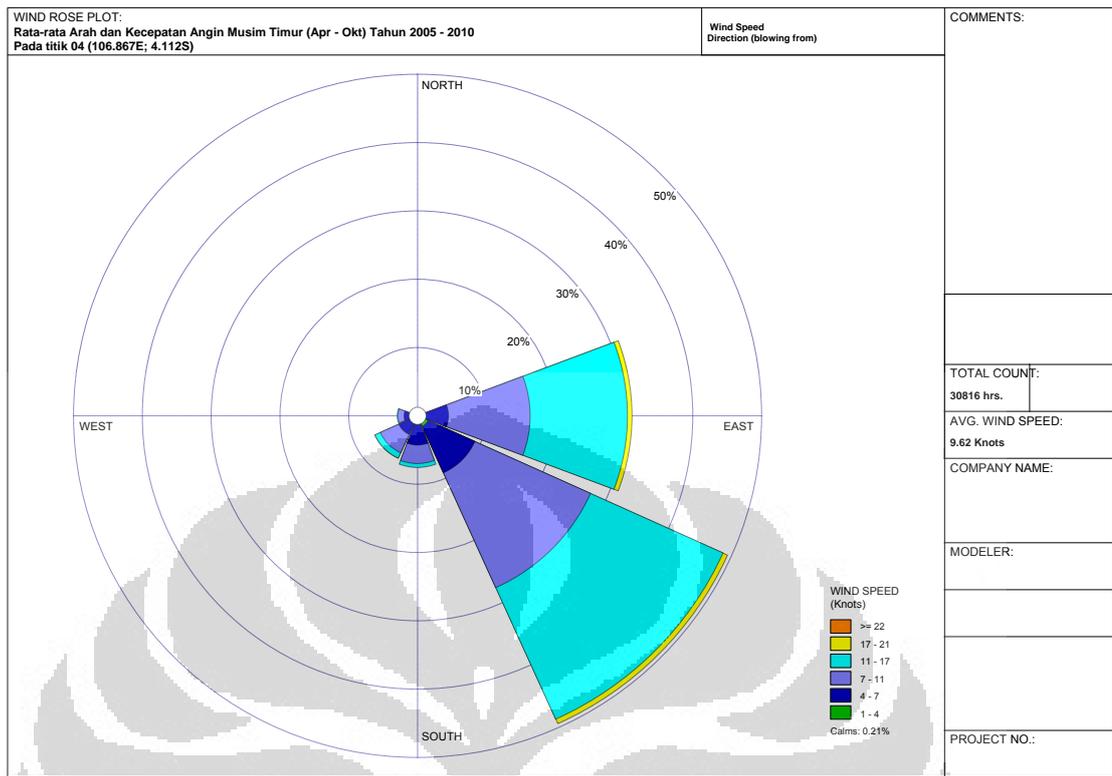
Gambar 3b. Rata-rata Arah dan Frekuensi Kecepatan Angin Musim Timur (April – Oktober) Tahun 2005 – 2010 pada Titik 2 (1,328⁰ LS; 108,557⁰ BT)



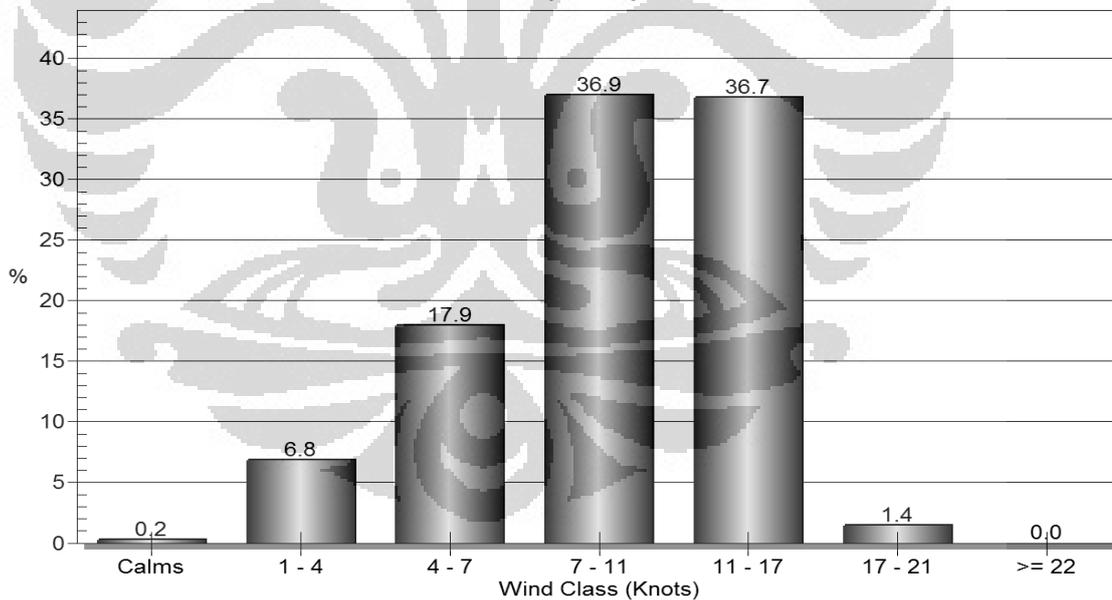
Wind Class Frequency Distribution



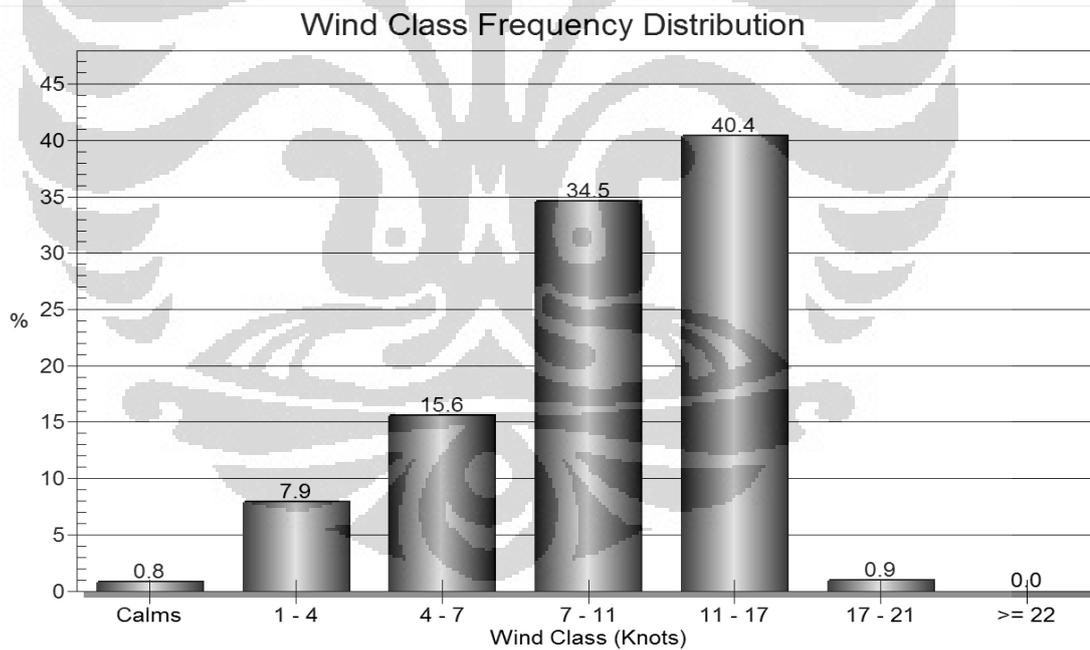
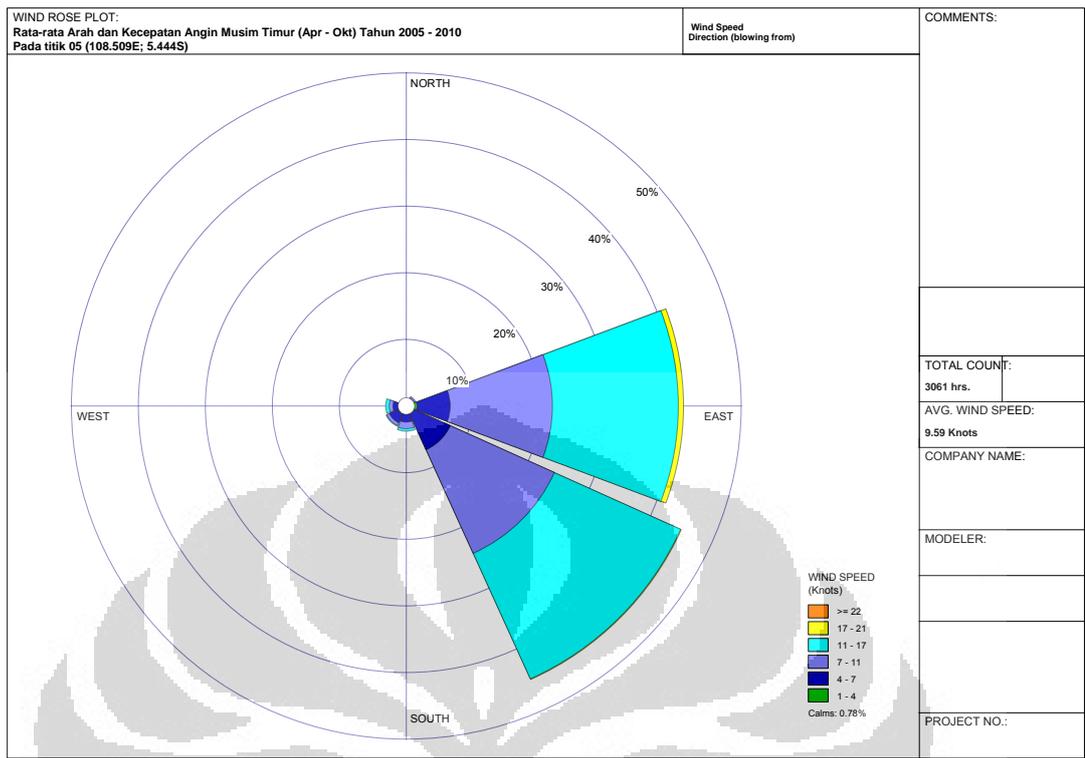
Gambar 3c. Rata-rata Arah dan Frekuensi Kecepatan Angin Musim Timur (April – Oktober) Tahun 2005 – 2010 pada Titik 3 (2,731⁰ LS; 109,199⁰ BT)



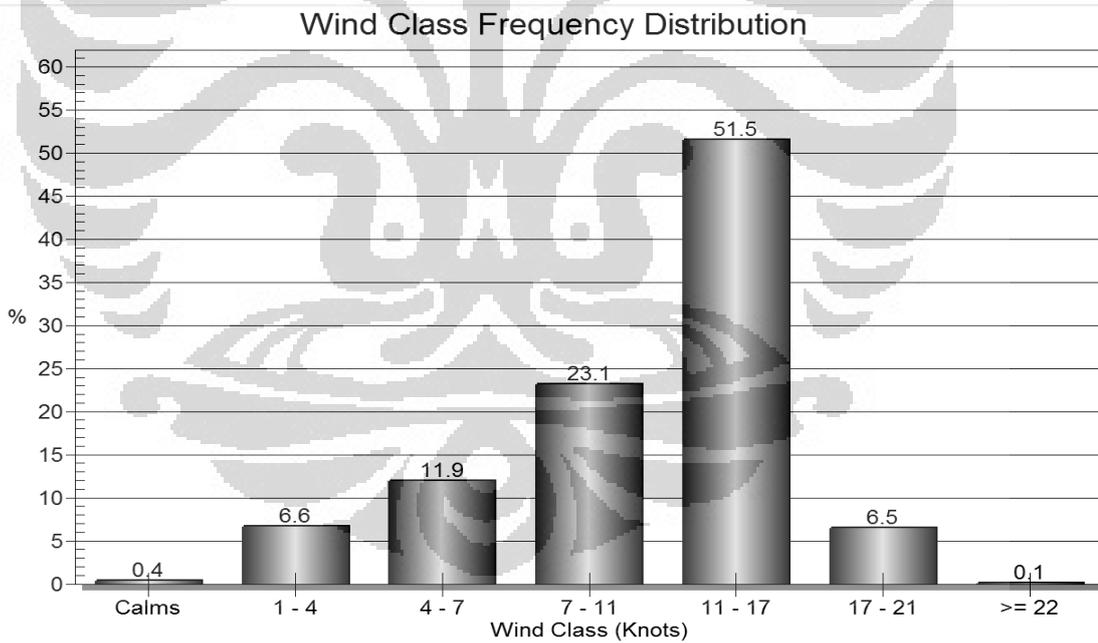
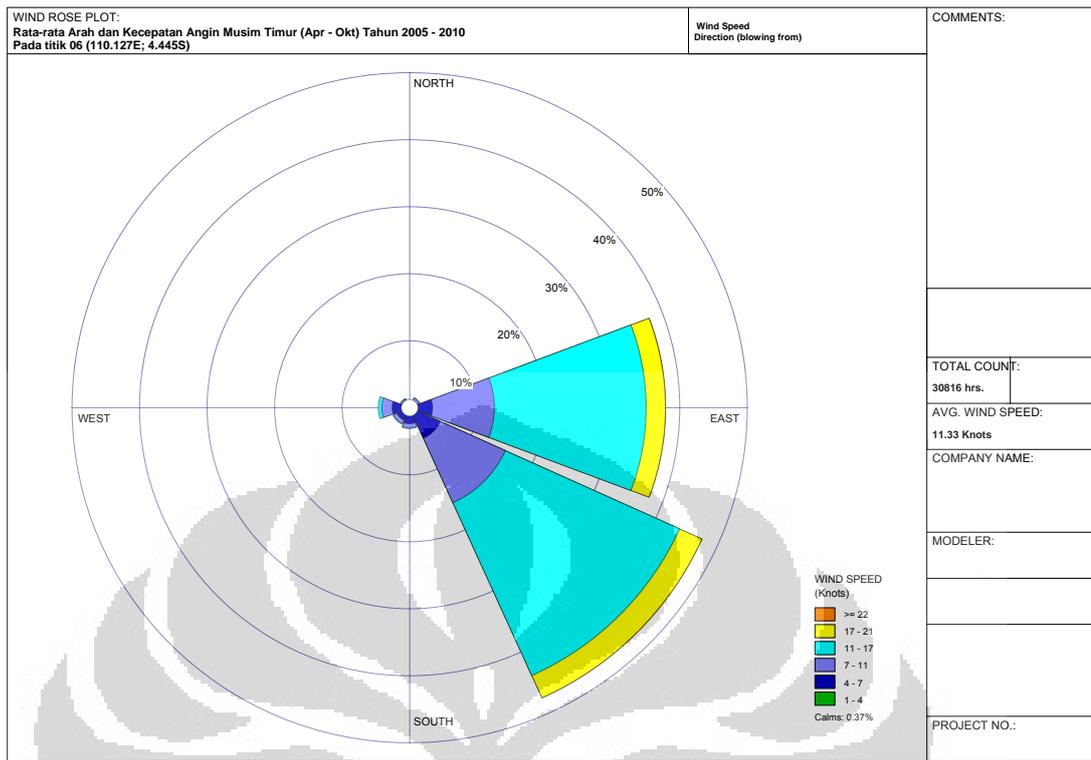
Wind Class Frequency Distribution



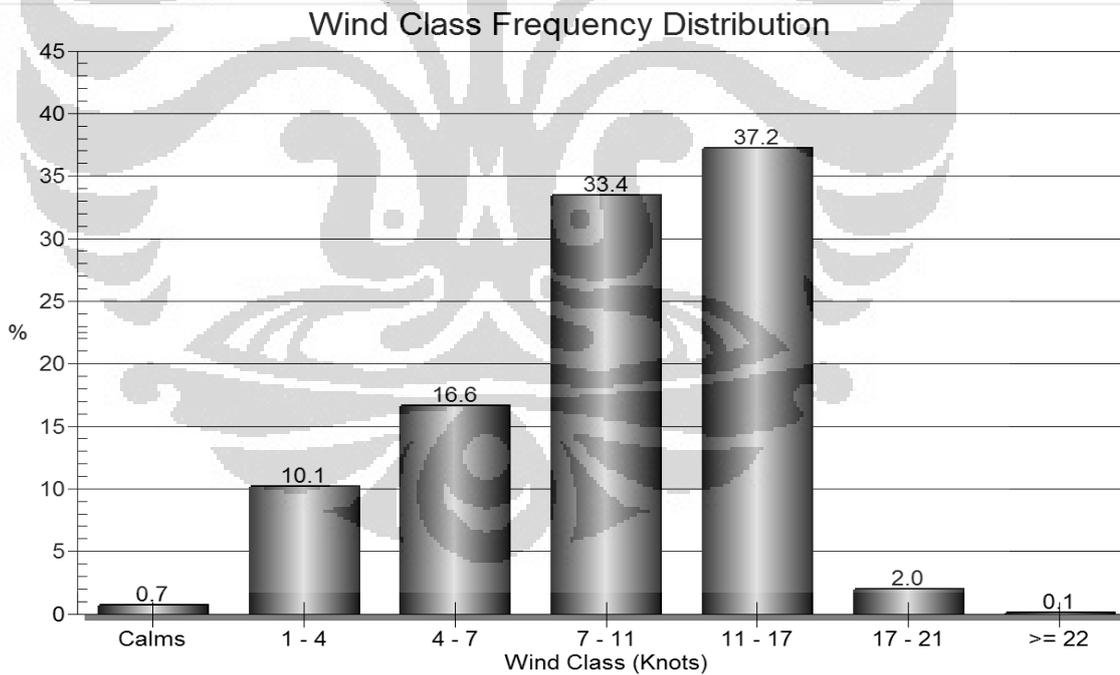
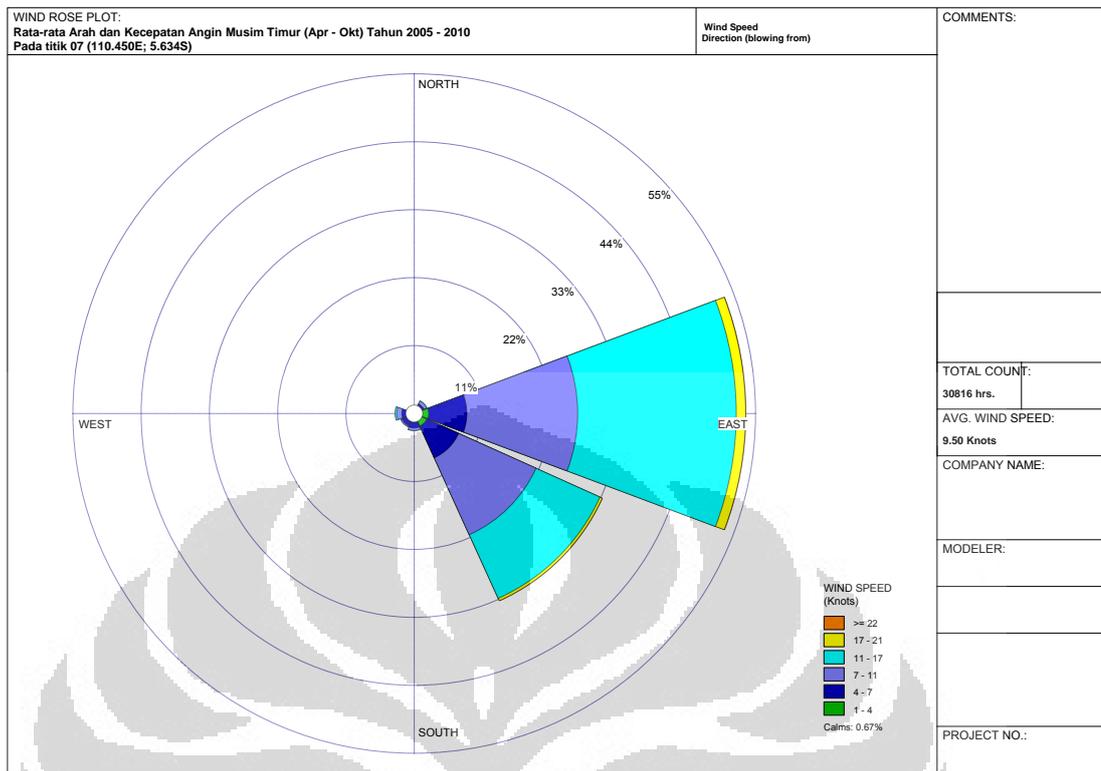
Gambar 3d. Rata-rata Arah dan Frekuensi Kecepatan Angin Musim Timur (April – Oktober) Tahun 2005 – 2010 pada Titik 4 ($4,112^0$ LS; $106,867^0$ BT)



