



TUGAS AKHIR - MO 091336

ANALISA VARIASI MUSIMAN TINGGI GELOMBANG LAUT SECARA GLOBAL SELAMA PERIODE 1984- 2003

NORMALITA SARI
NRP 4310 100 025

Dosen Pembimbing

1. Dr. Eng. Muhammad Zikra, S.T., M.Sc
2. Suntoyo, S.T., M. Eng, Ph.D

JURUSAN TEKNIK KELAUTAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA
2014



FINAL PROJECT - MO 091336

**SEASONAL VARIATION ANALYSIS OF SEA WAVE
HEIGHT IN GLOBAL DURING THE PERIOD 1894-
2003**

NORMALITA SARI
REG 4310 100 025

Supervisors

1. Dr. Eng. Muhammad Zikra, S.T., M.Sc
2. Suntoyo, S.T., M. Eng, Ph.D

**DEPARTEMENT OF OCEAN ENGINEERING
Faculty Of Marine Engineering
Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya
2014**

**ANALISA VARIASI MUSIMAN TINGGI GELOMBANG LAUT
SECARA GLOBAL SELAMA PERIODE 1984-2003**

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat

Memperoleh Gelar Sarjana Teknik

pada

Program Studi S-1 Jurusan Teknik Kelautan

Fakultas Teknologi Kelautan

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

NORMALITA SARI

NRP 4310 100 025

Disetujui oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir:

1. Dr. Eng. Muhammad Zikra, S.T., M.Sc.....(Pembimbing 1)

2. Suntoyo, S.T., M.Eng, Ph.D.....(Pembimbing 2)

SURABAYA, AGUSTUS 2014

ANALISA VARIASI MUSIMAN TINGGI GELOMBANG LAUT SECARA GLOBAL SELAMA PERIODE 1984-2003

Nama Mahasiswa : Normalita Sari
NRP : 4310 100 025
Jurusan : Teknik Kelautan FTK-ITS
Dosen Pembimbing : Dr. Eng. M. Zikra, ST, M.Sc
Suntoyo, ST, M.Eng, Ph.D

ABSTRAK

Pemasaran global dan perubahan iklim secara langsung dapat mempengaruhi keadaan lingkungan, terutama di lautan. Gelombang tinggi yang terjadi di laut dapat menyebabkan berbagai kerusakan pantai. Maka dari itu, pendekatan klimatologi perlu dilakukan dengan menganalisa tinggi gelombang yang pernah terjadi. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui sebaran tinggi gelombang laut secara global yang dibagi menurut musim dengan menggunakan data hasil hindcasting dari pemodelan numerik WAM selama periode 20 tahun, dari tahun 1984 sampai 2003. Hasil yang diperoleh dari penelitian ini berupa peta distribusi rata-rata tinggi gelombang signifikan (H_s) yang dibagi menurut empat musim yang terjadi di dunia selama 20 tahun. Rata-rata tinggi gelombang pada bulan Januari-Februari-Maret dan bulan Oktober-November-Desember cenderung tinggi di bagian bumi dengan koordinat latitude 0° - 90° dan longitude 0° - 360° . Sedangkan di koordinat latitude -0° - (-90°) dan longitude 0° - 360° cenderung memiliki H_s yang tinggi sepanjang tahun. Rata-rata tinggi gelombang di beberapa lokasi secara global mengalami perubahan selama 20 tahun. Pada laut bagian selatan bumi, trend rata-rata tinggi gelombang signifikan cenderung meningkat. Sedangkan pada bagian utara bumi, seperti samudera Pasifik utara dan samudera Atlantik utara memiliki trend tinggi gelombang yang cenderung turun dari tahun 1984 hingga 2003. Trend kenaikan dan penurunan yang terjadi tidak begitu signifikan.

Kata Kunci : Tinggi gelombang signifikan, WAM, musim, perubahan iklim, trend.

SEASONAL VARIATION ANALYSIS OF SEA WAVE HEIGHT IN GLOBAL DURING THE PERIOD 1984-2003

ABSTRACT

Global warming and climate change could affect the environment, especially in the ocean. Wave height that occur in the ocean can cause a variety of damage to the beach. Therefore, the approach needs to be done to analyze the climatological wave height that ever happened. This study was conducted to determine the spread of global sea wave height divided by season, using hindcasting results data from WAM numerical modeling over a period of 20 years, from 1984 until 2003. Results obtained from this study purports to map of the distribution of average significant wave height (H_s) are divided by the four seasons that occur in the world for 20 years. The average wave height in January-February-March and the month of October-November-December likely high in the earth with coordinates of 0° - 90° latitude and 0° - 360° longitude. Whereas in the coordinate -0° - (-90°) latitude and longitude 0° - 360° tend to have high average of H_s throughout the year. The average wave height at various locations globally has changed for 20 years. In the southern part of the earth, the trend of average significant wave height tends to increase. Whereas in the northern part of the earth, such as the deep north Pacific and north Atlantic ocean has a H_s trend that tends to decrease from 1984 to 2003.

Keywords: significant wave height, WAM, season, climate change, trend.

KATA PENGANTAR

Alhamdulillahirabbil'alamin. Puji syukur kehadirat Allah SWT yang telah memberikan rahmat, hidayah serta ridho-Nya sehingga penulis bisa menyelesaikan tugas akhir yang berjudul “Analisa Variasi Musiman Tinggi Gelombang Secara Global Selama Periode 1984-2003” ini dengan sebaik-baiknya.

Secara umum, tugas akhir ini membahas tentang variasi musiman tinggi gelombang laut secara global menggunakan WAM model dan kecenderungan (*trend*) tinggi gelombang laut yang terjadi selama periode 1984-2003. Di dalam tugas akhir ini nantinya akan banyak disajikan peta sebaran tinggi gelombang laut dan grafik *trend* yang disertai dengan analisanya.

Penulis menyadari bahwa masih ada kekurangan dalam penulisan tugas akhir ini. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat penulis harapkan. Semoga tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi pembaca.

Surabaya, Agustus 2014

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PENGESAHAN.....	v
ABSTRAK.....	vii
ABSTRACT.....	ix
KATA PENGANTAR.....	xi
UCAPAN TERIMA KASIH.....	xiii
DAFTAR ISI.....	xv
DAFTAR GAMBAR.....	xvii
DAFTAR TABEL.....	xix
DAFTAR NOTASI.....	xxi
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Perumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan.....	3
1.4 Manfaat.....	3
1.5 Batasan Masalah.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI	
2.1 Tinjauan Pustaka.....	5
2.2 Dasar Teori.....	6
2.2.1 Perubahan Iklim.....	6
2.2.2 Pembangkitan Gelombang.....	7
2.2.3 Pengolahan Data Secara Statistik.....	9
2.2.3.1 Ukuran Pemusatan Data.....	9
2.2.3.2 Regresi Linear Sederhana.....	11
2.2.4 <i>Global Circular Model (GCM)</i>	13
2.2.5 Pemodelan Numerik.....	14
2.2.7 Pemodelan Gelombang (WAM Model).....	15
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	
3.1 Metodologi Penelitian.....	19
3.2 Prosedur Penelitian.....	20

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Variasi Tinggi Gelombang Signifikan (Hs) Selama 1984-2003.....	27
4.1.2 Rata-rata Hs pada Bulan Januari, Februari dan Maret.....	28
4.1.3 Rata-rata Hs pada Bulan April, Mei dan Juni.....	29
4.1.4 Rata-rata Hs pada Bulan Juli, Agustus dan September.....	30
4.1.5 Rata-rata Hs pada Bulan Oktober, November dan Desember.....	31
4.1.6 Rata-rata Hs Perbulan Selama 20 Tahun.....	33
4.2 Kecenderungan (<i>Trend</i>) Tingkat Kenaikan dan Penurunan Hs Selama Periode 1984-2003.....	35
4.2.1 Trend Rata-rata Hs Per tahun Selama 1984-2003.....	35
4.2.2 Trend Hs Per bulan Selama 1984-2003 di sekitar perairan Indonesia.....	41

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan.....	47
5.2 Saran.....	47
DAFTAR PUSTAKA	48

LAMPIRAN

BIODATA PENULIS

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Perubahan muka air laut secara global.....	1
Gambar 1.2 Kerusakan pantai di Bali.....	2
Gambar 2.1 Efek Rumah Kaca.....	6
Gambar 2.2 Suhu rata-rata global.....	7
Gambar 2.3 Mekanisme pembentukan gelombang oleh angin.....	8
Gambar 2.4 Klasifikasi gelombang laut berdasarkan periode.....	9
Gambar 2.5 Beberapa bentuk diagram pencar.....	12
Gambar 2.6 Garis regresi linier pada diagram pencar.....	13
Gambar 2.7 <i>Kakushin Program Time Slice Experiment</i>	14
Gambar 3.1 Diagram Alir Penggeraan Tugas Akhir.....	19
Gambar 3.2 Input data angin pada tahun 1984.....	21
Gambar 3.3 Input file baimetri.....	21
Gambar 3.4 fcl.bat.....	21
Gambar 3.5 Program prepoc_L.f.....	22
Gambar 3.6 Program preset_L.f.....	22
Gambar 3.7 Program wamodel_L.f	23
Gambar 3.8 Program make_date.for.....	24
Gambar 3.9 Program wamtosurfnew.for.....	24
Gambar 3.10 Program getdataavemax2.m.....	25
Gambar 3.11 Program basemap_plotresult_monthly_average.m.....	26
Gambar 4.1 Peta rata-rata Hs pada bulan Januari, Februari dan Maret selama 20 tahun.....	28
Gambar 4.2 Peta rata-rata Hs pada bulan April, Mei dan Juni selama 20 tahun.....	29
Gambar 4.3 Peta rata-rata Hs pada bulan Juli, Agustus dan September selama 20 tahun.....	30
Gambar 4.4 Peta rata-rata Hs pada bulan Oktober, November dan Desember selama 20 tahun.....	31
Gambar 4.5 Pola Sirkulasi Angin Global.....	32
Gambar 4.6 Peta Rata-rata Hs Perbulan Selama 1984-2003.....	33

Gambar 4.7 West Gamma <i>Jack Up</i>	34
Gambar 4.8 Peta pengambilan titik-titik yang akan dianalisa.....	36
Gambar 4.9 Grafik trend rata-rata Hs di utara Kepulauan Natuna, Laut Cina Selatan.....	37
Gambar 4.10 Grafik Trend Hs di Laut Cina Selatan, longitude 110°, latitude 5° pada bulan Januari.....	41
Gambar 4.11 Grafik Trend Hs di Samudera Hindia, longitude 90°, latitude 5° pada bulan Januari.....	42
Gambar 4.12 Grafik Trend Hs di Samudera Pasifik, Longitude 140 °, latitude 5° pada bulan januari.....	42
Gambar 4.13 Grafik Trend Hs di Samudera Hindia, longitude 110 °, latitude -10 ° pada bulan januari.....	43

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Titik koordinat yang akan dianalisa.....	35
Tabel 4.2 Trend tingkat kenaikan dan penurunan rata-rata Hs.....	40
Tabel 4.3 Trend Hs bulanan di sekitar perairan Indonesia.....	45

DAFTAR NOTASI

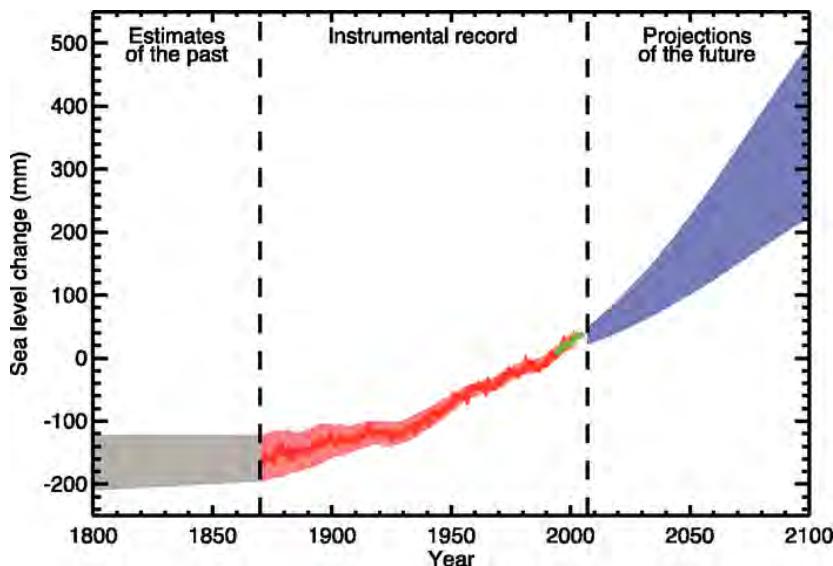
$x_{(1)}$	= Data terkecil
$x_{(n)}$	= Data terbesar
$x_{(k)}$	= Data terkecil ke-k dari data setelah tertata (untuk k = 1, 2, ..., n)
y	= nilai <i>estimate</i> variabel terikat
a	= titik potong garis regresi pada sumbu y
b	= gradien garis regresi
x	= nilai variabel bebas
x_i	= nilai x ke- <i>i</i>
y_i	= nilai y ke- <i>i</i>
$F(\phi, \lambda, \theta, \sigma, t)$	= spektrum energi gelombang
ϕ	= garis bujur
λ	= garis lintang
θ	= arah gelombang
t	= waktu
σ	= frekuensi relatif
S_{tot}	= Sumber energi
S_{in}	= interaksi angin gelombang (<i>wind wave interaction</i>)
S_{nl}	= interaksi nonlinear antar gelombang (<i>nonlinear wave-wave interaction</i>)
S_{dis}	= disipasi gelombang (<i>wave dissipation</i>)

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Populasi manusia di dunia selalu bertambah seiring dengan berjalananya waktu. Aktivitas manusia, termasuk aktivitas industri, juga semakin digiatkan guna memenuhi kebutuhan mereka. Aktivitas industri yang menggunakan bahan bakar minyak menghasilkan emisi gas CO₂ dan mengakibatkan fenomena Efek Rumah Kaca (ERK) atau pemanasan global pada bumi. Suhu permukaan bumi yang mengalami kenaikan akibat pemanasan global akan mengakibatkan perubahan iklim dunia. Menurut catatan *International Panel of Climate Change* (2007), perubahan iklim memiliki banyak efek negatif, beberapa diantaranya meningkatkan intensitas badai, banjir dan kekeringan, serta kenaikan muka air laut.



Gambar 1.1 Perubahan muka air laut secara global (IPCC, 2007)

Menurut Eichelberger (2008), perubahan iklim diketahui dapat meningkatkan rata-rata kecepatan hembusan angin secara global. Pergerakan angin yang dapat mempengaruhi pembangkitan gelombang dipengaruhi oleh keadaan iklim dan musim di suatu wilayah. Apabila kecepatan hembusan

angin meningkat, otomatis gelombang yang timbul akan lebih besar. Gelombang tinggi yang terjadi di laut dapat menyebabkan berbagai kerusakan pantai. Berdasarkan survei yang dilakukan oleh Direktorat Jenderal Sumber Daya Air (Ditjen SDA), Kementerian Pekerjaan Umum (PU) pada tahun 2007, seperti yang dilaporkan Antara News, sekitar 19.000 km garis pantai di Indonesia mengalami kerusakan akibat abrasi dan erosi. Contohnya, panjang garis Pantai Bali adalah 436,5 km sedangkan panjang pantai telah mengalami abrasi adalah sepanjang 91,070 km atau sekitar 20,8 persen rusak.



Gambar 1.2 Kerusakan pantai di Bali (Syafputri, 2012)

Perubahan iklim global adalah aspek yang harus dipertimbangkan dalam bidang teknologi kelautan karena gelombang merupakan salah satu faktor yang sangat berperan dalam berbagai aplikasi kelautan misalnya desain stuktur bangunan lepas pantai, desain bangunan pantai, desain kapal, dan sebagainya. Oleh karena itu, pendekatan klimatologi perlu dilakukan dengan menganalisa tinggi gelombang yang pernah terjadi. Berkaitan dengan hal tersebut, Fitriah (2013) telah mempelajari perilaku rata-rata tahunan tinggi gelombang laut dengan metode *hindcasting*. Dari hasil penelitian tersebut, diperoleh kesimpulan bahwa data gelombang yang dihasilkan dari model WAM menunjukkan tingkat keakuriasan yang cukup baik dengan data pengukuran *bouy*.

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui perilaku tinggi gelombang laut secara global yang dibagi menurut musim dengan menggunakan WAM (*Wave Model*) sebagai pemodelannya. Analisa data yang digunakan adalah data angin yang berasal dari lembaga MRI-JMA (*Meteorology Research Institute/Japan Meteorology Institute*) dan data batimetri yang berasal dari NOAA (*National Oceanic and Atmospheric Administration*).

1.2 Perumusan Masalah

1. Bagaimana variasi musiman tinggi gelombang laut berdasarkan data *hindcasting* selama 20 tahun, dari tahun 1984 sampai 2003?
2. Bagaimana kecenderungan (*trend*) tingkat kenaikan atau penurunan tinggi gelombang laut berdasarkan data *hindcasting* selama 20 tahun, dari tahun 1984 sampai 2003?

1.3 Tujuan

1. Mengetahui variasi musiman tinggi gelombang laut berdasarkan data *hindcasting* selama 20 tahun, dari tahun 1984 sampai 2003.
2. Mengetahui kecenderungan (*trend*) tingkat kenaikan atau penurunan tinggi gelombang laut berdasarkan data *hindcasting* selama 20 tahun, dari tahun 1984 sampai 2003.

1.4 Manfaat

1. Tugas akhir ini dapat digunakan sebagai salah satu masukan informasi bagi peneliti, praktisi maupun pemerintah dalam mendukung langkah adaptasi dan pencegahan bencana akibat perubahan iklim.
2. Tugas akhir ini dapat digunakan untuk pengembangan ilmu dan teknologi di bidang kelautan khususnya dalam permasalahan perubahan iklim gelombang akibat *global warming*.

1.5 Batasan Masalah

1. Data yang digunakan adalah data angin dari MRI-JMA (*Meteorology Research Institute/Japan Meteorology Institute*) dengan resolusi grid $1^{\circ} \times 1^{\circ}$ dalam kurun waktu 1984-2003.
2. Data bathimetri yang digunakan adalah data dari ETOPO dengan resolusi grid $1^{\circ} \times 1^{\circ}$ milik NOAA. Data bathimetri bersifat *stationer* atau tidak mengalami perubahan kedalaman.
3. Analisa dibagi berdasarkan kondisi musim, yaitu musim panas, musim semi, musim gugur dan musim dingin.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

Pemanasan global yang ditandai dengan peristiwa kenaikan suhu rata-rata udara di dekat permukaan bumi dan lautan sejak pertengahan abad ke-20 diproyeksikan akan terus berlangsung. Naiknya temperatur atmosfer bumi menyebabkan berbagai hal, termasuk perubahan iklim dan peningkatan kecepatan angin baik di daratan maupun di lautan. Hal ini tentu berpengaruh dengan perilaku gelombang karena angin merupakan pembangkit gelombang secara umum.

Tinggi gelombang signifikan secara global mengalami peningkatan peluang kejadian dan gelombang tertinggi cenderung meningkat tiap tahunnya (Fitriah, 2013). Hemer et. al (2007) telah melakukan analisa gelombang dan hubungannya dengan perubahan iklim di wilayah Australia. Mereka menganalisa data ERA-40 dan *wave-rider buoy* yang terdapat di perairan Australia. Hasil penelitian menunjukkan bahwa rata-rata jangka panjang dan rata-rata siklus tahunan tinggi gelombang signifikan di wilayah Australia dipengaruhi oleh angin *monsoon* di utara dan angin barat di selatan. Caires dan Swail (2004) telah melakukan penelitian tentang kecenderungan musim (*seasonal trend*) dan pola variasi tinggi gelombang signifikan secara statistik dengan mengestimasi rata-rata, persentil ke-90 dan persentil ke-99 tinggi gelombang signifikan dalam kurun waktu 1984 sampai dengan 2000 menggunakan kumpulan data C-ERA40. Penelitian tersebut menunjukkan bahwa belahan utara bumi memiliki kecenderungan yang tinggi selama musim dingin dan musim gugur, sedangkan laut bagian selatan memiliki kecenderungan tinggi sepanjang tahun.

2.2 Dasar Teori

2.2.1 Perubahan Iklim

Menurut Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika (2010), iklim adalah aspek dari cuaca di suatu tempat dan pada waktu tertentu dalam jangka waktu panjang. Iklim sangat berkaitan erat dengan musim, yaitu periode dengan unsur iklim yang mencolok, misalnya dalam musim panas maka unsur iklim yang mencolok adalah suhu udara yang tinggi (Tjasjono, 1999).

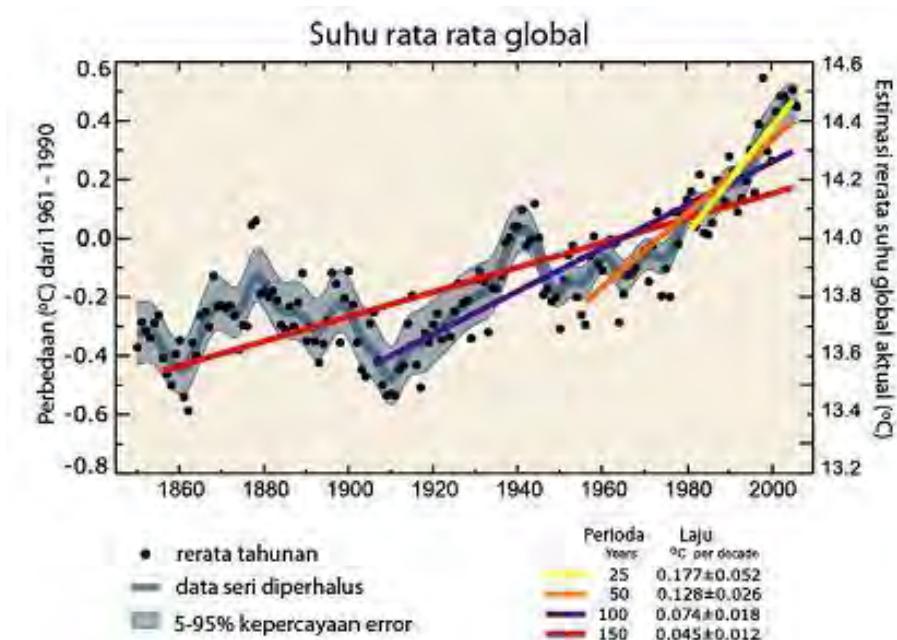
Iklim cenderung berubah akibat berbagai peristiwa yang terjadi di permukaan bumi, baik akibat aktivitas alam seperti perubahan orbit bumi terhadap matahari, letusan gunung berapi dan peristiwa El Nino, maupun akibat kegiatan manusia. Namun penyumbang terbesar dalam fenomena perubahan iklim adalah aktivitas manusia seperti kegiatan industri maupun transportasi yang menyebabkan Efek Rumah Kaca (*Green House Effect*) seperti ilustrasi pada gambar 2.1.



Gambar 2.1 Efek Rumah Kaca

Menurut Diposaptono (2009), Apabila dalam periode waktu yang panjang kita amati data suhu dan kita lihat ada kecenderungan naik dari waktu ke waktu atau dan fluktuasinya (naik turunnya) semakin membesar atau

kejadian anomali iklim semakin sering terjadi dibanding periode waktu sebelumnya, maka dapat dikatakan perubahan iklim sudah terjadi. Perubahan iklim baru dapat diketahui setelah periode waktu yang panjang, beberapa ahli klimatologi menggunakan istilah kecenderungan iklim atau *climate trend* (Tjasjono, 1999). Naiknya suhu di atmosfer bumi secara global, baik itu di darat maupun di laut, berhubungan erat dengan perilaku pergerakan angin dunia.

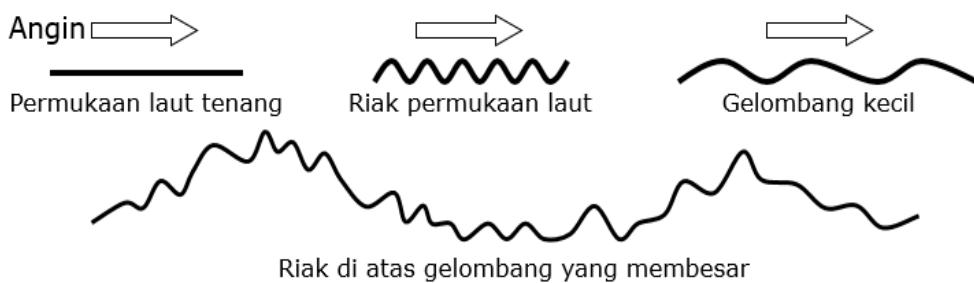


Gambar 2.2 Suhu rata-rata global (IPCC, 2007)

2.2.2 Pembangkitan Gelombang

Gelombang merupakan fluktuasi muka air di laut yang memiliki bentuk sangat kompleks dan sulit digambarkan karena memiliki bentuk yang acak. Gelombang terbagi menjadi beberapa jenis tergantung pada gaya pembangkitnya. Menurut Triatmaja (2009), gelombang laut bisa dibangkitkan oleh angin (gelombang angin), gaya tarik matahari dan bulan (pasang surut), letusan gunung berapi atau gempa di laut (tsunami), kapal yang bergerak dan sebagainya.

Gelombang yang banyak ditemui adalah gelombang yang dibangkitkan oleh angin dan biasa disebut *wind waves*. Bila diatas permukaan laut berhembus angin yang berkecepatan relatif rendah maka pada air laut akan terbentuk riak-riak kecil, atau *ripple*. Riak-riak ini akan membesar menjadi gelombang kecil, jika angin terus berhembus dan kecepatannya bertambah (Djatmiko, 2012).



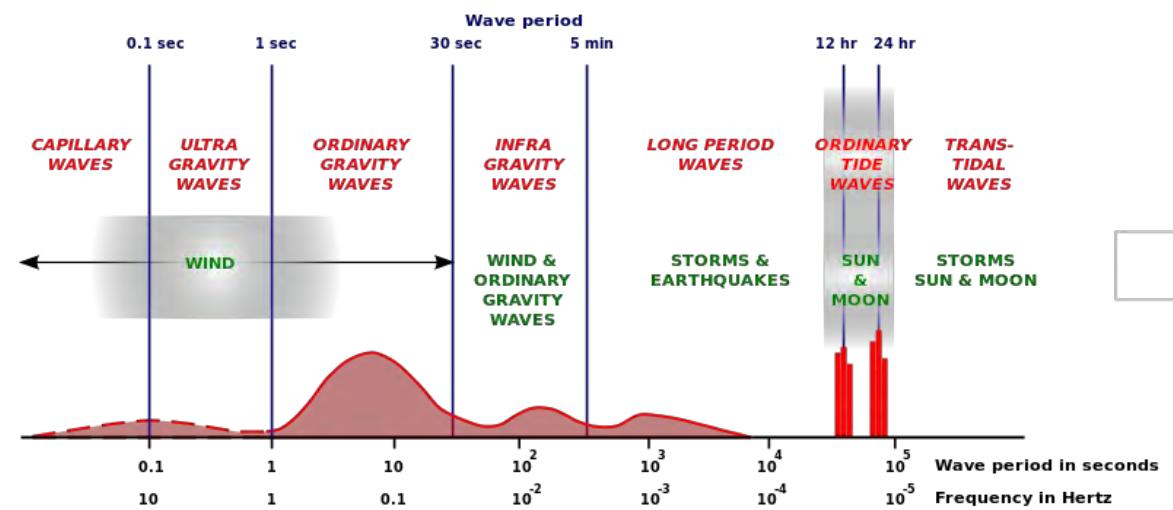
Gambar 2.3 Mekanisme pembentukan gelombang oleh angin

(Djatmiko, 2012)

Menurut Young (1999), sebagaimana dikutip oleh Djatmiko (2012), ukuran gelombang yang terbentuk oleh angin tergantung dari lima faktor, diantaranya:

- Kecepatan angin berhembus
- Jarak bentangan permukaan laut dimana angin berhembus (*fetch length*)
- Lebar area angin berhembus
- Durasi atau lamanya angin berhembus
- Kedalaman air

Selain dibagi berdasarkan gaya pembangkitnya, gelombang dapat dikelompokkan menurut spektrum energinya sebagai fungsi periode gelombang dan sumber pembentuknya. Pengelompokan gelombang berdasarkan spektrum dapat dilihat pada gambar 2.4 berikut ini.



**Gambar 2.4 Klasifikasi gelombang laut berdasarkan periode
(Djatmiko, 2012)**

Gelombang yang terbentuk oleh angin lokal mempunyai periode sampai dengan 30 detik. Gelombang kapiler dan ultra gravitasi akan terlihat sebagai riak-riak permukaan laut. Gelombang dengan periode di atas 30 detik sampai dengan 5 menit disebut sebagai gelombang infra gravitasi, yang kebanyakan berupa *swell*. Gelombang dengan periode di atas 5 menit terbentuk oleh badai besar dan gempa bumi. Berikutnya, gelombang pasang surut memiliki periode antara 12 jam sampai dengan 24 jam. Apabila gelombang pasang surut berkombinasi dengan gelombang badai maka periodenya dapat lebih panjang lagi, disebut sebagai gelombang *trans tidal*.

2.2.3 Pengolahan Data Secara Statistik

2.2.3.1 Ukuran Pemusatan Data

Menurut Harinaldi (2005), data yang dikumpulkan dalam suatu kajian statistik dapat dibedakan menjadi dua macam, yaitu data kualitatif dan data kuantitatif. Data kualitatif adalah data yang bukan berupa angka dan tidak dapat dilakukan operasi matematik. Data kuantitatif atau data numerik merupakan data yang berbentuk angka dan bisa dilakukan operasi matematika.