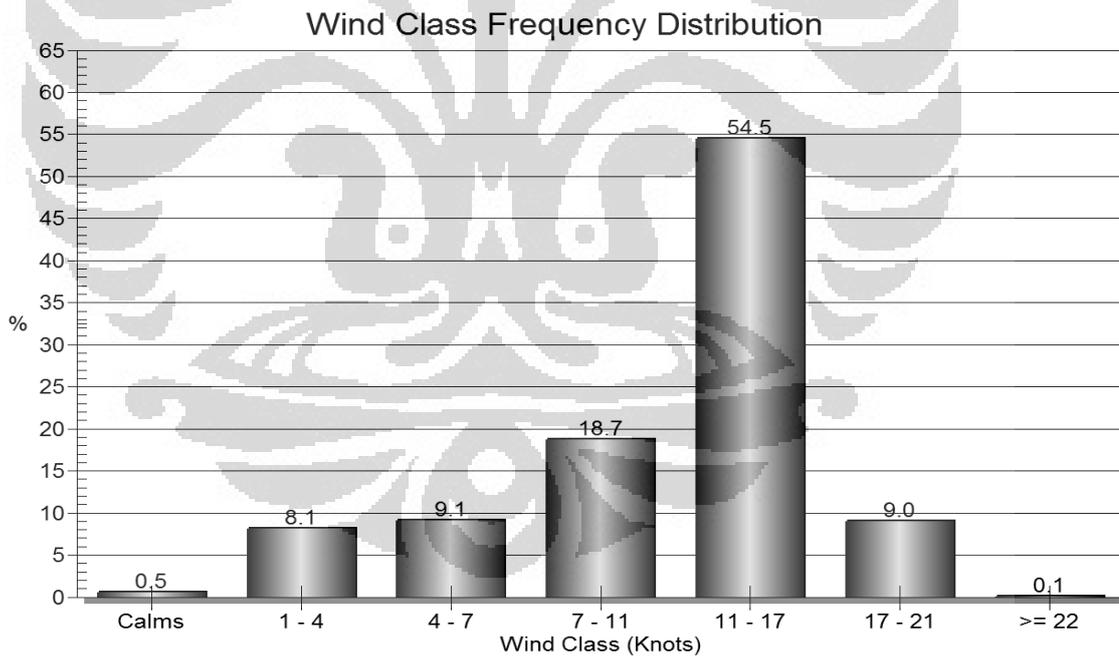
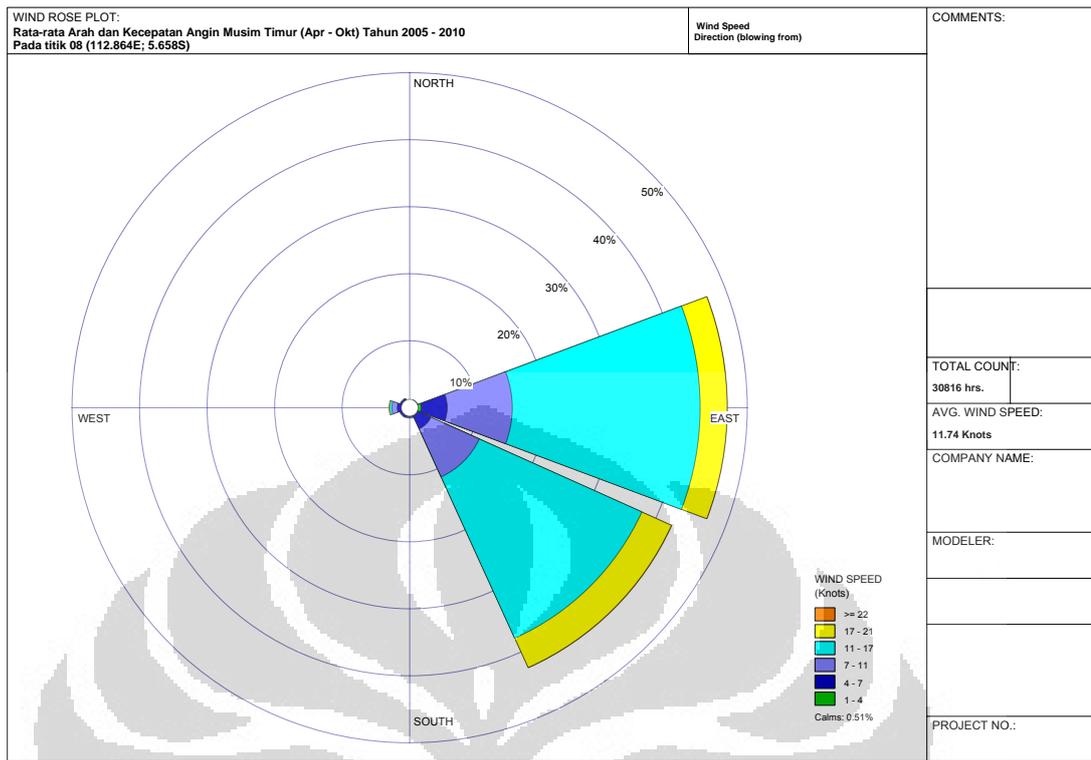
Gambar 3e. Rata-rata Arah dan Frekuensi Kecepatan Angin Musim Timur (April – Oktober) Tahun 2005 – 2010 pada Titik 5 (5,444⁰ LS; 108,509⁰ BT)



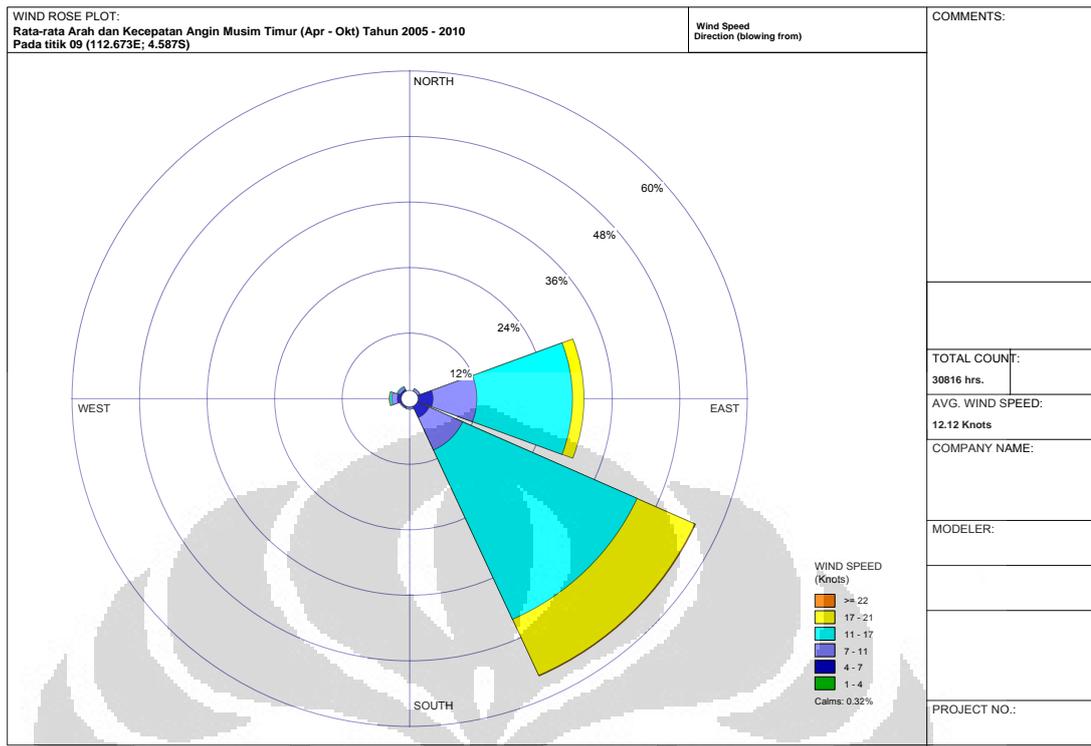
Gambar 3f. Rata-rata Arah dan Frekuensi Kecepatan Angin Musim Timur (April – Oktober) Tahun 2005 – 2010 pada Titik 6 (4,445⁰ LS; 110,127⁰ BT)



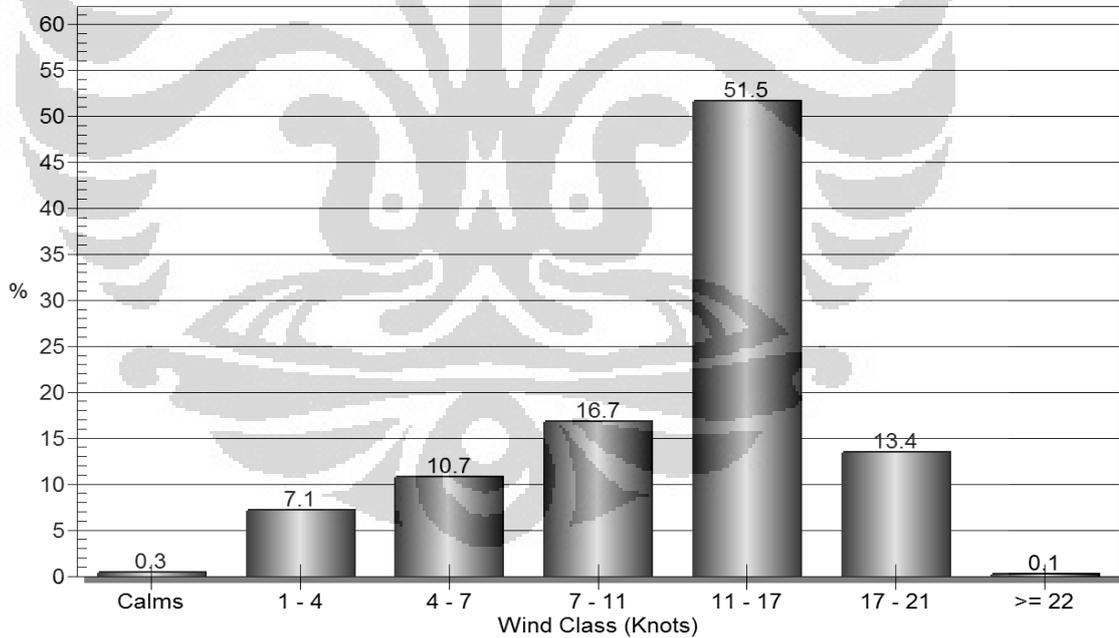
Gambar 3g. Rata-rata Arah dan Frekuensi Kecepatan Angin Musim Timur (April – Oktober) Tahun 2005 – 2010 pada Titik 7 (5,634⁰ LS; 110,450⁰ BT)



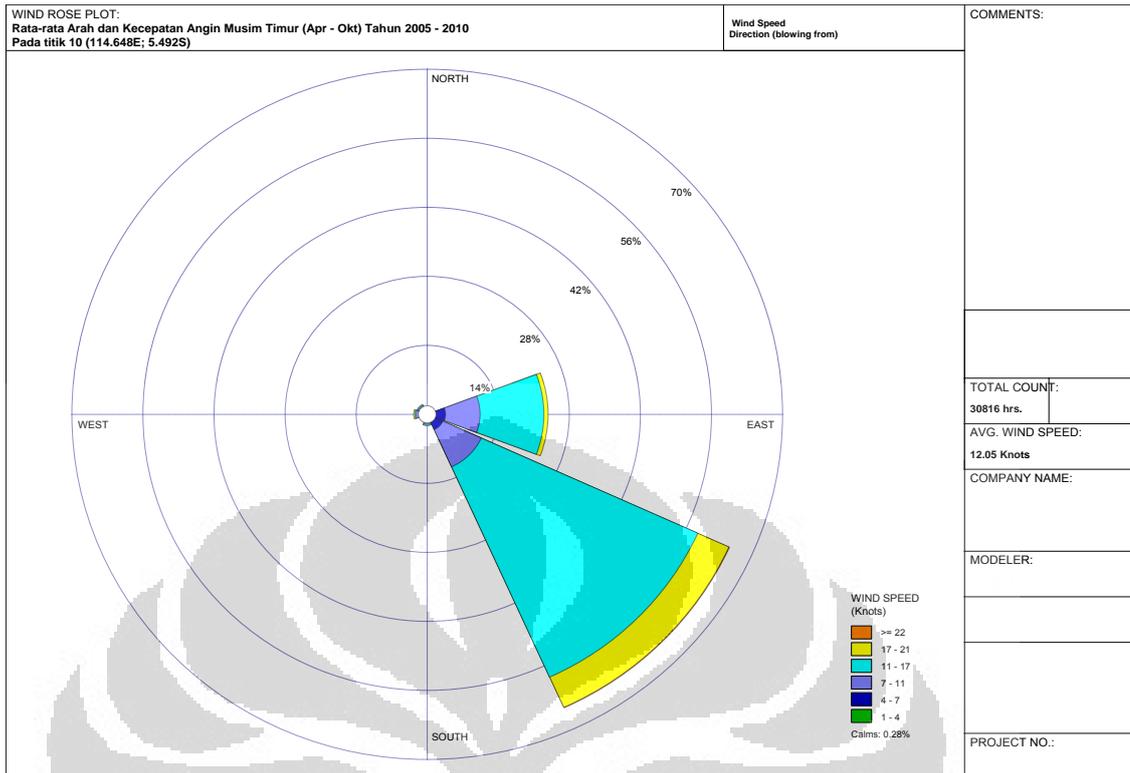
Gambar 3h. Rata-rata Arah dan Frekuensi Kecepatan Angin Musim Timur (April – Oktober) Tahun 2005 – 2010 pada Titik 8 ($5,658^0$ LS; $112,864^0$ BT)



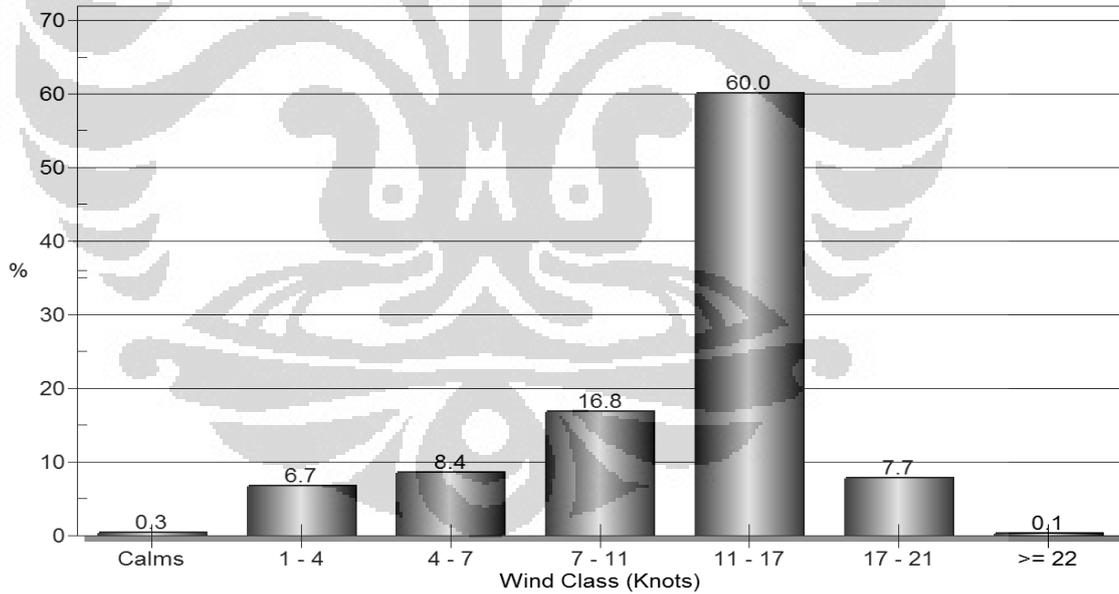
Wind Class Frequency Distribution



Gambar 3i. Rata-rata Arah dan Frekuensi Kecepatan Angin Musim Timur (April – Oktober) Tahun 2005 – 2010 pada Titik 9 (4,587⁰ LS; 112,673⁰ BT)



Wind Class Frequency Distribution

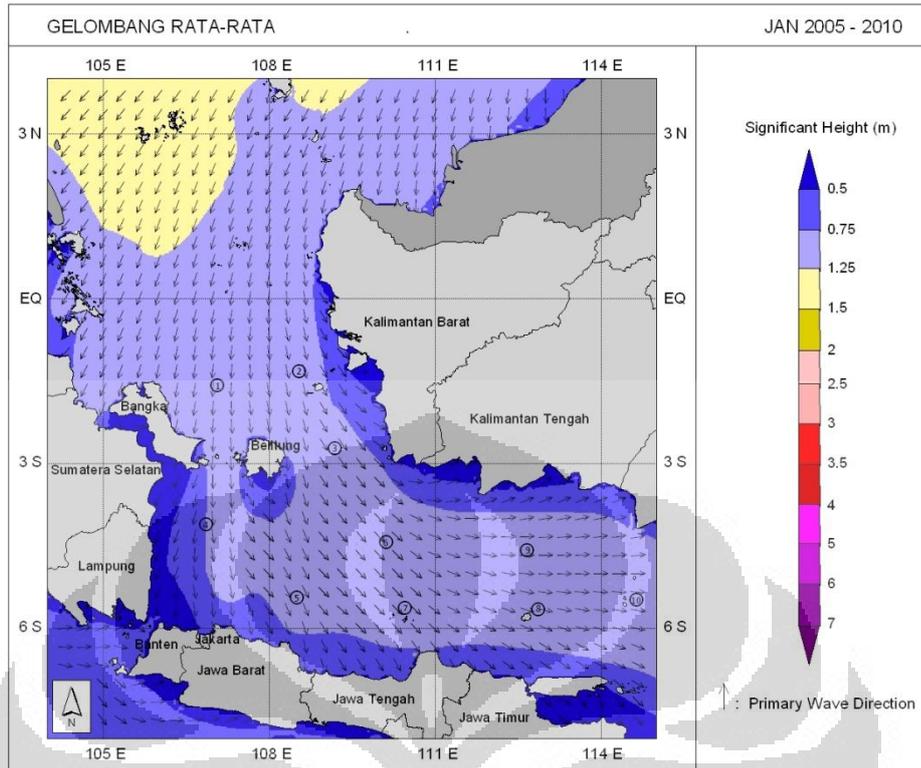


Gambar 3j. Rata-rata Arah dan Frekuensi Kecepatan Angin Musim Timur (April – Oktober) Tahun 2005 – 2010 pada Titik 10 (5,492⁰ LS; 114,648⁰ BT)

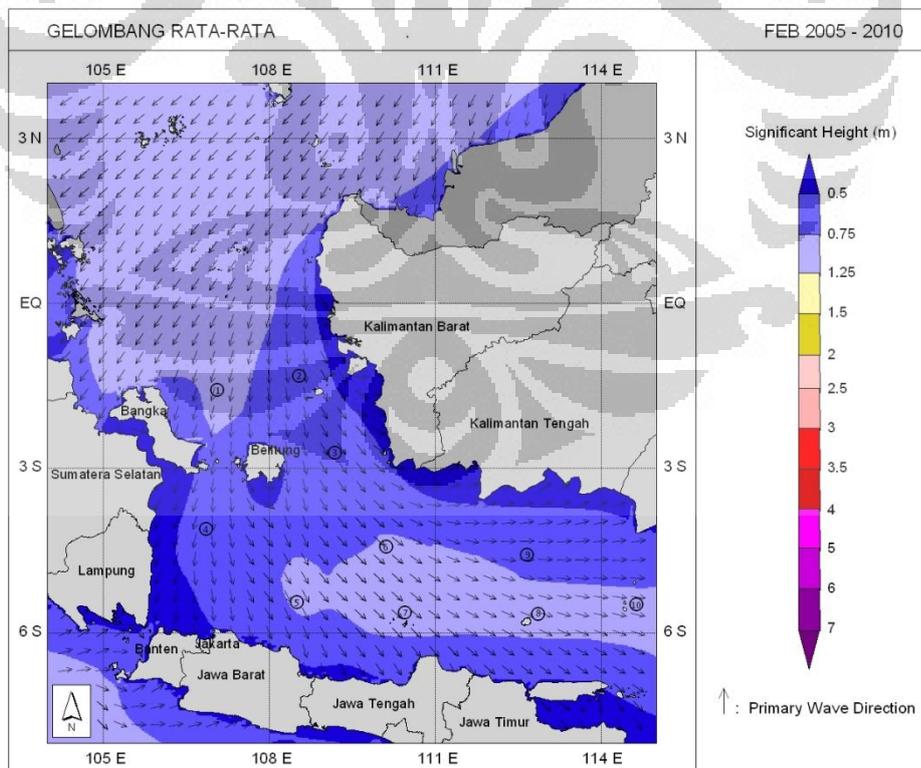


LAMPIRAN 4

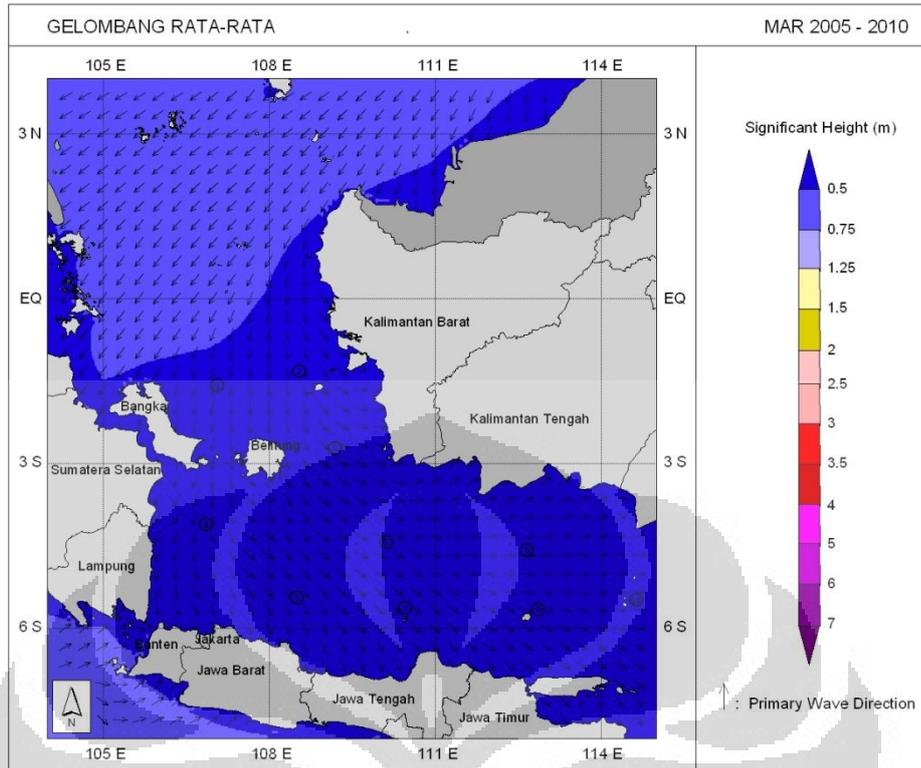
**ANALISIS RATA-RATA ARAH DAN KETINGGIAN GELOMBANG
LAUT SIGNIFIKAN SPASIAL BULANAN TAHUN 2005 – 2010**



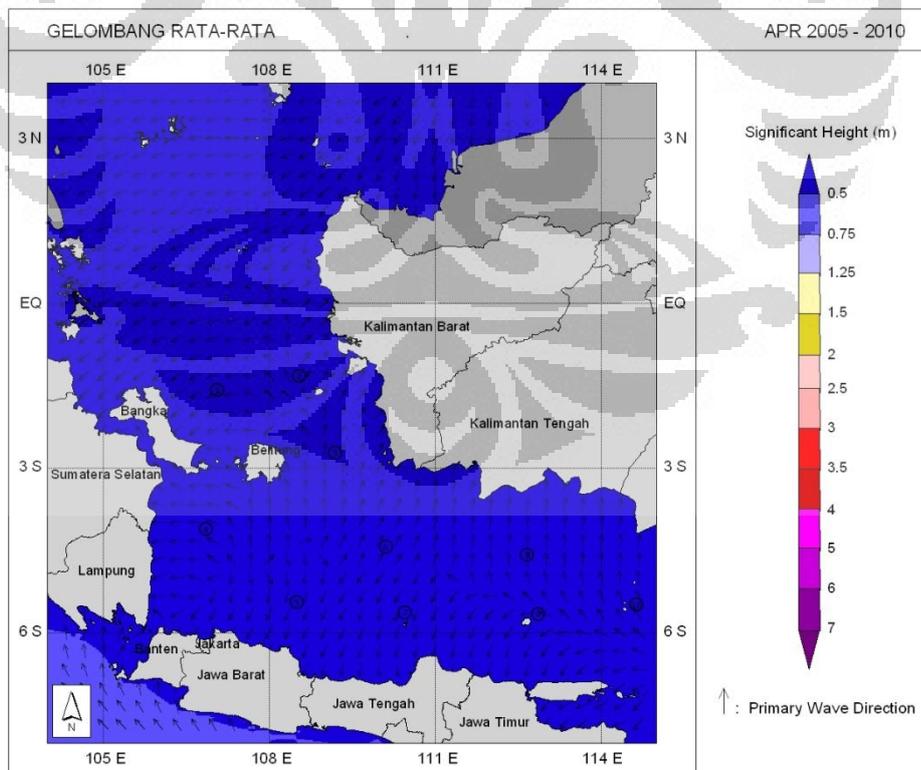
Gambar 4a. Analisis rata-rata arah dan ketinggian gelombang laut signifikan bulan Januari Tahun (2005 – 2010)



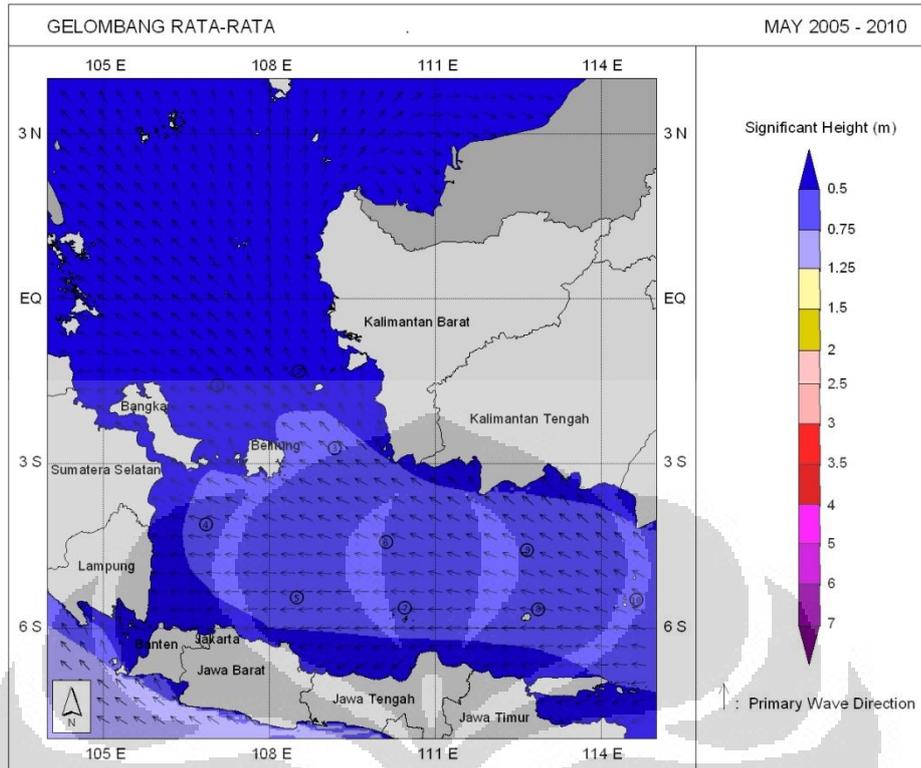
Gambar 4b. Analisis rata-rata arah dan ketinggian gelombang laut signifikan bulan Februari Tahun (2005 – 2010)



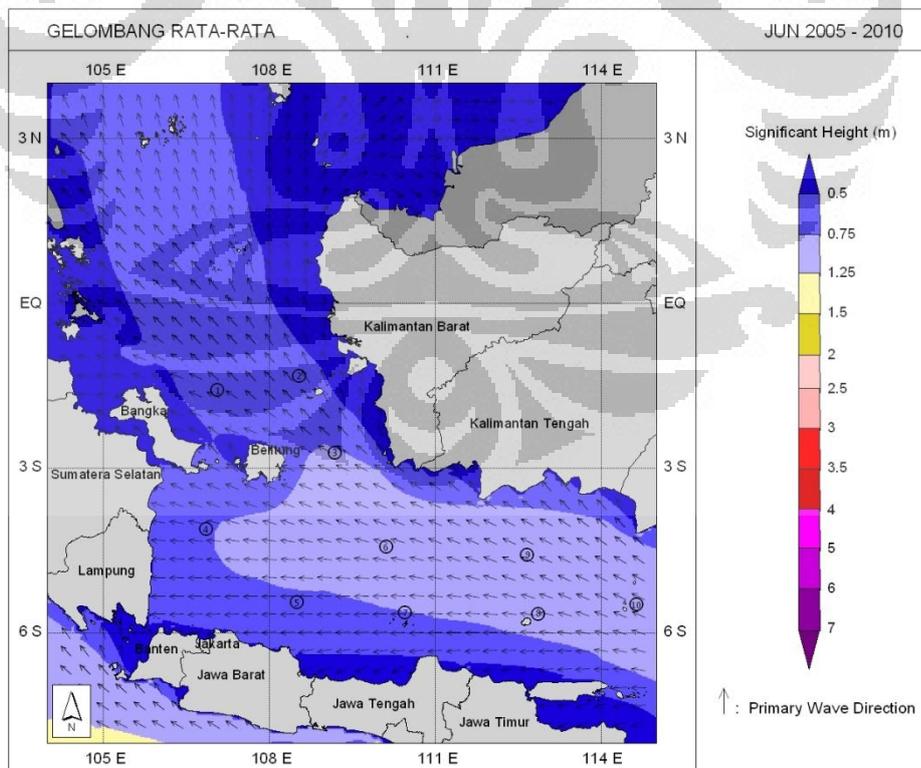
Gambar 4c. Analisis rata-rata arah dan ketinggian gelombang laut signifikan bulan Maret Tahun (2005 – 2010)



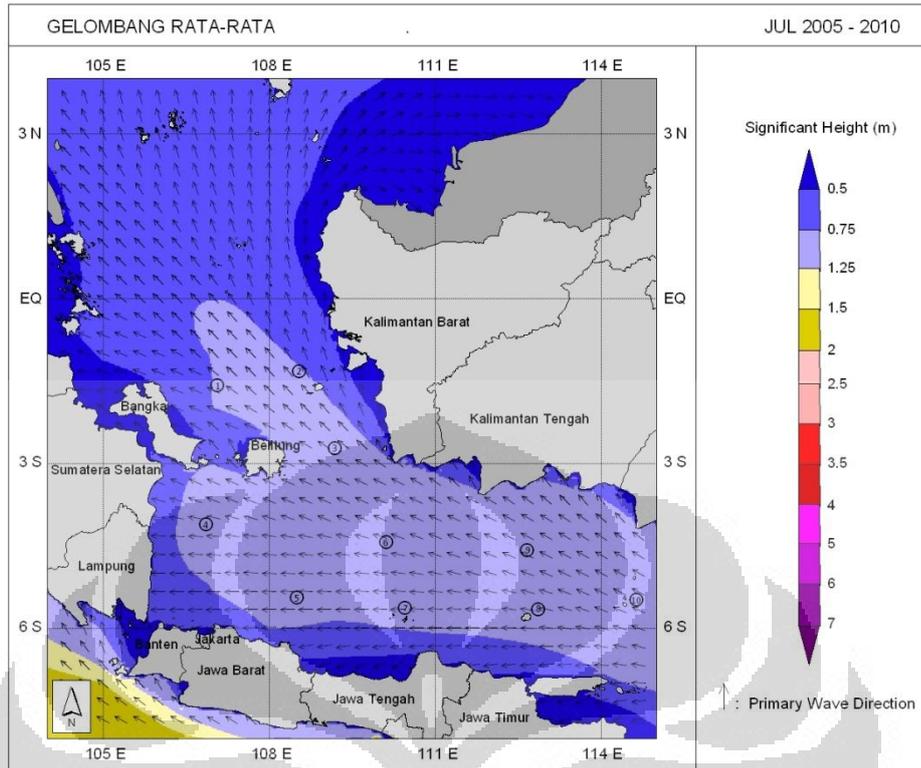
Gambar 4d. Analisis rata-rata arah dan ketinggian gelombang laut signifikan bulan April Tahun (2005 – 2010)



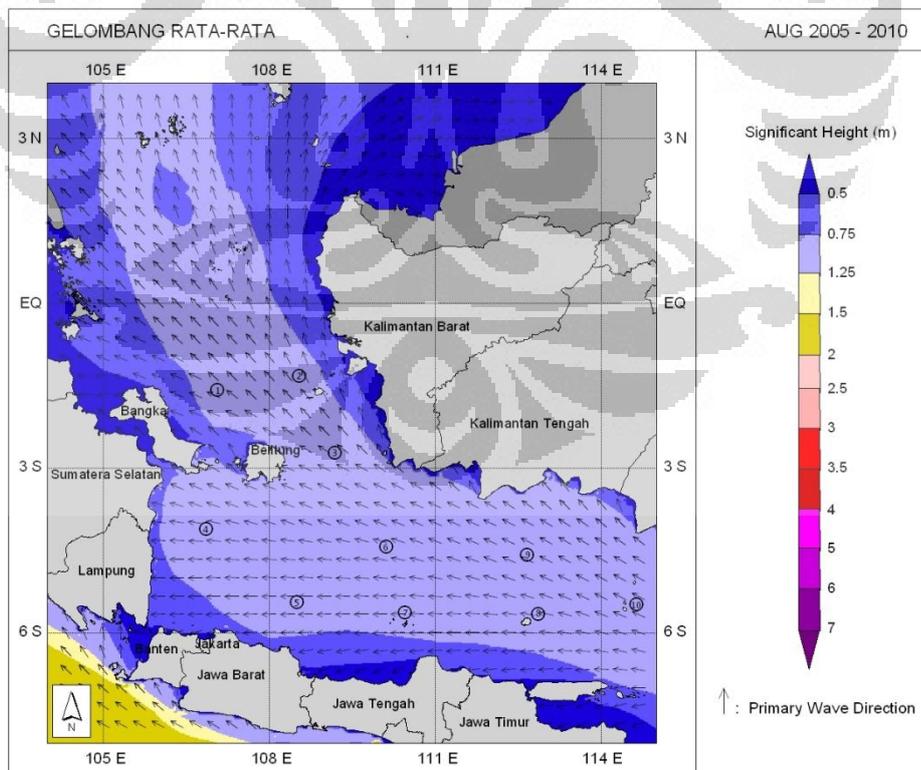
Gambar 4e. Analisis rata-rata arah dan ketinggian gelombang laut signifikan bulan Mei Tahun (2005 – 2010)



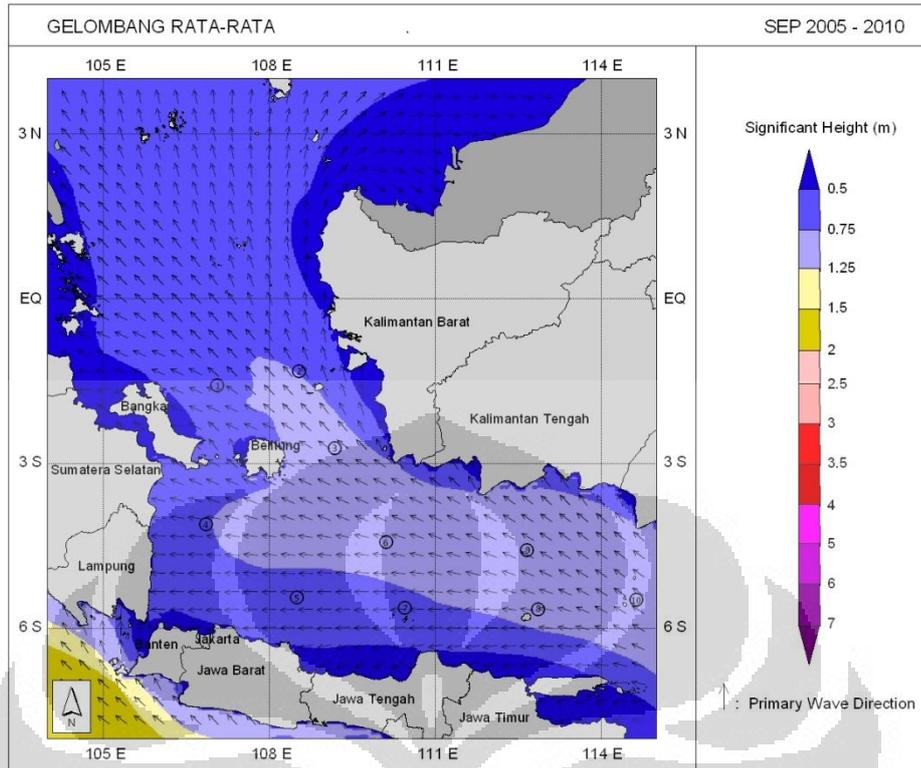
Gambar 4f. Analisis rata-rata arah dan ketinggian gelombang laut signifikan bulan Juni Tahun (2005 – 2010)



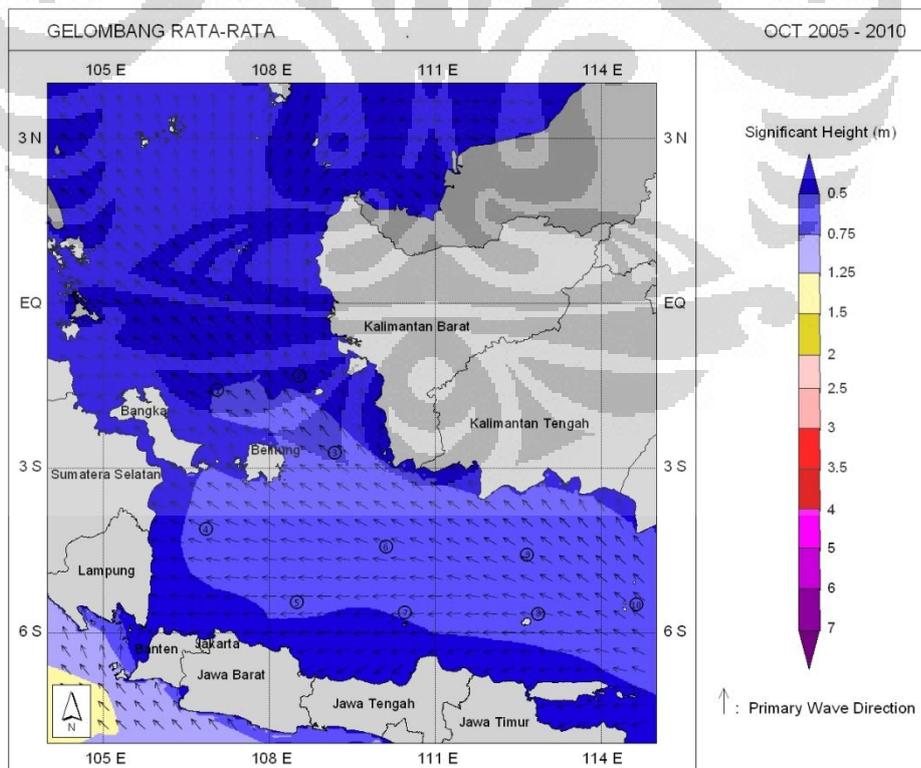
Gambar 4g. Analisis rata-rata arah dan ketinggian gelombang laut signifikan bulan Juli Tahun (2005 – 2010)



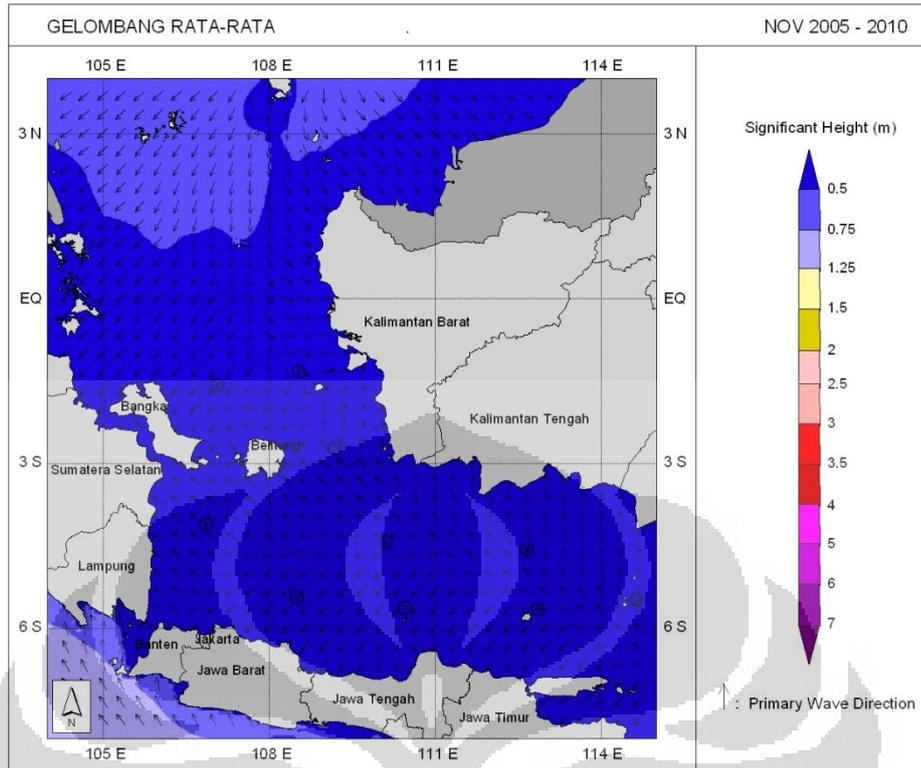
Gambar 4h. Analisis rata-rata arah dan ketinggian gelombang laut signifikan bulan Agustus Tahun (2005 – 2010)



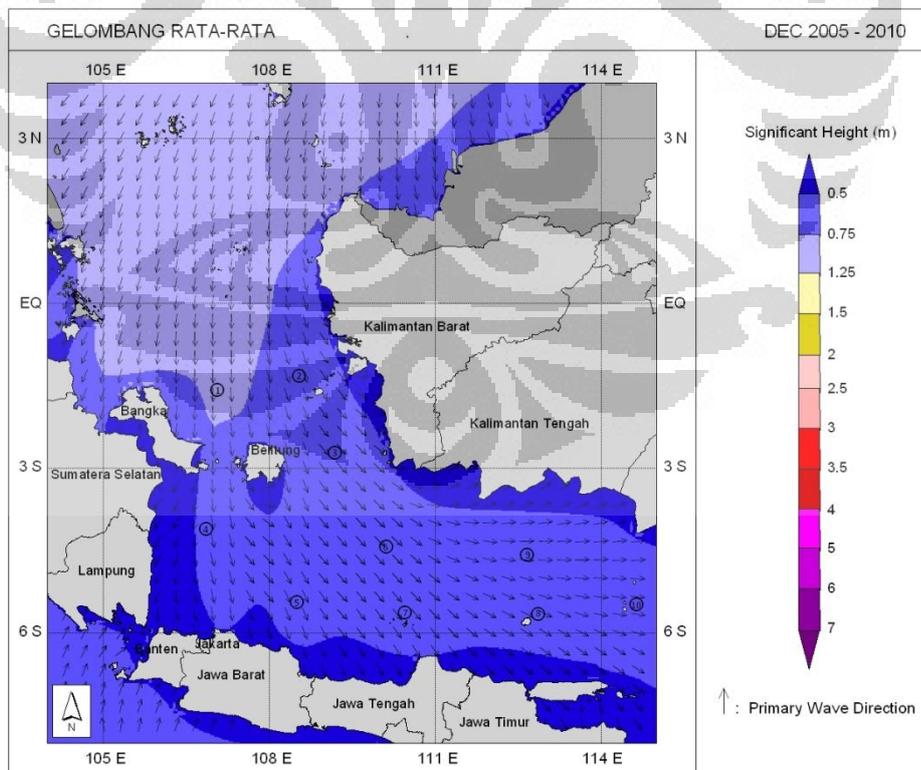
Gambar 4i. Analisis rata-rata arah dan ketinggian gelombang laut signifikan bulan September Tahun (2005 – 2010)



Gambar 4j. Analisis rata-rata arah dan ketinggian gelombang laut signifikan bulan Oktober Tahun (2005 – 2010)



Gambar 4k. Analisis rata-rata arah dan ketinggian gelombang laut signifikan bulan Nopember Tahun (2005 – 2010)