Data sering menunjukkan kecenderungan terpusat di sekitar suatu nilai. Nilai pusat ini kemudian digunakan sebagai suatu ukuran ringkas yang menggambarkan karakteristik umum data tersebut. Ada tiga jenis ukuran pemusatan yang dapat digunakan, yaitu mean, modus dan median (Nugroho, 2008).

a) Mean

Rata-rata atau mean adalah nilai khas yang mewakili sifat tengah, atau posisi pusat, dari suatu kumpulan nilai data. Rata-rata merupakan rasio dari total nilai pengamatan dengan banyaknya pengamatan. Rata-rata dapat dituliskan sebagai:

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad (1)$$

Dimana:

$$x_1, x_2, \dots, x_n = \text{Data } x \text{ sebanyak } n \text{ buah}$$

b) Modus

Modus adalah data yang paling sering muncul dari kumpulan data (*data set*) yang diperoleh. Dari data pengamatan apabila ada satu data yang memiliki frekuensi paling banyak disebut *unimodus*, bila ada dua data yang memiliki frekuensi paling banyak disebut sebagai *bimodus*, dan seterusnya.

c) Median

Median menyatakan posisi tengah dari nilai data terjajar (*data array*). Untuk data yang belum dikelompokkan, data ini harus diurutkan terlebih dahulu dari data yang terkecil hingga data terbesar. Median dapat ditentukan dengan notasi:

$$M = \begin{cases} \frac{x_{\left(\frac{n}{2}\right)} + x_{\left(\frac{n}{2}+1\right)}}{2} \\ x_{\left(\frac{n+1}{2}\right)} \end{cases} \quad (2)$$

Dimana:

$x_{(1)}$ = Data terkecil

$x_{(n)}$ = Data terbesar

$x_{(k)}$ = Data terkecil ke-k dari data setelah tertata (untuk $k = 1, 2, \dots, n$)

2.2.3.2 Regresi Linier Sederhana

Data statistik yang telah terkumpul kemudian dapat diolah menjadi sebuah kurva dengan metode regresi linier. Regresi dilakukan untuk mempelajari dan mengukur hubungan statistik yang terjadi antara dua atau lebih variabel. Regresi sederhana merupakan hubungan antara dua variabel yaitu variabel bebas (variabel independen) dan variabel tak bebas (variabel dependen). Metode yang paling populer untuk menetapkan persamaan regresi linier sederhana adalah metode kuadrat terkecil (*least square method*). Berikut persamaan yang digunakan dalam regresi linier sederhana:

$$y = a + bx \quad (3)$$

Dimana:

y = nilai *estimate* variabel terikat

a = titik potong garis regresi pada sumbu y atau nilai *estimate* y bila $x = 0$

b = gradien garis regresi (perubahan nilai *estimate* y per-satuan perubahan nilai x)

x = nilai variabel bebas

Untuk mendapatkan nilai-nilai konstanta a dan b pada persamaan garis regresi, rumusan yang akan digunakan adalah sebagai berikut:

$$a = y - bx \quad (4)$$

$$b = \frac{\sum(x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sum(x_i - \bar{x})^2} \quad (5)$$

Dimana:

x_i = nilai x ke- i

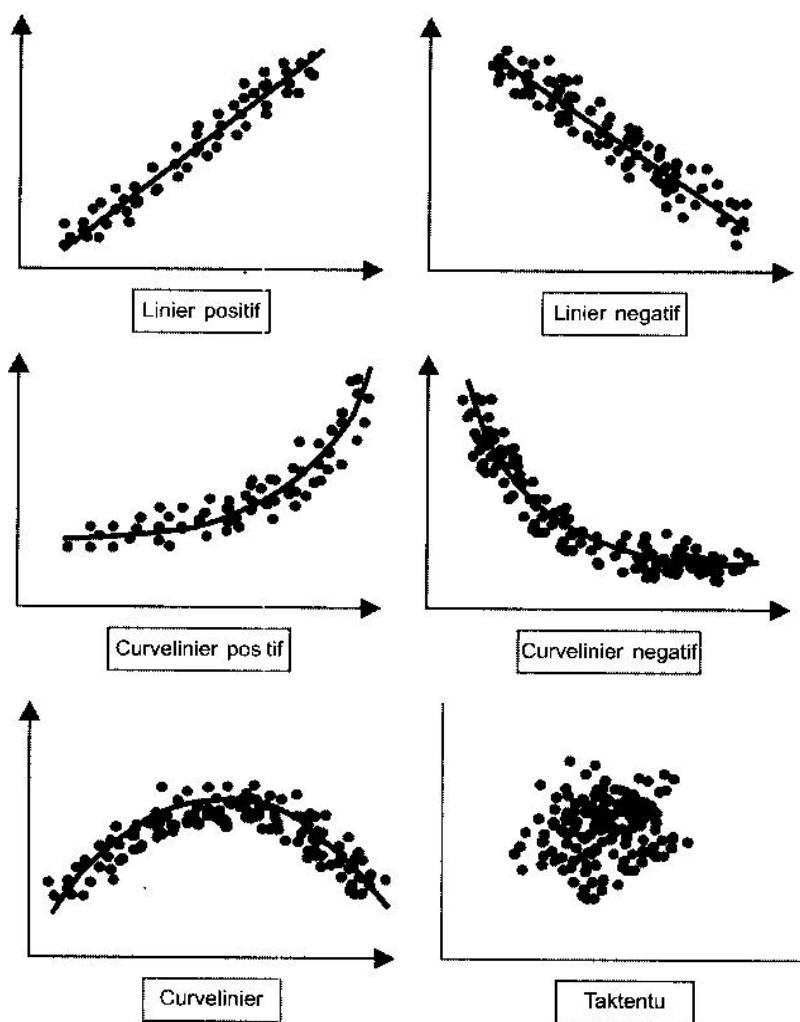
y_i = nilai y ke- i

x = mean dari variabel x

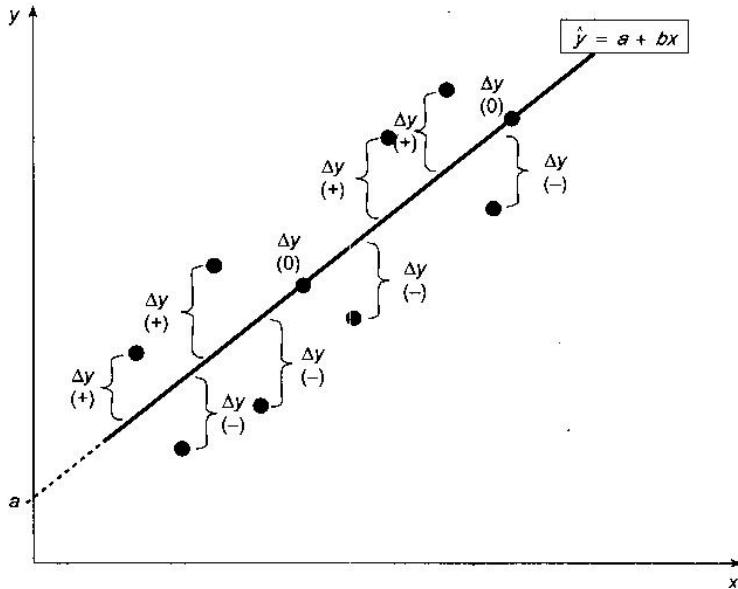
y = mean dari variabel y

a = titik potong garis regresi pada sumbu y atau nilai estimate y bila $x = 0$

b = gradien garis regresi (perubahan nilai *estimate* y per-satuan perubahan nilai x)



Gambar 2.5 Beberapa bentuk diagram pencar (*scatter diagram*)
(Harinaldi, 2005)



Gambar 2.6 Garis regresi linier pada diagram pencar (Harinaldi, 2005)

Apabila persamaan garis regresi telah diketahui, maka trend atau kecenderungan dapat dihitung dengan menggunakan rumus berikut:

$$\text{Trend per - tahun} = \frac{\text{nilai maksimum} - \text{nilai minimum}}{\text{jumlah tahun pengamatan}} \quad (6)$$

Dimana:

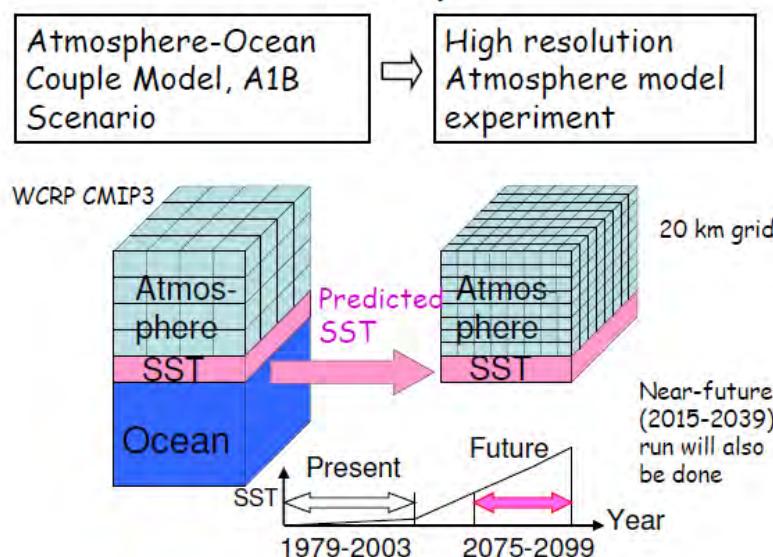
Nilai minimum $y = b(\text{urutan data ke} - 1) + a$

Nilai maksimum $y = b(\text{urutan data ke} - n) + a$

1.2.4 Global Circular Model (GCM)

Model proyeksi perubahan iklim global (*global climate projections*) ini dirancang oleh MRI-JMA Japan atau yang lebih dikenal dengan istilah *20 km high-resolution MRI-JMA AGCM*. Model ini adalah model atmosfer tunggal (*single atmospheric*) AGCM berdasarkan skenario A1B dan model ini dirancang khusus untuk program Kakushin (2007) (Kitoh et al., 2009). Program *Kakushin* (2007) sendiri adalah proyek penelitian tentang prediksi iklim cuaca yang didukung oleh Pemerintah Japan dan salah satu tujuannya adalah memprediksi kondisi cuaca eksrim di wilayah Asia dan khususnya

Japan. Input data untuk model AGCM sendiri adalah *Sea Surface Temperature* (SST) dan rata-rata pemanasan SST (*the ensemble averaged warmer SST*) serta parameter-parameter iklim.



Gambar 2.7 Kakushin Program Time Slice Experiment

(Kitoh et al, 2009)

1.2.5 Pemodelan Numerik

Untuk memprediksi maupun menjelaskan perilaku gelombang laut, peneliti dapat menggunakan metode numerik. Holthuijsen (2007) menyatakan bahwa satu-satunya cara untuk mengetahui karakteristik gelombang ini maka dilakukan simulasi kondisi gelombang berdasarkan data angin.

Dalam pemodelan gelombang, data angin disederhanakan menjadi komponen horizontal tunggal pada setiap titik *grid*, berdasarkan nilai rata-rata untuk interval waktu yang ditentukan. Untuk tinggi gelombang yang digunakan dalam studi ini, variabel yang digunakan adalah tinggi gelombang signifikan (Hs).

Sterl et. al (1998) telah melakukan simulasi gelombang dengan resolusi *grid* $3^\circ \times 3^\circ$ periode 15 tahun. Dalam penelitian ini akan dimodelkan dengan

resolusi *grid* $1^\circ \times 1^\circ$ ($1^\circ = \pm 111,31988$ km) selama kurun waktu 20 tahun, untuk memaksimalkan akurasi hasil. Model yang akan digunakan untuk mensimulasikan tinggi gelombang dalam penelitian ini adalah model numerik WAM.

1.2.6 Pemodelan Gelombang (WAM model)

Model numerik WAM (WAMDI Group, 1988) adalah salah satu model gelombang yang dikenal luas dan telah banyak digunakan diseluruh dunia. Model WAM sendiri merupakan model numerik gelombang, yang diusulkan oleh Komen et al. (1994). WAM merupakan model gelombang generasi ketiga yang menghitung perubahan spektrum energi gelombang secara eksplisit dengan didasarkan pada integrasi numerik dari persamaan kesetimbangan energi. Persamaan spektrum energi gelombang yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$\frac{\partial}{\partial t} F + (\cos \phi)^{-1} \frac{\partial}{\partial \phi} (\phi \cos \phi F) + \frac{\partial}{\partial \lambda} (\lambda F) + \frac{\partial}{\partial \theta} (\theta E) = S_{tot} \quad (7)$$

$$S_{tot} = S_{in} + S_{nl} + S_{dis}$$

Dimana:

$F(\phi, \lambda, \theta, \sigma, t)$ = spektrum energi gelombang

ϕ = garis bujur

λ = garis lintang

θ = arah gelombang

t = waktu

σ = frekuensi relatif

S_{tot} = Sumber energi

S_{in} = interaksi angin gelombang (*wind wave interaction*)

S_{nl} = interaksi nonlinear antar gelombang (*nonlinear wave-wave interaction*)

S_{dis} = disipasi gelombang (*wave dissipation*)

Suku pertama, kedua dan ketiga yang terletak pada sisi kiri persamaan (7) diatas merupakan suku-suku perubahan lokal densitas (kerapatan) energi gelombang, perambatan dan perubahan frekuensi dan refraksi yang

dipengaruhi oleh variabilitas kedalaman dan faktor arus. Untuk suku-suku yang terdapat pada bagian kanan dari persamaan (7) merupakan suku-suku sumber dan disipasi.

Metoda yang dikembangkan oleh Jansen (1991) tentang angin sebagai suku sumber energi yang digunakan dalam WAM adalah:

$$S_{in} = 2\pi f \frac{\rho_a}{\rho_w} \frac{\beta_m}{\kappa^2} \mu \log(\mu)^4 x^2 F(f, \theta), \text{ if } \mu < 1 \quad (8)$$

Dimana:

$$\mu = \left(\frac{U_*}{C} \right)^2 \frac{g \cdot z_0}{U_*^2} \exp\left(\frac{\kappa}{x} \right) \quad (9)$$

$$x = \left(\frac{U_*}{C} + z_{alp} \right) \cos(\theta - \theta_w) \quad (10)$$

$$z_0 = \frac{\alpha U_*}{g \sqrt{1 - \frac{\tau_w}{\tau}}} \quad (11)$$

dengan κ adalah bilangan von Karman, β_m konstan bernilai 1.2, ρ_a rapat jenis udara, ρ_w rapat jenis air, μ variabel tidak berdimensi yang mewakili tinggi kritis, dan z_0 adalah panjang kekasaran permukaan.

Selanjutnya dengan memperhatikan kesetimbangan momentum udara, maka tegangan (*stress*) yang diberikan oleh angin sangat dipengaruhi oleh kondisi perairan dan diberikan oleh persamaan (12).

$$\tau = C_D U^2 (L) \quad (12)$$

Dengan koefisien drag C_D adalah

$$C_D = \left\{ \kappa / (\ln(L/z_0)) \right\}^2 \quad (13)$$

Dimana L disini adalah tinggi rata-rata pengukuran kecepatan angin ($L=10\text{m}$), sedangkan stress yang ditimbulkan oleh gelombang diberikan oleh persamaan (14)

$$\tau_w = \rho_w \int \omega \gamma (F \cdot \cos(\theta - \theta_w)) df d\theta \quad (14)$$

Untuk Suku disipasi yang digunakan di model WAM merujuk pada persamaan yang diberikan oleh Komen et al (1994) adalah:

$$S_{db} = 3,33 \cdot 10^{-5} \varpi \left(\frac{\omega}{\varpi} \right)^2 \left(\frac{\alpha}{\alpha_{pm}} \right)^2 F \quad (15)$$

Dimana:

$$\varpi = E^{-1} \iint F(f, \theta) \omega df d\theta$$

$$E = \iint F(f, \theta) df d\theta$$

Nilai α (parameter kecuraman gelombang) diberikan oleh persamaan:

$$\alpha = E \cdot \varpi^4 g^{-2} \quad (16)$$

Sedangkan parameter kecuraman gelombang berdasarkan spektrum Pierson Moskowits, diberikan dengan nilai $\alpha_{PM} = 4.57 \times 103$.

Suku sumber interaksi nonlinier gelombang diberikan oleh:

$$S_{nl}(k4) = \int \omega_4 \sigma \delta(k_1 + k_2 - k_3 - k_4) \delta(\omega_1 + \omega_2 - \omega_3 - \omega_4) (n_1 n_2 (n_3 + n_4) - n_1 n_2 (n_3 + n_4)) dk_1 dk_2 dk_3 \quad (17)$$

Suku disipasi yang ditimbulkan oleh gesekan dasar diberikan oleh Hasselman et. al (1985) melalui persamaan:

$$S_{dis} = \frac{0.076}{g} \cdot \frac{k}{\sinh(2kh)} \cdot F(f, \theta) \quad (18)$$

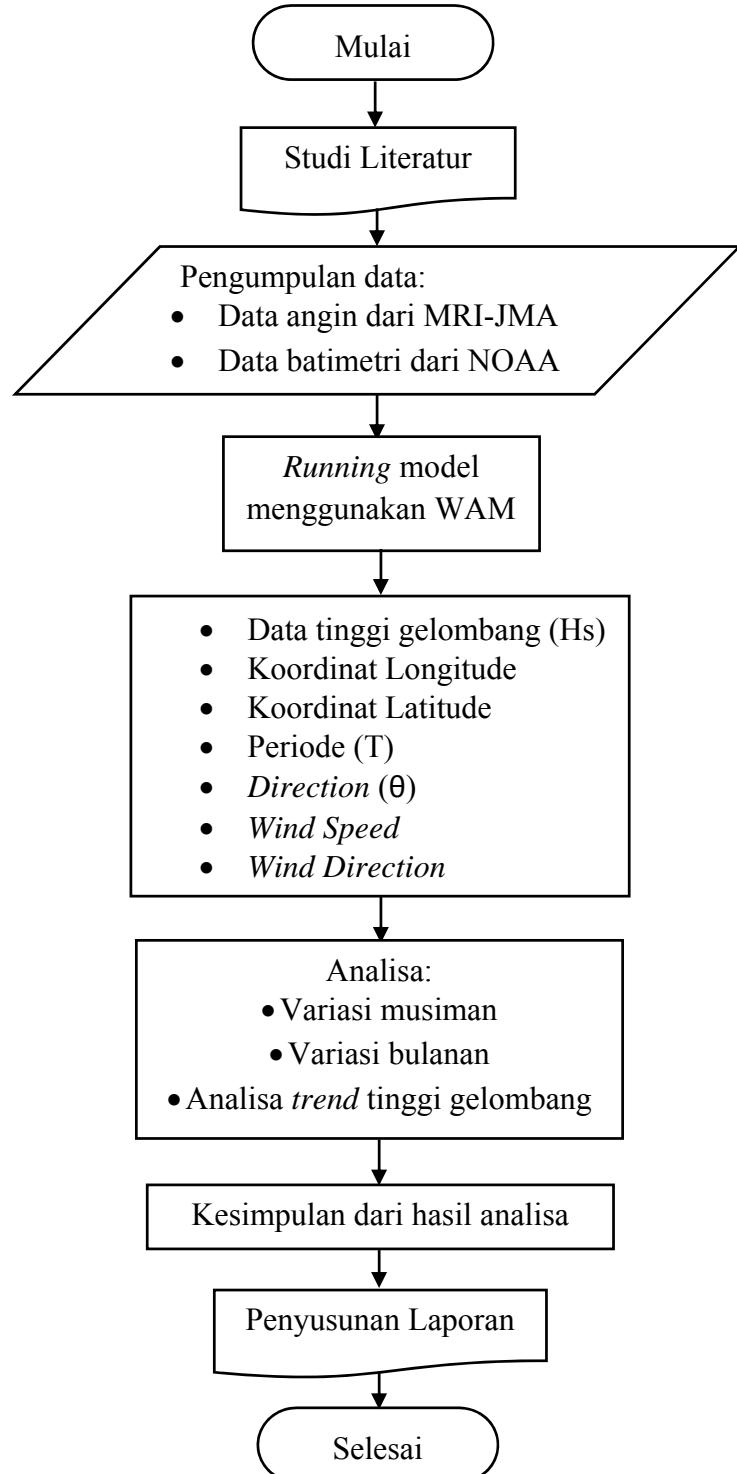
Model WAM ini akan dijalankan menggunakan data kecepatan angin dengan interval 6 jam, hasil output dari model MRI-AGCM iklim global (Mizuta, 2011).

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Metodologi Penelitian

Metode penelitian ditunjukkan oleh diagram alir berikut ini:



Gambar 3.1 Diagram Alir Pengerjaan Tugas Akhir

3.2 Prosedur Penelitian

3.2.1 Studi Literatur

Tahap studi literatur dilakukan dengan mengumpulkan berbagai referensi yang diperoleh dari jurnal, buku, *website* dan tugas akhir.

3.2.2 Pengumpulan Data

a) Data Angin

Data iklim angin yang akan digunakan dalam penelitian ini merupakan model perubahan iklim dunia, yaitu model AGCM (*Atmospheric Global Circular Model*) yang dibuat oleh MRI-JMA (*Meteorology Research Institute/Japan Meteorology Agency*). Data angin AGCM ini berasal dari data suhu permukaan laut yang diambil dari satelit altimetri.

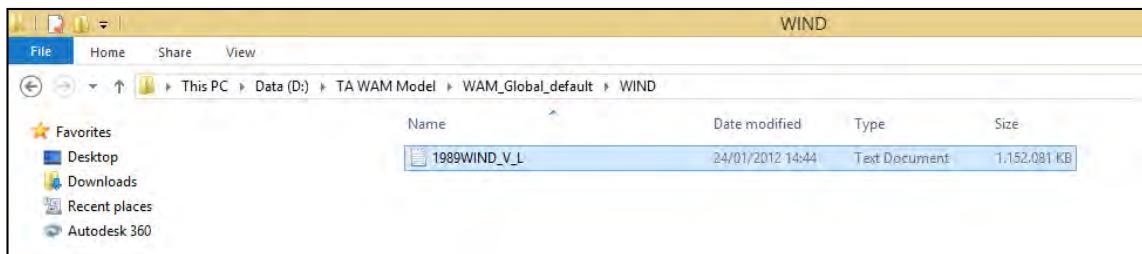
b) Data Batimetri

Data Bathimetri yang akan digunakan untuk analisa merupakan data bathimetri global dari ETOPO milik NOAA (*National Oceanic and Atmospheric Administration*).

3.2.3 *Running* Model Menggunakan WAM

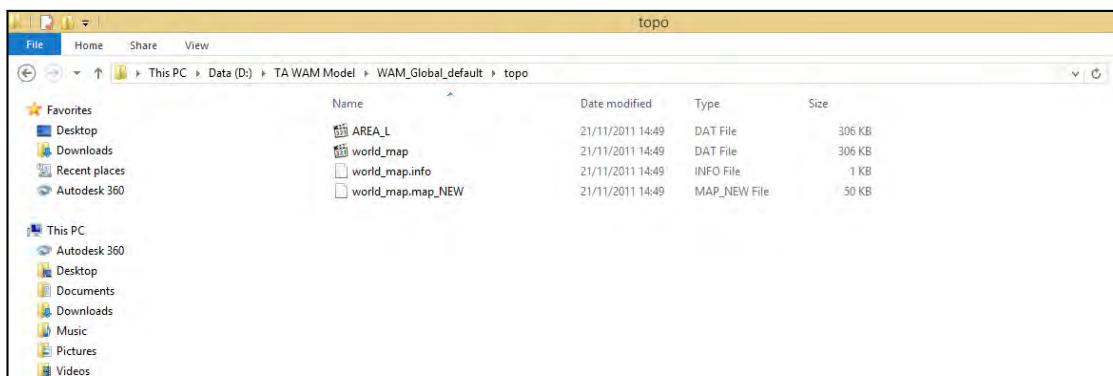
Data angin dimodelkan menggunakan WAM dengan software *Compaq Visual Basic Fortran*. Hasil pemodelan berupa data tinggi gelombang signifikan (Hs) beserta koordinat longitude dan latitude. Berikut langkah-langkah menjalankan WAM Model.

1. Masukkan file data angin ke dalam folder WIND.



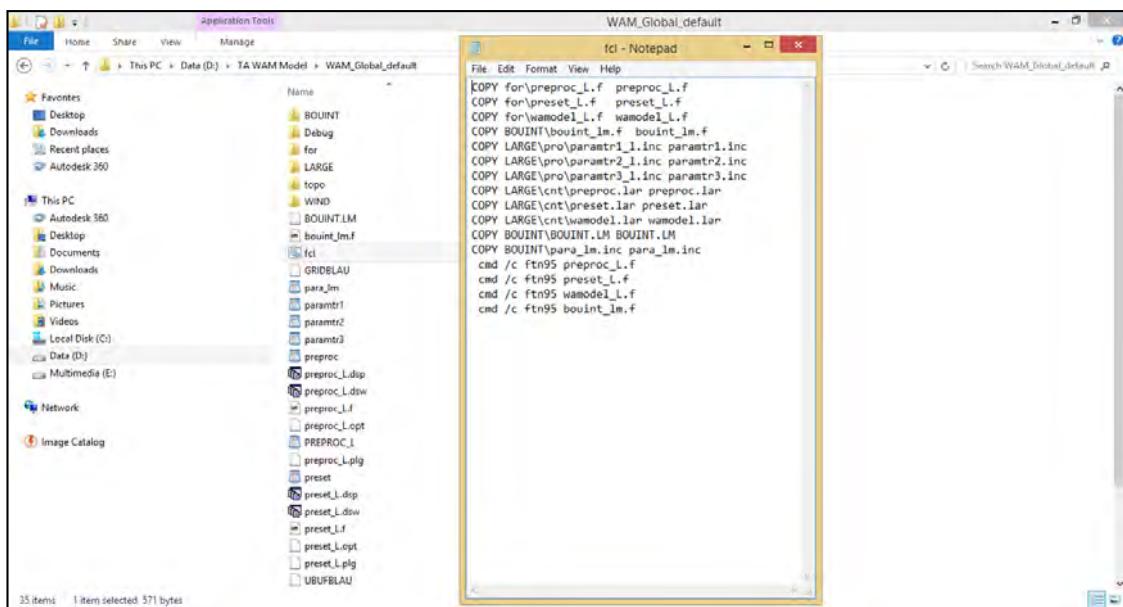
Gambar 3.2 Input data angin pada tahun 1984

2. Masukkan file batimetri ke dalam folder topo. File ini diperoleh dari ETOPO milik NOAA (*National Oceanic and Atmospheric Administration*).