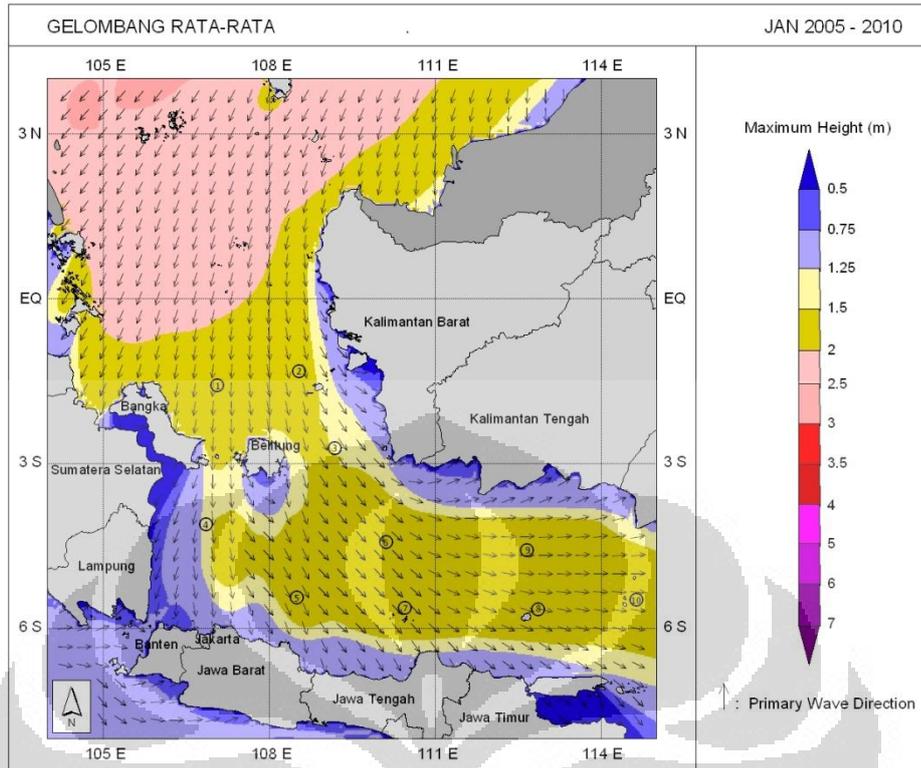


Gambar 4l. Analisis rata-rata arah dan ketinggian gelombang laut signifikan bulan Desember Tahun (2005 – 2010)

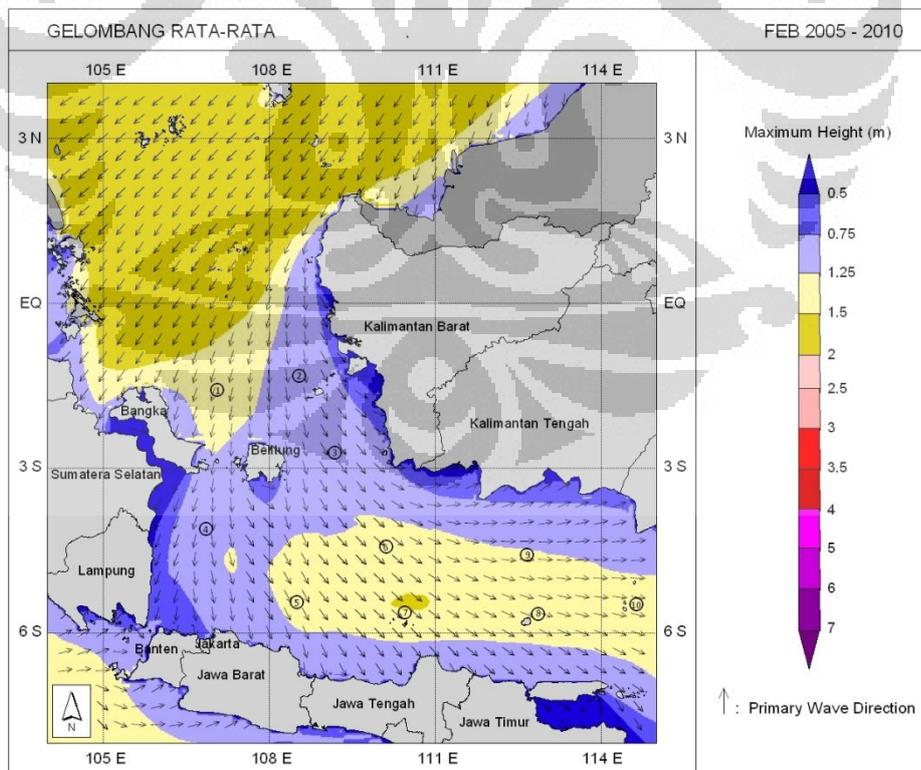


LAMPIRAN 5

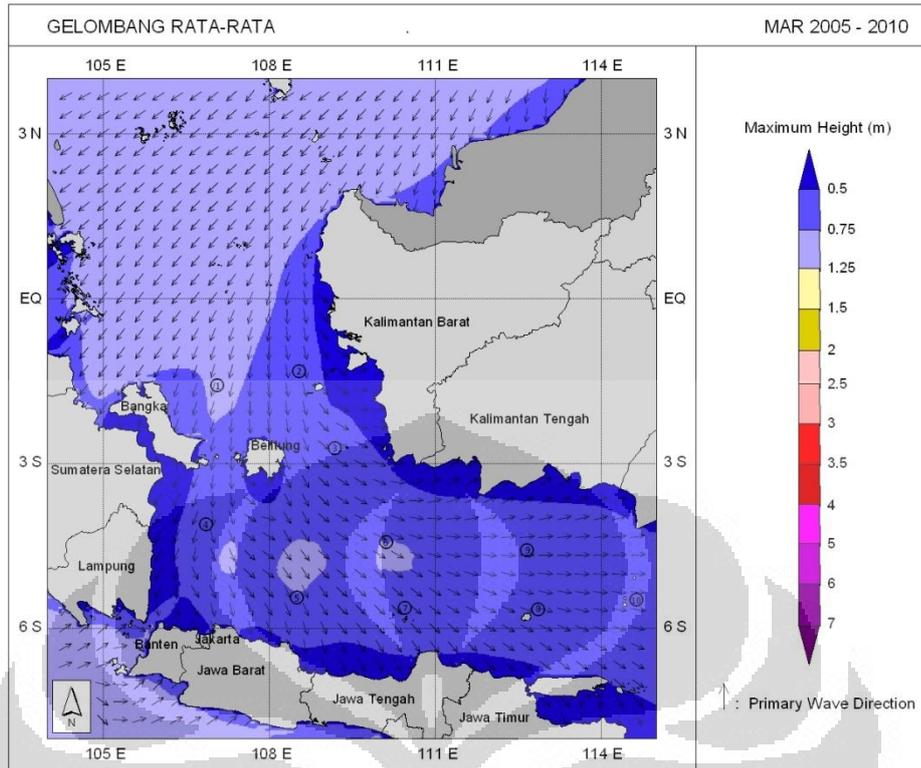
**ANALISIS RATA-RATA ARAH DAN KETINGGIAN GELOMBANG
LAUT MAKSIMUM SPASIAL BULANAN TAHUN 2005 – 2010**



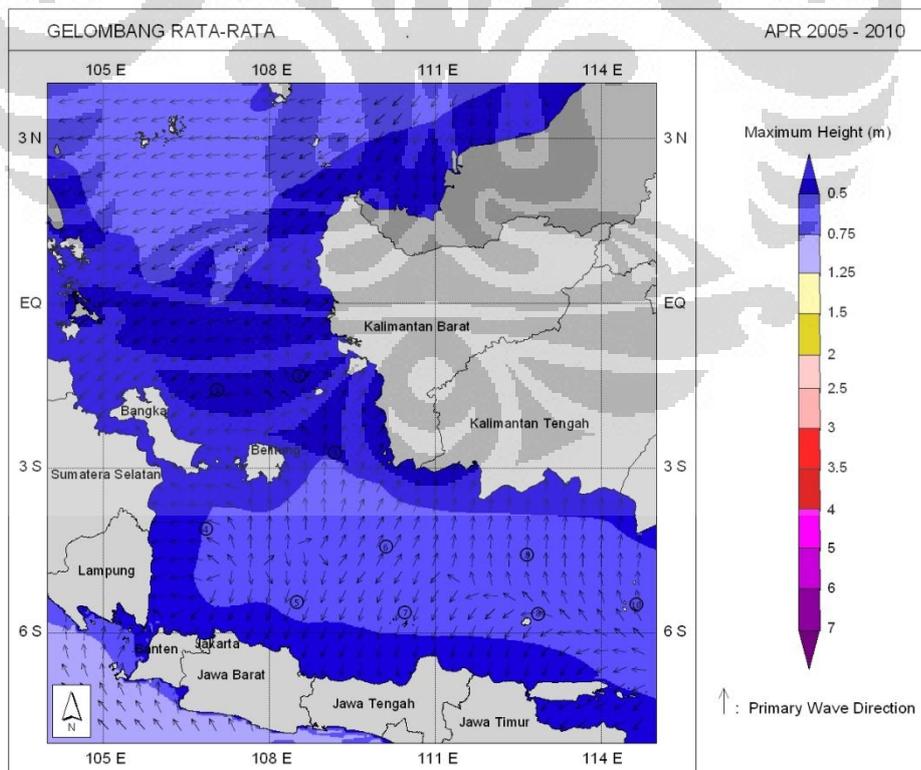
Gambar 5a. Analisis rata-rata arah dan ketinggian gelombang laut maksimum bulan Januari Tahun (2005 – 2010)



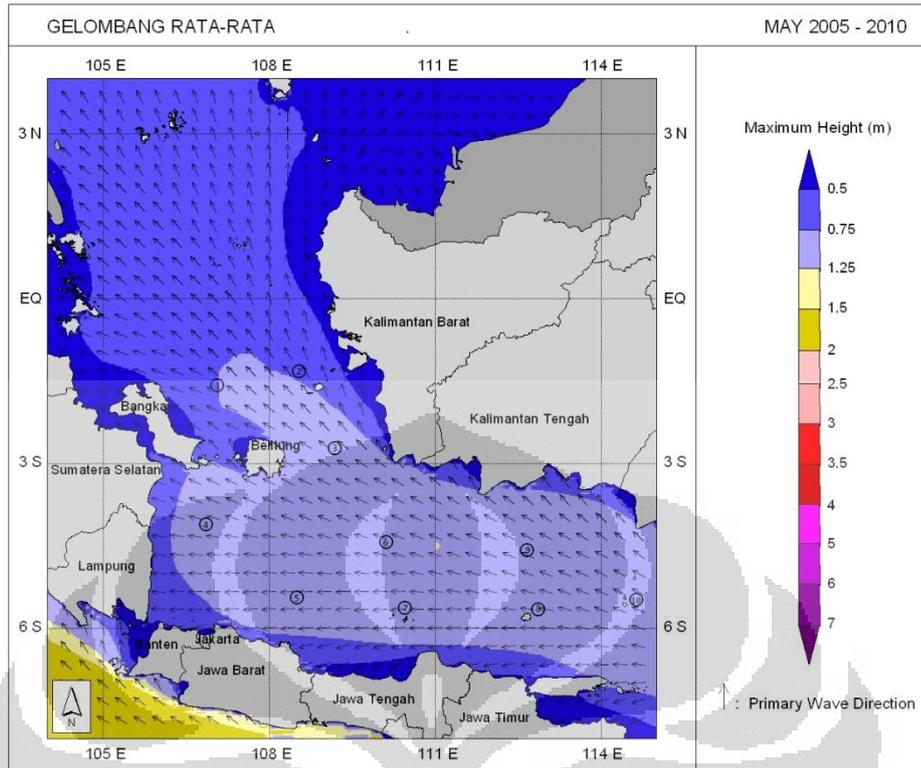
Gambar 5b. Analisis rata-rata arah dan ketinggian gelombang laut maksimum bulan Pebruari Tahun (2005 – 2010)



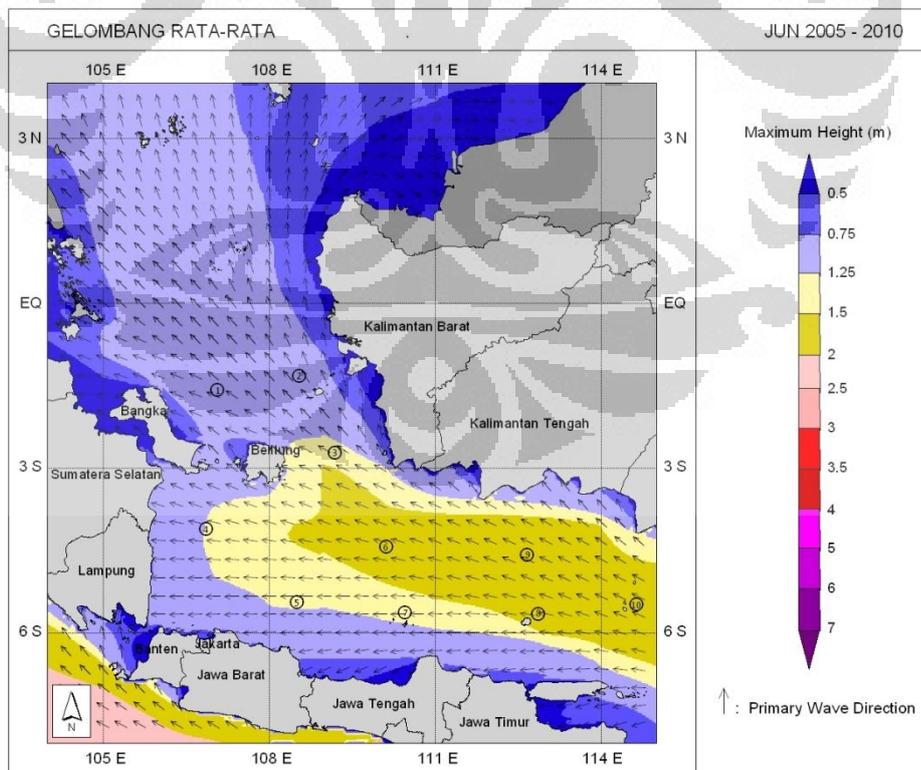
Gambar 5c. Analisis rata-rata arah dan ketinggian gelombang laut maksimum bulan Maret Tahun (2005 – 2010)



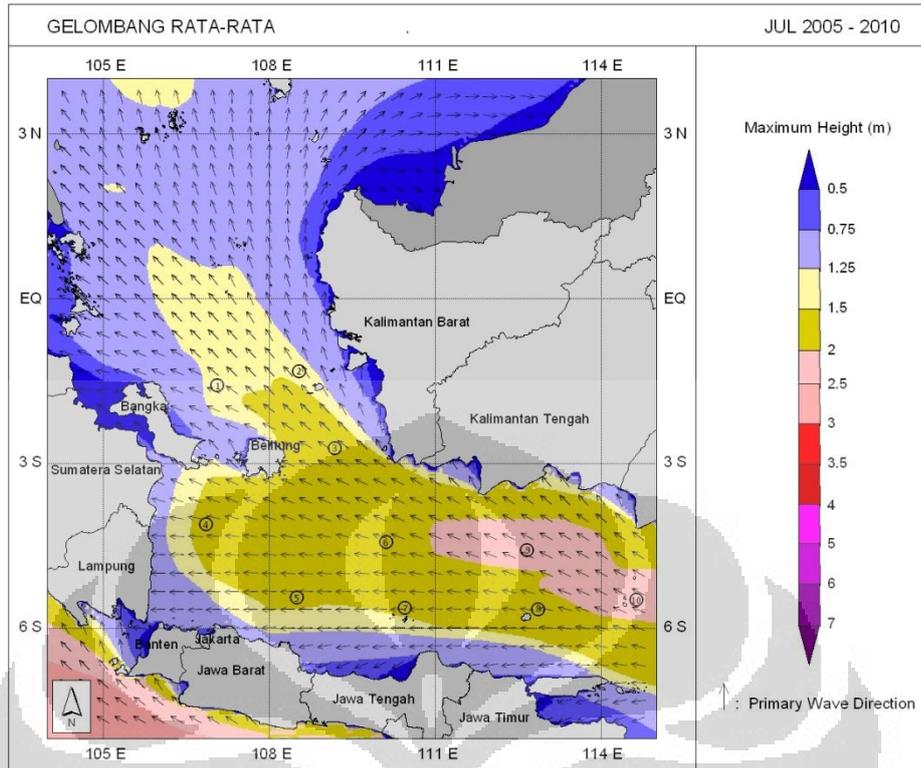
Gambar 5d. Analisis rata-rata arah dan ketinggian gelombang laut maksimum bulan April Tahun (2005 – 2010)



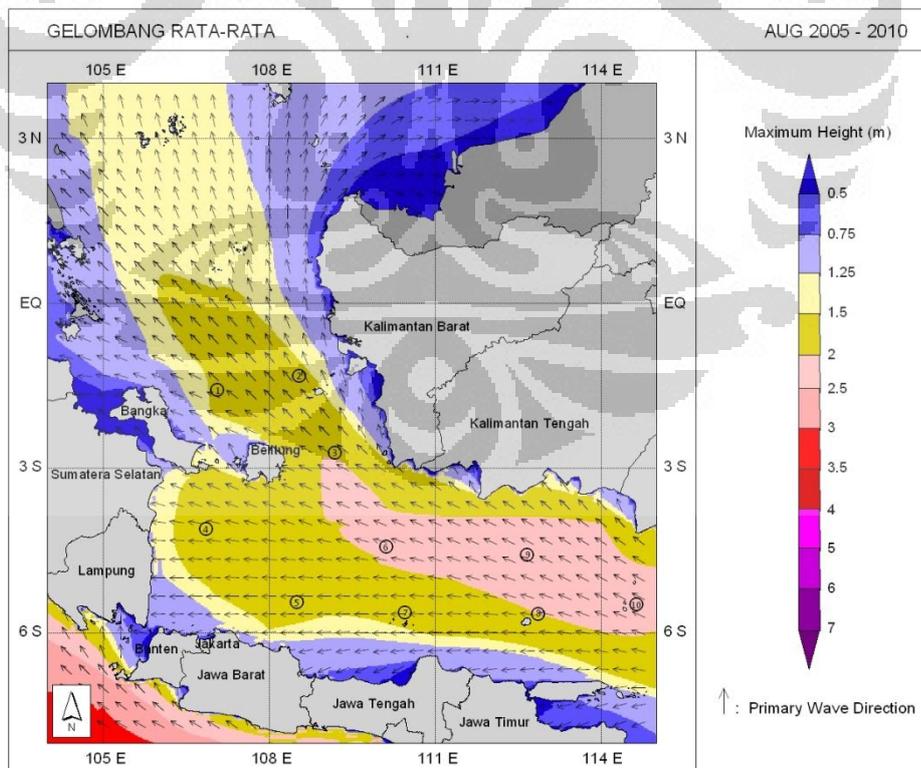
Gambar 5e. Analisis rata-rata arah dan ketinggian gelombang laut maksimum bulan Mei Tahun (2005 – 2010)



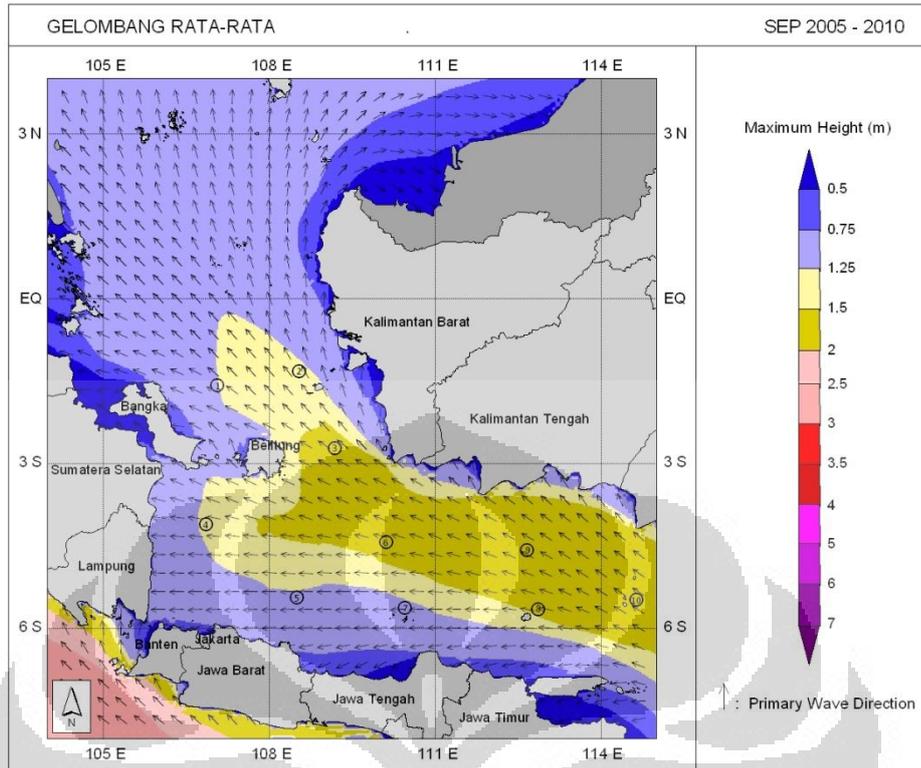
Gambar 5f. Analisis rata-rata arah dan ketinggian gelombang laut maksimum bulan Juni Tahun (2005 – 2010)



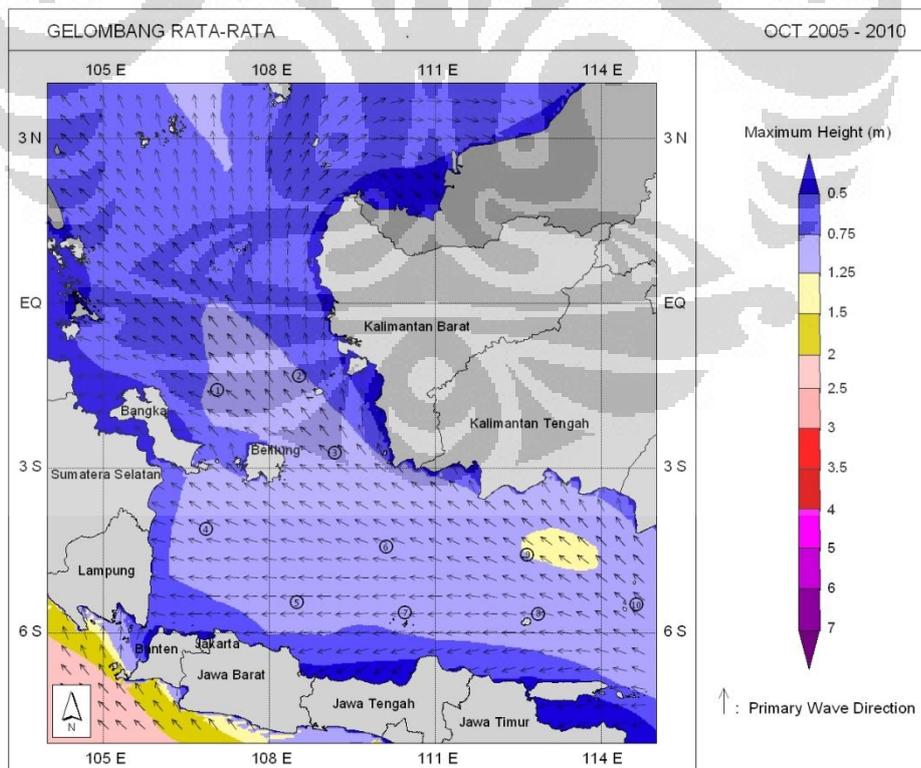
Gambar 5g. Analisis rata-rata arah dan ketinggian gelombang laut maksimum bulan Juli Tahun (2005 – 2010)



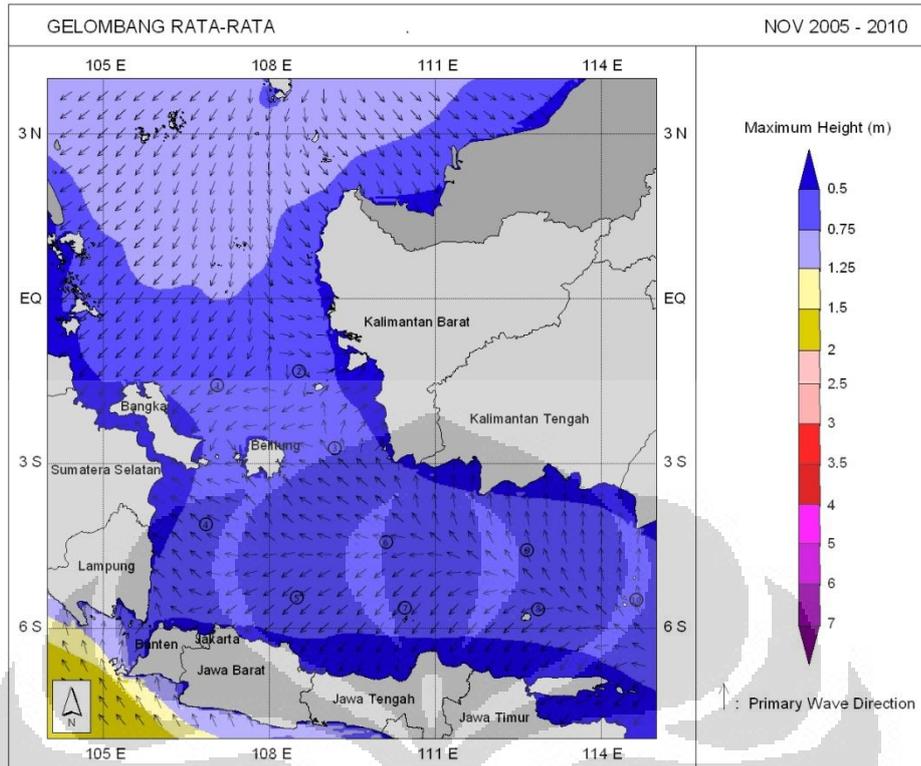
Gambar 5h. Analisis rata-rata arah dan ketinggian gelombang laut maksimum bulan Agustus Tahun (2005 – 2010)



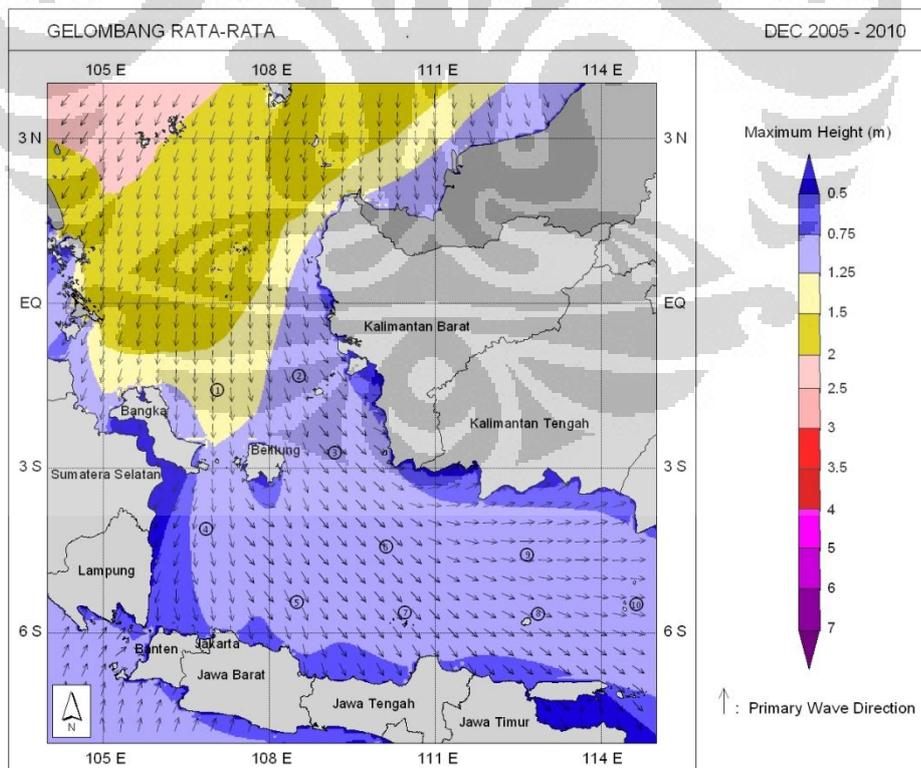
Gambar 5i. Analisis rata-rata arah dan ketinggian gelombang laut maksimum bulan September Tahun (2005 – 2010)



Gambar 5j. Analisis rata-rata arah dan ketinggian gelombang laut maksimum bulan Oktober Tahun (2005 – 2010)



Gambar 5k. Analisis rata-rata arah dan ketinggian gelombang laut maksimum bulan Nopember Tahun (2005 – 2010)

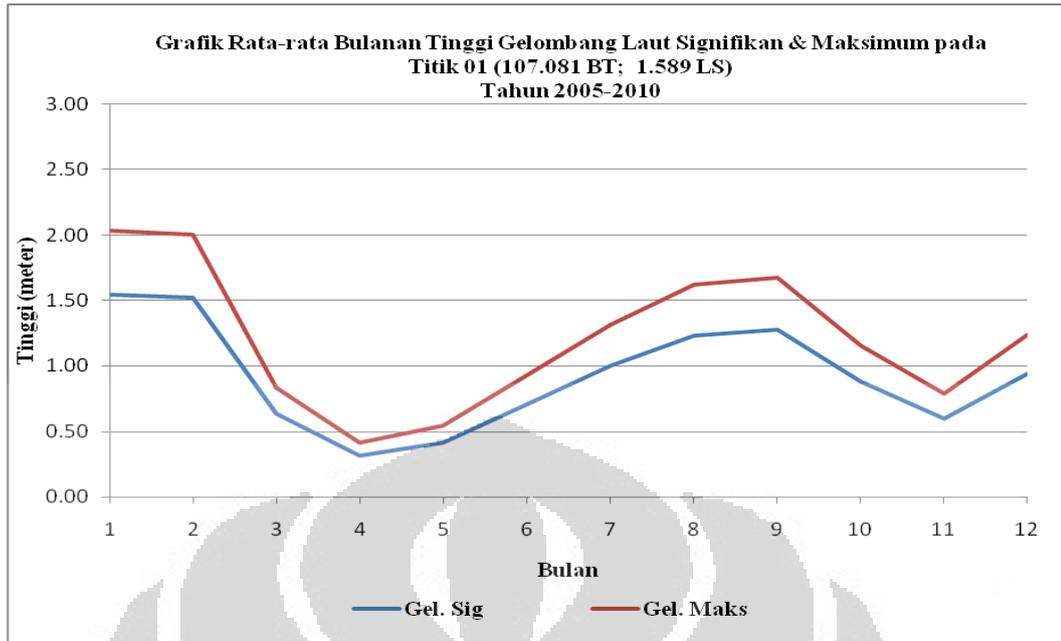


Gambar 5l. Analisis rata-rata arah dan ketinggian gelombang laut maksimum bulan Desember Tahun (2005 – 2010)

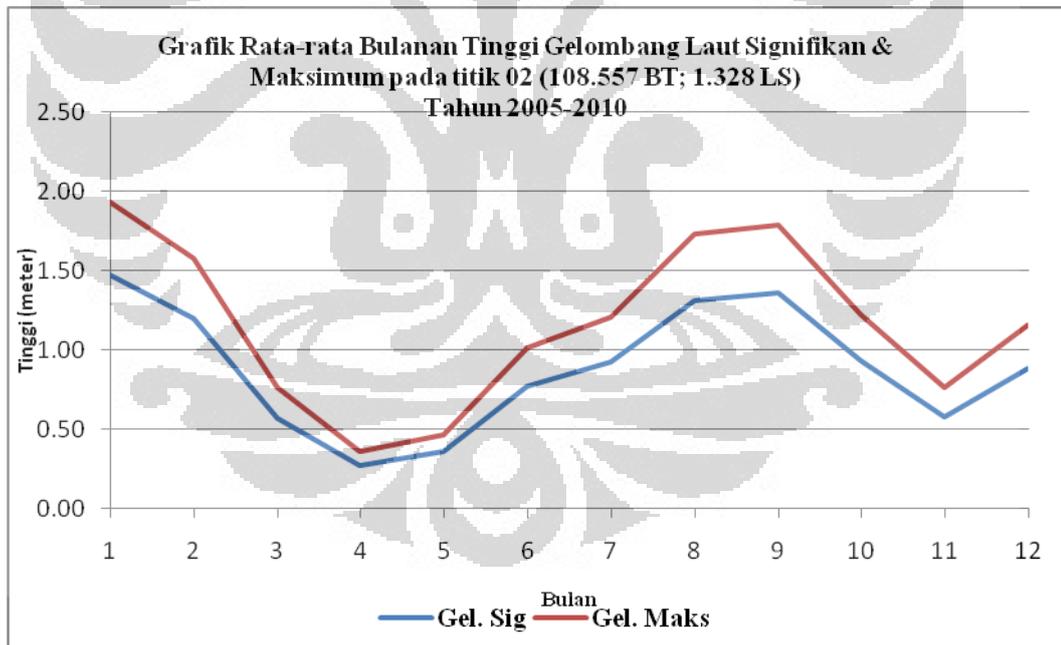


LAMPIRAN 6

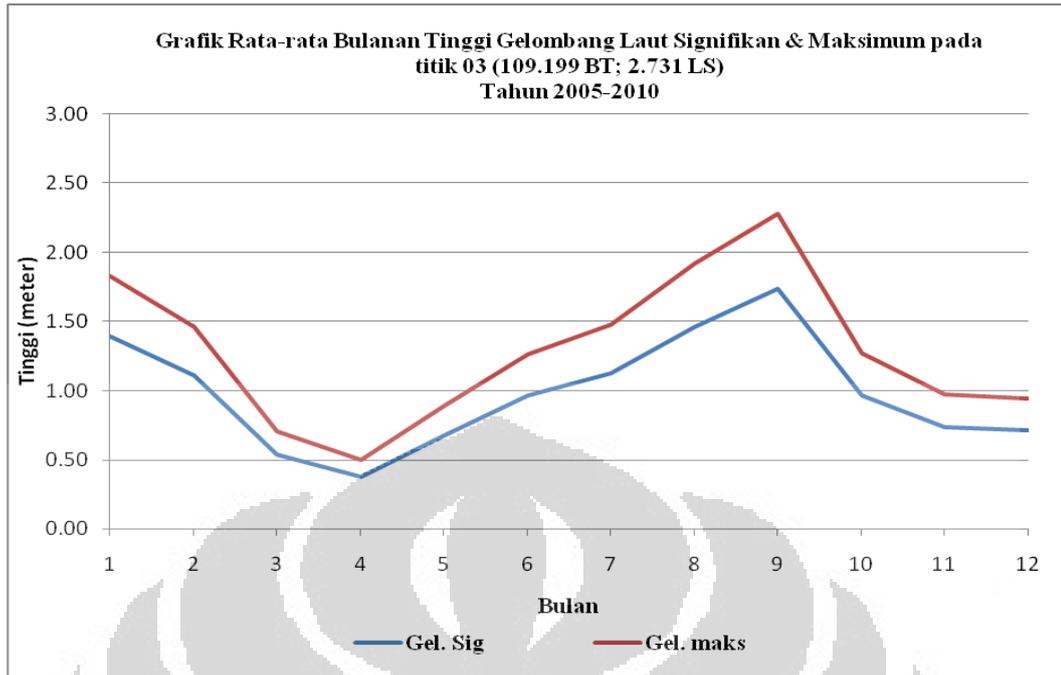
**GRAFIK RATA-RATA BULANAN GELOMBANG LAUT SIGNIFIKAN
DAN GELOMBANG LAUT MAKSIMUM TAHUN 2005 – 2010**



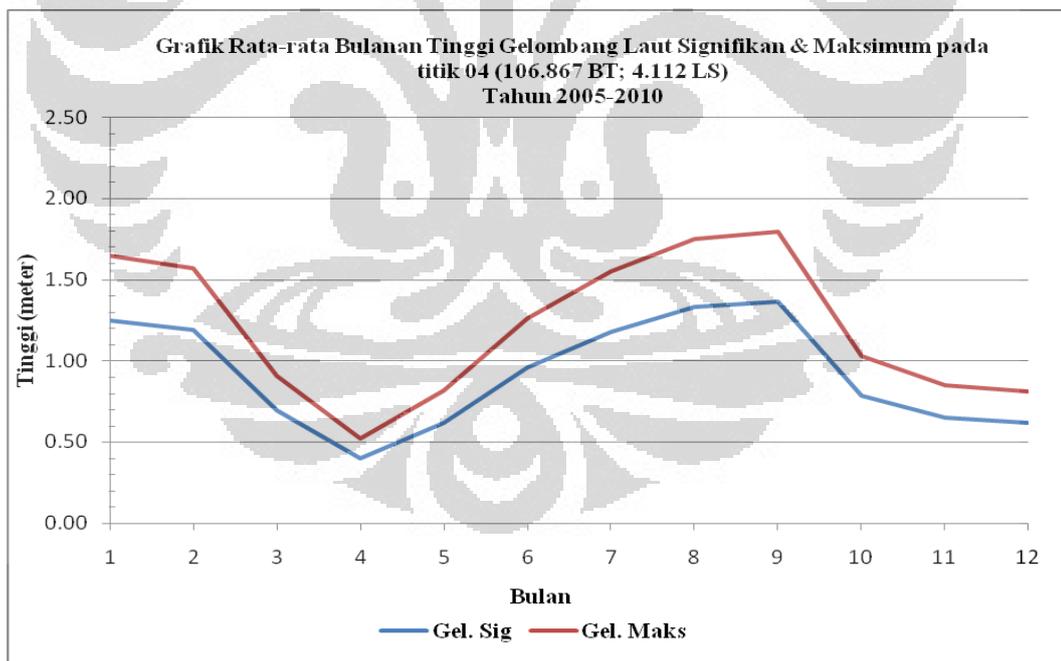
Grafik 6a. Analisis rata-rata bulanan gelombang laut signifikan dan gelombang laut maksimum pada titik 01 (107.081 BT; 1.589 LS) Tahun 2005 – 2010



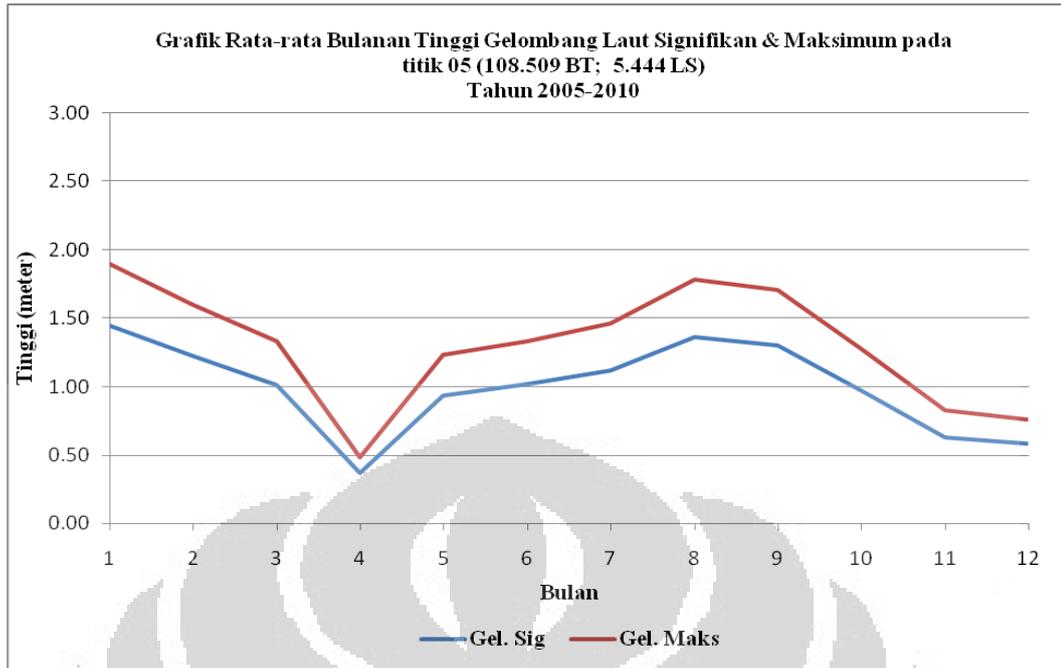
Grafik 6b. Analisis rata-rata bulanan gelombang laut signifikan dan gelombang laut maksimum pada titik 02 (108.557 BT; 1.328 LS) Tahun 2005 – 2010



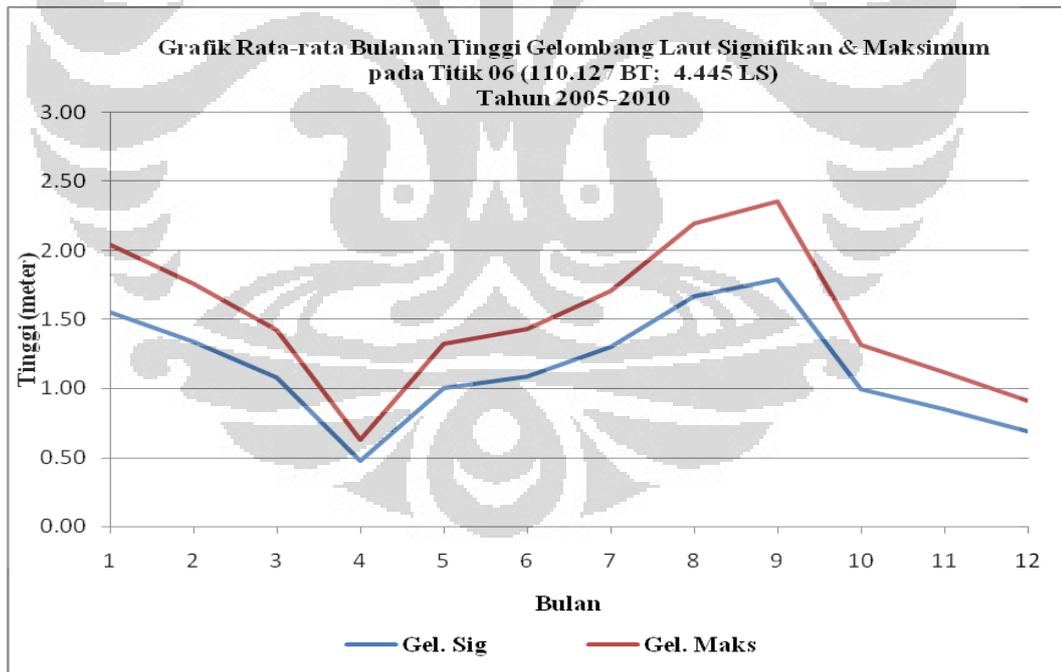
Grafik 6c. Analisis rata-rata bulanan gelombang laut signifikan dan gelombang laut maksimum pada titik 03 (109.199 BT; 2.731 LS) Tahun 2005 – 2010



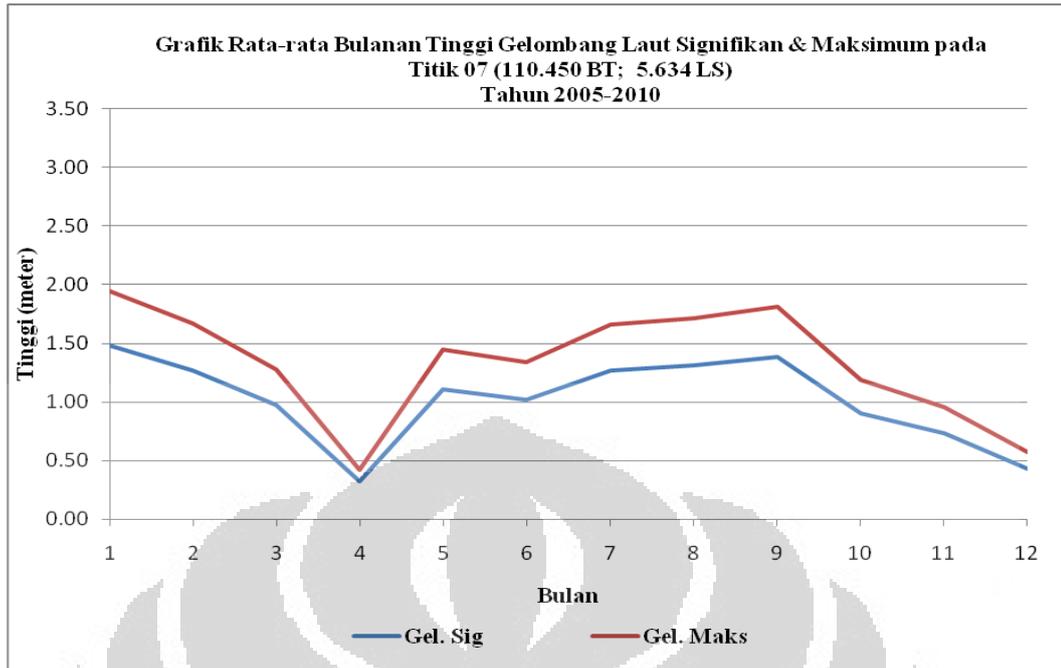
Grafik 6d. Analisis rata-rata bulanan gelombang laut signifikan dan gelombang laut maksimum pada titik titik 04 (106.867 BT; 4.112 LS) Tahun 2005 – 2010