Gambar 3.3 Input file batimetri

3. Buka file fcl.bat melalui command prompt. Berikut perintah yang ada di dalam fcl.bat



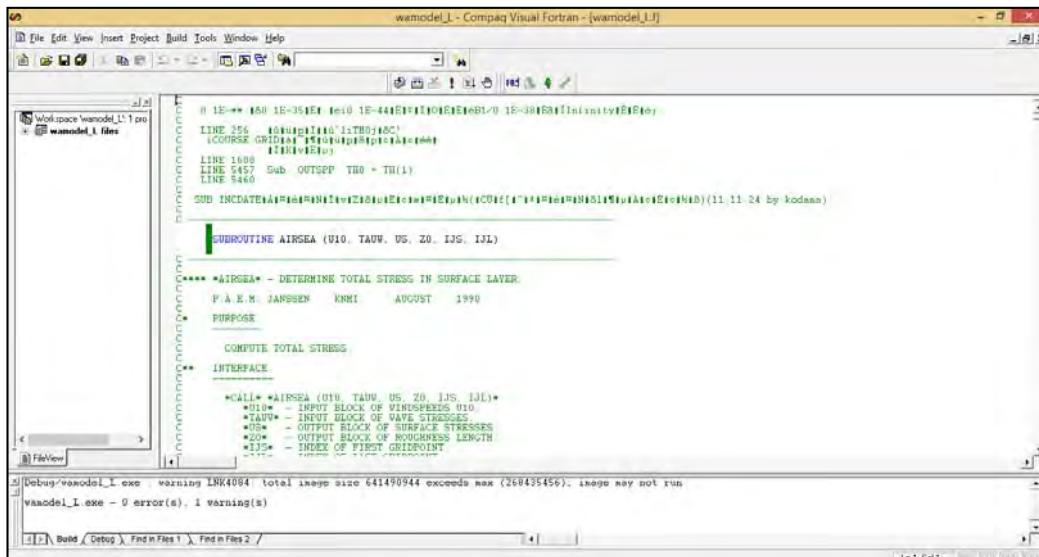
Gambar 3.4 fcl.bat

4. Run program preproc_L.f melalui *software* Compaq Visual Basic Fortran. Klik compile dan build. Apabila tidak ada eror yang terjadi, maka klik *execute*.

```

LINE 2019
10 90 180 360 180 100 110 120 130 140 150 160 170 180 190 200 210 220 230 240 250 260 270 280 290 300 310 320 330 340 350 360 370 380 390 400 410 420 430 440 450 460 470 480 490 500 510 520 530 540 550 560 570 580 590 600 610 620 630 640 650 660 670 680 690 700 710 720 730 740 750 760 770 780 790 800 810 820 830 840 850 860 870 880 890 900 910 920 930 940 950 960 970 980 990 1000 1010 1020 1030 1040 1050 1060 1070 1080 1090 1100 1110 1120 1130 1140 1150 1160 1170 1180 1190 1200 1210 1220 1230 1240 1250 1260 1270 1280 1290 1300 1310 1320 1330 1340 1350 1360 1370 1380 1390 1400 1410 1420 1430 1440 1450 1460 1470 1480 1490 1500 1510 1520 1530 1540 1550 1560 1570 1580 1590 1600 1610 1620 1630 1640 1650 1660 1670 1680 1690 1700 1710 1720 1730 1740 1750 1760 1770 1780 1790 1800 1810 1820 1830 1840 1850 1860 1870 1880 1890 1900 1910 1920 1930 1940 1950 1960 1970 1980 1990 2000 2010 2020 2030 2040 2050 2060 2070 2080 2090 2100 2110 2120 2130 2140 2150 2160 2170 2180 2190 2200 2210 2220 2230 2240 2250 2260 2270 2280 2290 2300 2310 2320 2330 2340 2350 2360 2370 2380 2390 2400 2410 2420 2430 2440 2450 2460 2470 2480 2490 2500 2510 2520 2530 2540 2550 2560 2570 2580 2590 2600 2610 2620 2630 2640 2650 2660 2670 2680 2690 2700 2710 2720 2730 2740 2750 2760 2770 2780 2790 2800 2810 2820 2830 2840 2850 2860 2870 2880 2890 2900 2910 2920 2930 2940 2950 2960 2970 2980 2990 2999 3000 3010 3020 3030 3040 3050 3060 3070 3080 3090 3099 3100 3110 3120 3130 3140 3150 3160 3170 3180 3190 3199 3200 3210 3220 3230 3240 3250 3260 3270 3280 3290 3299 3300 3310 3320 3330 3340 3350 3360 3370 3380 3390 3399 3400 3410 3420 3430 3440 3450 3460 3470 3480 3490 3499 3500 3510 3520 3530 3540 3550 3560 3570 3580 3590 3599 3600 3610 3620 3630 3640 3650 3660 3670 3680 3690 3699 3700 3710 3720 3730 3740 3750 3760 3770 3780 3790 3799 3800 3810 3820 3830 3840 3850 3860 3870 3880 3890 3899 3900 3910 3920 3930 3940 3950 3960 3970 3980 3990 3999 4000 4010 4020 4030 4040 4050 4060 4070 4080 4090 4099 4100 4110 4120 4130 4140 4150 4160 4170 4180 4190 4199 4200 4210 4220 4230 4240 4250 4260 4270 4280 4290 4299 4300 4310 4320 4330 4340 4350 4360 4370 4380 4390 4399 4400 4410 4420 4430 4440 4450 4460 4470 4480 4490 4499 4500 4510 4520 4530 4540 4550 4560 4570 4580 4590 4599 4600 4610 4620 4630 4640 4650 4660 4670 4680 4690 4699 4700 4710 4720 4730 4740 4750 4760 4770 4780 4790 4799 4800 4810 4820 4830 4840 4850 4860 4870 4880 4890 4899 4900 4910 4920 4930 4940 4950 4960 4970 4980 4990 4999 5000 5010 5020 5030 5040 5050 5060 5070 5080 5090 5099 5100 5110 5120 5130 5140 5150 5160 5170 5180 5190 5199 5200 5210 5220 5230 5240 5250 5260 5270 5280 5290 5299 5300 5310 5320 5330 5340 5350 5360 5370 5380 5390 5399 5400 5410 5420 5430 5440 5450 5460 5470 5480 5490 5499 5500 5510 5520 5530 5540 5550 5560 5570 5580 5590 5599 5600 5610 5620 5630 5640 5650 5660 5670 5680 5690 5699 5700 5710 5720 5730 5740 5750 5760 5770 5780 5790 5799 5800 5810 5820 5830 5840 5850 5860 5870 5880 5890 5899 5900 5910 5920 5930 5940 5950 5960 5970 5980 5990 5999 6000 6010 6020 6030 6040 6050 6060 6070 6080 6090 6099 6100 6110 6120 6130 6140 6150 6160 6170 6180 6190 6199 6200 6210 6220 6230 6240 6250 6260 6270 6280 6290 6299 6300 6310 6320 6330 6340 6350 6360 6370 6380 6390 6399 6400 6410 6420 6430 6440 6450 6460 6470 6480 6490 6499 6500 6510 6520 6530 6540 6550 6560 6570 6580 6590 6599 6600 6610 6620 6630 6640 6650 6660 6670 6680 6690 6699 6700 6710 6720 6730 6740 6750 6760 6770 6780 6790 6799 6800 6810 6820 6830 6840 6850 6860 6870 6880 6890 6899 6900 6910 6920 6930 6940 6950 6960 6970 6980 6990 6999 7000 7010 7020 7030 7040 7050 7060 7070 7080 7090 7099 7100 7110 7120 7130 7140 7150 7160 7170 7180 7190 7199 7200 7210 7220 7230 7240 7250 7260 7270 7280 7290 7299 7300 7310 7320 7330 7340 7350 7360 7370 7380 7390 7399 7400 7410 7420 7430 7440 7450 7460 7470 7480 7490 7499 7500 7510 7520 7530 7540 7550 7560 7570 7580 7590 7599 7600 7610 7620 7630 7640 7650 7660 7670 7680 7690 7699 7700 7710 7720 7730 7740 7750 7760 7770 7780 7790 7799 7800 7810 7820 7830 7840 7850 7860 7870 7880 7890 7899 7900 7910 7920 7930 7940 7950 7960 7970 7980 7990 7999 8000 8010 8020 8030 8040 8050 8060 8070 8080 8090 8099 8100 8110 8120 8130 8140 8150 8160 8170 8180 8190 8199 8200 8210 8220 8230 8240 8250 8260 8270 8280 8290 8299 8300 8310 8320 8330 8340 8350 8360 8370 8380 8390 8399 8400 8410 8420 8430 8440 8450 8460 8470 8480 8490 8499 8500 8510 8520 8530 8540 8550 8560 8570 8580 8590 8599 8600 8610 8620 8630 8640 8650 8660 8670 8680 8690 8699 8700 8710 8720 8730 8740 8750 8760 8770 8780 8790 8799 8800 8810 8820 8830 8840 8850 8860 8870 8880 8890 8899 8900 8910 8920 8930 8940 8950 8960 8970 8980 8990 8999 9000 9010 9020 9030 9040 9050 9060 9070 9080 9090 9099 9100 9110 9120 9130 9140 9150 9160 9170 9180 9190 9199 9200 9210 9220 9230 9240 9250 9260 9270 9280 9290 9299 9300 9310 9320 9330 9340 9350 9360 9370 9380 9390 9399 9400 9410 9420 9430 9440 9450 9460 9470 9480 9490 9499 9500 9510 9520 9530 9540 9550 9560 9570 9580 9590 9599 9600 9610 9620 9630 9640 9650 9660 9670 9680 9690 9699 9700 9710 9720 9730 9740 9750 9760 9770 9780 9790 9799 9800 9810 9820 9830 9840 9850 9860 9870 9880 9890 9899 9900 9910 9920 9930 9940 9950 9960 9970 9980 9990 9999 10000 10010 10020 10030 10040 10050 10060 10070 10080 10090 10099 10100 10110 10120 10130 10140 10150 10160 10170 10180 10190 10199 10200 10210 10220 10230 10240 10250 10260 10270 10280 10290 10299 10300 10310 10320 10330 10340 10350 10360 10370 10380 10390 10399 10400 10410 10420 10430 10440 10450 10460 10470 10480 10490 10499 10500 10510 10520 10530 10540 10550 10560 10570 10580 10590 10599 10600 10610 10620 10630 10640 10650 10660 10670 10680 10690 10699 10700 10710 10720 10730 10740 10750 10760 10770 10780 10790 10799 10800 10810 10820 10830 10840 10850 10860 10870 10880 10890 10899 10900 10910 10920 10930 10940 10950 10960 10970 10980 10990 10999 11000 11010 11020 11030 11040 11050 11060 11070 11080 11090 11099 11100 11110 11120 11130 11140 11150 11160 11170 11180 11190 11199 11200 11210 11220 11230 11240 11250 11260 11270 11280 11290 11299 11300 11310 11320 11330 11340 11350 11360 11370 11380 11390 11399 11400 11410 11420 11430 11440 11450 11460 11470 11480 11490 11499 11500 11510 11520 11530 11540 11550 11560 11570 11580 11590 11599 11600 11610 11620 11630 11640 11650 11660 11670 11680 11690 11699 11700 11710 11720 11730 11740 11750 11760 11770 11780 11790 11799 11800 11810 11820 11830 11840 11850 11860 11870 11880 11890 11899 11900 11910 11920 11930 11940 11950 11960 11970 11980 11990 11999 12000 12010 12020 12030 12040 12050 12060 12070 12080 12090 12099 12100 12110 12120 12130 12140 12150 12160 12170 12180 12190 12199 12200 12210 12220 12230 12240 12250 12260 12270 12280 12290 12299 12300 12310 12320 12330 12340 12350 12360 12370 12380 12390 12399 12400 12410 12420 12430 12440 12450 12460 12470 12480 12490 12499 12500 12510 12520 12530 12540 12550 12560 12570 12580 12590 12599 12600 12610 12620 12630 12640 12650 12660 12670 12680 12690 12699 12700 12710 12720 12730 12740 12750 12760 12770 12780 12790 12799 12800 12810 12820 12830 12840 12850 12860 12870 12880 12890 12899 12900 12910 12920 12930 12940 12950 12960 12970 12980 12990 12999 13000 13010 13020 13030 13040 13050 13060 13070 13080 13090 13099 13100 13110 13120 13130 13140 13150 13160 13170 13180 13190 13199 13200 13210 13220 13230 13240 13250 13260 13270 13280 13290 13299 13300 13310 13320 13330 13340 13350 13360 13370 13380 13390 13399 13400 13410 13420 13430 13440 13450 13460 13470 13480 13490 13499 13500 13510 13520 13530 13540 13550 13560 13570 13580 13590 13599 13600 13610 13620 13630 13640 13650 13660 13670 13680 13690 13699 13700 13710 13720 13730 13740 13750 13760 13770 13780 13790 13799 13800 13810 13820 13830 13840 13850 13860 13870 13880 13890 13899 13900 13910 13920 13930 13940 13950 13960 13970 13980 13990 13999 14000 14010 14020 14030 14040 14050 14060 14070 14080 14090 14099 14100 14110 14120 14130 14140 14150 14160 14170 14180 14190 14199 14200 14210 14220 14230 14240 14250 14260 14270 14280 14290 14299 14300 14310 14320 14330 14340 14350 14360 14370 14380 14390 14399 14400 14410 14420 14430 14440 14450 14460 14470 14480 14490 14499 14500 14510 14520 14530 14540 14550 14560 14570 14580 14590 14599 14600 14610 14620 14630 14640 14650 14660 14670 14680 14690 14699 14700 14710 14720 14730 14740 14750 14760 14770 14780 14790 14799 14800 14810 14820 14830 14840 14850 14860 14870 14880 14890 14899 14900 14910 14920 14930 14940 14950 14960 14970 14980 14990 14999 15000 15010 15020 15030 15040 15050 15060 15070 15080 15090 15099 15100 15110 15120 15130 15140 15150 15160 15170 15180 15190 15199 15200 15210 15220 15230 15240 15250 15260 15270 15280 15290 15299 15300 15310 15320 15330 15340 15350 15360 15370 15380 15390 15399 15400 15410 15420 15430 15440 15450 15460 15470 15480 15490 15499 15500 15510 15520 15530 15540 15550 15560 15570 15580 15590 15599 15600 15610 15620 15630 15640 15650 15660 15670 15680 15690 15699 15700 15710 15720 15730 15740 15750 15760 15770 15780 15790 15799 15800 15810 15820 15830 15840 15850 15860 15870 15880 15890 15899 15900 15910 15920 15930 15940 15950 15960 15970 15980 15990 15999 16000 16010 16020 16030 16040 16050 16060 16070 16080 16090 16099 16100 16110 16120 16130 16140 16150 16160 16170 16180 16190 16199 16200 16210 16220 16230 16240 16250 16260 16270 16280 16290 16299 16300 16310 16320 16330 16340 16350 16360 16370 16380 16390 16399 16400 16410 16420 16430 16440 16450 16460 16470 16480 16490 16499 16500 16510 16520 16530 16540 16550 16560 16570 16580 16590 16599 16600 16610 16620 16630 16640 16650 16660 16670 16680 16690 16699 16700 16710 16720 16730 16740 16750 16760 16770 16780 16790 16799 16800 16810 16820 16830 16840 16850 16860 16870 16880 16890 16899 16900 16910 16920 16930 16940 16950 16960 16970 16980 16990 16999 17000 17010 17020 17030 17040 17050 17060 17070 17080 17090 17099 17100 17110 17120 17130 17140 17150 17160 17170 17180 17190 17199 17200 17210 17220 17230 17240 17250 17260 17270 17280 17290 17299 17300 17310 17320 17330 17340 17350 17360 17370 17380 17390 17399 17400 17410 17420 17430 17440 17450 17460 17470 17480 17490 17499 17500 17510 17520 17530 17540 17550 17560 17570 17580 17590 17599 17600 17610 17620 17630 17640 17650 17660 17670 17680 17690 17699 17700 17710 17720 17730 17740 17750 17760 17770 17780 17790 17799 17800 17810 17820 17830 17840 17850 17860 17870 17880 17890 17899 17900 17910 17920 17930 17940 17950 17960 17970 17980 17990 17999 18000 18010 18020 18030 18040 18050 18060 18070 18080 18090 18099 18100 18110 18120 18130 18140 18150 18160 18170 18180 18190 18199 18200 18210 18220 18230 18240 18250 18260 18270 18280 18290 18299 18300 18310 18320 18330 18340 18350 18360 18370 18380 18390 18399 18400 18410 18420 18430 18440 18450 18460 18470 18480 18490 18499 18500 18510 18520 18530 18540 18550 18560 18570 18580 18590 18599 18600 18610 1862
```

6. Run program wamodel_L.f. Output dari program ini adalah file map yang berupa *binary file* dengan rentang waktu per jam. *Binary file* adalah sekumpulan data biner atau data mentah yang belum diolah. Berikut pada gambar 3.7 dibawah ini program wamodel_L.f.



The screenshot shows the Compaq Visual Fortran IDE interface. The title bar reads "wamodel_L - Compaq Visual Fortran - [wamodel_L.F90]". The main window displays the Fortran source code for "wamodel_L.f". The code includes several subroutines and functions, notably "SUB INCDATE", "SUB OUTSEP", and "SUBROUTINE AIRSEA". A detailed documentation block for "SUBROUTINE AIRSEA" is present, mentioning it determines total stress in the surface layer. The code also includes comments about input and output blocks (U10, TAUV, US, Z0, IJS, IJL) and purpose (compute total stress). The bottom status bar shows a warning message: "Debug\wamodel_L.exe warning LNK4084: total image size 641497944 exceeds max (268435456), image may not run".

Gambar 3.7 Program wamodel_L.f.

7. Output map yang berupa *binary file* kemudian diolah menjadi data tinggi gelombang berupa file ASCII (*American Standard Code for Information Interchange*) yaitu format data yang lebih besar ukuran filenya daripada *binary file*. Proses ini terdiri dari beberapa tahap. Sebelum mengubah format file, buat filename.txt yang berisi YYMMDDHH selama setahun dengan menjalankan program make_date.for. Output dari program tersebut juga berupa file ASCII yang berisi data urutan angka tahun, bulan, hari dan jam. Output tersebut nantinya akan digunakan untuk menjalankan program berikutnya. Berikut gambar 3.8 dibawah ini yaitu program make_date.for.

The screenshot shows the Compaq Visual Fortran IDE interface. On the left, the code editor displays the Fortran program `make_date.for`. On the right, a terminal window titled "filename - Notepad" shows the execution of the program, displaying a series of numerical values starting from 8901020000 and ending at 8902040000. The terminal also shows the command `make date` being entered.

```

PROGRAM make_date
IMPLICIT NONE
DATA IDAYS/12/
CHARACTER NSMPFILE*21

ISYER = 89
ISMON = 01
ISDAY = 02
ISHOR = 00
MIN=0

ILEVEL = 89
IEMON = 02
IRET = 11
IERR = 00

ISTEP = 24
IYA=MOD((ISYER,4)

C IF((IEMON.EQ.2) .AND. (IYA.EQ.0))IDAYS(2)=29
C WRITE(*,*) 'IYA= ', IYA
C WRITE(*,*) 'IDAYS(2)= ', IDAYS(2)
OPEN(10,FILE='filename.txt',status='new')
WRITE(10,'(I12.2)')ISYER,ISMON,ISDAY,ISHOR,MIN
DO I =1,1000
ISHOR = ISHOR+ISTEP
END DO

```

Gambar 3.8 Program `make_date.for`

- Setelah `filename.txt` tersimpan, jalankan program `wamtosurf2new.for` untuk mengubah file binary menjadi file ASCII dengan format `*.surf`.

The screenshot shows the Compaq Visual Fortran IDE interface with the workspace titled "WAMtosurf2new". The code editor displays the Fortran program `wamtosurfnew.for`. The terminal window at the bottom shows the command `wamtosurf2new` being run, followed by the message "WAMtosurf2new.exe - 0 error(s). 0 warning(s)".

```

CHARACTER AFP*50, AFO*10, ARDN*50, API*50
CHARACTER APF*10, AFTN*10, APIN*10, APN*10, APUD*20
CHARACTER FDATE*10, MAPFILE*13, IDTPRG*10
CHARACTER IDTPROJ10*10, IDTPROJ10*10, IDTPRG*10
DIMENSION VHGTTG(1000,1000), WDRTTG(1000,1000), WPKFTG(1000,1000),
          TAUWS(1000,1000), COG(1000,1000)
CHARACTER PM(1000)*20
EXCLAL(1000,14)
CHARACTER YEAR, MNW*2, DAW*2, HOUR*2
INTEGER MIN VDR(1000), HHI(1000), TT(1000), DD(1000), W10(1000)

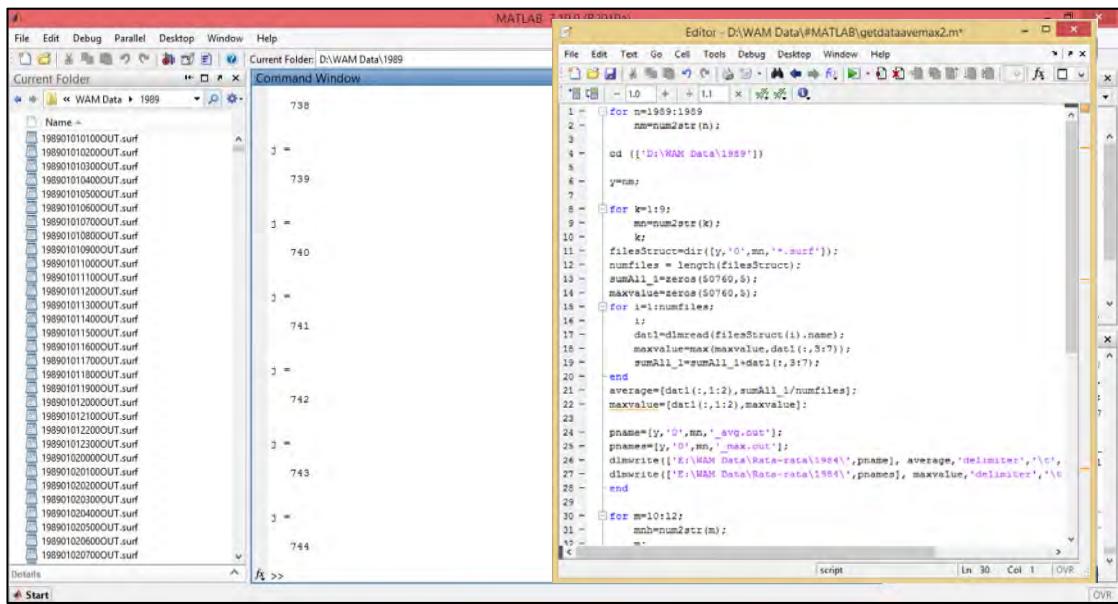
OPEN(11,FILE='wamtosurf.cnt',STATUS='OLD')
READ(11,'(25X,A50)')AF1
READ(11,'(25X,A50)')AFO
READ(11,'(25X,A50)')APF
READ(11,'(25X,I1)')IYF

```

Gambar 3.9 Program `wamtosurfnew.for`

3.2.4 Analisa Variasi Musiman, Variasi Bulanan dan Analisa Trend Hs

1. Hasil pemodelan WAM berupa file ASCII yang berisi tinggi gelombang signifikan (Hs) dalam rentang waktu per-jam. Data tersebut diolah menggunakan *software* Matlab untuk mendapatkan rata-rata tinggi gelombang signifikan per tiga bulan (musiman) dan rata-rata Hs per-bulan. Proses ini membutuhkan waktu yang lama karena file ASCII yang digunakan jumlahnya cukup banyak.



Gambar 3.10 Program getdataavemax2.m

2. Setelah hasil rata-rata diperoleh, langkah berikutnya adalah memetakan data tinggi gelombang signifikan beserta data koordinatnya menggunakan program basemap_plotresult_monthly_average.m. Dari proses plot figure distribusi tinggi gelombang signifikan (Hs) tersebut nantinya akan diperoleh peta sebaran Hs secara global. Berikut gambar 3.11 dibawah ini program yang digunakan untuk proses plot figure.

```

fname1=['Januari.out'];
%filename1=[fname1(3:4),'-',fname1(6:9),'-',fname1(11:12),'-',fname1(14:20)];
filename1=fname1(1:7);
files1=['D:\WAM Data\Rata-rata per bulan\Per bulan 15 tahun\',filename1];
data1=load('-ascii',files1);
x1=data1(:,1);y1=data1(:,2);z1=data1(:,3);
x=0:1:359;
y=-75:1:65;
[X1,Y1]=meshgrid(x,y);Z1=griddata(x1,y1,z1,X1,Y1);Z1(find(Z1==0))=NaN;
figure(10);h=pcolor(X1,Y1,Z1);set(h,'edgecolor','none');axis image;hold on
xlabel('longitude (deg)');ylabel('latitude (deg)');colorbar;title(filename1)
set(gca, 'CLim', [0 , 6]);
set(gcf, 'Units','centimeters', 'Position',[15 5 29 14]); %adjust screen view
export_fig(pname1, '-transparent', '-tiff', '-z150'); %save in tiff, jpg or png
v=[1:0.5:5];
figure(10);[C,h]=contour(X1,Y1,Z1,v,'k');clabel(C,h,'FontSize',7);
pname1=strcat(['D:\WAM Data\Rata-rata per bulan\Per bulan 15 tahun\',',filename1,'_Line']);
export_fig(pname1, '-transparent', '-jpg', '-z150'); %save in tif, jpg or png

pname1 =
D:\WAM Data\Rata-rata per bulan\Per bulan 15 tahun\Januari_Line

```

Gambar 3.11 Program basemap_plotresult_monthly_average.m

3.2.5 Analisa Variasi dan *Trend* Tinggi Gelombang

Hasil analisa akan berupa peta rata-rata tinggi gelombang signifikan (Hs) yang dibagi menurut variasi bulanan dan musiman dalam kurun waktu dari tahun 1984 sampai tahun 2003. Peta kemudian dianalisa untuk mengetahui kecenderungan (*trend*) tinggi gelombang laut secara global dan pengaruhnya terhadap perairan Indonesia. Analisa *trend* dikerjakan dengan menggunakan *software* Ms. Excel.

3.2.6 Kesimpulan dari Hasil Analisa

Setelah hasil analisa diperoleh, maka kesimpulan dapat ditarik sesuai dengan tujuan analisa.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

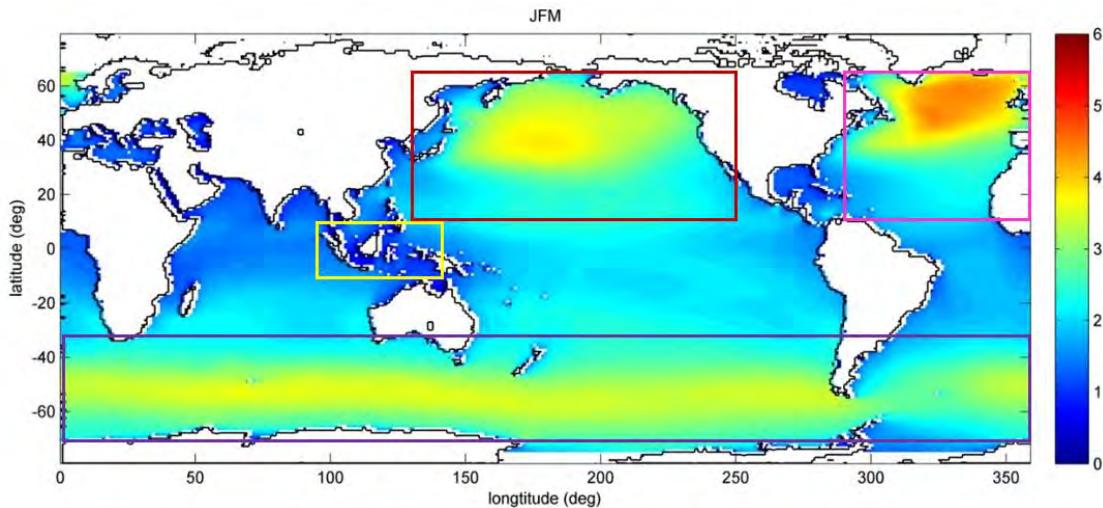
4.1 Variasi Tinggi Gelombang Laut Selama Periode 1984 Hingga 2003

Variasi tinggi gelombang signifikan (Hs) berdasarkan data hindcasting selama 20 tahun dipresentasikan menggunakan figur peta secara global yang dibagi perbulan dan pertiga bulan. Pembagian pertiga bulan tersebut disesuaikan dengan periode musim yang terjadi di dunia, yaitu musim dingin, musim semi, musim panas dan musim gugur.

Beberapa penelitian, seperti penelitian yang telah dilakukan oleh Caires et al. (2004) dan Wang et al. (2003), pembagian musim dalam setahun yaitu pada bulan Januari-Februari-Maret (JFM), bulan April-Mei-Juni (AMJ), bulan Juli-Agustus-September (JAS) dan bulan Oktober-November-Desember (OND). Musim yang ada di beberapa wilayah bumi terjadi karena adanya perpindahan posisi bumi terhadap matahari. Musim yang terjadi berbeda antara bagian utara bumi (0° - 90° latitude dan 0° - 360° longitude) dan bagian selatan bumi (0° - (-90°) latitude dan 0° - 360° longitude).

Pada bulan Januari, Februari dan Maret, bagian utara bumi mengalami musim dingin dan bagian selatan bumi mengalami musim panas. Kemudian pada bulan April, Mei dan Juni, di bagian utara bumi sedang terjadi musim semi dan bagian selatan bumi sedang terjadi musim gugur. Bulan Juli, Agustus dan September, bagian utara bumi mengalami musim panas, sedangkan bagian selatan mengalami musim dingin. Pada bulan Oktober hingga Desember, di bagian utara bumi terjadi musim gugur dan bagian selatan bumi terjadi musim semi.

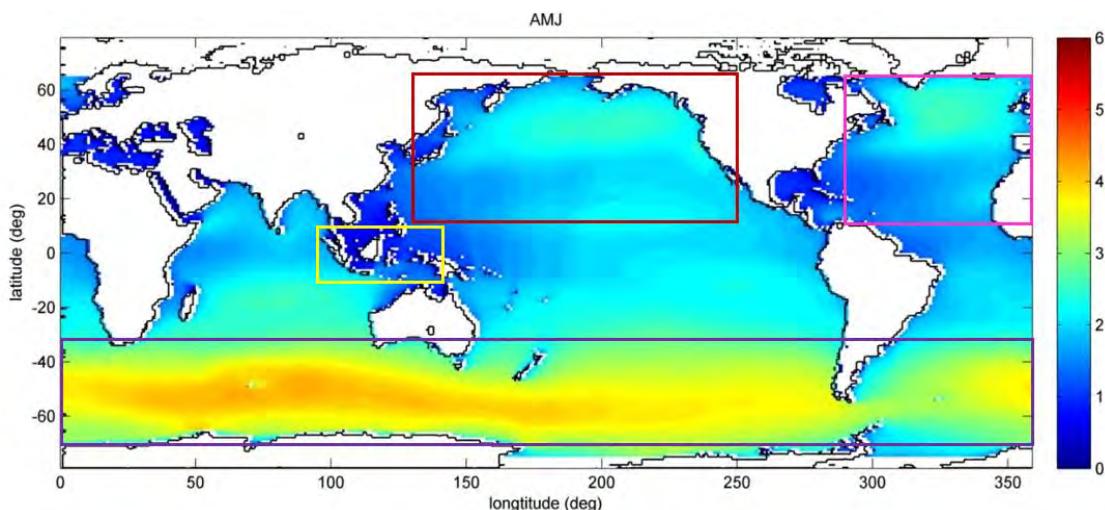
4.1.2 Rata-rata Hs pada Bulan Januari, Februari dan Maret



Gambar 4.1 Peta rata-rata Hs pada bulan Januari, Februari dan Maret selama 20 tahun

Pada gambar 4.1 diketahui terdapat beberapa wilayah laut yang ditinjau, yaitu samudera Pasifik dan Atlantik utara, perairan Indonesia dan laut bagian selatan bumi (*Northern hemisphere*). Pada beberapa lokasi tersebut memiliki Hs yang tinggi khususnya di laut bagian utara bumi, yaitu Samudera Pasifik utara dan Samudera Atlantik utara. Samudera Pasifik utara hingga Laut Bering yang berada di koordinat 20° - 65° latitude dan 130° - 250° longitude memiliki rata-rata Hs antara 0,37 hingga 3,81 m. Pada wilayah Samudera Atlantik utara, rata-rata Hs berada diantara 0,63 hingga 4,43 meter. Perairan Indonesia cenderung tenang dengan kisaran Hs antara 0,30 hingga 1,46 m. Pada wilayah laut bagian selatan bumi (*southern ocean*), yaitu Samudera Hindia dan Samudera Pasifik pada -30° hingga (-80°) latitude memiliki rata-rata Hs yang tinggi antara 1,22 sampai 3,58 m.

4.1.3 Rata-rata Hs pada Bulan April, Mei dan Juni

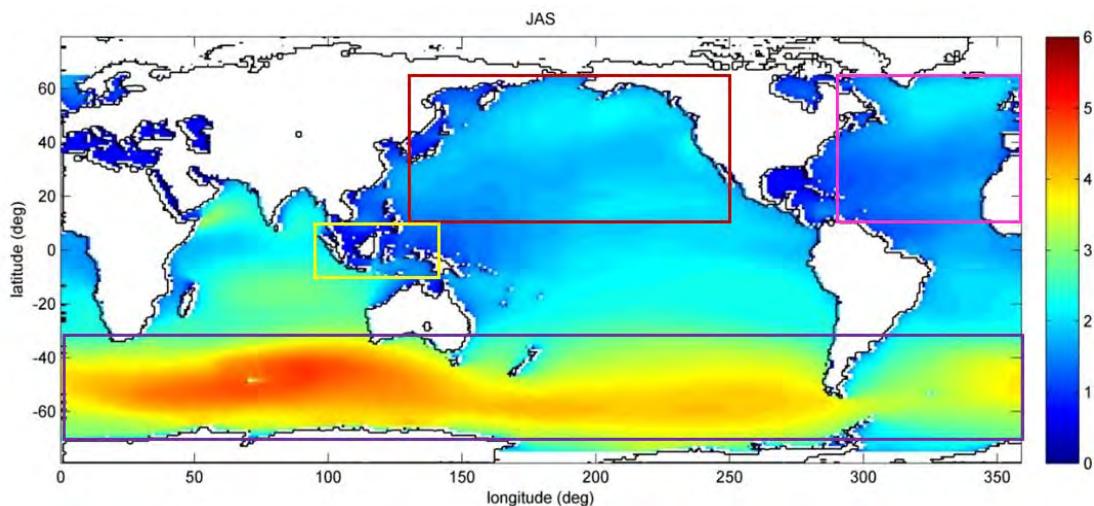


Gambar 4.2 Peta rata-rata Hs pada bulan April, Mei dan Juni selama 20 tahun

Pada gambar 4.2 terlihat perbedaan Hs antara lautan di belahan bumi bagian utara dan selatan. Pada bulan april, mei dan juni, rata-rata Hs yang terjadi di Samudera Pasifik utara berkisar antara 0,31 hingga 2,49 m. Pada wilayah Samudera Atlantik utara, rata-rata Hs yang terjadi selama 20 tahun berada pada kisaran 0,43 hingga 2,55 m. Sedangkan di Perairan Indonesia dengan rata-rata Hs antara 0,19 sampai 2,29 m. Samudera Hindia di selatan pulau Jawa merupakan area dengan rata-rata Hs tertinggi dibanding Samudera Pasifik.

Angin dari bagian utara bumi pada bulan april, mei dan juni mulai bergerak ke bagian selatan bumi yang memiliki temperatur lebih hangat daripada bagian utara bumi sehingga Hs di Samudera Hindia, Pasifik dan Atlantik bagian selatan mulai mengalami kenaikan. Pada Samudera Hindia bagian selatan, rata-rata Hs antara 1,51 hingga 4,21 m.

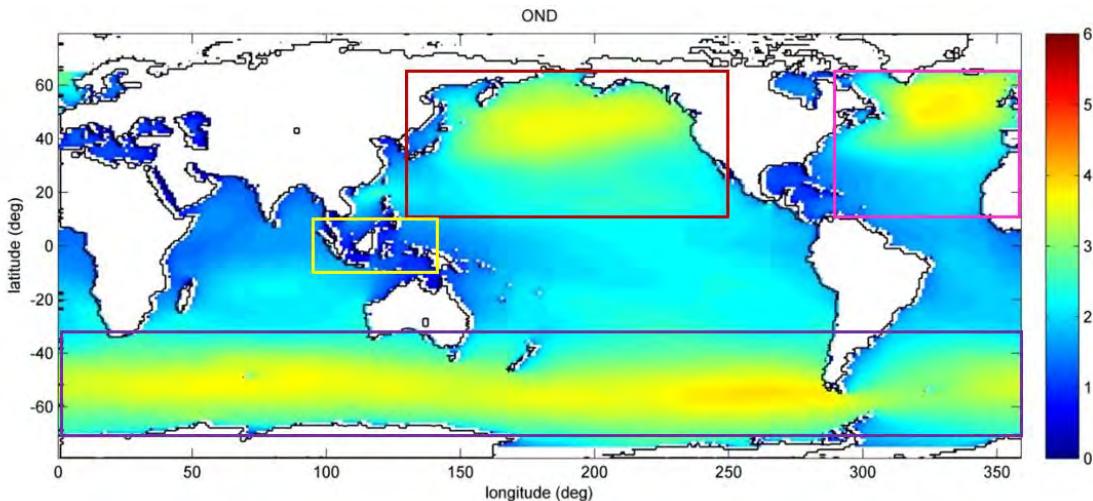
4.1.4 Rata-rata Hs pada Bulan Juli, Agustus dan September



Gambar 4.3 Peta rata-rata Hs pada bulan Juli, Agustus dan September selama 20 tahun

Pada peta diatas terlihat jelas perbedaan Hs antara laut di bagian bumi bagian utara dan selatan. Pada bulan Juli, Agustus dan September, belahan bumi bagian utara sedang mengalami musim panas dan belahan bumi bagian selatan sedang mengalami musim dingin. Dari gambar diatas dapat kita ketahui angin akan berpindah menuju bagian selatan bumi sehingga di laut bagian selatan mengalami kenaikan dari bulan sebelumnya dengan rata-rata Hs antara 1,64 hingga 4,89 m. Sedangkan di bagian utara bumi, rata-rata Hs yang terjadi di Samudera Pasifik utara berkisar antara 0,29 hingga 2,25 m dan Hs di wilayah Samudera Atlantik utara berada diantara 0,40 hingga 2,11 m. Pada perairan Indonesia mengalami kenaikan dengan rata-rata Hs antara 0,16 sampai 2,74 m.

4.1.5 Rata-rata Hs pada Bulan Oktober, November dan Desember



Gambar 4.4 Peta rata-rata Hs pada bulan Oktober, November dan Desember selama 20 tahun

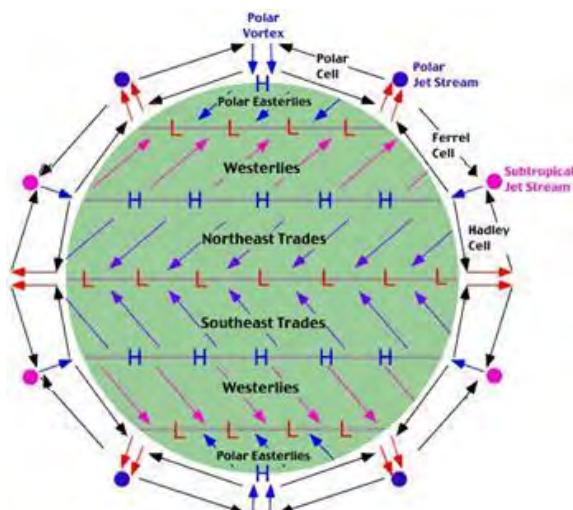
Pada gambar 4.4 dapat diketahui bahwa saat bulan Oktober, November dan Desember belahan bumi bagian utara sedang mengalami musim gugur dan belahan bumi bagian selatan sedang mengalami musim semi. Rata-rata Hs yang terjadi di Samudera Pasifik utara berkisar antara 0,35 hingga 3,63 m dan Samudera Atlantik utara berada pada kisaran 0,51 hingga 3,80 m. Sedangkan di Perairan Indonesia rata-rata Hs tertinggi mengalami penurunan menjadi 0,23 hingga 1,67 m. Rata-rata Hs di laut bagian selatan juga mengalami penurunan dari musim sebelumnya menjadi 3,86 m. Meskipun rata-rata Hs di laut bagian selatan bumi selalu berubah-ubah, namun Hs di perairan ini selalu tinggi sepanjang musim.

Berubah-ubahnya tinggi gelombang laut dipengaruhi oleh pergerakan angin secara global. Angin bergerak dari tempat yang bertekanan tinggi (suhu dingin) ke tempat yang bertekanan rendah (suhu panas). Apabila ditinjau secara global, perbedaan tekanan udara dan suhu di bumi sangat erat kaitannya dengan perbedaan musim yang terjadi. Oleh karena itu, perbedaan musim di dunia sangat mempengaruhi perubahan tinggi gelombang laut.

Angin merupakan salah satu pembangkit gelombang laut yang dapat bergerak akibat perbedaan tekanan udara dimana tekanan udara tersebut

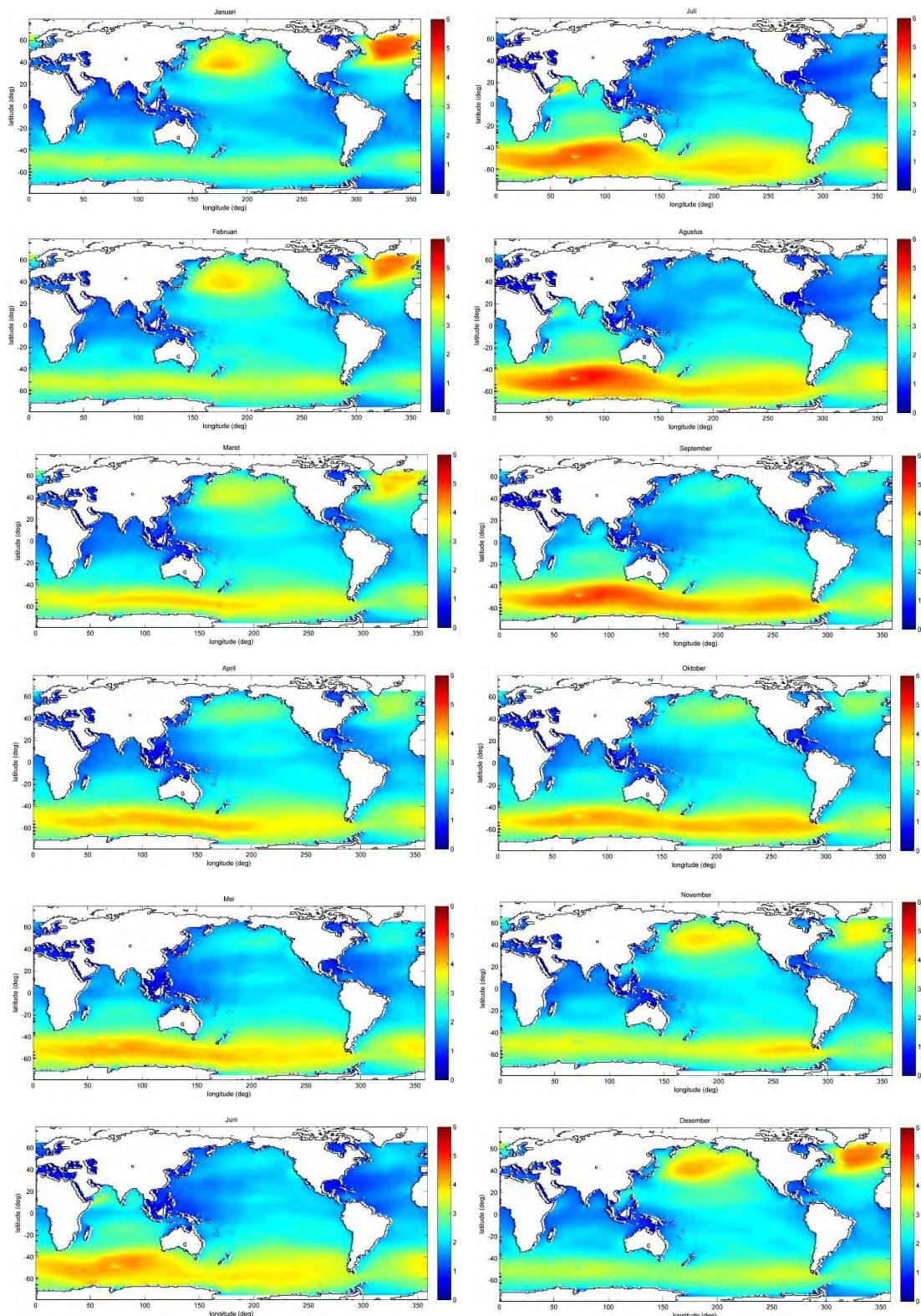
berkaitan dengan musim yang terjadi. Bagian utara bumi (*Northern Hemisphere*) dan bagian selatan bumi (*Southern Hemisphere*) memiliki musim yang berbeda yang disebabkan oleh perbedaan posisi bumi terhadap matahari. Apabila pada bagian utara bumi memiliki tekanan udara rendah, yaitu saat musim dingin, maka angin akan bergerak ke bagian selatan bumi yang bertekanan udara lebih tinggi sehingga Hs yang ada di bagian utara bumi mengalami penurunan sedangkan bagian selatan bumi mengalami kenaikan Hs. Sebaliknya, ketika bagian utara bumi memiliki tekanan udara tinggi, misalnya saat musim panas, maka angin dari selatan bumi akan bergerak ke utara sehingga Hs yang ada di bagian utara bumi mengalami kenaikan sedangkan bagian selatan bumi mengalami penurunan Hs.

Menurut Reid et. al. (2011), perbedaan tekanan udara secara global terdapat pada beberapa garis koordinat yang ada di bumi. Pada gambar 4.5 dibawah ini, tekanan udara diketahui tinggi di sepanjang garis koordinat latitude 90° , 30° , 0° , -90° dan -30° . Sedangkan pada garis koordinat latitude 60° dan -60° memiliki tekanan udara yang rendah. Di bagian utara bumi, angin dari garis koordinat latitude 90° dan latitude 30° bergerak ke daerah sepanjang garis koordinat latitude 60° yang memiliki tekanan udara rendah. Hal yang sama juga berlaku pada bagian selatan bumi, yaitu angin dari garis koordinat latitude -90° dan latitude -30° bergerak ke daerah sepanjang garis koordinat latitude -60° . Hal ini menyebabkan wilayah perairan di sekitar garis koordinat laitude 60° dan latitude -60° memiliki Hs yang cukup tinggi.



Gambar 4.5 Pola sirkulasi angin global (Lucianto, 2011)

4.1.6 Variasi Rata-rata Hs Perbulan Selama 20 Tahun



Gambar 4.6 Peta Rata-rata Hs Perbulan Selama 1984-2003

Rata-rata Hs setiap bulan selalu berubah-ubah. Perubahan rata-rata Hs ini dipengaruhi oleh pergerakan angin secara global. Pada bulan Januari, bagian utara bumi (0° - 90° latitude dan 0° - 360° longitude) yaitu Samudera Pasifik utara dan Samudera Atlantik utara, memiliki rata-rata Hs lebih tinggi daripada bagian selatan bumi. Angin dari utara mulai bergerak menuju laut bagian selatan sehingga Hs yang terjadi di bagian selatan semakin tinggi. Kemudian pada bulan Februari dan Maret, rata-rata Hs di laut bagian utara mengalami penurunan sedangkan laut bagian selatan bumi (-0° - (-90°) latitude dan 0° - 360° longitude) mulai menunjukkan kenaikan Hs. Laut bagian selatan terus mengalami kenaikan Hs hingga mencapai Hs tertinggi pada bulan Juli kemudian menurun secara bertahap mulai bulan Agustus hingga Desember. Peta rata-rata Hs perbulan dapat dilihat lebih jelas pada lampiran A.

Berita mengenai kerusakan yang terjadi akibat gelombang tinggi contohnya adalah kerusakan *rig* di lepas pantai seperti pada situs www.home.versatел.nl. Pada tanggal 20 Agustus 1990, laut utara dekat Samudera Atlantik utara sedang dilanda badai. *West Gamma Jack Up* yang berlokasi di laut utara ditempa gelombang setinggi 12 m dan angin mencapai 60 knot. *Jack Up* tersebut tidak stabil dan miring 10 derajat sehingga menyebabkan banjir di lambung bawah *rig*. Semua kru dievakuasi menggunakan kapal karena penggunaan helikopter tidak memungkinkan. Lalu kondisi *Jack Up* semakin memburuk kemudian tenggelam di lepas pantai dari Helgoland, Jerman, pada kedalaman 44 m dengan titik tertinggi dari *rig* hanya 10 m di bawah permukaan laut saat kondisi surut. Pada tahun 1994, pemerintah Jerman membongkar *Gamma Jack Up* secara bertahap.



Gambar 4.7 West Gamma Jack Up (www.versatел.nl)

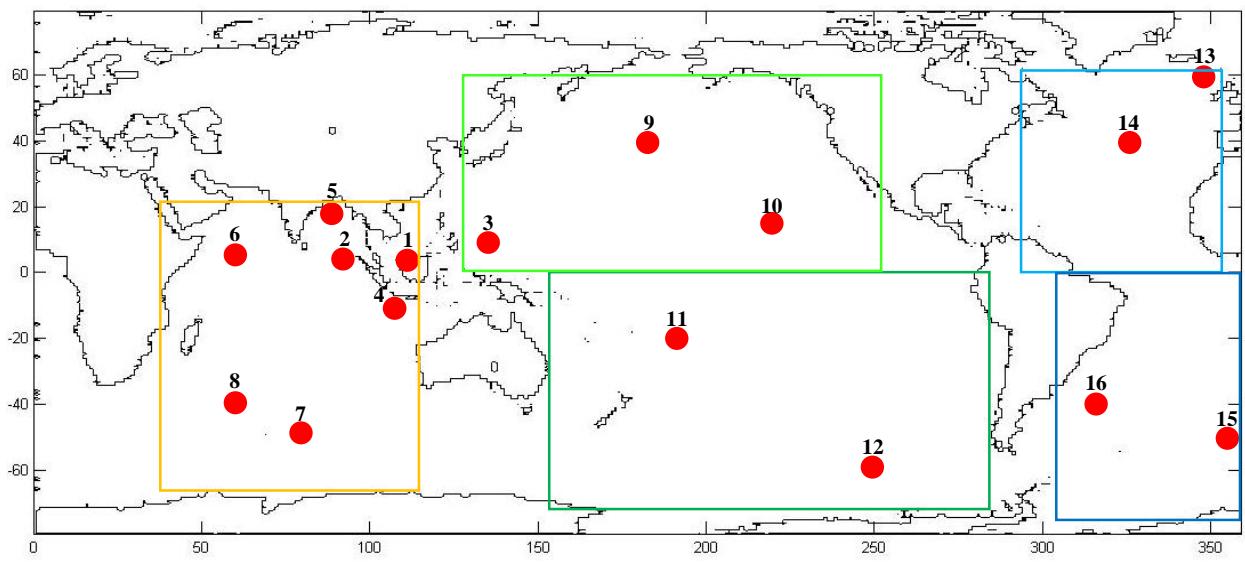
4.2 Kecenderungan (Trend) Tingkat Kenaikan dan Penurunan Hs Selama Periode 1984-2003

4.2.1 Trend Rata-rata Hs Pertahun Selama 1984-2003

Fenomena kenaikan atau penurunan tinggi gelombang dapat diamati dengan menggunakan analisa trend linier. Analisa trend ini dilakukan untuk mengamati kecenderungan tingkat kenaikan atau penurunan Hs dalam kurun waktu 20 tahun dengan menggunakan data rata-rata tinggi gelombang. Lokasi yang digunakan untuk analisa trend ini diperoleh dengan pememilihan beberapa titik di berbagai wilayah laut dunia seperti Samudera Pasifik, Samudera Atlantik, Samudera Hindia dan wilayah sekitar perairan Indonesia. Dari empat wilayah laut tersebut, maka diambil 4 titik secara acak sehingga secara keseluruhan diperoleh 16 titik. Berikut beberapa titik koordinat yang akan digunakan untuk menganalisa trend rata-rata Hs.

Tabel 4.1 Titik koordinat yang akan dianalisa

Titik	Lokasi	Keterangan
1	Longitude 110°, Latitude 5°	Laut Cina Selatan, Utara Natuna
2	Longitude 90°, Latitude 5°	Samudera Hindia, Barat Aceh
3	Longitude 140°, Latitude 10°	Samudera Pasifik, Barat Papua
4	Longitude 110°, Lat -10°	Samudera Hindia, Selatan Yogyakarta
5	Longitude 90°, Latitude 20°	Samudera Hindia
6	Longitude 60°, Latitude 5°	Samudera Hindia
7	Longitude 80°, Lat -50°	Samudera Hindia
8	Longitude 60°, Latitude -40°	Samudera Hindia
9	Longitude 180°, Latitude 40°	Samudera Pasifik Utara
10	Longitude 220°, Latitude 15°	Samudera Pasifik Utara
11	Longitude 190°, Latitude -20°	Samudera Pasifik Selatan
12	Longitude 250°, Latitude -60°	Samudera Pasifik Selatan
13	Longitude 350°, Latitude 60°	Samudera Atlantik Utara
14	Longitude 325°, Latitude 40°	Samudera Atlantik Utara
15	Longitude 359°, Latitude -50°	Samudera Atlantik Selatan
16	Longitude 320°, Latitude -40°	Samudera Atlantik Selatan



Gambar 4.8 Peta pengambilan titik-titik yang akan dianalisa

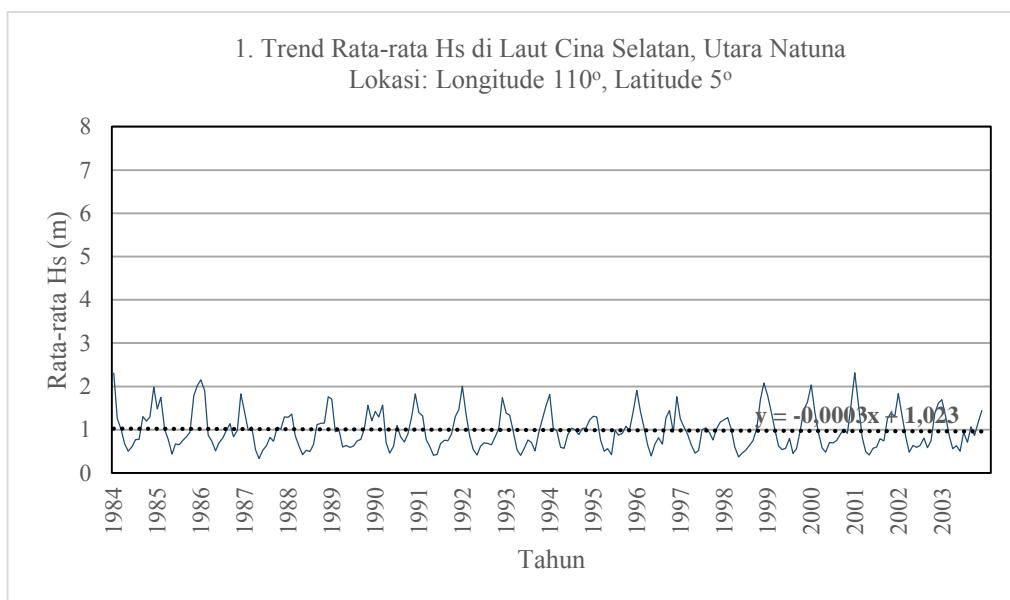
Keterangan:

- : Titik koordinat lokasi yang akan dianalisa
- : Samudera Pasifik Utara
- : Samudera Pasifik Selatan
- : Samudera Atlantik Utara
- : Samudera Atlantik Selatan
- : Samudera Hindia

Setelah diperoleh 16 titik yang tersebar di berbagai wilayah laut seperti pada gambar 4.8, kemudian dilakukan pengumpulan data gelombang pada titik-titik koordinat tersebut. Data gelombang di tiap-tiap titik koordinat lalu diolah menjadi grafik dan dilakukan regresi linier sederhana menggunakan *software* Ms. Excel. Persamaan garis regresi yang telah diperoleh akan digunakan untuk menghitung trend kenaikan atau penurunan tinggi gelombang.

Berikut dibawah ini grafik trend Hs di lokasi perairan Laut Cina Selatan yang berada di utara Natuna dengan koordinat 110° dan Latitude 5° seperti pada gambar 4.9. Pada grafik tersebut, dapat diketahui bahwa rata-rata Hs selalu tinggi di awal dan akhir tahun, yaitu pada bulan Januari dan bulan

Desember. Sedangkan rata-rata Hs menjadi sangat rendah pada pertengahan tahun, yakni bulan Mei.



Gambar 4.9 Grafik trend rata-rata Hs di utara kepulauan Natuna, Laut Cina Selatan

Garis regresi menunjukkan bahwa trend rata-rata Hs pada titik 1 mengalami penurunan dari tahun 1984 hingga tahun 2003. Dari grafik diatas kemudian dicari trend linier rata-rata Hs dalam kurun waktu 20 tahun dengan menggunakan persamaan garis linier sebagai berikut:

$$y = a + bx$$

Dimana:

y = variabel terikat yang akan dicari, dalam perhitungan ini yang dimaksud adalah

trend rata-rata Hs

a = titik potong garis regresi pada sumbu y

b = gradien garis regresi

x = nilai variabel bebas yaitu waktu, dalam perhitungan ini yang dimaksud adalah

jumlah waktu atau jumlah bulan selama 20 tahun.

Setelah persamaan garis diketahui, langkah selanjutnya adalah menghitung nilai maksimum dan nilai minimum dengan memasukkan jumlah

bulan 1 untuk nilai minimum dan jumlah bulan 240 untuk nilai maksimum ke dalam variabel x. Lalu untuk mendapatkan trend rata-rata Hs pada koordinat yang ditinjau, maka digunakan persamaan berikut:

$$\text{Trend per - tahun} = \frac{\text{nilai maksimum} - \text{nilai minimum}}{20}$$

Dimana:

Angka 20 menyatakan lama tahun pengamatan pada koordinat yang ditinjau

Setelah memperoleh variabel-variabel yang akan digunakan, maka dilakukan perhitungan trend pada koordinat longitude 110°, latitude 5°.

Berikut perhitungannya:

$$y = -0,0003x + 1,023$$

$$\text{Nilai minimum} : y = -0,0003 (1) + 1,023 = 1,0227$$

$$\text{Nilai maksimum} : y = -0,0003(240) + 1,023 = 0,9510$$

$$\text{Trend per tahun} = \frac{0,9510 - 1,0227}{20}$$

$$= -0,003585 \text{ m/tahun}$$

$$= -0,3585 \text{ cm/tahun}$$

Perlu diingat, ada hal-hal yang perlu ditinjau dalam penggunaan garis regresi untuk menghitung perkiraan dari suatu hasil. Hal-hal tersebut adalah belum bisa diketahui bagaimana keakurasaian hasil perkiraan, sebab pada gambar 4.8 dapat dilihat bahwa kenaikan dan penurunan grafik cukup tajam. Selain itu, nilai-nilai yang berada di luar kisaran yang digunakan untuk membuat persamaan garis regresi belum bisa diperkirakan, sebab hubungan antara variabel terikat (y) dan variabel bebas (x) untuk nilai-nilai yang lebih besar atau lebih kecil belum bisa dipastikan. Maka dari itu diperlukan uji relasi mengenai kemiringan (*slope*) garis regresi.

Menurut Harinaldi (2005), ada atau tidaknya kemiringan garis regresi dapat diketahui dengan melakukan pengujian hipotesis yaitu uji-*t* yang mengikuti 7 langkah dibawah ini:

1. *Pernyataan Hipotesis Nol dan Hipotesis Alternatif*

Pada persoalan ini ingin diketahui apakah ada hubungan antara variabel *x* dan *y* yang diindikasikan dengan kemiringan garis regresi. Apabila

tidak terdapat hubungan, maka nilai B adalah nol. Berikut hipotesis nol dan hipotesis alternatif yang akan dilakukan pengujian:

$$H_0 : B = 0$$

$$H_1 : B \neq 0$$

2. *Pemilihan tingkat kepentingan*

Tingkat kepentingan biasanya bernalai antara 0,01 atau 0,05.

3. *Penentuan distribusi pengujian yang digunakan*

Distribusi t digunakan pada pengujian ini. Nilai-nilai dari distribusi ditentukan dengan mengetahui:

a) Tingkat kepentingan (*Level of Significance*)

b) Derajat kebebasan (*Degree of Freedom*), $df = n - 2$ dimana $n =$ jumlah data pasangan

4. *Pendefinisian daerah penolakan dan daerah kritis*

Daerah penerimaan dan penolakan dibatasi oleh nilai kritis (t_{cr}).

5. *Pernyataan aturan keputusan (Decision Rule)*

Terima H_1 dan tolak H_0 apabila perbedaan antara kemiringan sampel (b) dan kemiringan data yang dihipotesiskan (B_{H_0}) berada di daerah penolakan. Apabila yang terjadi adalah sebaliknya, maka terima H_0 .

6. *Perhitungan Rasio Uji (RU)*

Rumus RU adalah:

$$RU_t = t_{test} = \frac{b - B_{H_0}}{s_b}$$

Dimana:

$$s_b = \sqrt{\frac{s_{y,x}}{\sum(x^2) - \frac{(\sum x)^2}{n}}}$$

7. *Pengambilan keputusan secara statistik*

Apabila nilai RU berada di bawah daerah penerimaan, maka hipotesis nol diterima. Sedangkan apabila berada di daerah penolakan maka hipotesis nol ditolak.

Setelah seluruh langkah-langkah uji- t dilakukan, maka hubungan antara variabel x dan y yang ditandai dengan kemiringan garis regresi dapat diketahui. Sehingga apabila terdapat hubungan antara kedua variabel tersebut

berarti terdapat *trend* pada grafik (Gambar 4.8). Sedangkan apabila tidak ditemukan hubungan antara variabel *x* dan *y*, maka dapat dikatakan *trend* pada grafik tidak ada.

Analisis trend pada titik-titik lainnya dapat dilihat pada Lampiran B. Untuk kesimpulan keseluruhan titik dirangkum pada tabel berikut ini.