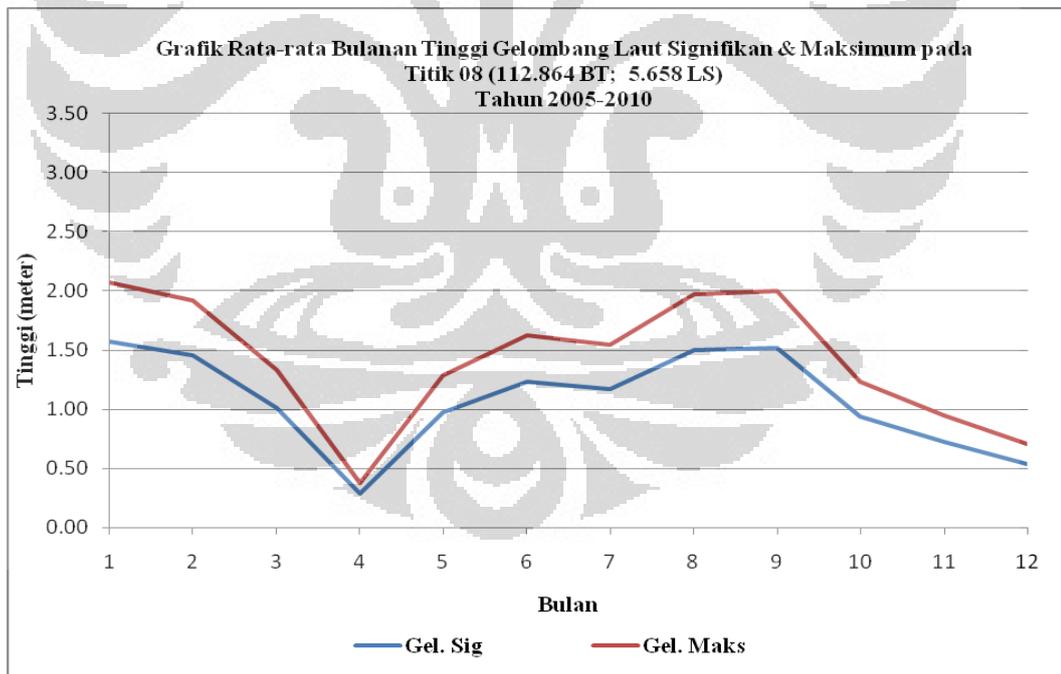
Grafik 6e. Analisis rata-rata bulanan gelombang laut signifikan dan gelombang laut maksimum pada titik 05 (108.509 BT; 5.444 LS) Tahun 2005 – 2010



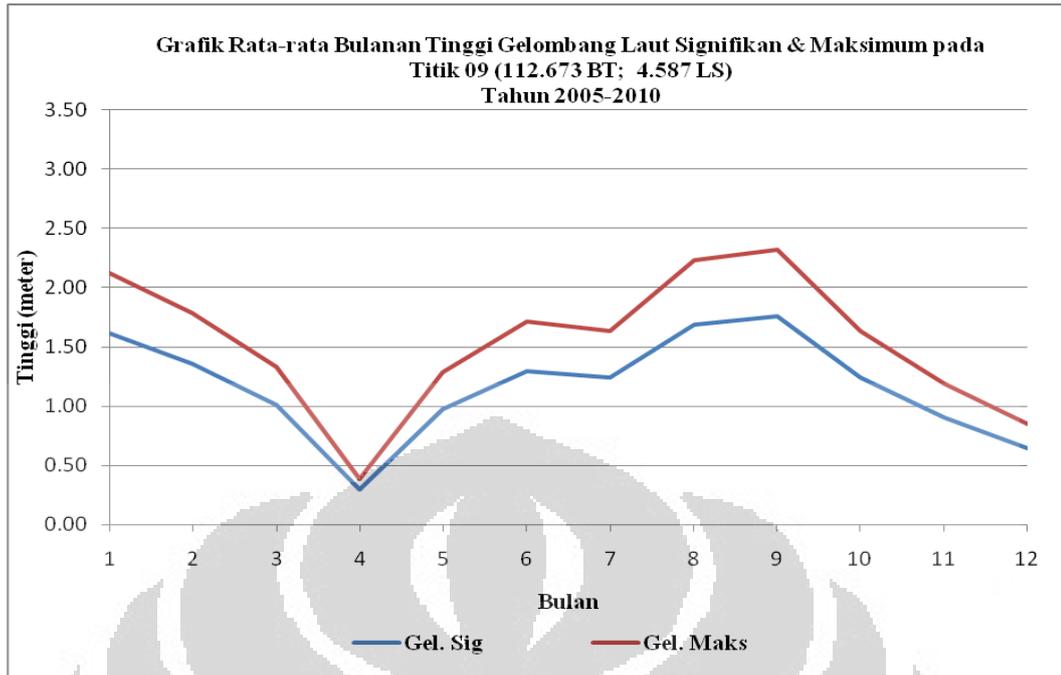
Grafik 6f. Analisis rata-rata bulanan gelombang laut signifikan dan gelombang laut maksimum pada titik 06 (110.127 BT; 4.445 LS) Tahun 2005 – 2010



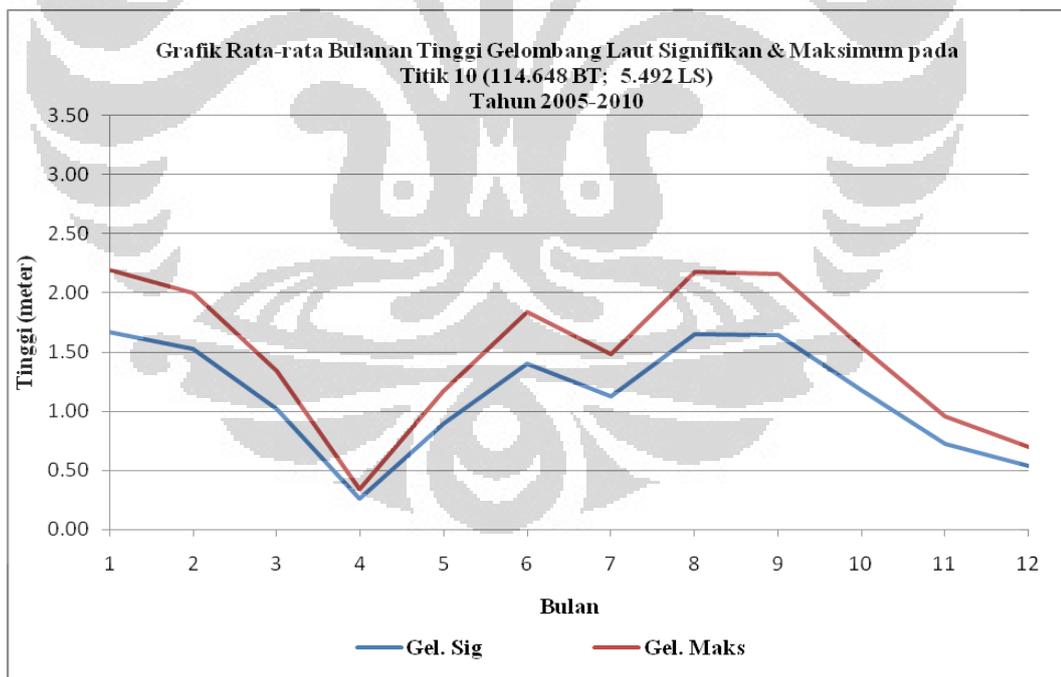
Grafik 6g. Analisis rata-rata bulanan gelombang laut signifikan dan gelombang laut maksimum pada titik 07 (110.450 BT; 5.634 LS) Tahun 2005 – 2010



Grafik 6h. Analisis rata-rata bulanan gelombang laut signifikan dan gelombang laut maksimum pada titik 08 (112.864 BT; 5.658 LS) Tahun 2005 – 2010



Grafik 6i. Analisis rata-rata bulanan gelombang laut signifikan dan gelombang laut maksimum pada titik 09 (112.673 BT; 4.587 LS) Tahun 2005 – 2010

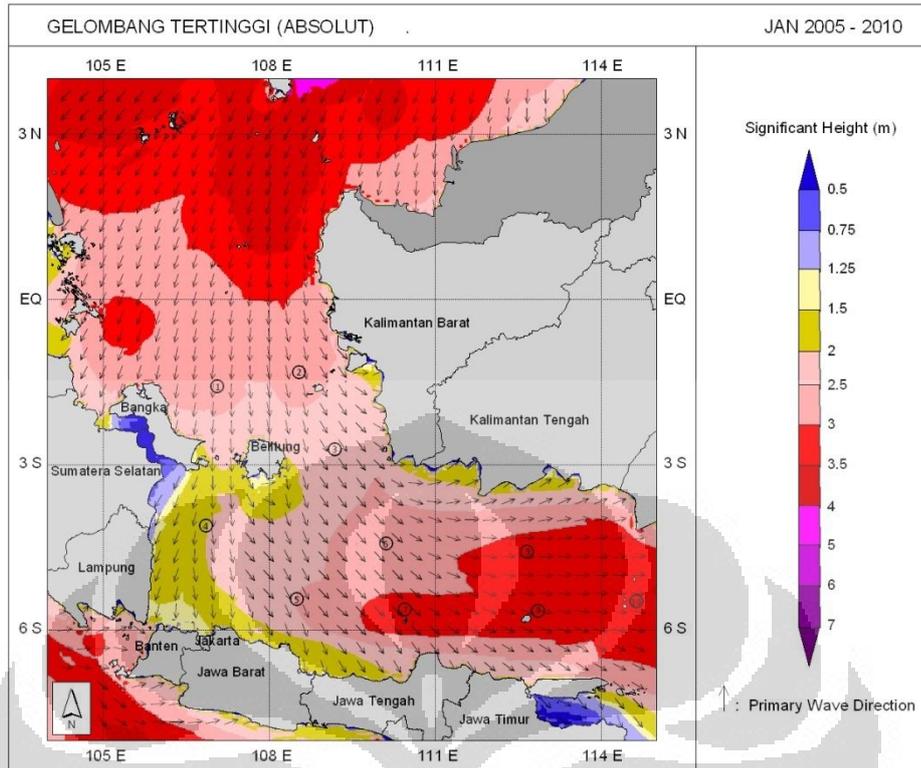


Grafik 6j. Analisis rata-rata bulanan gelombang laut signifikan dan gelombang laut maksimum pada titik 10 (114.648 BT; 5.492 LS) Tahun 2005 – 2010

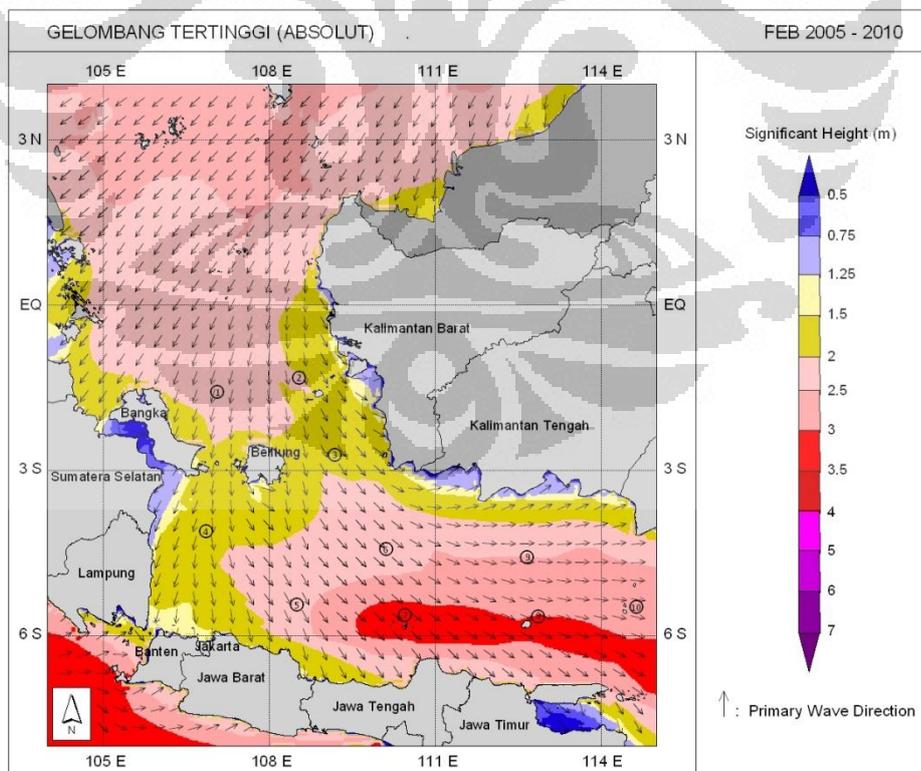


LAMPIRAN 7

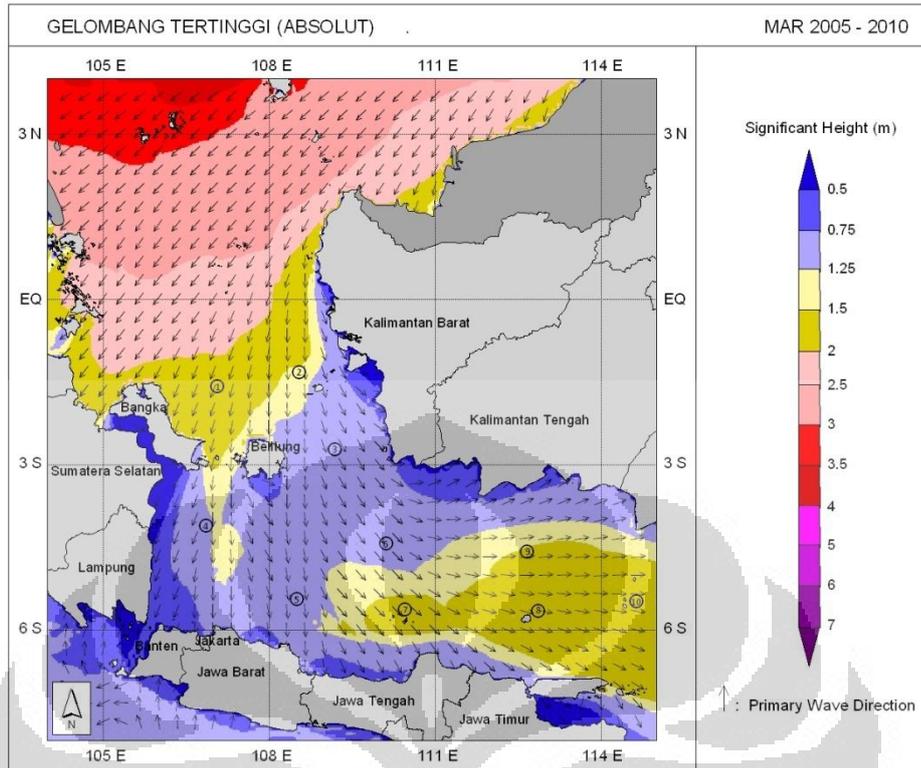
**GAMBAR ANALISIS KEJADIAN ABSOLUT GELOMBANG TERTINGGI
MASING-MASING BULAN
(DATA TIAP JAM PERIODE 2005 – 2010)**



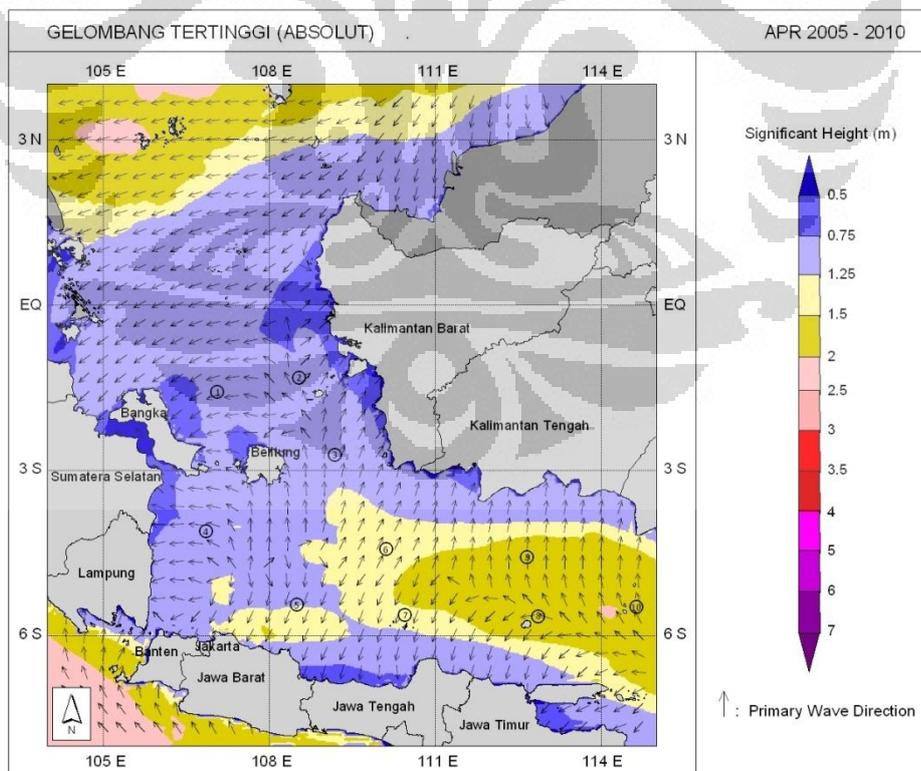
Gambar 7a. Analisis kejadian absolut gelombang tertinggi bulan Januari (data tiap jam periode 2005 – 2010)



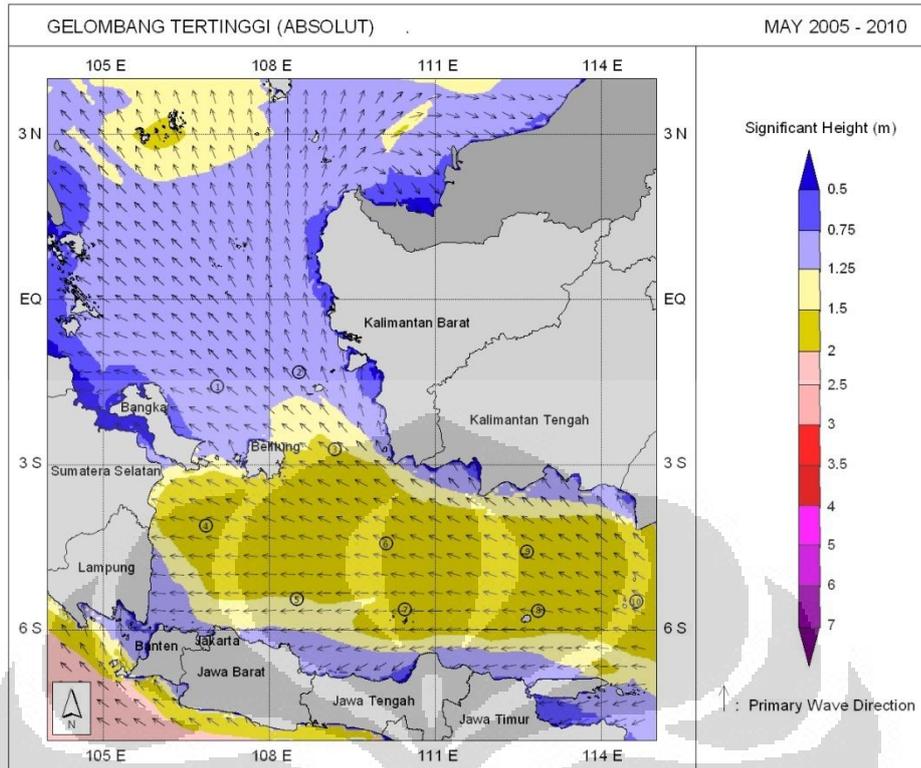
Gambar 7b. Analisis kejadian absolut gelombang tertinggi bulan Pebruari (data tiap jam periode 2005 – 2010)



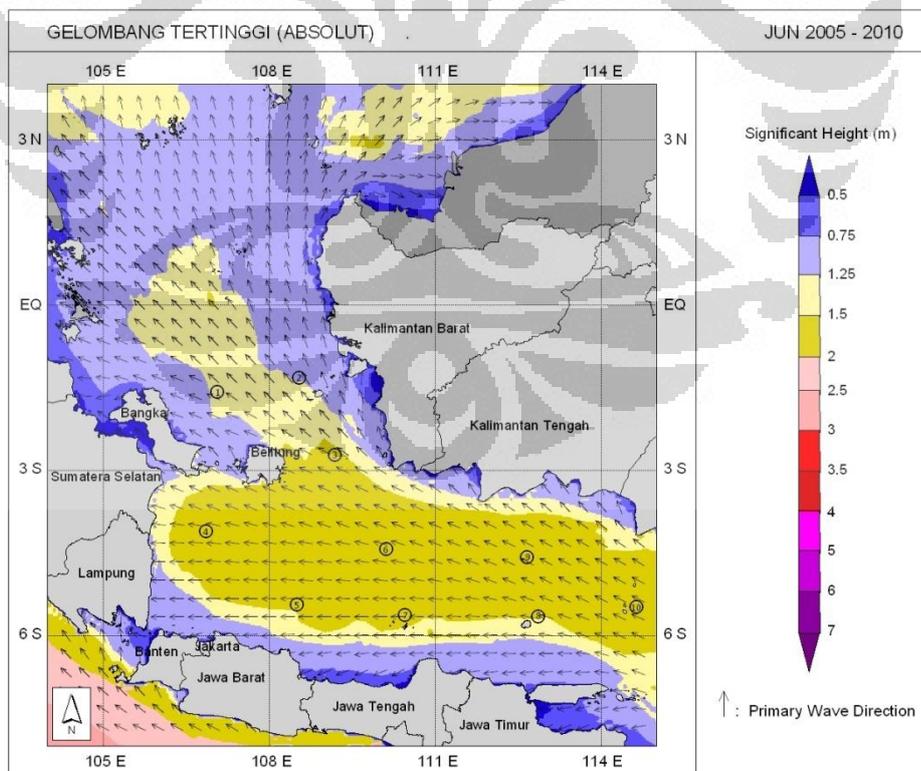
Gambar 7c. Analisis kejadian absolut gelombang tertinggi bulan Maret (data tiap jam periode 2005 – 2010)