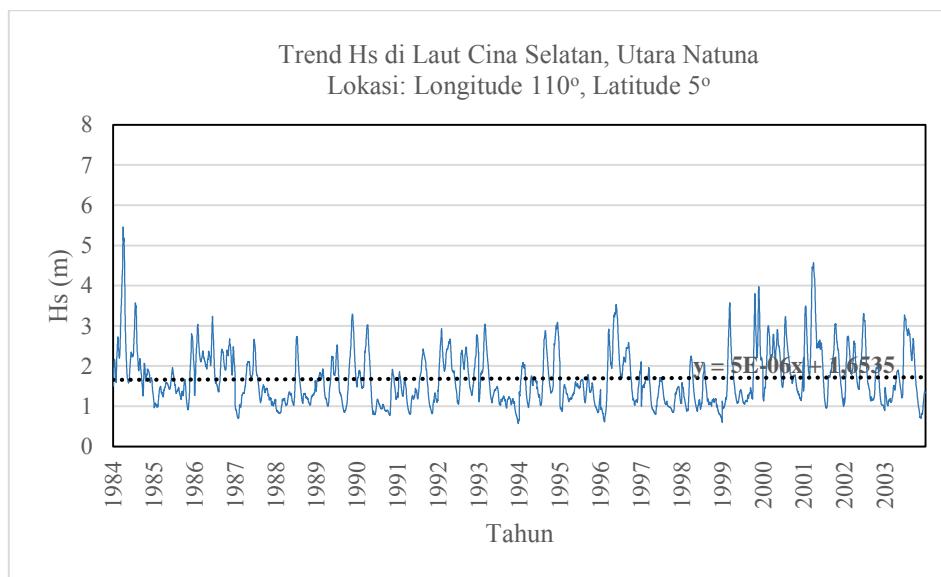
Tabel 4.2 Trend Tingkat Kenaikan dan Penurunan Rata-rata Hs

Lokasi	Trend (cm/tahun)
Titik 1	-0,3585
Titik 2	-0,1195
Titik 3	-0,0717
Titik 4	0,3585
Titik 5	-0,1195
Titik 6	0,05975
Titik 7	0,1195
Titik 8	-0,478
Titik 9	-0,00598
Titik 10	0,238
Titik 11	0,1195
Titik 12	0,8365
Titik 13	-0,478
Titik 14	-0,478
Titik 15	0,5975
Titik 16	0,239

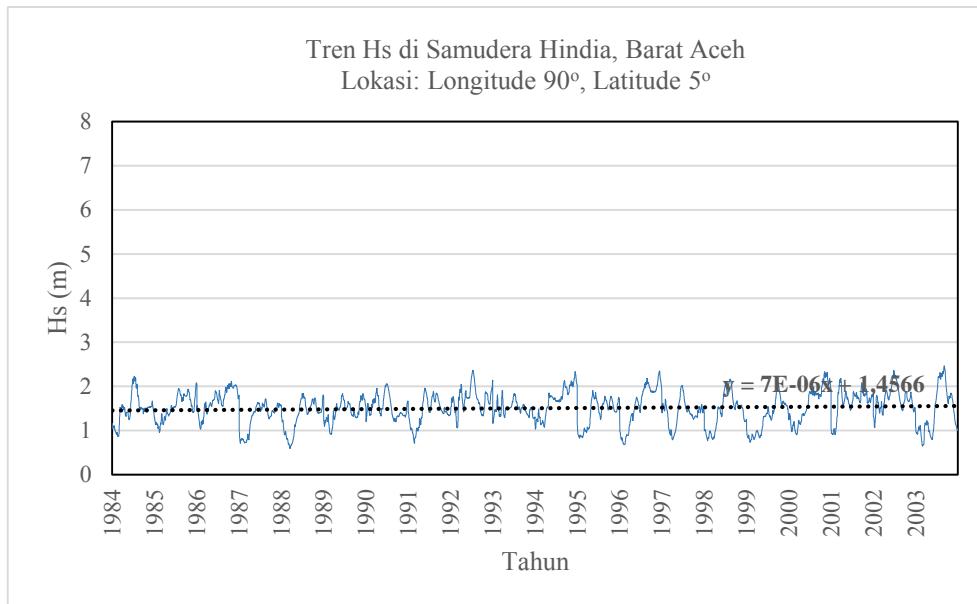
Pada tabel 4.2 dapat diketahui bahwa nilai kenaikan dan penurunan rata-rata Hs pada titik-titik tersebut beraneka ragam. Beberapa hasil perhitungan menunjukkan bahwa rata-rata Hs mengalami kenaikan, seperti yang dialami oleh titik 12, tepatnya pada koordinat Longitude 250°, Latitude -60° yang berlokasi di Samudera Pasifik Selatan. Pada lokasi tersebut terdapat kenaikan rata-rata Hs sebesar 0,8365 cm/tahun. Beberapa titik lainnya juga mengalami kenaikan, terutama di laut bagian selatan seperti di titik 4, 6, 7, 10, 11, 15 dan 16. Selain itu juga terdapat titik-titik lain yang mengalami penurunan yang sebagian besar berlokasi di laut bagian utara.

4.2.2 Trend Hs Perbulan Selama 1984-2003 di Sekitar Perairan Indonesia

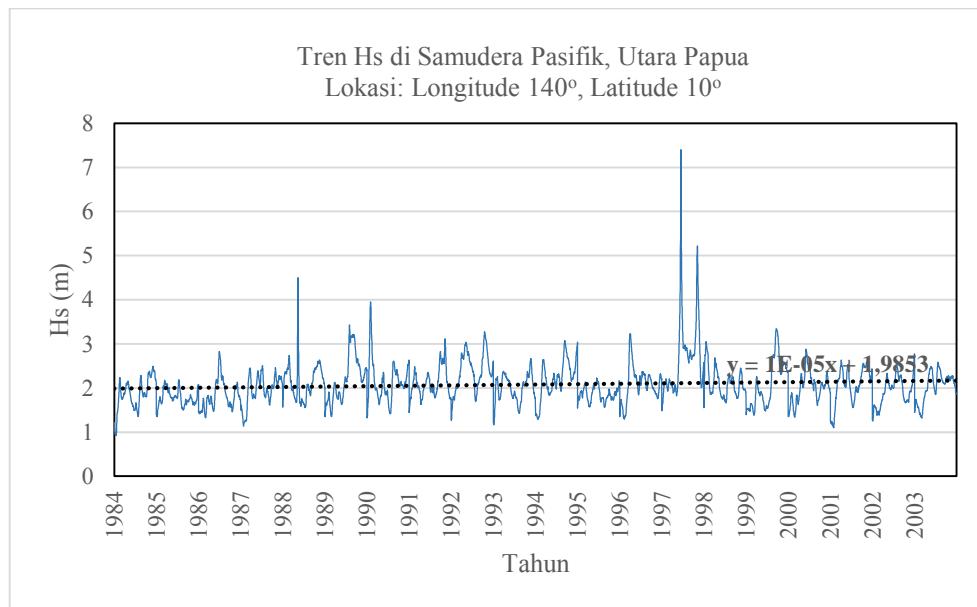
Trend Hs di sekitar perairan Indonesia akan dianalisa secara bulanan (*monthly*). Titik yang diambil pada analisa Hs ini sama seperti analisa trend rata-rata Hs di perairan sekitar Indonesia, yaitu titik 1, 2, 3 dan titik 4. Pada analisa trend Hs ini, data yang digunakan untuk membuat grafik adalah data tinggi gelombang hasil dari model WAM yang berupa data Hs per jam pada bulan Januari selama 20 tahun yang berjumlah 14860 data tinggi gelombang. Berikut ini akan ditampilkan empat grafik trend Hs pada bulan Januari di lokasi yang berbeda.



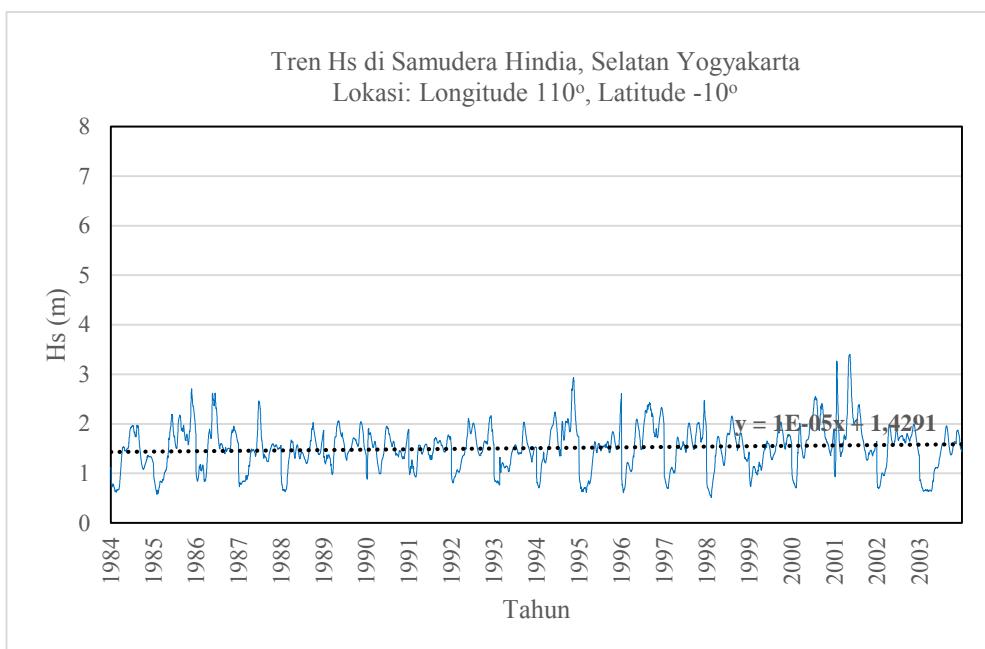
Gambar 4.10 Grafik Trend Hs di Laut Cina Selatan, longitude 110°, latitude 5° pada bulan Januari



Gambar 4.11 Grafik Trend Hs di Samudera Hindia, longitude 90°, latitude 5° pada bulan Januari



Gambar 4.12 Grafik Trend Hs di Samudera Pasifik, Longitude 140 °, latitude 5° pada bulan Januari



Gambar 4.13 Grafik Trend Hs di Samudera Hindia, longitude 110 °, latitude -10 ° pada bulan Januari

Garis regresi menunjukkan bahwa trend rata-rata Hs pada titik 1, 2, 3 dan 4 mengalami kenaikan dari tahun 1984 hingga tahun 2003. Dari grafik diatas kemudian dicari trend linier Hs pada masing-masing grafik dalam kurun waktu 20 tahun dengan menggunakan persamaan garis linier sebagai berikut:

$$y = a + bx$$

Dimana:

y = variabel terikat yang akan dicari, dalam perhitungan ini yang dimaksud adalah trend rata-rata Hs

a = titik potong garis regresi pada sumbu y

b = gradien garis regresi

x = nilai variabel bebas yaitu waktu, dalam perhitungan ini yang dimaksud adalah jumlah waktu atau jumlah jam selama 20 tahun pada bulan Januari.

Setelah persamaan garis diketahui, langkah selanjutnya adalah menghitung nilai maksimum dan nilai minimum dengan memasukkan jumlah

jam 1 untuk nilai minimum dan jumlah jam 14860 untuk nilai maksimum ke dalam variabel x. Lalu untuk mendapatkan trend rata-rata Hs pada koordinat yang ditinjau, maka digunakan persamaan berikut:

$$Trend\ per\ -\ tahun = \frac{nilai\ maksimum\ -\ nilai\ minimum}{20}$$

Dimana:

Angka 20 menyatakan lama tahun pengamatan pada koordinat yang ditinjau

Setelah memperoleh variabel-variabel yang akan digunakan, maka dilakukan perhitungan trend pada masing-masing titik koordinat. Berikut perhitungan untuk grafik 4.10 yang berlokasi di koordinat longitude 110°, latitude 5° yaitu di daerah utara Natuna pada bulan Januari selama 20 tahun:

$$y = 0,000005 x + 1,6535$$

$$\text{Nilai minimum} : y = 0,000005 (1) + 1,6535 = 1,6535$$

$$\text{Nilai maksimum} : y = 0,000005(240) + 1,6535 = 1,7278$$

$$Trend\ per\ tahun = \frac{1,6535-1,7278}{20}$$

$$= 0,003715\ m/tahun$$

$$= 0,371475\ cm/tahun$$

Kemudian perhitungan untuk grafik 4.11 yang berlokasi di koordinat longitude 90°, Latitude 5° yaitu di daerah barat Aceh pada bulan Januari selama 20 tahun dapat diuraikan sebagai berikut:

$$y = 0,000007 x + 1,4566$$

$$\text{Nilai minimum} : y = 0,000007 (1) + 1,4566 = 1,45660$$

$$\text{Nilai maksimum} : y = 0,000007(240) + 1,4566 = 1,56062$$

$$Trend\ per\ tahun = \frac{1,45660-1,56062}{20}$$

$$= 0,005201\ m/tahun$$

$$= 0,520065\ cm/tahun$$

Untuk lokasi berikutnya, yaitu di daerah utara Papua atau tepatnya di titik koordinat longitude 140° , latitude 10° seperti pada gambar 4.12, berikut perhitungan trend tinggi gelombang yang diperoleh:

$$y = 0,00001 x + 1,9853$$

$$\text{Nilai minimum} : y = 0,00001 (1) + 1,9853 = 0,00743$$

$$\text{Nilai maksimum} : y = 0,00001(240) + 1,9853 = 0,74295$$

$$\text{Trend per tahun} = \underline{0,00743-0,74295}$$

20

$$= 0,00743 \text{ m/tahun}$$

$$= 0,74295 \text{ cm/tahun}$$

Berikut perhitungan untuk grafik 4.13 yang berlokasi di koordinat Longitude 110° , Latitude -10° yaitu di daerah selatan Yogyakarta pada bulan januari selama 20 tahun:

$$y = 0,00001 x + 1,4291$$

$$\text{Nilai minimum} : y = 0,00001 (1) + 1,4291 = 1,4291$$

$$\text{Nilai maksimum} : y = 0,00001(240) + 1,4291 = 1,5777$$

$$\text{Trend per tahun} = \underline{1,4291-1,5777}$$

20

$$= 0,00743 \text{ m/tahun}$$

$$= 0,74295 \text{ cm/tahun}$$

Hasil analisa trend Hs secara bulanan pada empat titik lokasi di sekitar perairan Indonesia dapat dilihat pada tabel 4.3 dibawah ini. Trend Hs di titik-titik tersebut bervariasi setiap bulannya. Pada bulan Januari, keempat titik lokasi tersebut mengalami kenaikan Hs sebesar 0,3 hingga 0,7 cm/tahun. Untuk bulan Februari dan maret, trend Hs bernilai negatif yang artinya titik lokasi tersebut mengalami penurunan Hs. Sedangkan pada titik 3 yang berlokasi di Samudera Pasifik, tepatnya di utara Pulau Papua, mengalami kenaikan Hs yaitu sebesar 0,40317 cm/tahun pada bulan Februari dan 0,29758 cm/tahun untuk bulan Maret. Pada bulan-bulan berikutnya, trend Hs di keempat titik tersebut juga mengalami kenaikan dan penurunan. Trend Hs

yang terjadi seperti pada tabel 4.3 ini berbeda-beda tergantung pada lokasi yang ditinjau.

Tabel 4.3 Trend Hs bulanan di sekitar perairan Indonesia

Bulan	Trend Hs di sekitar Perairan Indonesia (cm/tahun)			
	Titik 1 Long 110, Lat 5	Titik 2 Long 90, Lat 5	Titik 3 Long 140, Lat 10	Titik 4 Long 110. Lat -10
Januari	0,371475	0,520065	0,74295	0,74295
Februari	-0,20159	-0,13439	0,40317	-0,67195
Maret	-0,74395	-0,22319	0,29758	-0,52077
April	-0,71995	-0,28798	-0,71995	0,43197
Mei	0,44637	-0,59516	0,52007	-0,14879
Juni	-0,21599	-0,71995	-0,21599	-0,0216
Juli	0,29758	0,371975	-0,22319	0,371975
Agustus	-0,44637	-0,22318	-0,52077	-0,59516
September	-0,71995	-0,71995	-0,50397	0,215985
Oktober	-0,14879	0,29758	-0,44637	0,074395
November	-0,14399	0,28798	0,28978	0,14399
Desember	-1,4868	-0,52038	0,52038	0,3717

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

1. Wilayah laut dengan musim dingin (*cold season*) yang bertemperatur rendah cenderung memiliki Hs lebih tinggi (0,37-4,89 m) sedangkan wilayah laut dengan musim yang lebih hangat cenderung memiliki Hs lebih rendah (0,29-2,25 m) kemudian pada wilayah laut bagian selatan (*southern ocean*), Hs selalu tinggi di setiap musim (0,98-4,89 m).
2. Trend tinggi gelombang laut berdasarkan data *hindcasting* memiliki kecenderungan yang terus meningkat di laut bagian selatan dibandingkan dengan dengan wilayah laut bagian utara yang sebagian besar mengalami penurunan rata-rata Hs. Kenaikan dan penurunan trend selama 20 tahun tidak begitu signifikan. Posisi koordinat longitude dan latitude yang ditinjau mempengaruhi naik turunnya trend.

5.2 Saran

1. Pemodelan WAM lebih baik digunakan pada laut dalam, sehingga untuk perairan dangkal yang dekat dengan daratan, lebih baik menggunakan pemodelan gelombang yang lain, contohnya SWAN.
2. Grid yang digunakan dalam pemodelan sebaiknya menggunakan resolusi yang lebih kecil agar output hasil pemodelan semakin detil. Namun apabila menggunakan resolusi grid yang lebih kecil, output pemodelan akan memiliki kapasitas yang lebih besar.
3. Pada analisa trend, sebaiknya dilakukan uji kemiringan (*slope*) untuk mengetahui seberapa besar kemiringan garis regresi.

DAFTAR PUSTAKA

- Caries, Sofia., Van Swail., 2004, “Global Wave Climate Trend and Variability Analysis”, *8th International Workshop on Wave Hindcasting and Forecasting*, Hawaii.
- Eichelberger, Scott., James Mccaa., Bart Nijssen., Andrew Wood., 2008, “Climate Change Effects on Wind Speed”. *North American Wind Power*. Oxford: Zackin Publications Inc.
- Diposaptono, Subandono., Budiman., Firdaus Agung., 2009, *Menyiasati Perubahan Iklim di Wilayah Pesisir dan Pulau-Pulau Kecil*. Bogor: Sarana Komunikasi Utama.
- Djatmiko, Eko Budi., 2012, *Perilaku dan Operabilitas Bangunan Laut diatas Gelombang Acak*, Surabaya: ITS Press.
- Fitriah, Nurul., 2013, *Hindcasting Gelombang Menggunakan Data Angin dari MRI-JMA (Meteorology Research Institute/Japan Meteorology Agency) dalam Kurun Waktu 1989-2003*, Tugas Akhir, Jurusan Teknik Kelautan Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- Harinaldi, 2005, *Statistika Untuk Teknik dan Sains*, Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Hasselmann, S., K. Hasselmann, J. H. Allender, dan T.P. Barnett., 1985, “Computations and parameterizations of the nonlinear energy transfer in a gravity wave spectrum. Part II. Parameterizations of the nonlinear energy transfer for application in wave models”, *Journal of Physical Oceanography*, 15:1378-1391.
- Hemer, M. A., J.A. Church., J.R. Hunter., 2007, “Waves and Climate Change on the Australian Coast”, *Jurnal of Coastal Research*, Special Issue, pp. 432-437.
- Holthuijsen, Leo, H. dan Booij, Nico., 2007, *A Grid Model for Shallow Water Waves*.
- IPCC, 2007, *Climate Change 2007: Synthesis Report*, Valencia.

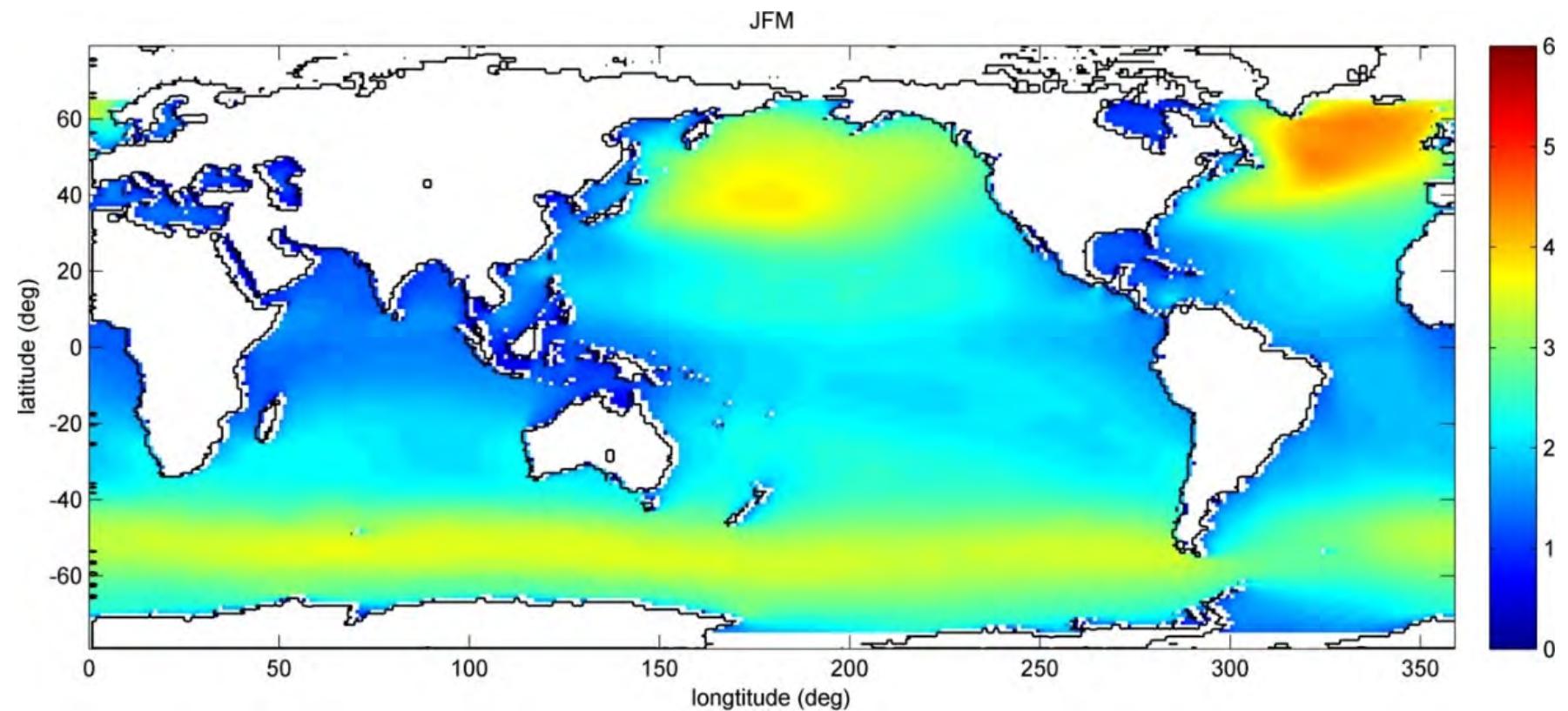
- Kitoh, A., Ose T., Kurihara K., Kusunoki S., Sugi M., 2009, *KAKUSHIN Team-3 Modeling Group: Projection of changes in future weather extremes.*
- Jansen, P. A. E. M., (1991). Quasi-Linear Theory of Wind Wave Generation Applied to Wave Forecasting, *Journal od Physical Oceanography*, 21, 1631-1642.
- Lucianto, Andrean E., 2011, Pola Aliran Angin di Bumi, diakses dari <http://zonegeologi.blogspot.com/2011/02/pola-aliran-angin-global-di-bumi.html>, diakses pada tanggal 10 Agustus 2014 pukul 10.35 WIB.
- Mizuta, Ryo., Yoshimura, Hiromasa., Murakami, Hiroyuki., Matsueda, Mio., Endo, Hirokazu., Ose, Tomoaki., Kamiguchi, Kenji., Hosaka, Masahiro., Sugi, Masato., Yukimoto, Seiji., Kusunoki, Shoji., Kitoh, Akio., 2011, *Climate simulations using MRI-AGCM3.2 with 20-km 1 grid.*
- Nugroho, Sigit., 2008, *Dasar-Dasar Metode Statistika*, Jakarta: Grasindo.
- Triatmojo, Bambang., 1999, *Teknik Pantai*, Yogyakarta: Beta Offset.
- Tjasjono, Bayong., 1999, *Klimatologi Umum*, Bandung: Penerbit ITB.
- Reid, Craig., Justin Marshall., Logan, Dave., Diana Kleine., 2011, *Coral Reefs and Climate Change*, Queensland: The University of Queensland.
- Simbolon, Hotman., 2009, *Statistika*, Graha Ilmu: Yogyakarta.
- Syafputri, Ella., 2012, 20 Persen Garis Pantai Rusak, Diakses dari <http://www.antaranews.com/berita/300189/20-persen-garis-pantai-indonesia-rusak>, pada tanggal 5 Maret 2014 jam 15.21 WIB.
- Vinnem, Jan Erik., 1999, West Gamma, diakses dari http://home.versatel.nl/the_sims/rig/westgamma.htm, pada tanggal 5 Maret 2014 pukul 14.00 WIB.
- Wang, Xiaolan L., Francis W. Zwiers., Val R. Swail., 2004, “North Atlantic Ocean Wave Climate Change Scenarios for the Twenty-First Century”, *Journal of Climate*”, pp. 2638-2383.

A. Contoh output dari WAM Model

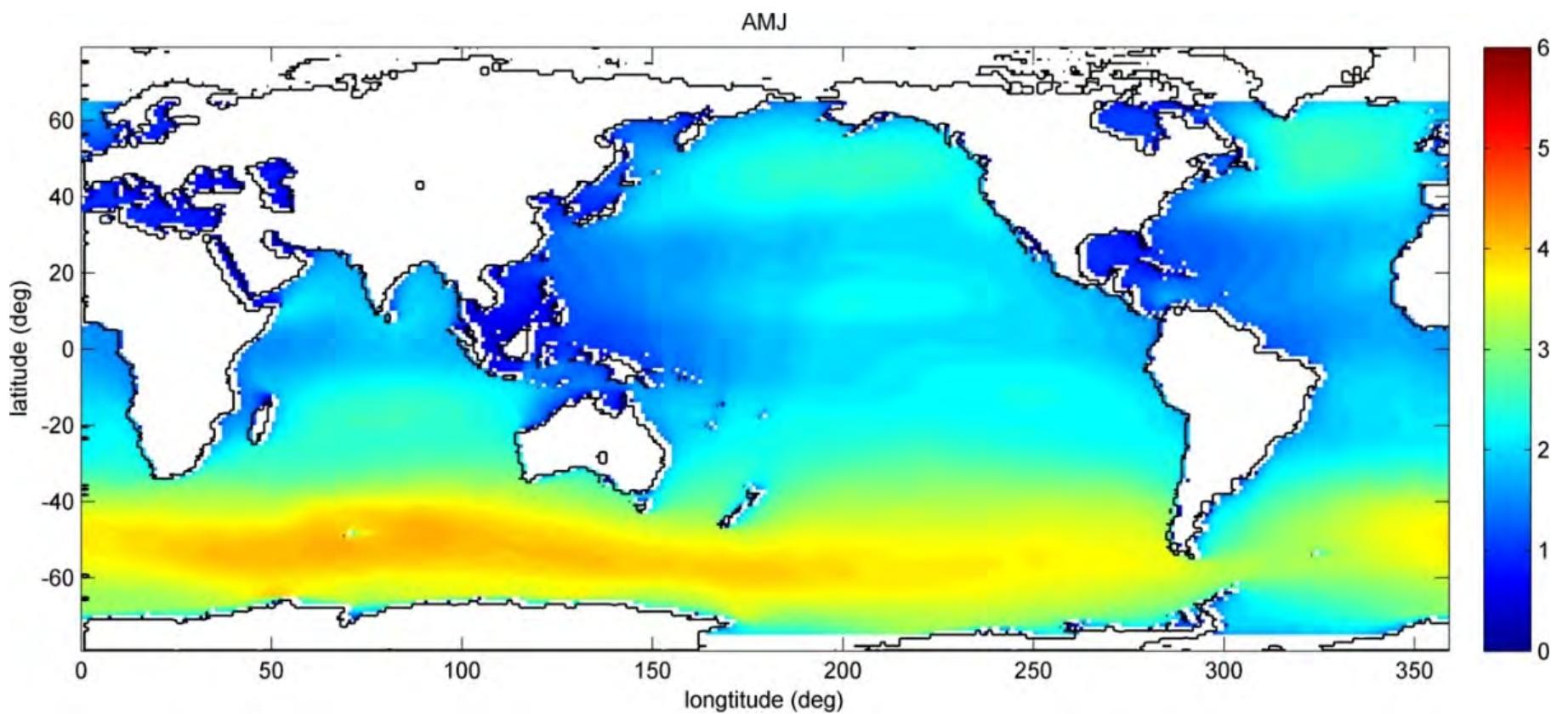
File : 198401010100OUT.surf

Longitude	Latitude	Hs	T	Direction	Wind Speed	Wind Direction
0.00000	65.00000	1.59619	4.82155	0.43076	13.09596	2.74321
0.00000	64.00000	2.09717	5.30264	13.60191	15.49459	12.17946
0.00000	63.00000	3.08672	6.11134	20.89746	20.18593	15.30943
0.00000	62.00000	3.83009	6.58269	356.19183	23.61976	355.21317
0.00000	61.00000	3.00593	6.13606	324.30603	19.49342	324.43661
0.00000	60.00000	2.95611	6.01732	309.95331	20.47828	315.52725
0.00000	59.00000	2.66954	5.81047	311.32141	19.43921	315.78119
0.00000	58.00000	2.68578	5.80617	298.23666	19.97677	301.75394
0.00000	57.00000	2.82626	5.90422	283.89111	20.30647	286.08713
0.00000	56.00000	2.54644	5.70747	286.33936	18.41768	287.57211
0.00000	55.00000	2.15739	5.40466	290.42810	16.94209	288.98175
0.00000	54.00000	0.00000	0.00000	180.00000	NaN	180.00000
0.00000	53.00000	0.00000	0.00000	180.00000	NaN	180.00000
0.00000	52.00000	0.00000	0.00000	180.00000	NaN	180.00000
0.00000	51.00000	0.00000	0.00000	180.00000	NaN	180.00000
0.00000	50.00000	1.56690	4.77706	287.76636	12.16082	290.38660
0.00000	49.00000	0.00000	0.00000	180.00000	NaN	180.00000
0.00000	48.00000	0.00000	0.00000	180.00000	NaN	180.00000
0.00000	47.00000	0.00000	0.00000	180.00000	NaN	180.00000
0.00000	46.00000	0.00000	0.00000	180.00000	NaN	180.00000
0.00000	45.00000	0.00000	0.00000	180.00000	NaN	180.00000
0.00000	44.00000	0.00000	0.00000	180.00000	NaN	180.00000
0.00000	43.00000	0.00000	0.00000	180.00000	NaN	180.00000
0.00000	42.00000	0.00000	0.00000	180.00000	NaN	180.00000
0.00000	41.00000	0.00000	0.00000	180.00000	NaN	180.00000
0.00000	40.00000	0.00000	0.00000	180.00000	NaN	180.00000
0.00000	39.00000	0.00000	0.00000	180.00000	NaN	180.00000
0.00000	38.00000	0.00000	0.00000	180.00000	NaN	180.00000
0.00000	37.00000	1.22695	4.60323	234.56180	7.89210	239.71835
0.00000	36.00000	1.11140	4.60805	210.33455	6.09636	207.54184
0.00000	35.00000	0.00000	0.00000	180.00000	NaN	180.00000
0.00000	34.00000	0.00000	0.00000	180.00000	NaN	180.00000
0.00000	33.00000	0.00000	0.00000	180.00000	NaN	180.00000
0.00000	32.00000	0.00000	0.00000	180.00000	NaN	180.00000
0.00000	31.00000	0.00000	0.00000	180.00000	NaN	180.00000
0.00000	30.00000	0.00000	0.00000	180.00000	NaN	180.00000
0.00000	29.00000	0.00000	0.00000	180.00000	NaN	180.00000
0.00000	28.00000	0.00000	0.00000	180.00000	NaN	180.00000
0.00000	27.00000	0.00000	0.00000	180.00000	NaN	180.00000
0.00000	26.00000	0.00000	0.00000	180.00000	NaN	180.00000
0.00000	25.00000	0.00000	0.00000	180.00000	NaN	180.00000
0.00000	24.00000	0.00000	0.00000	180.00000	NaN	180.00000
0.00000	23.00000	0.00000	0.00000	180.00000	NaN	180.00000
0.00000	22.00000	0.00000	0.00000	180.00000	NaN	180.00000
0.00000	21.00000	0.00000	0.00000	180.00000	NaN	180.00000
0.00000	20.00000	0.00000	0.00000	180.00000	NaN	180.00000
0.00000	19.00000	0.00000	0.00000	180.00000	NaN	180.00000
0.00000	18.00000	0.00000	0.00000	180.00000	NaN	180.00000

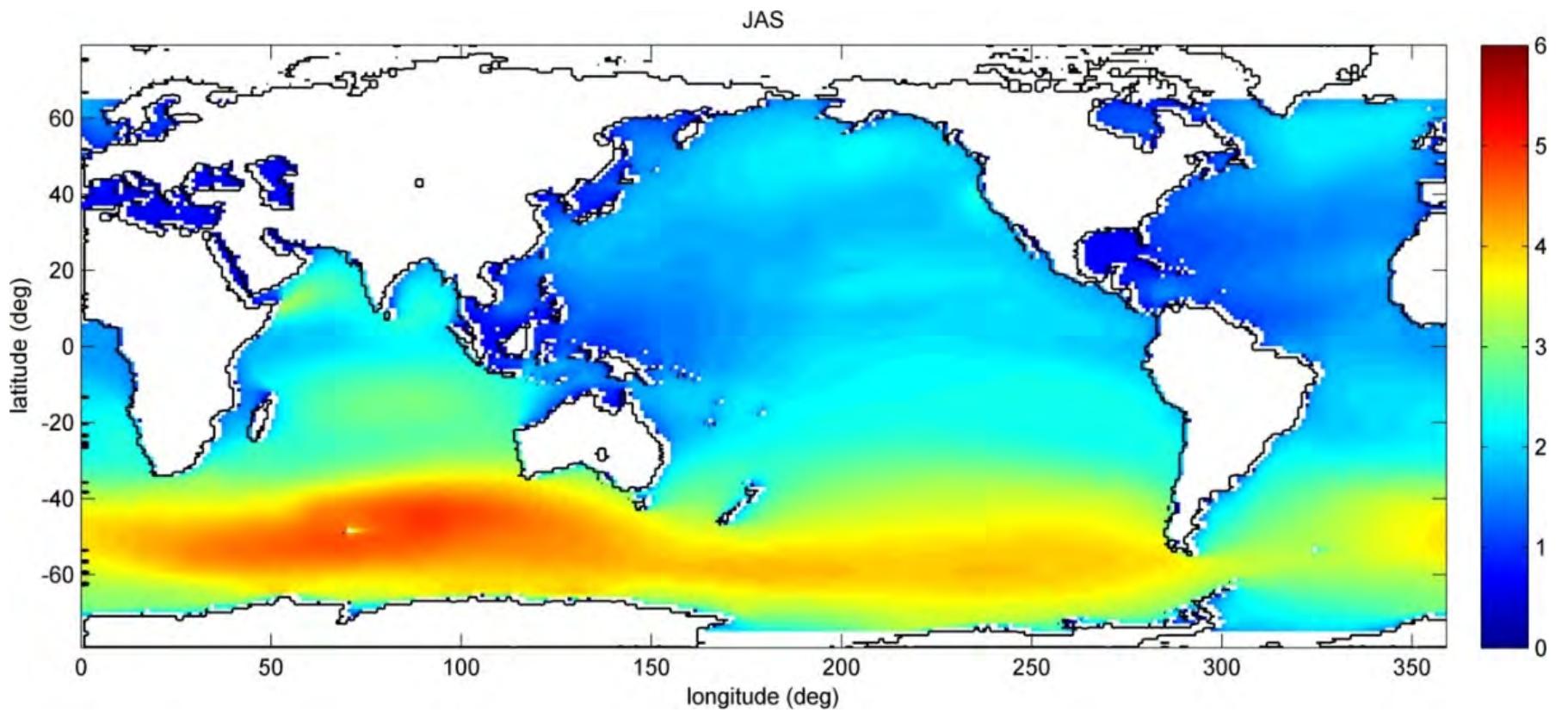
B. Peta Rata-rata Tinggi Gelombang Signifikan (Hs) Per tiga bulan Selama 1984-2003



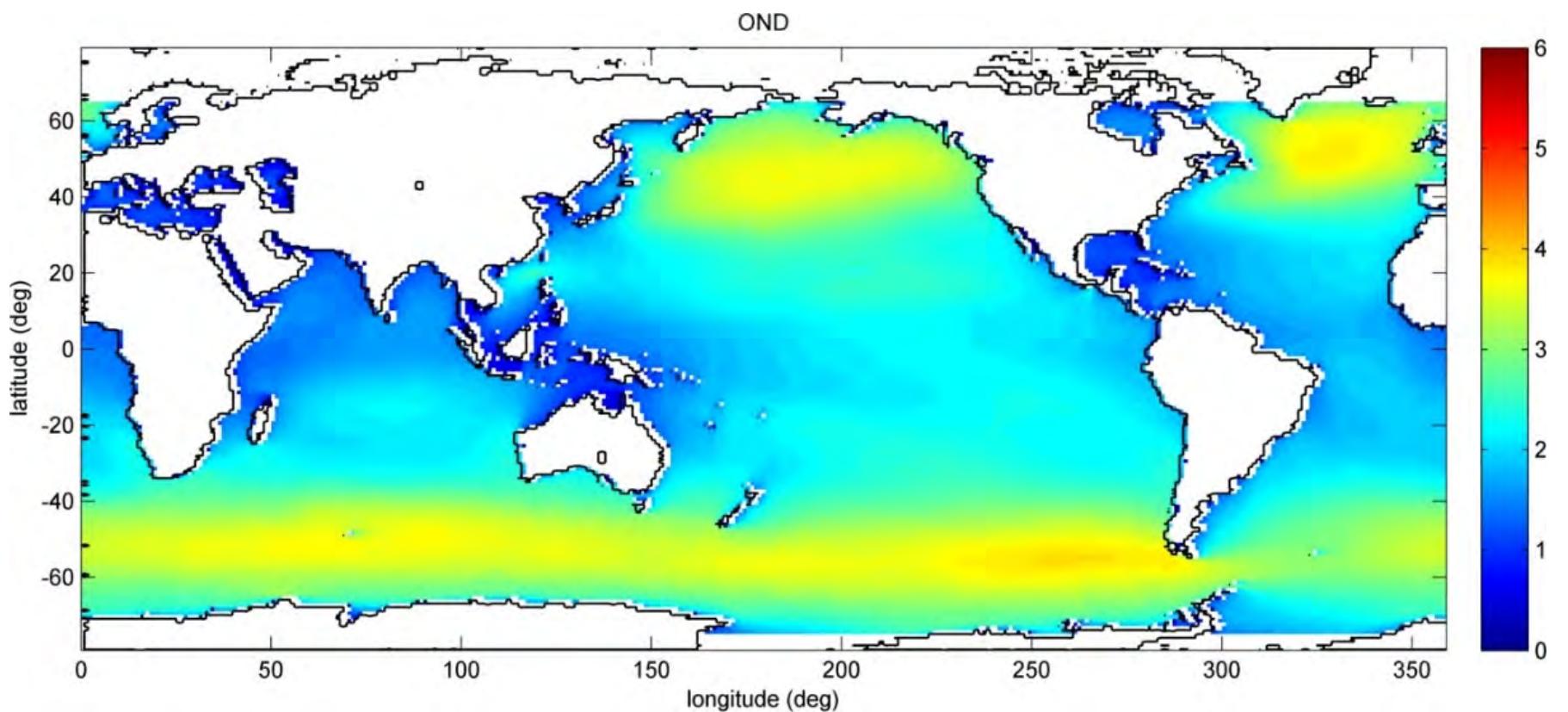
Gambar 1. Peta rata-rata Hs pada bulan Januari, Februari dan Maret selama 1984-2003



Gambar 2. Peta rata-rata Hs pada bulan April, Mei dan Juni selama 1984-2003

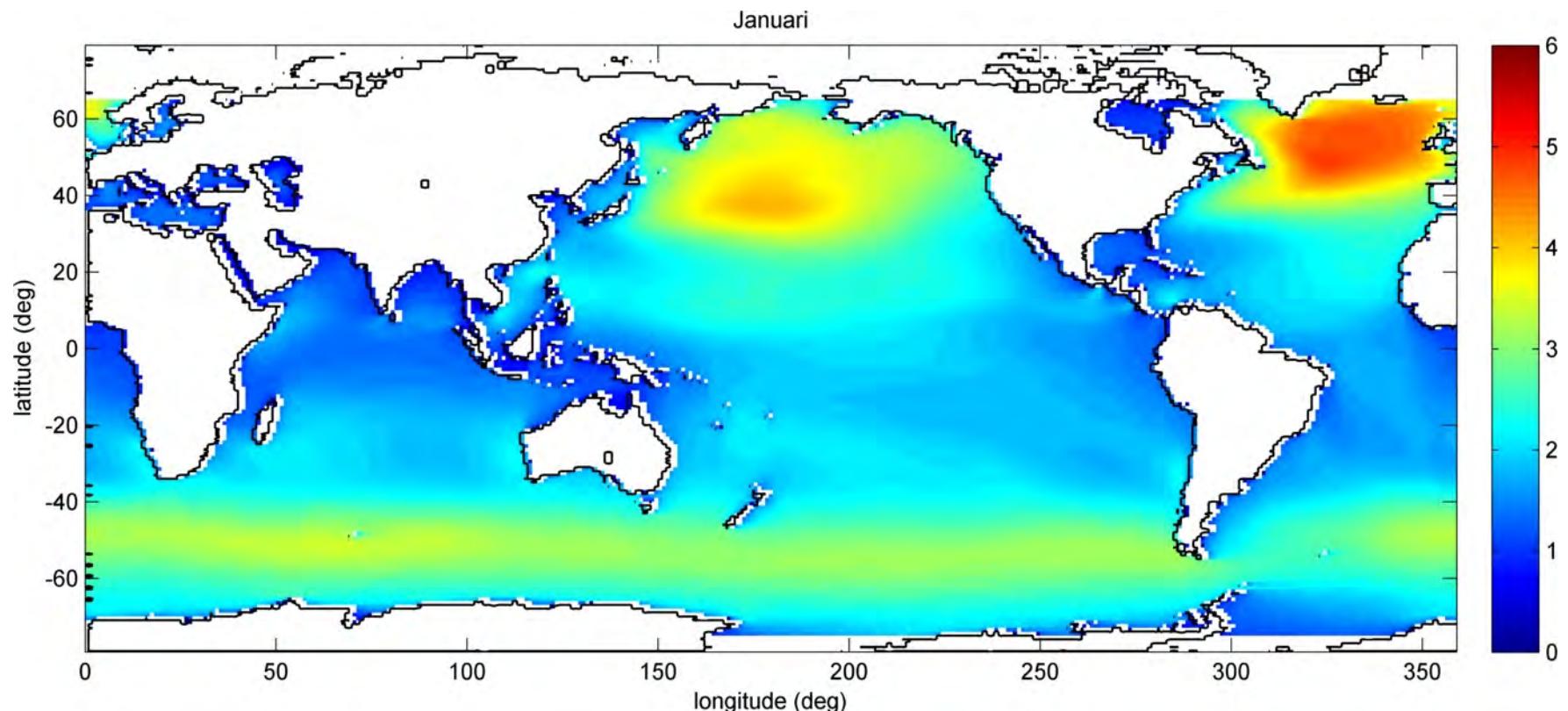


Gambar 3. Peta rata-rata Hs pada bulan Juli, Agustus dan September selama 1984-2003

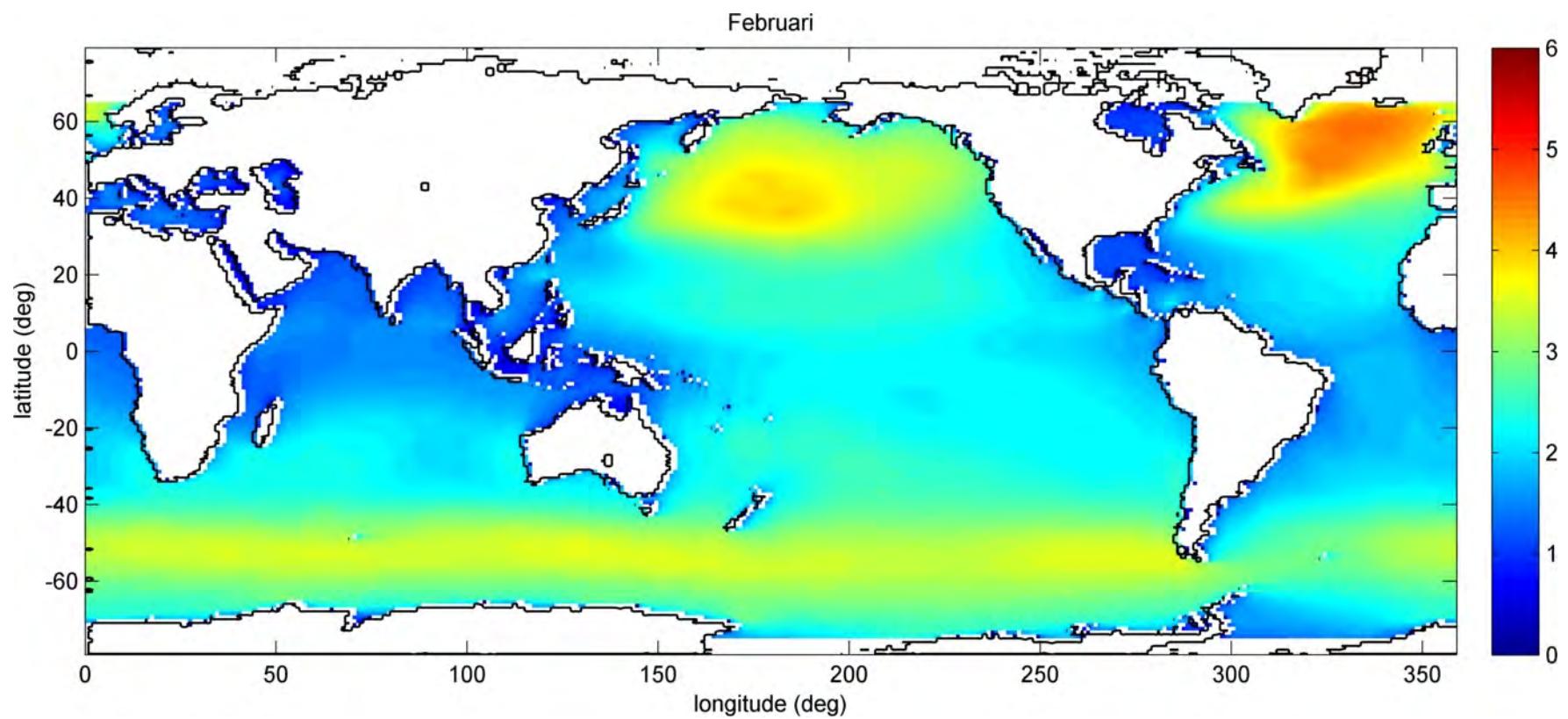


Gambar 4. Peta rata-rata H_s pada bulan Oktober, November dan Desember selama 1984-2003

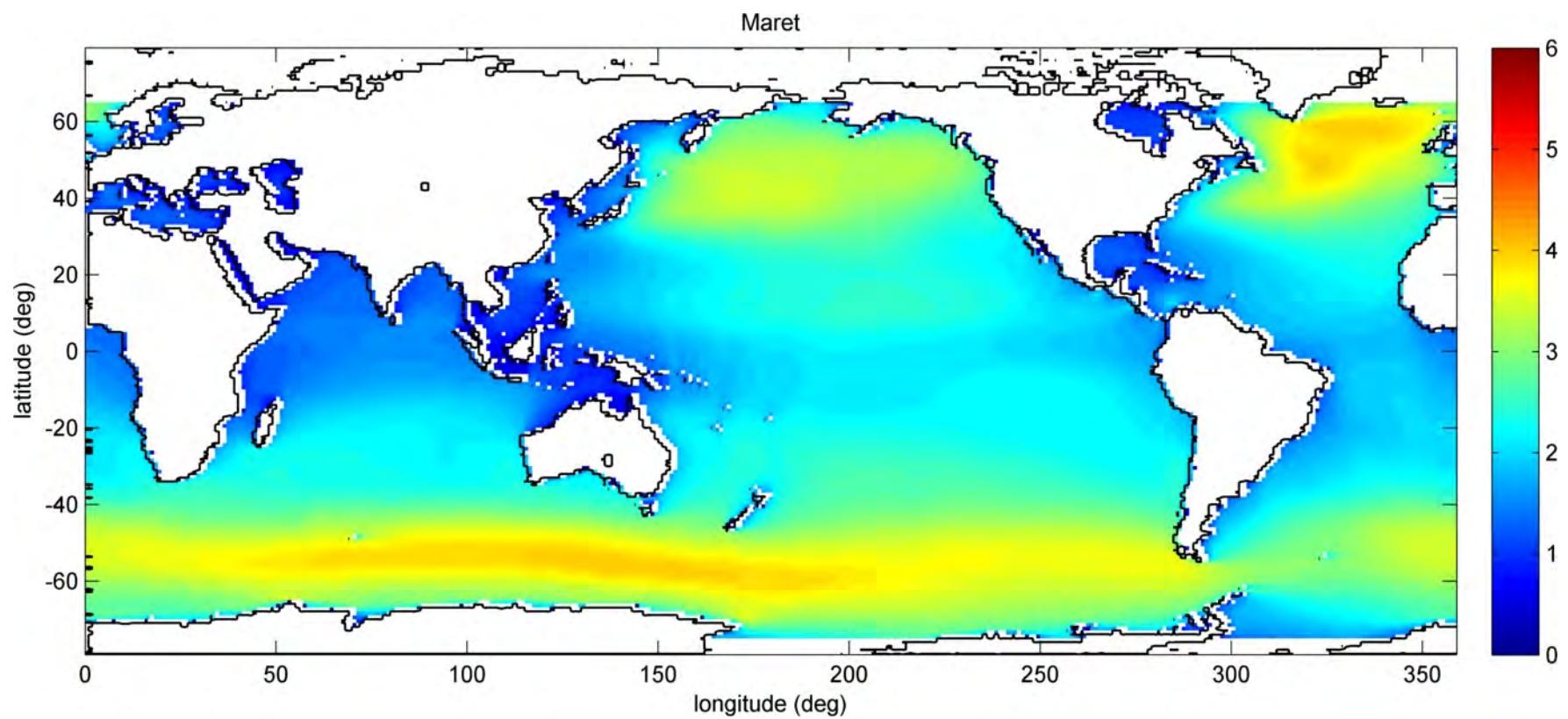
C. Peta Rata-rata Tinggi Gelombang Signifikan (Hs) Secara Bulanan (*Monthly*) Selama 1984-2003



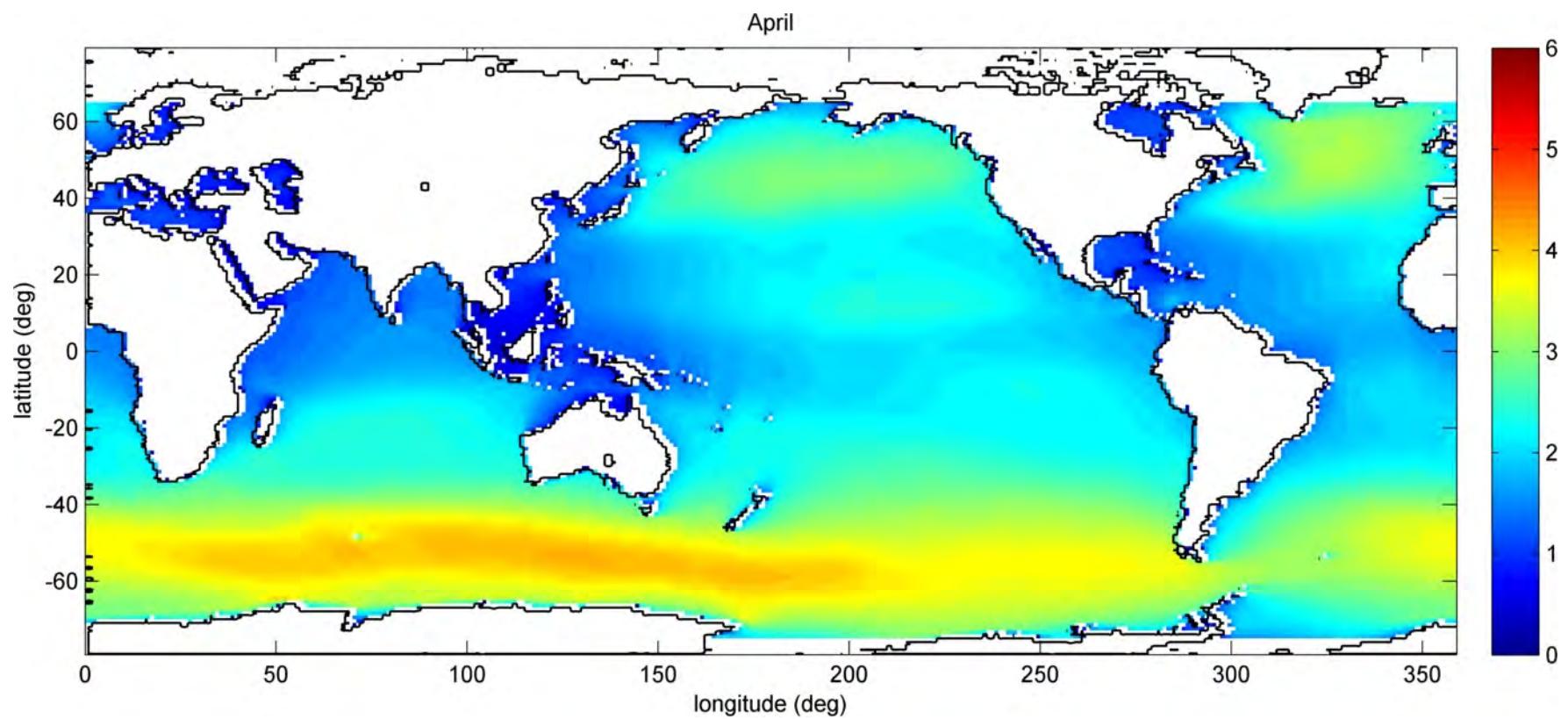
Gambar 5. Peta rata-rata Hs pada bulan Januari selama 1984-2003



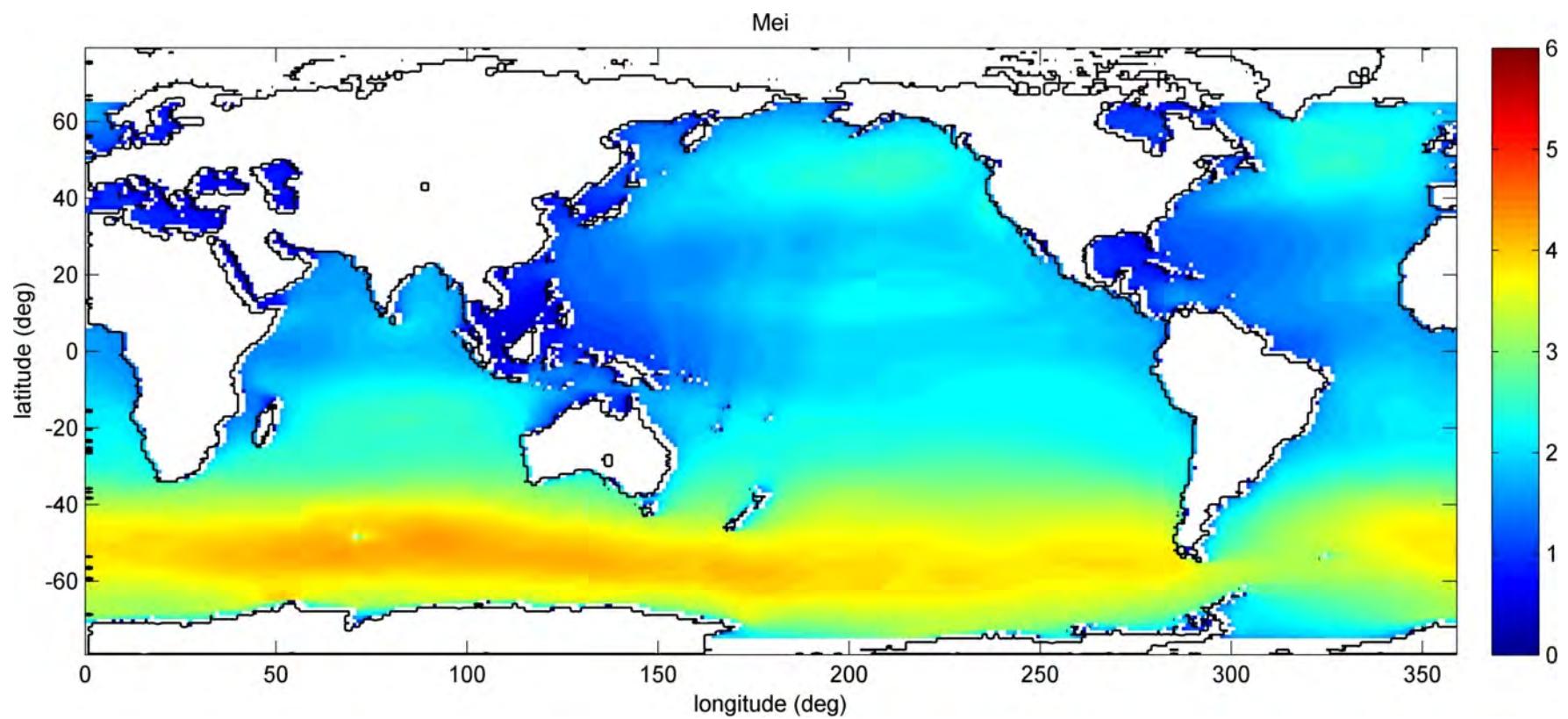
Gambar 6. Peta rata-rata Hs pada bulan Februari selama 1984-2003