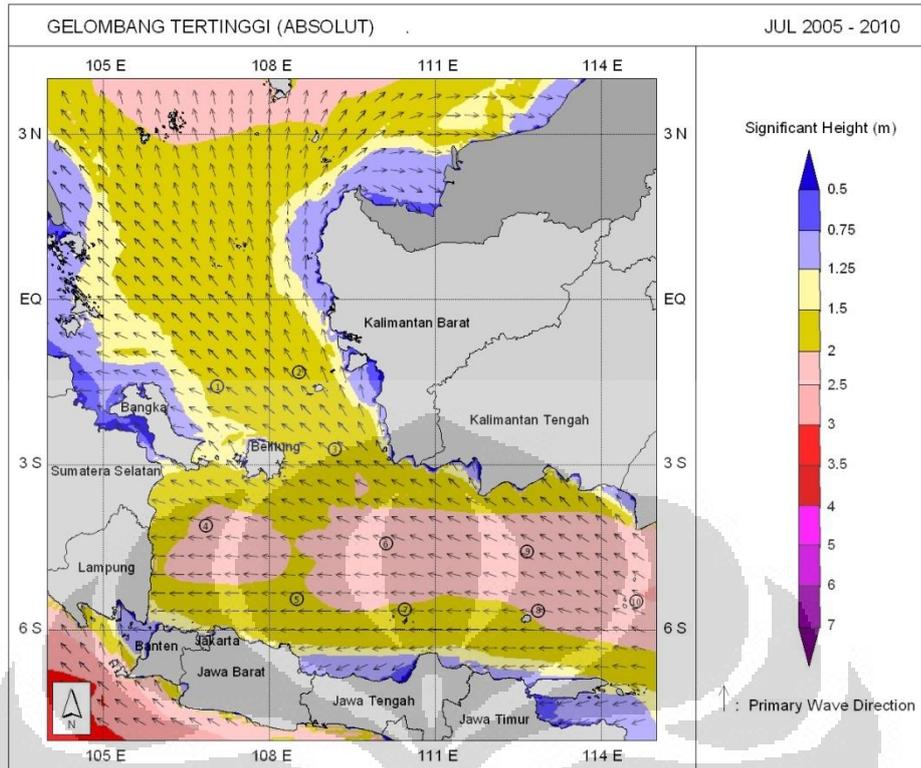
Gambar 7d. Analisis kejadian gelombang tertinggi (gelombang absolut) bulan April (data tiap jam periode 2005 – 2010)



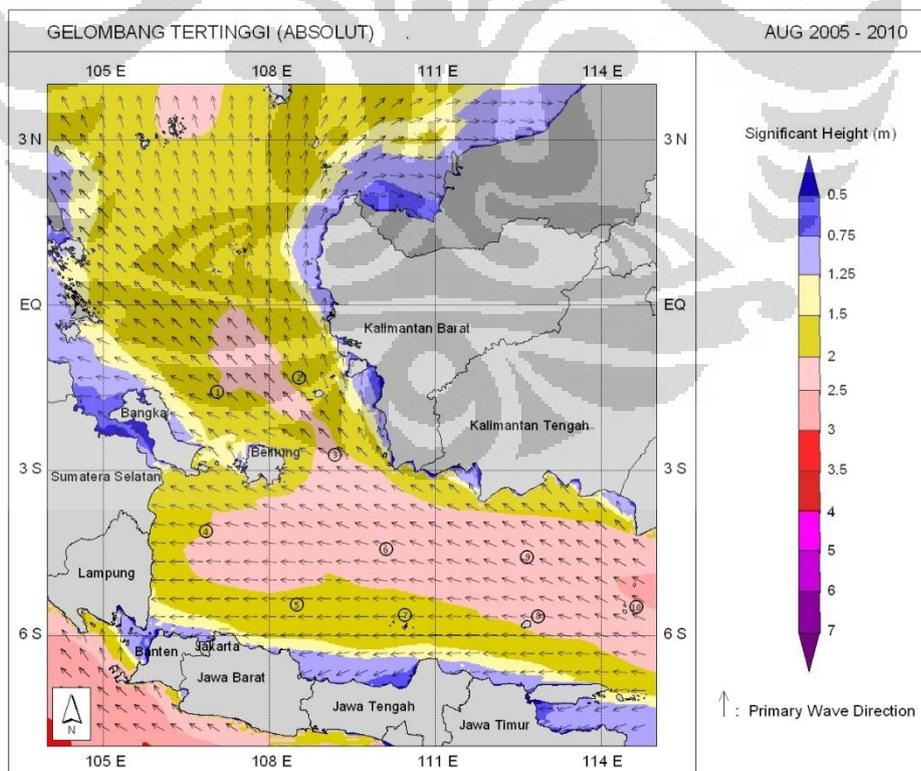
Gambar 7e. Analisis kejadian absolut gelombang tertinggi bulan Mei (data tiap jam periode 2005 – 2010)



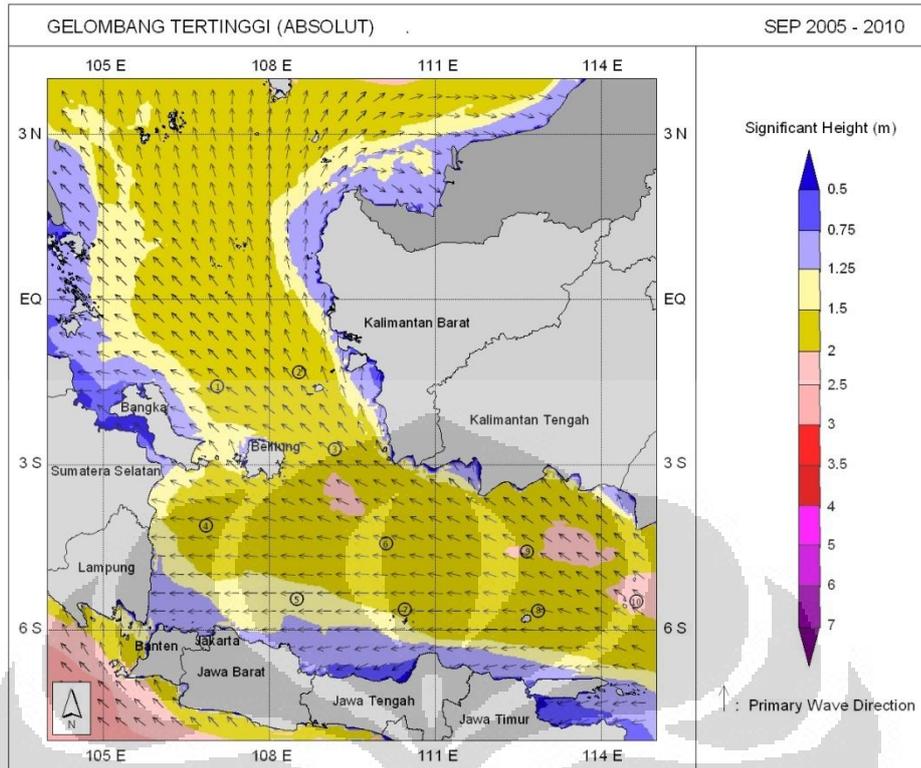
Gambar 7f. Analisis kejadian absolut gelombang tertinggi bulan Juni (data tiap jam periode 2005 – 2010)



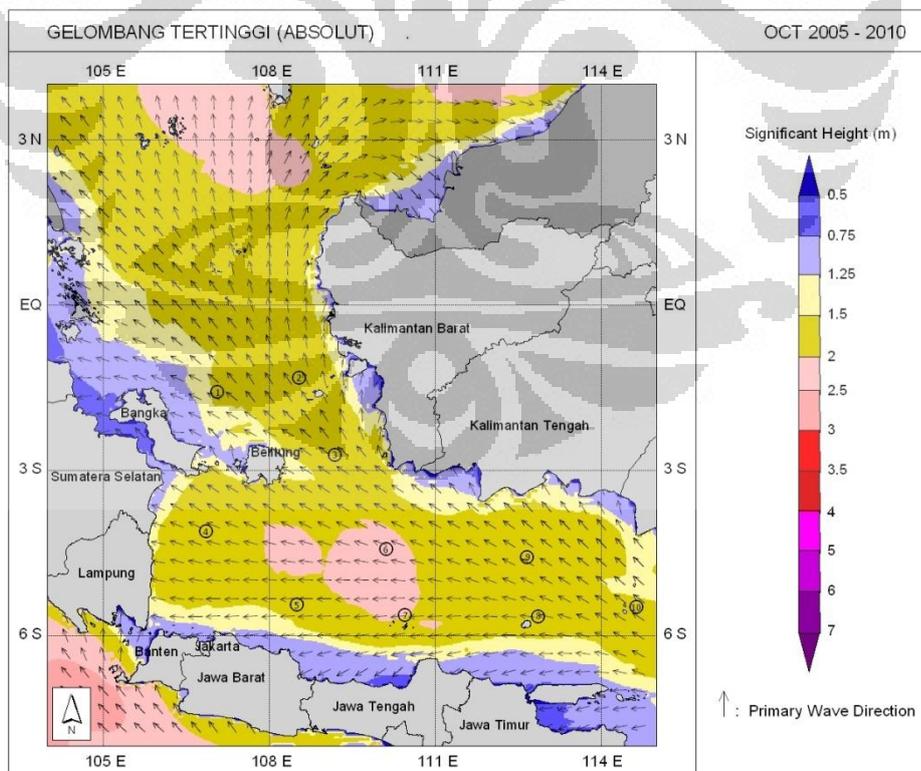
Gambar 7g. Analisis kejadian absolut gelombang tertinggi bulan Juli (data tiap jam periode 2005 – 2010)



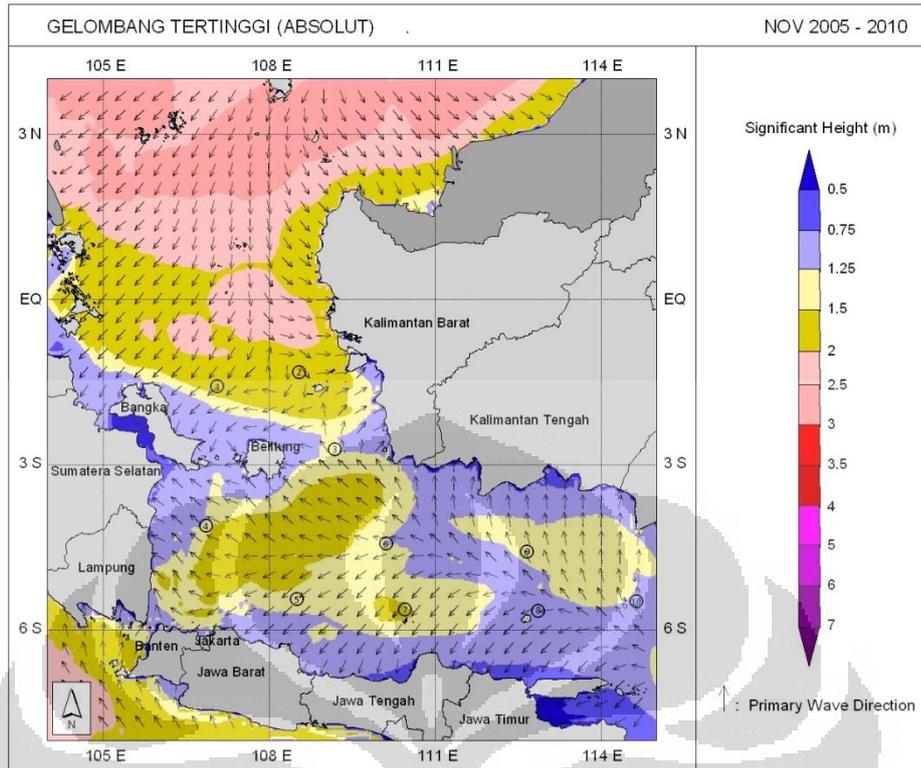
Gambar 7h. Analisis kejadian absolut gelombang tertinggi bulan Agustus (data tiap jam periode 2005 – 2010)



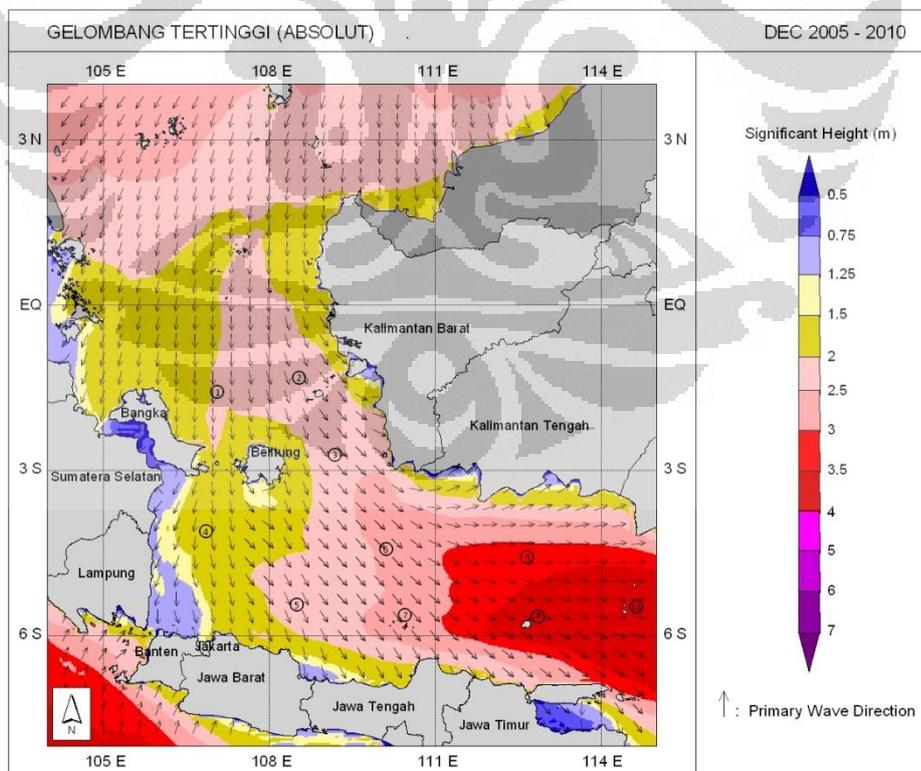
Gambar 7i. Analisis kejadian absolut gelombang tertinggi bulan September (data tiap jam periode 2005 – 2010)



Gambar 7j. Analisis kejadian absolut gelombang tertinggi bulan Oktober (data tiap jam periode 2005 – 2010)



Gambar 7k. Analisis kejadian absolut gelombang tertinggi bulan Nopember (data tiap jam periode 2005 – 2010)

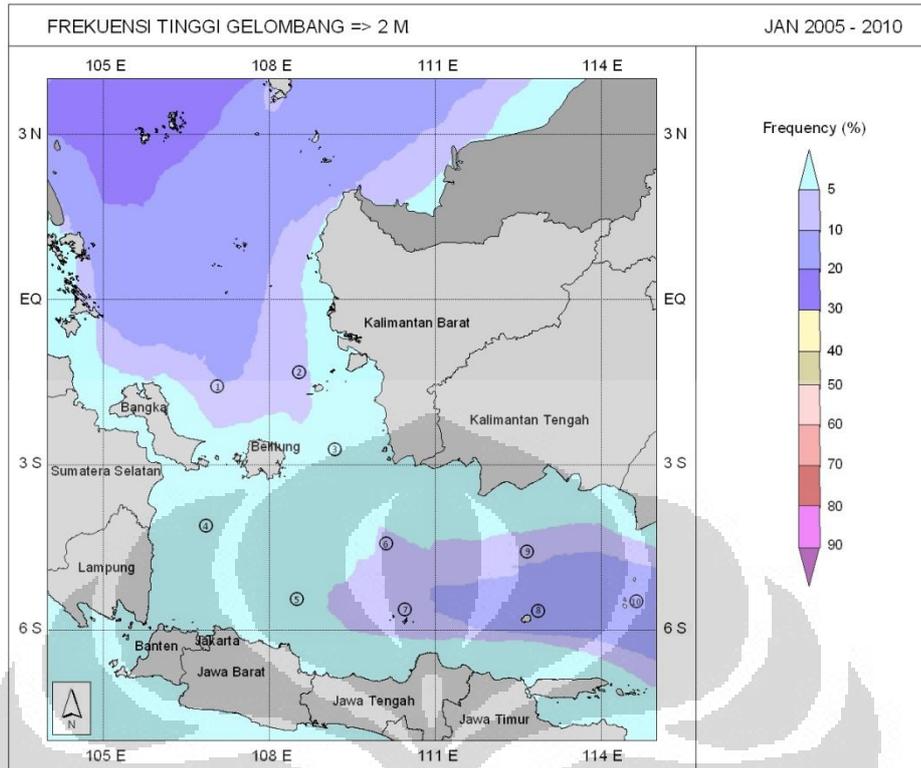


Gambar 7l. Analisis kejadian absolut gelombang tertinggi bulan Desember (data tiap jam periode 2005 – 2010)

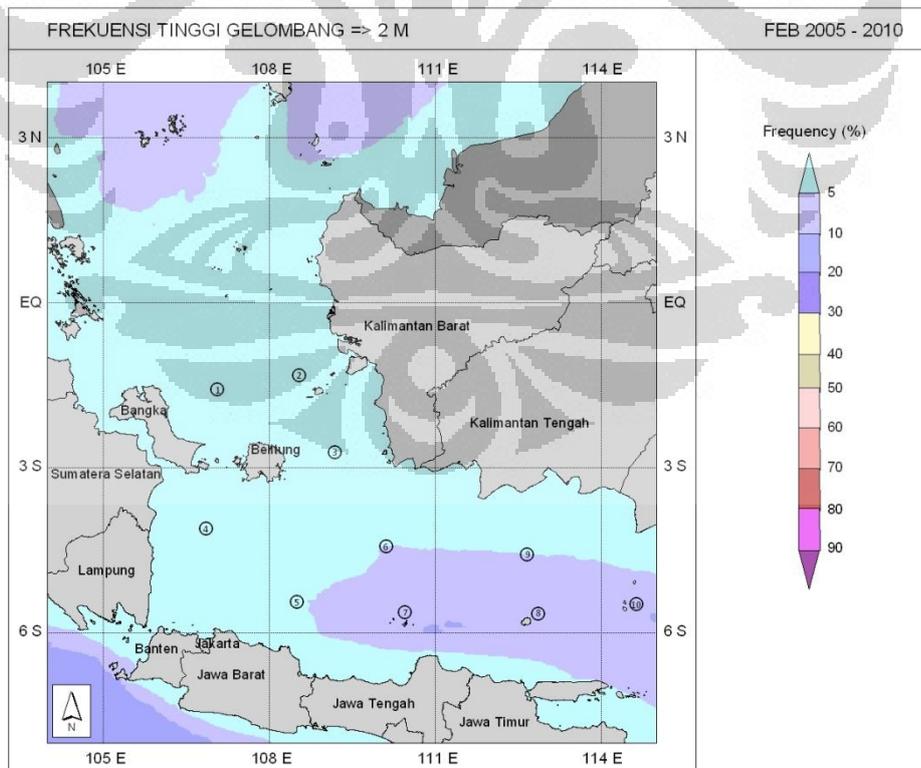


LAMPIRAN 8

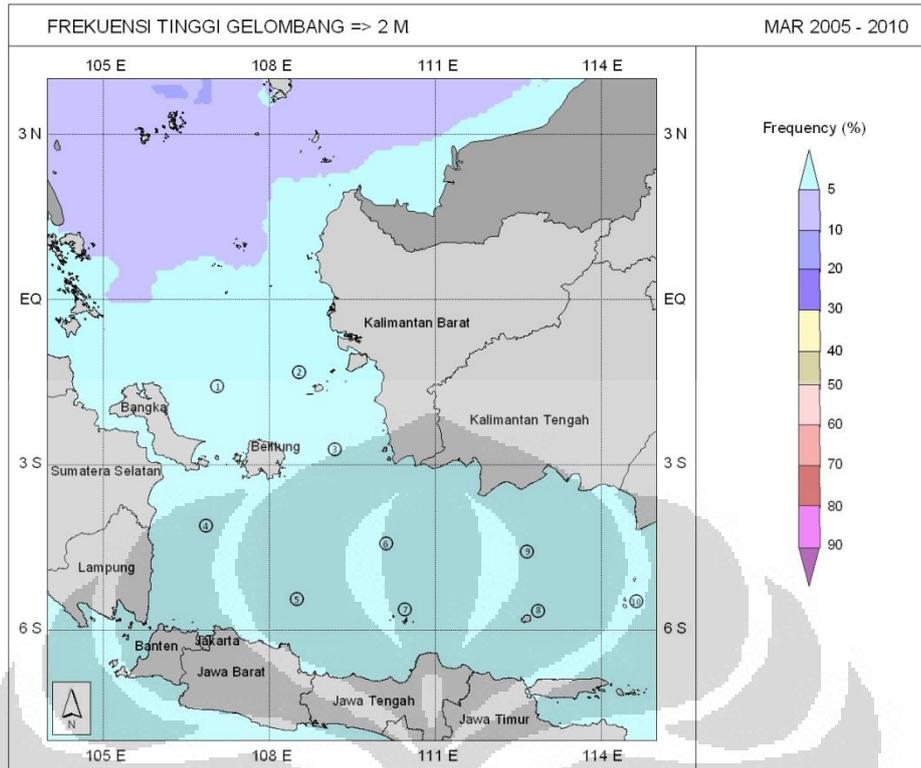
**GAMBAR ANALISIS FREKUENSI GELOMBANG SIGNIFIKAN
≥ 2 METER MASING-MASING BULAN
(DATA PERIODE 2005 – 2010)**