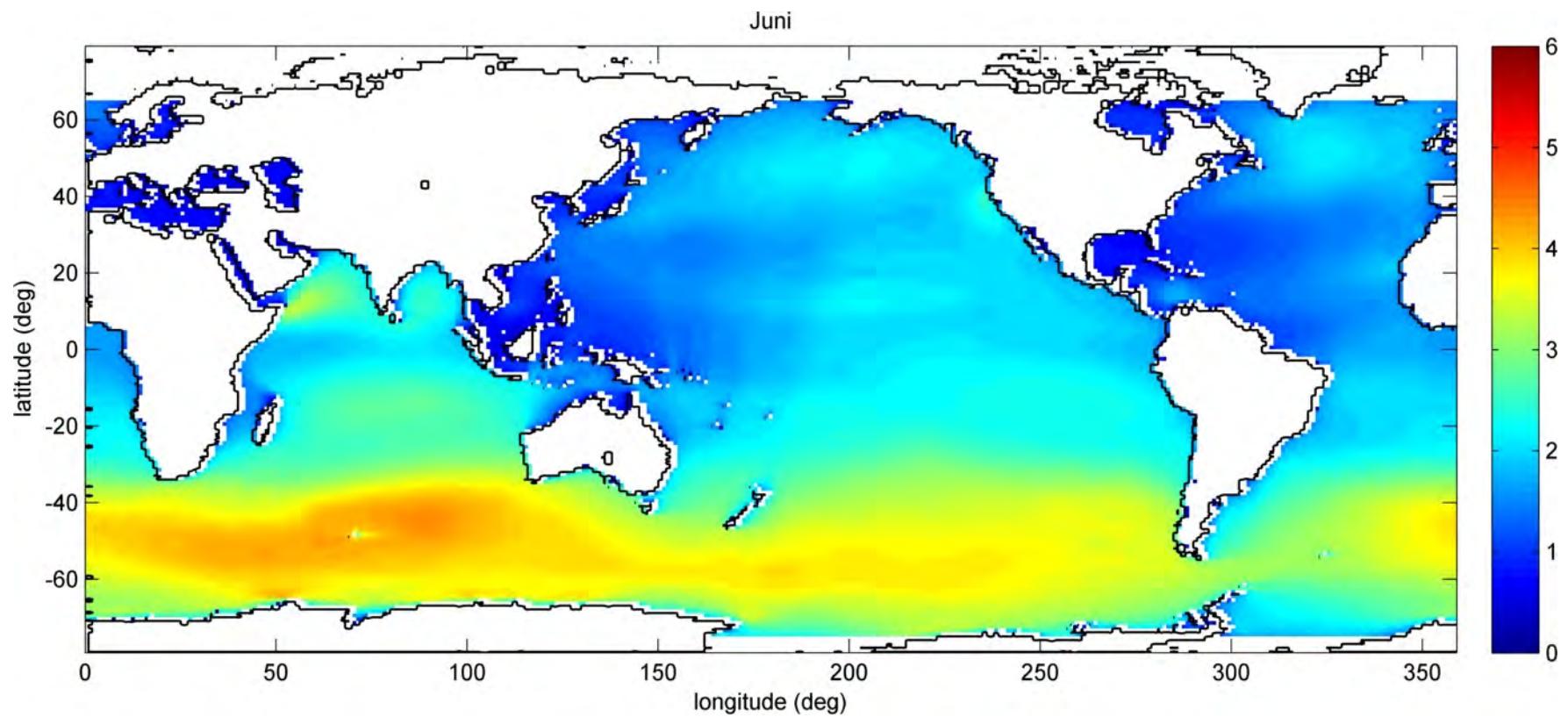
Gambar 7. Peta rata-rata Hs pada bulan Maret selama 1984-2003



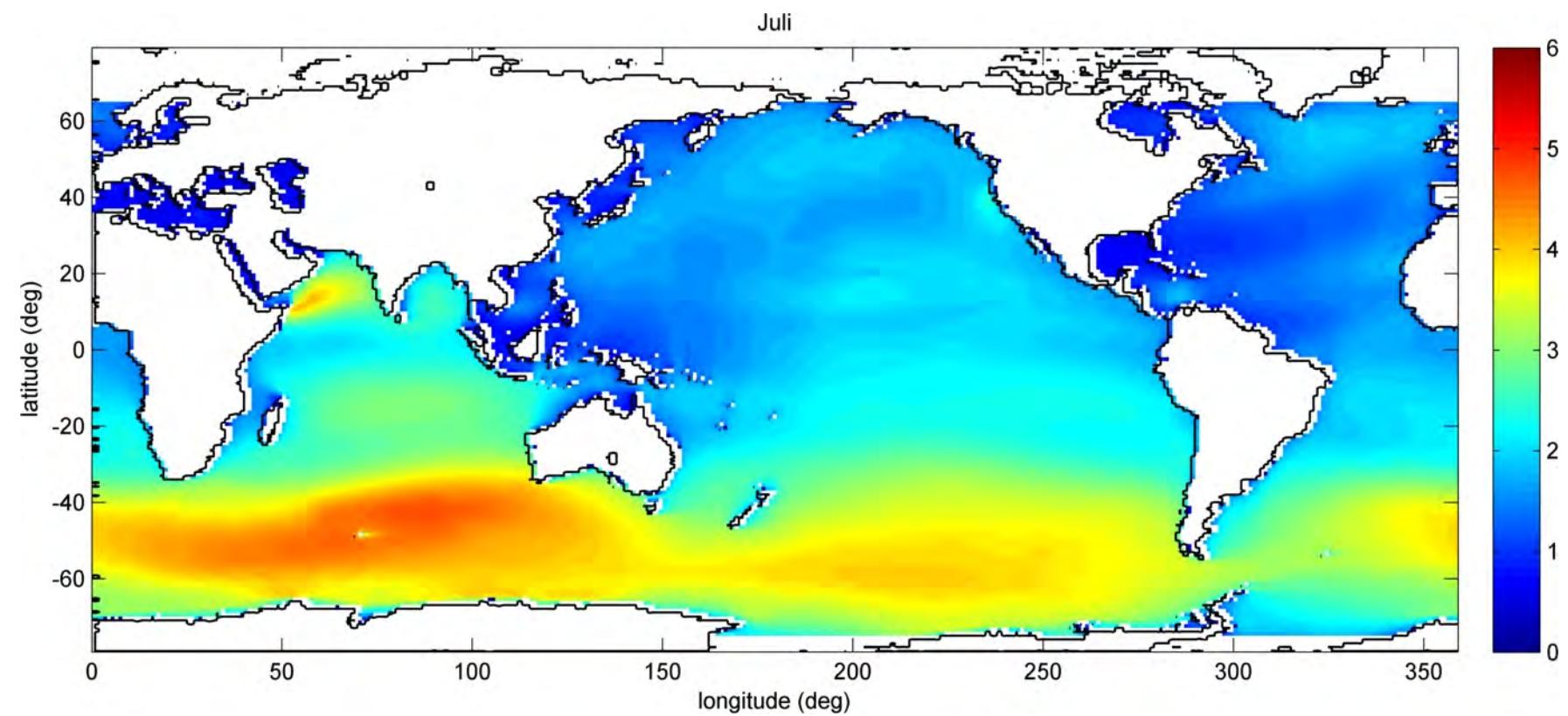
Gambar 8. Peta rata-rata H_s pada bulan April selama 1984-2003



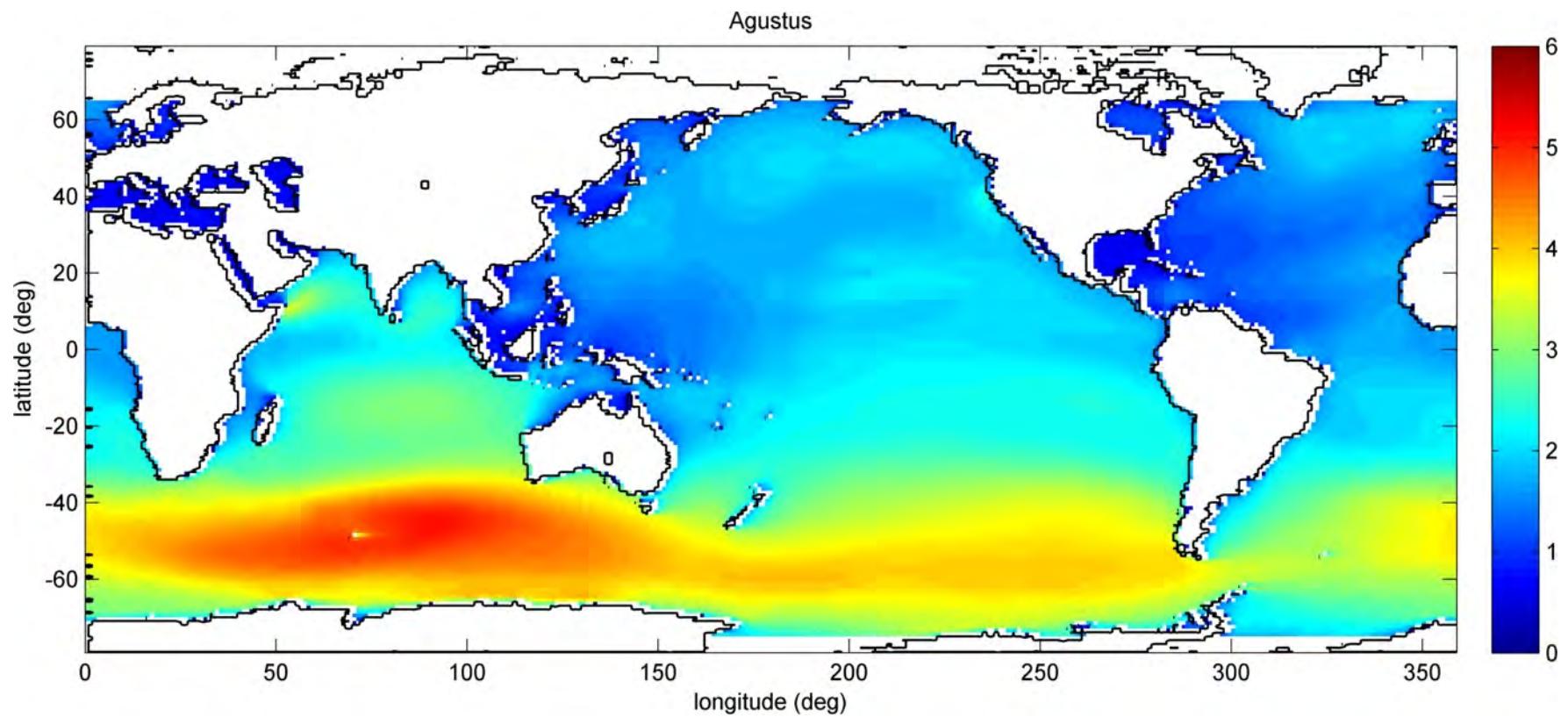
Gambar 9. Peta rata-rata Hs pada bulan Mei selama 1984-2003



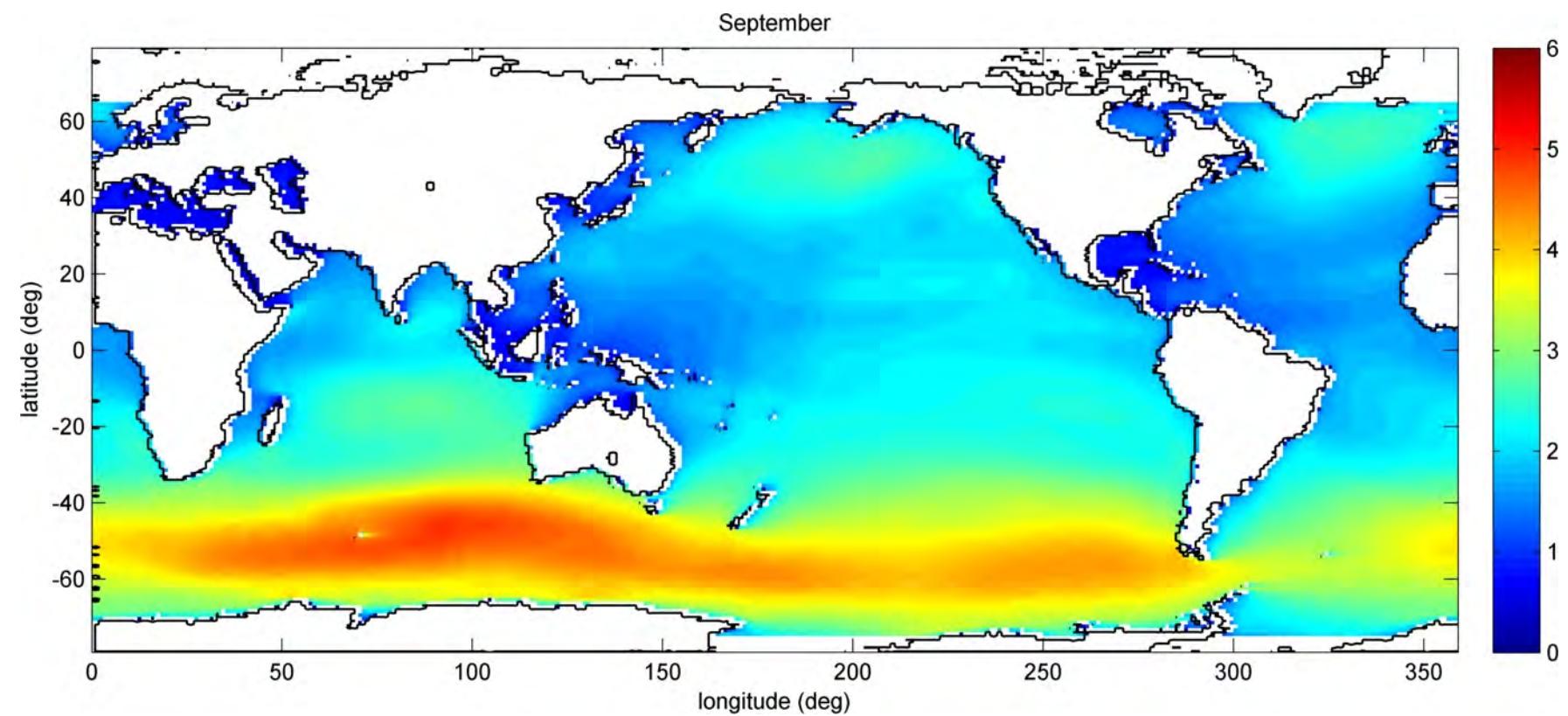
Gambar 10. Peta rata-rata Hs pada bulan Juni selama 1984-2003



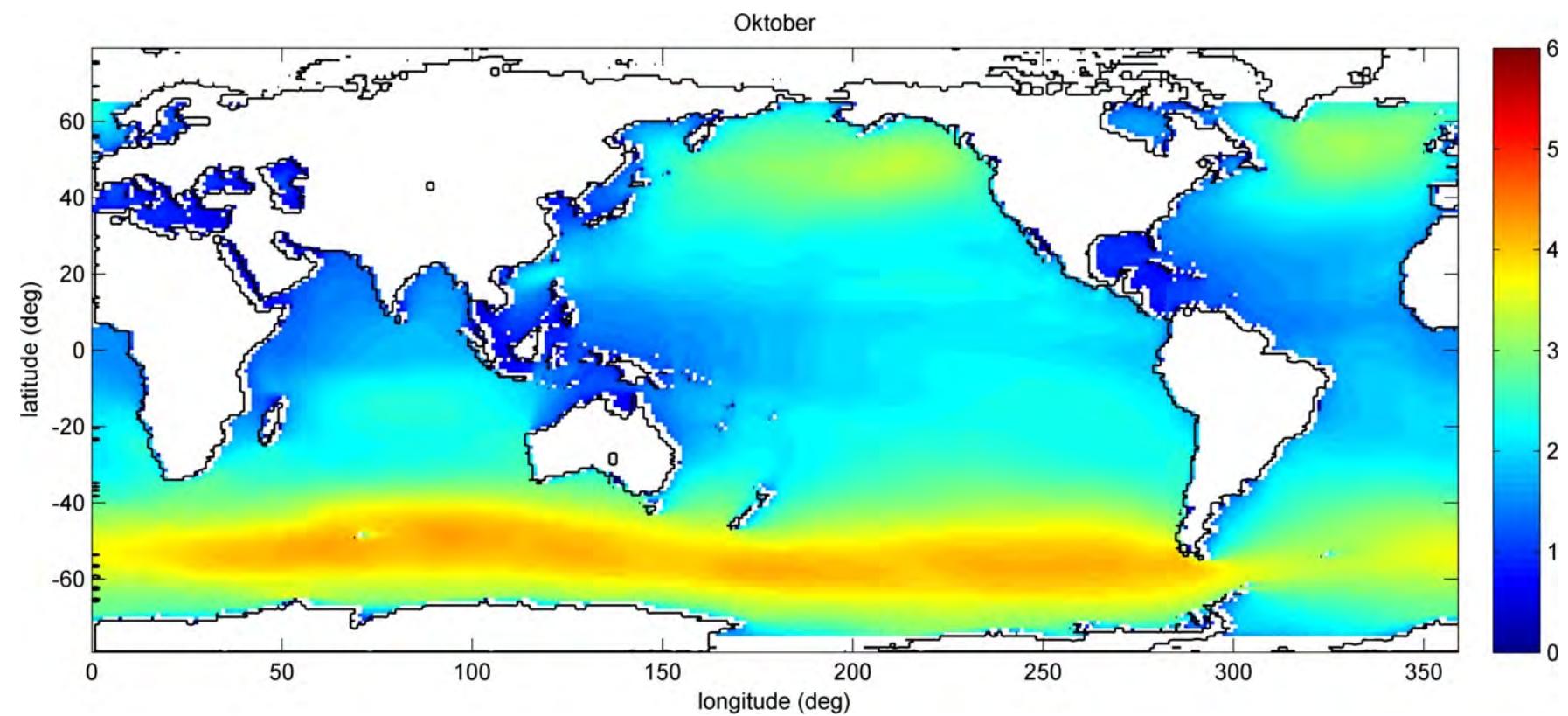
Gambar 11. Peta rata-rata Hs pada bulan Juli selama 1984-2003



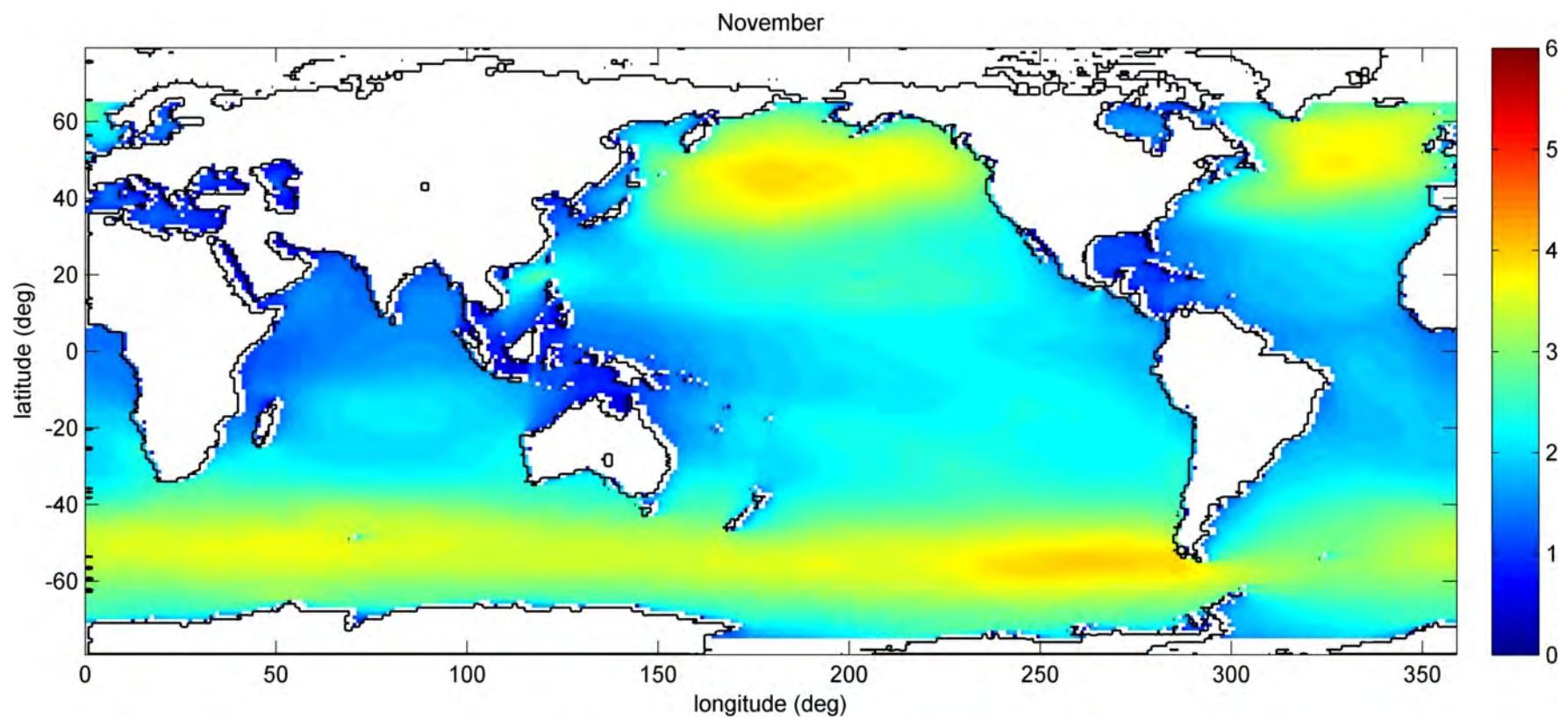
Gambar 12. Peta rata-rata Hs pada bulan Agustus selama 1984-2003



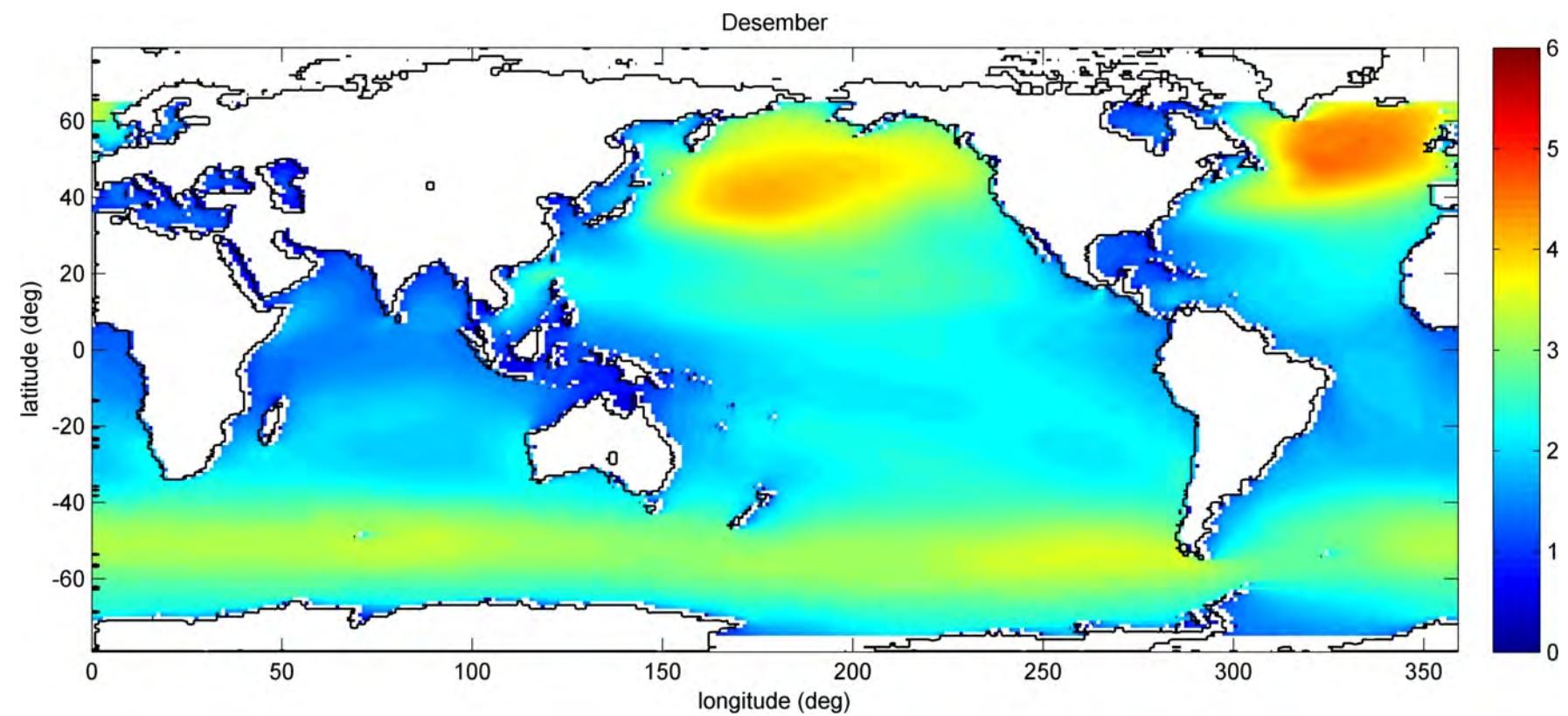
Gambar 13. Peta rata-rata H_s pada bulan September selama 1984-2003



Gambar 14. Peta rata-rata Hs pada bulan Oktober selama 1984-2003

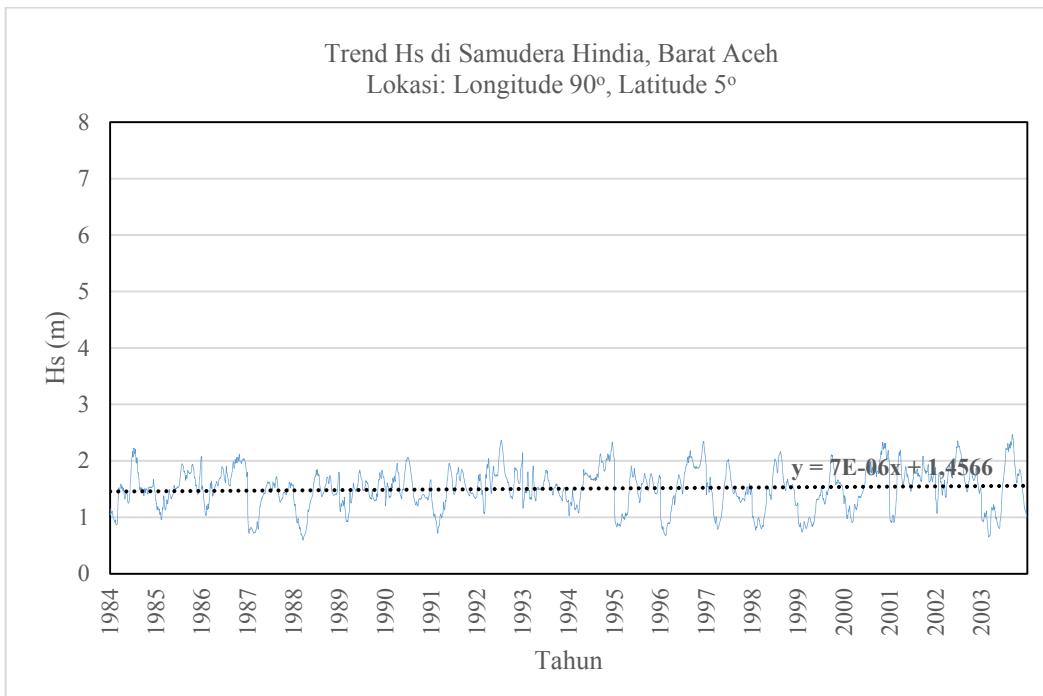
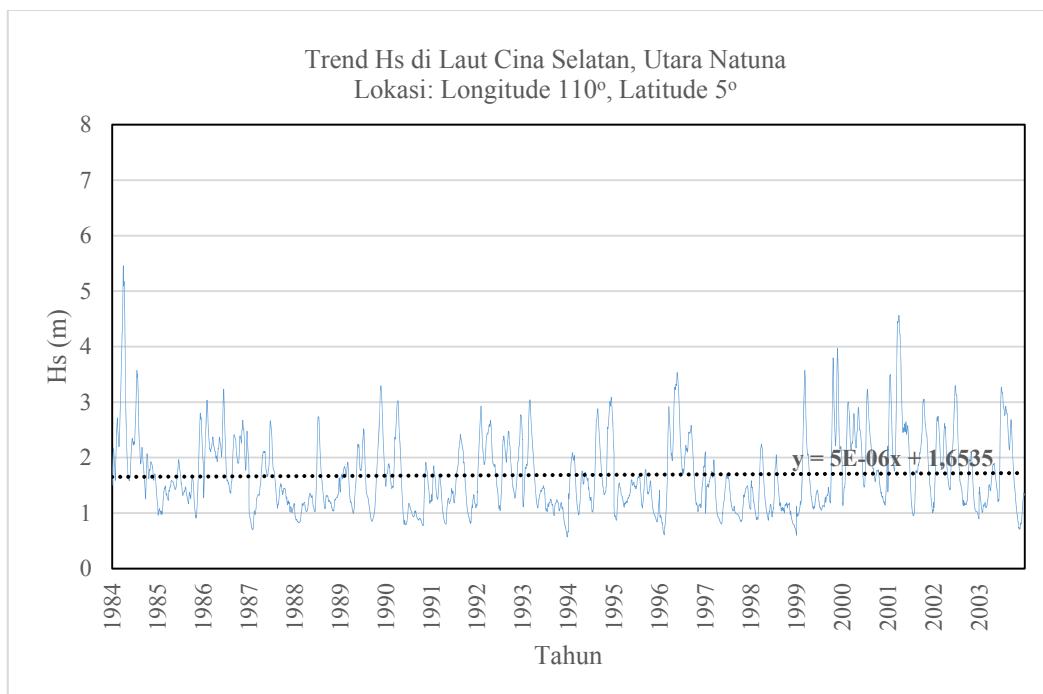