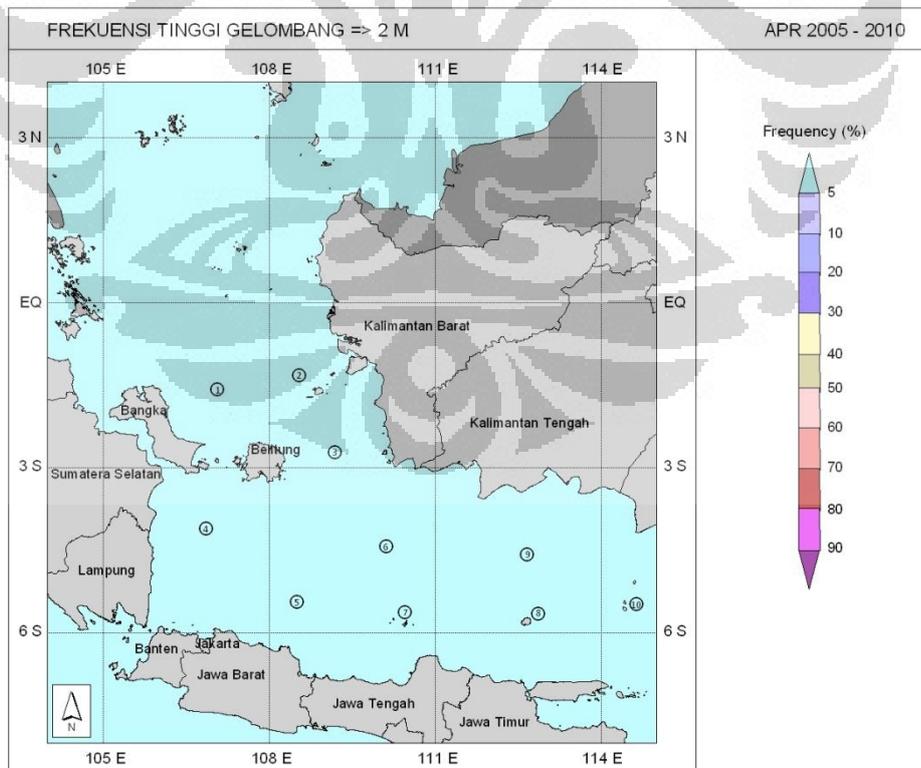
Gambar 8a. Analisis frekuensi gelombang signifikan \geq 2 meter bulan Januari (data periode 2005 – 2010)



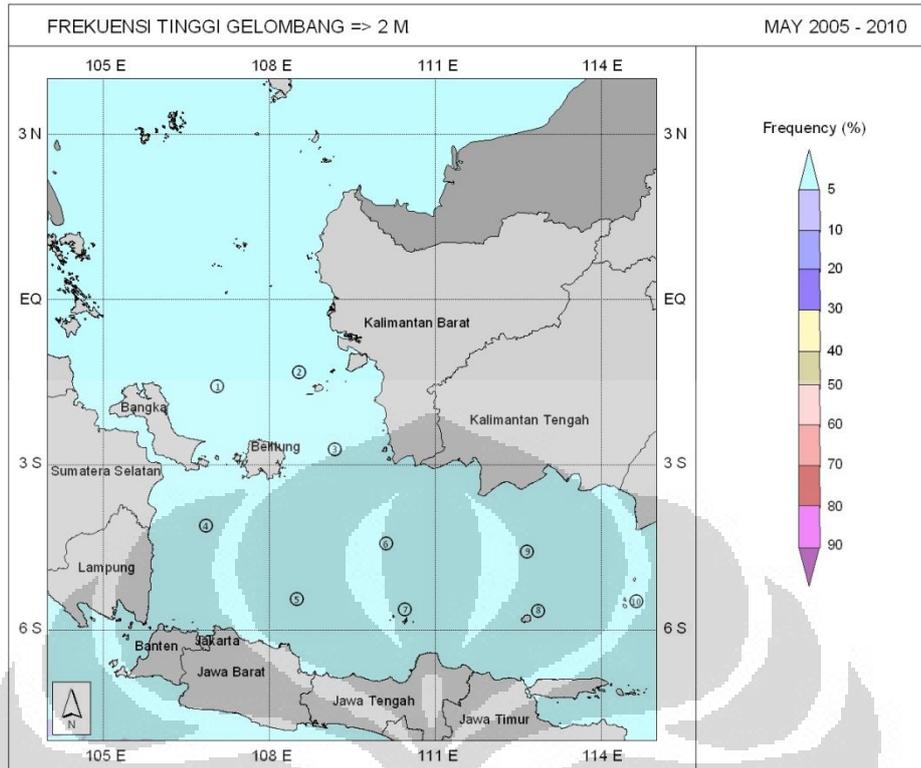
Gambar 8b. Analisis frekuensi gelombang signifikan \geq 2 meter bulan Pebruari (data periode 2005 – 2010)



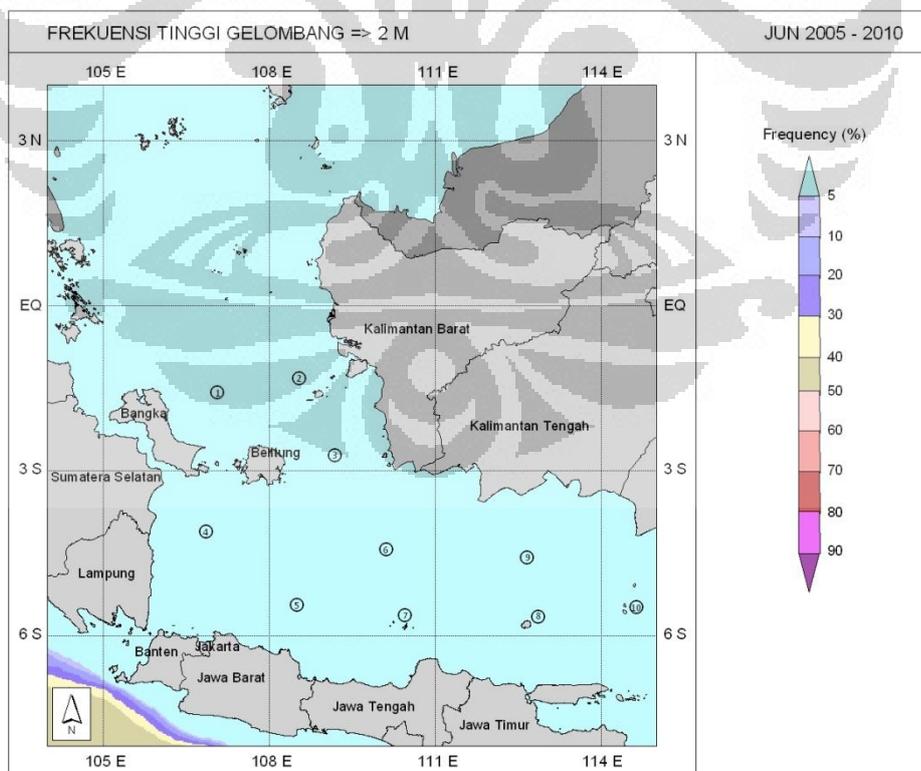
Gambar 8c. Analisis frekuensi gelombang signifikan ≥ 2 meter bulan Maret (data periode 2005 – 2010)



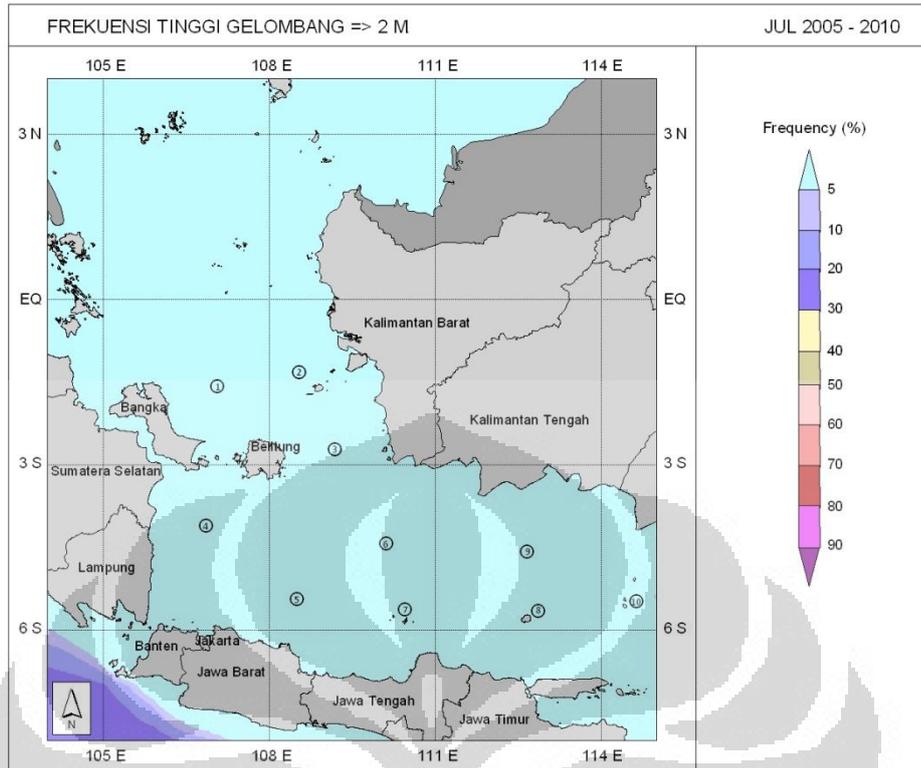
Gambar 8d. Analisis frekuensi gelombang signifikan ≥ 2 meter bulan April (data periode 2005 – 2010)



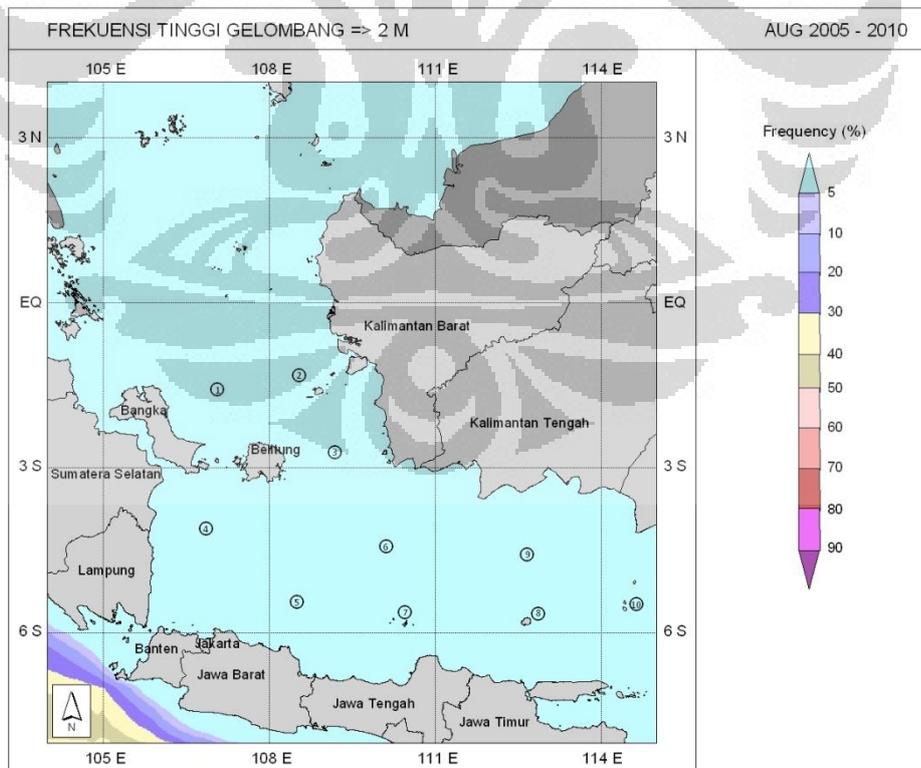
Gambar 8f. Analisis frekuensi gelombang signifikan ≥ 2 meter bulan Mei (data periode 2005 – 2010)



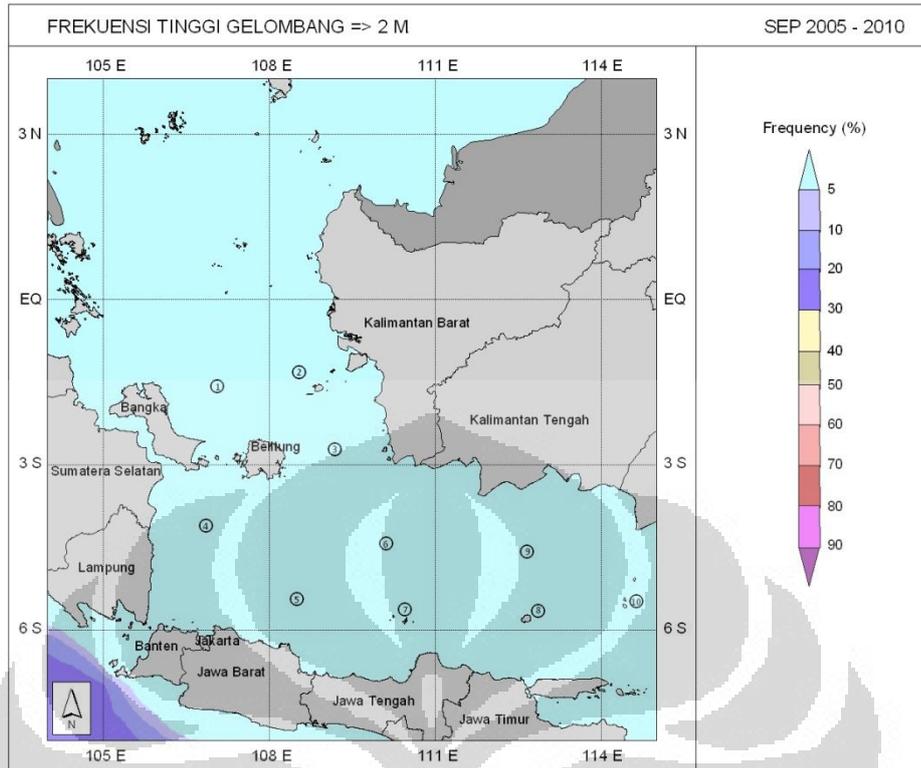
Gambar 8g. Analisis frekuensi gelombang signifikan ≥ 2 meter bulan Juni (data periode 2005 – 2010)



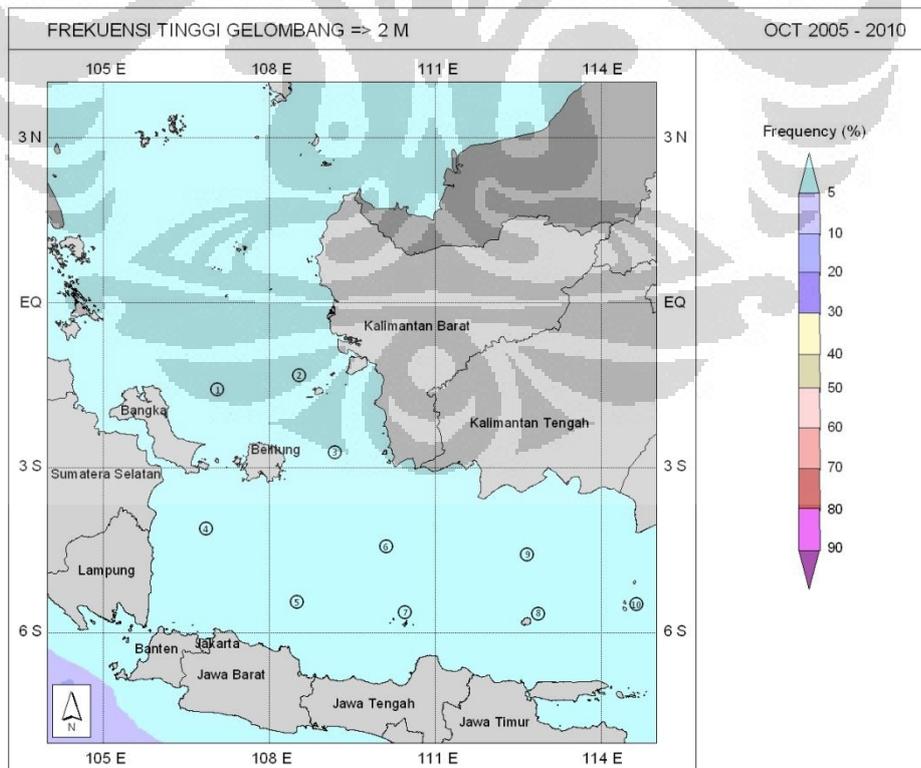
Gambar 8h. Analisis frekuensi gelombang signifikan ≥ 2 meter bulan Juli (data periode 2005 – 2010)



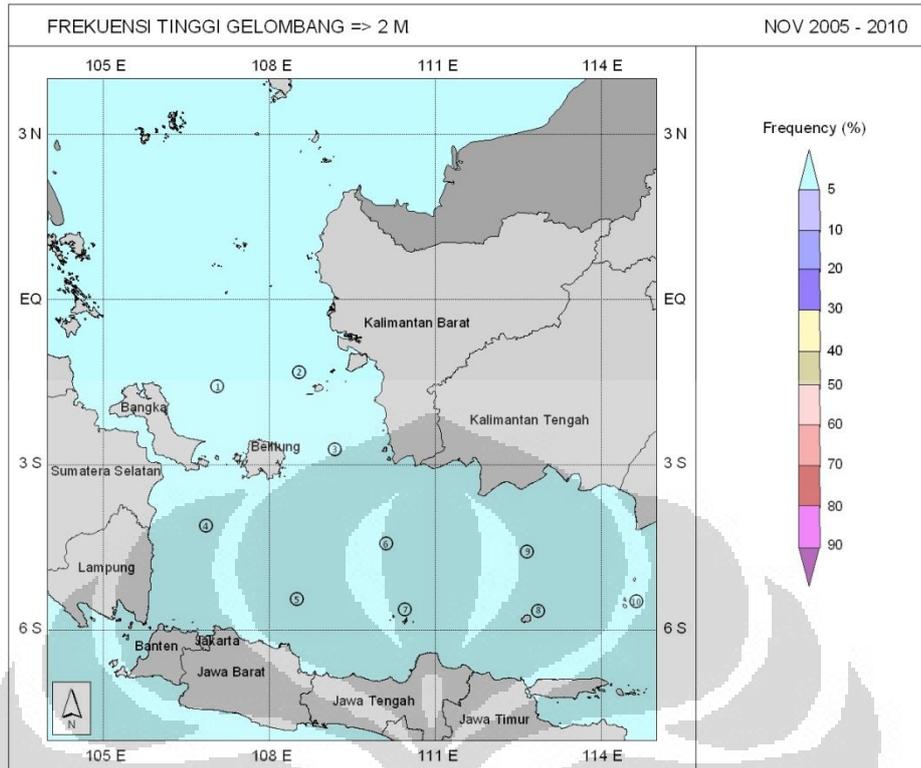
Gambar 8i. Analisis frekuensi gelombang signifikan ≥ 2 meter bulan Agustus (data periode 2005 – 2010)



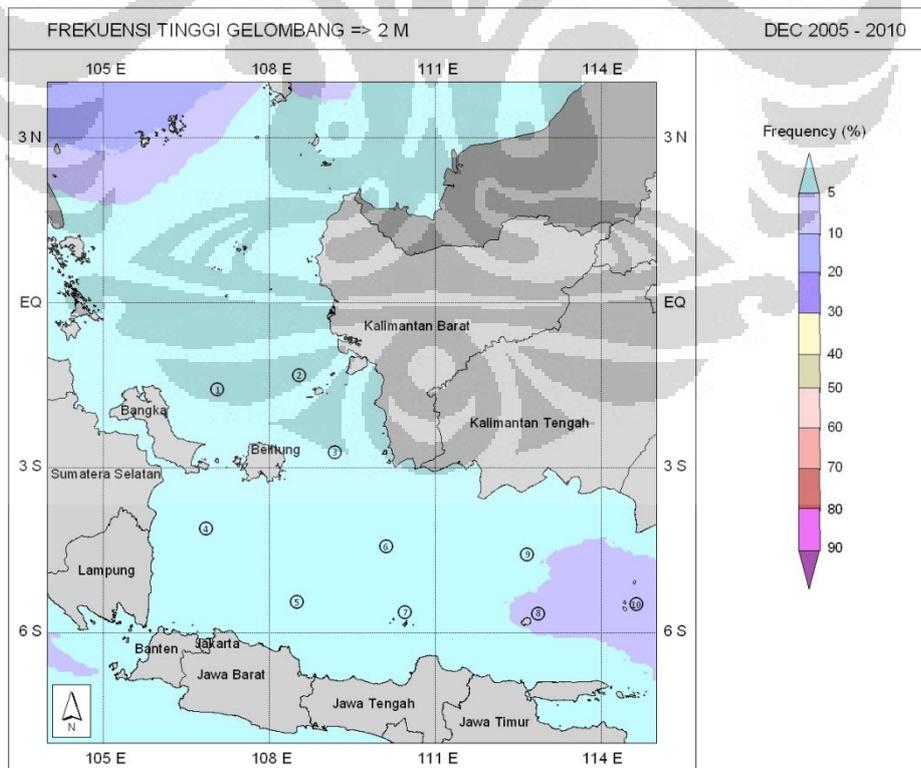
Gambar 8j. Analisis frekuensi gelombang signifikan ≥ 2 meter bulan September (data periode 2005 – 2010)



Gambar 8j. Analisis frekuensi gelombang signifikan ≥ 2 meter bulan Oktober (data periode 2005 – 2010)



Gambar 8k. Analisis frekuensi gelombang signifikan ≥ 2 meter bulan Nopember (data periode 2005 – 2010)



Gambar 8l. Analisis frekuensi gelombang signifikan ≥ 2 meter bulan Desember (data periode 2005 – 2010)