Gambar 15. Peta rata-rata Hs pada bulan November selama 1984-2003

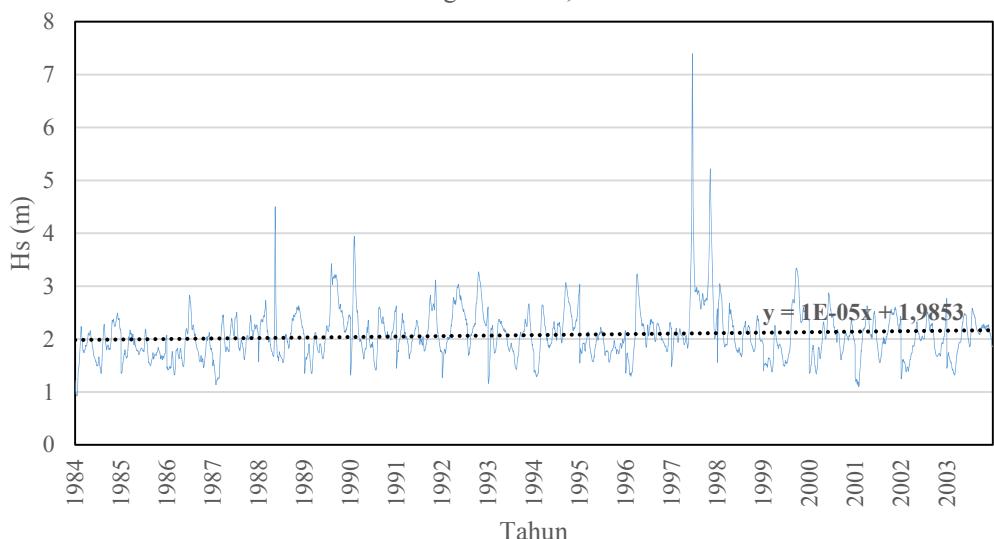


Gambar 16. Peta rata-rata Hs pada bulan Desember selama 1984-2003

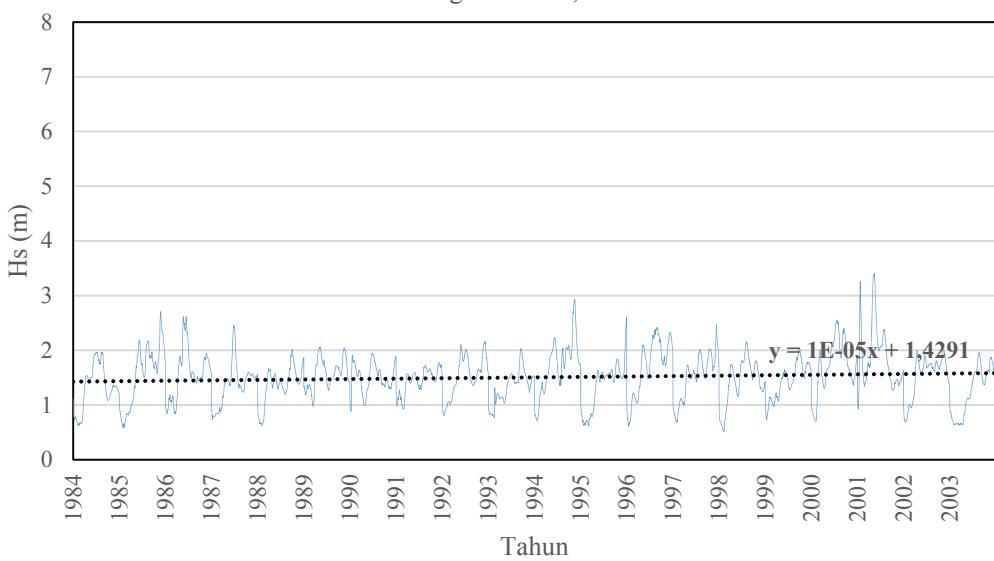
1. Trend Hs pada bulan Januari



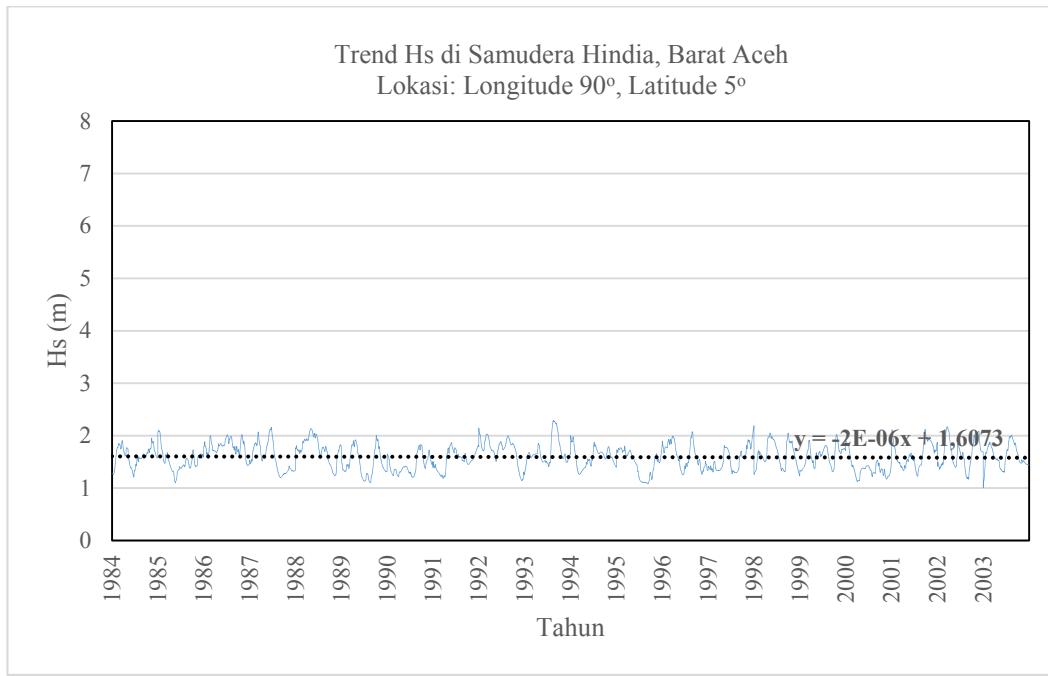
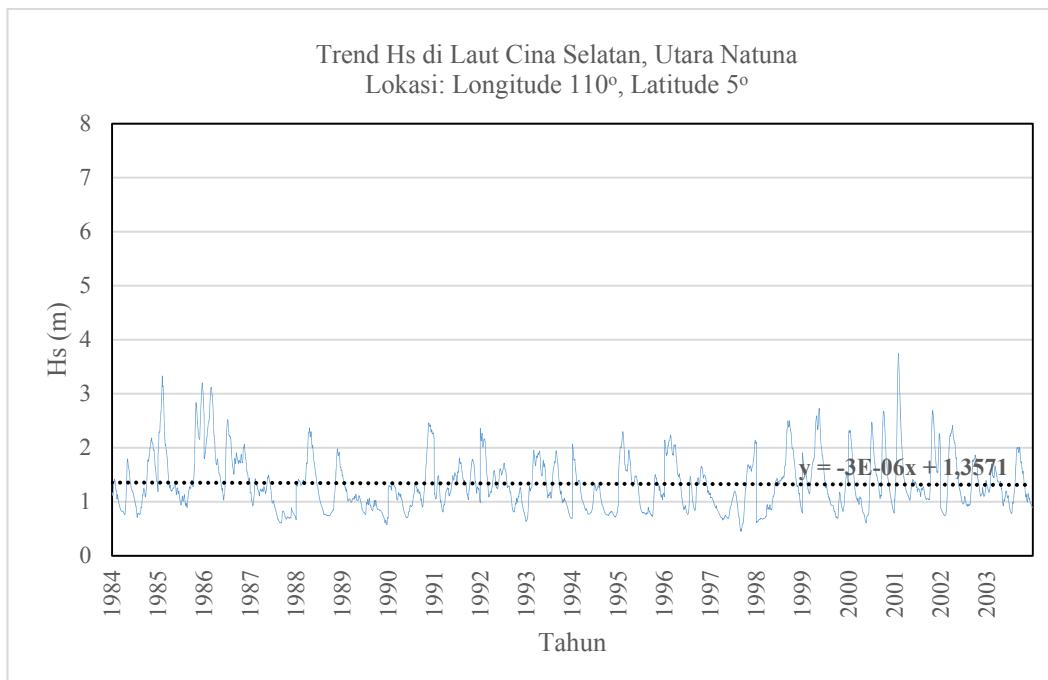
Trend Hs di Samudera Pasifik, Utara Papua
Lokasi: Longitude 140°, Latitude 10°



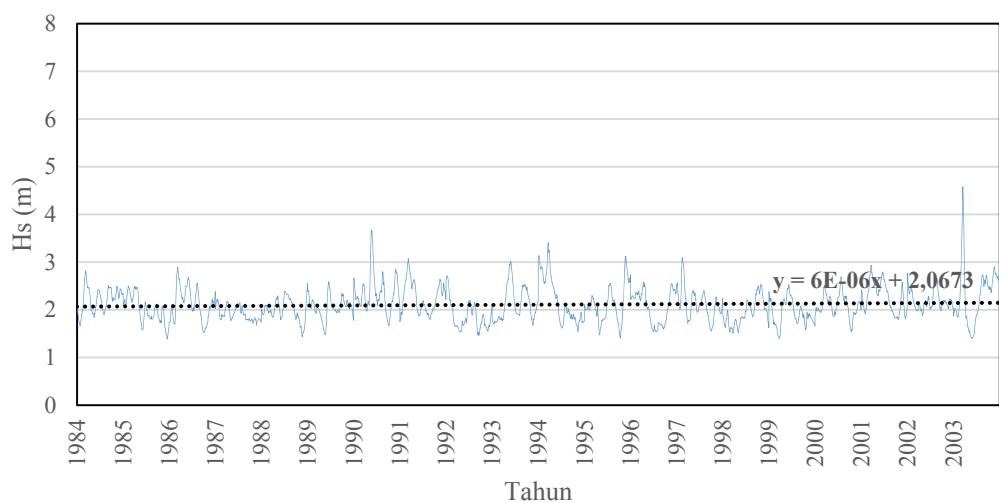
Trend Hs di Samudera Hindia, Selatan Yogyakarta
Lokasi: Longitude 110°, Latitude -10°



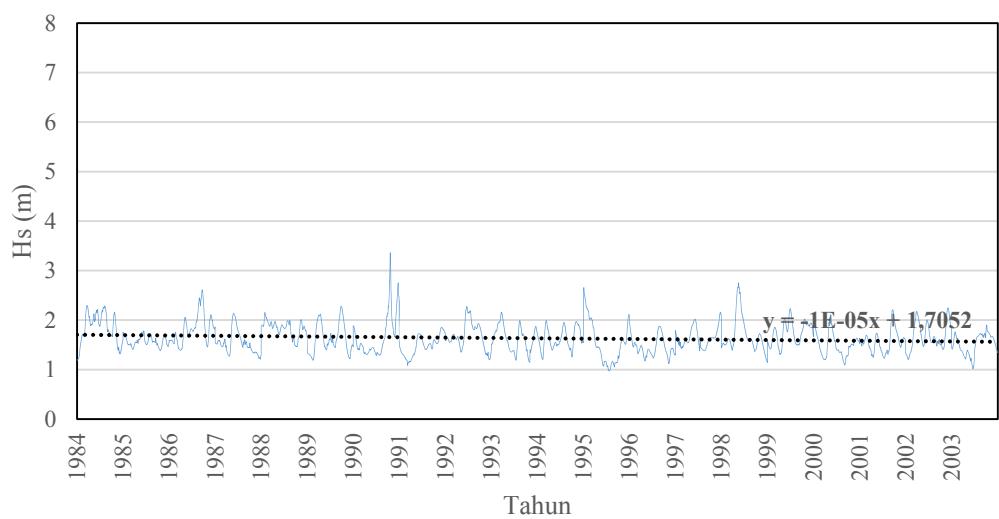
2. Trend Hs pada bulan Februari



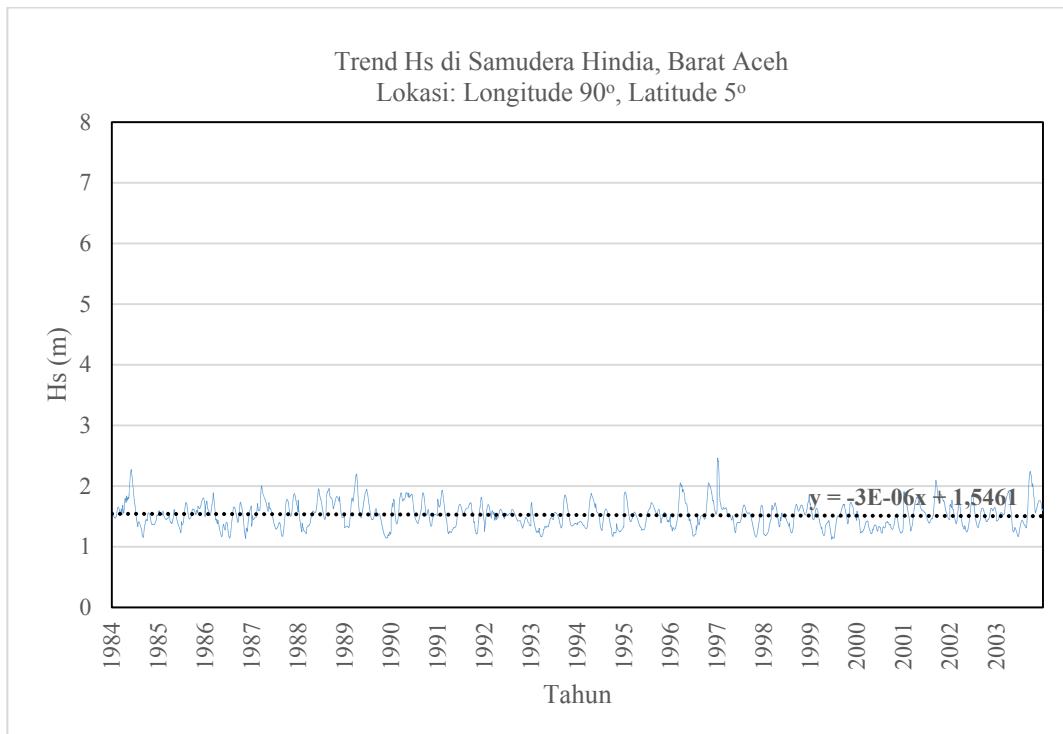
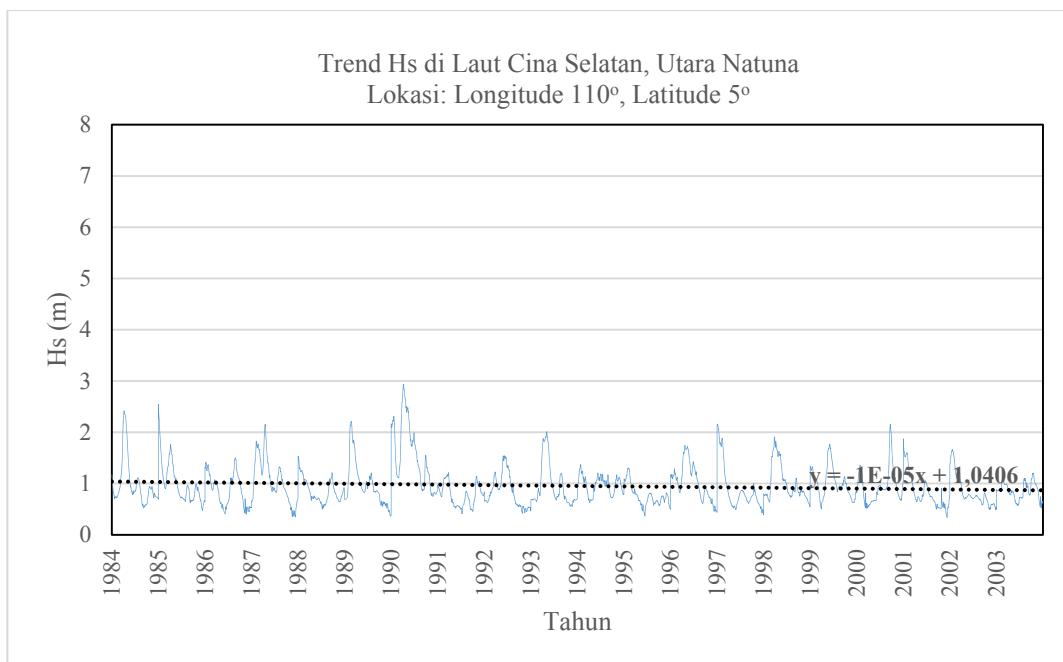
Trend Hs di Samudera Pasifik, Utara Papua
Lokasi: Longitude 140°, Latitude 10°



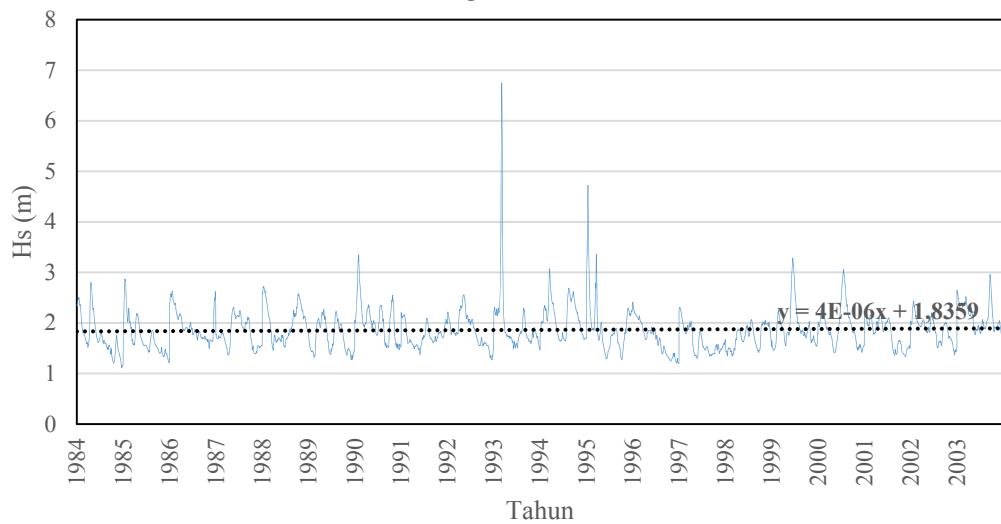
Trend Hs di Samudera Hindia, Selatan Yogyakarta
Lokasi: Longitude 110°, Latitude -10°



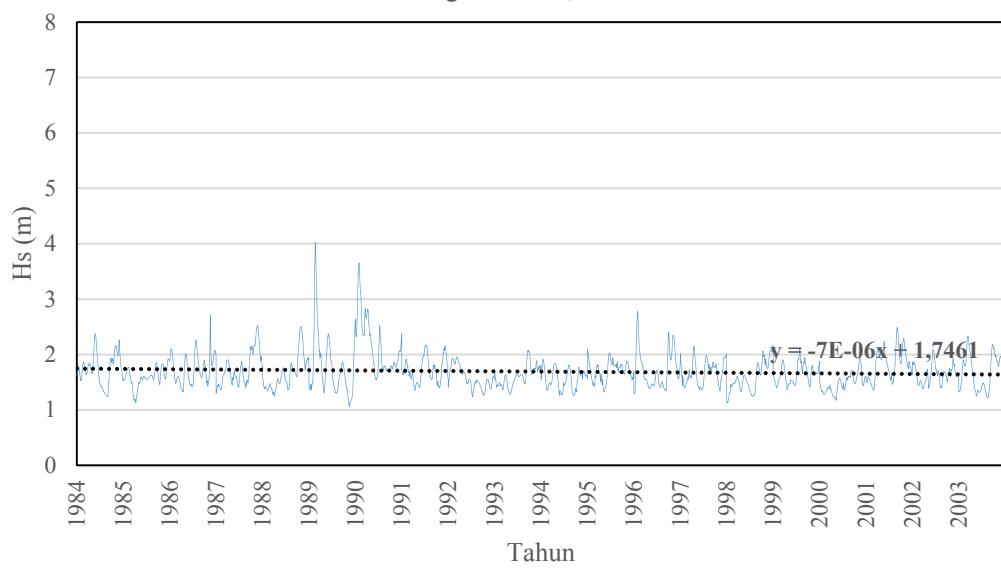
3. Trend Hs pada bulan Maret



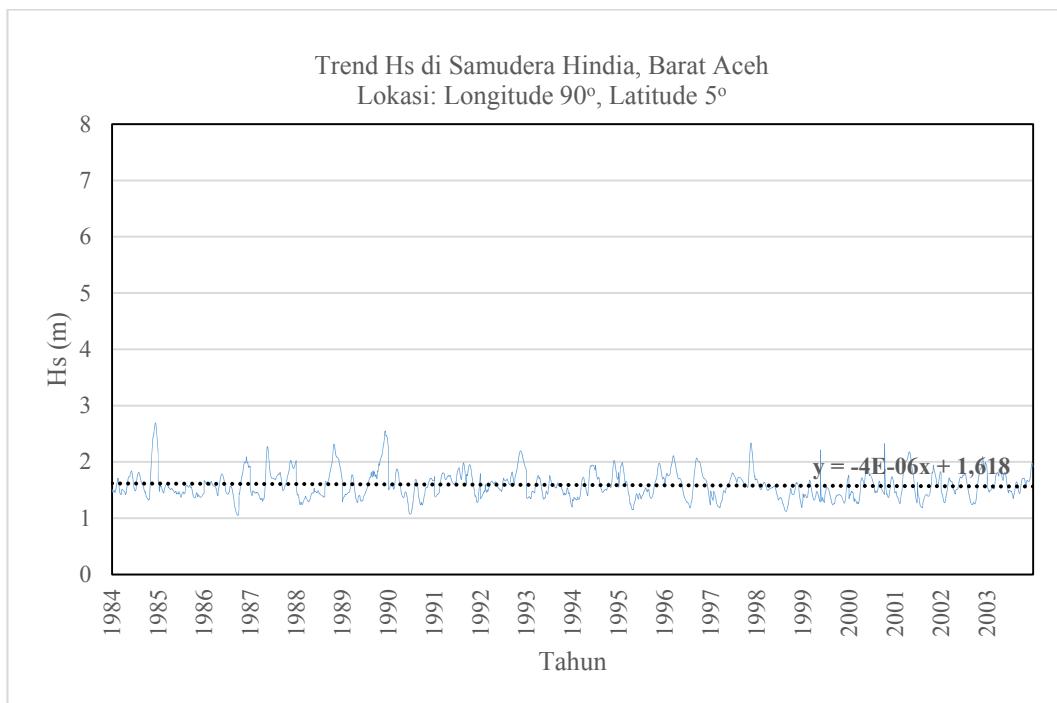
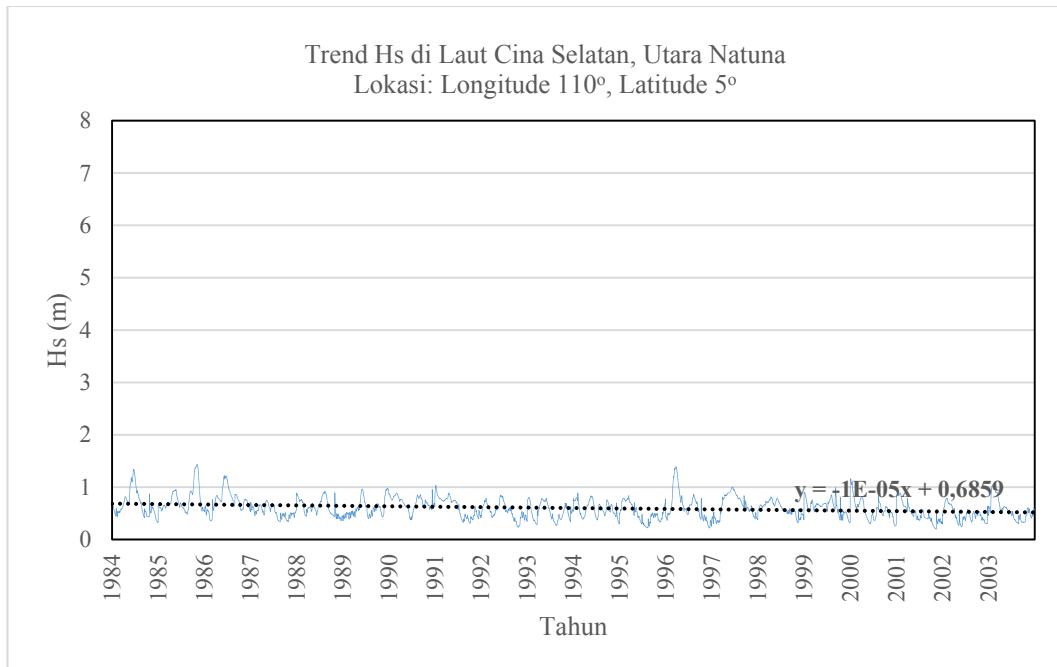
Trend Hs di Samudera Pasifik, Utara Papua
Lokasi: Longitude 140°, Latitude 10°



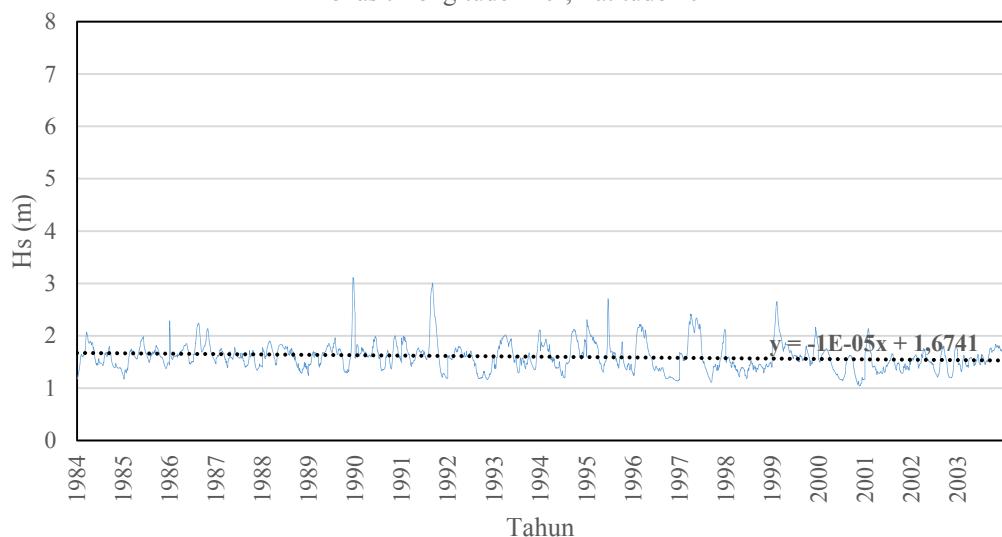
Trend Hs di Samudera Hindia, Selatan Yogyakarta
Lokasi: Longitude 110°, Latitude -10°



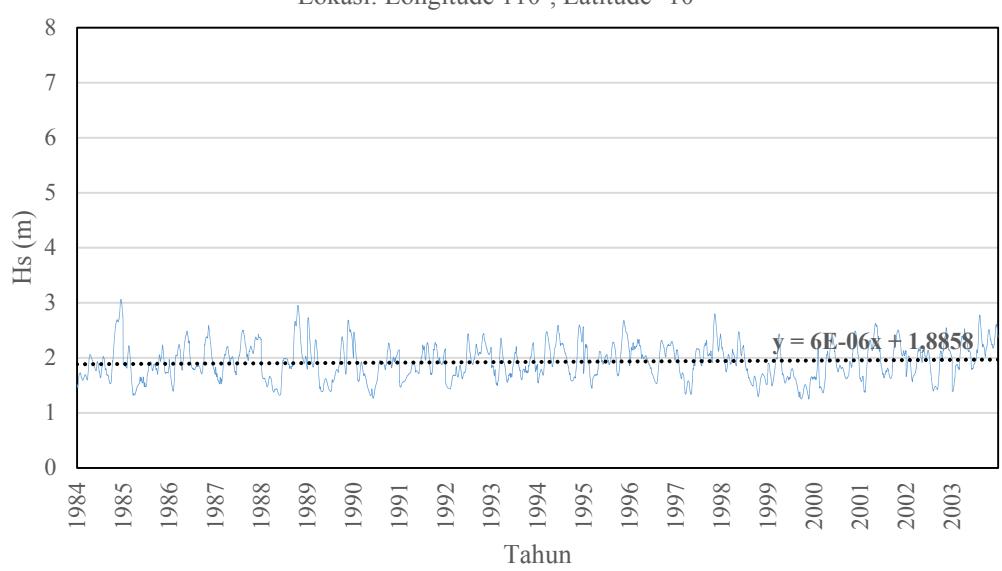
4. Trend Hs pada bulan April



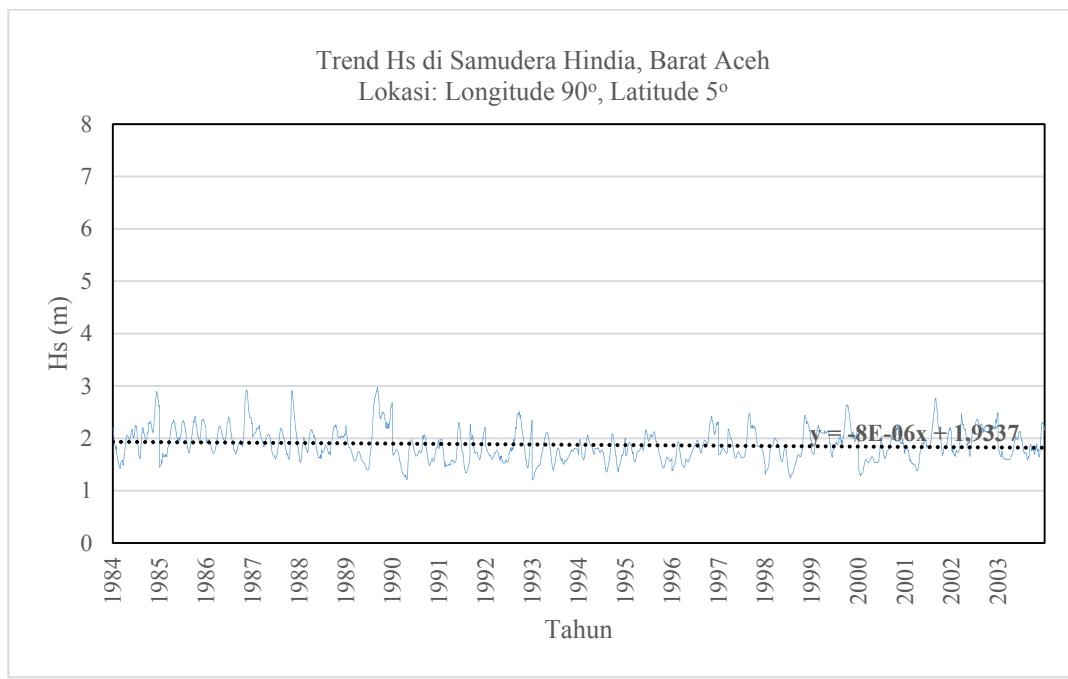
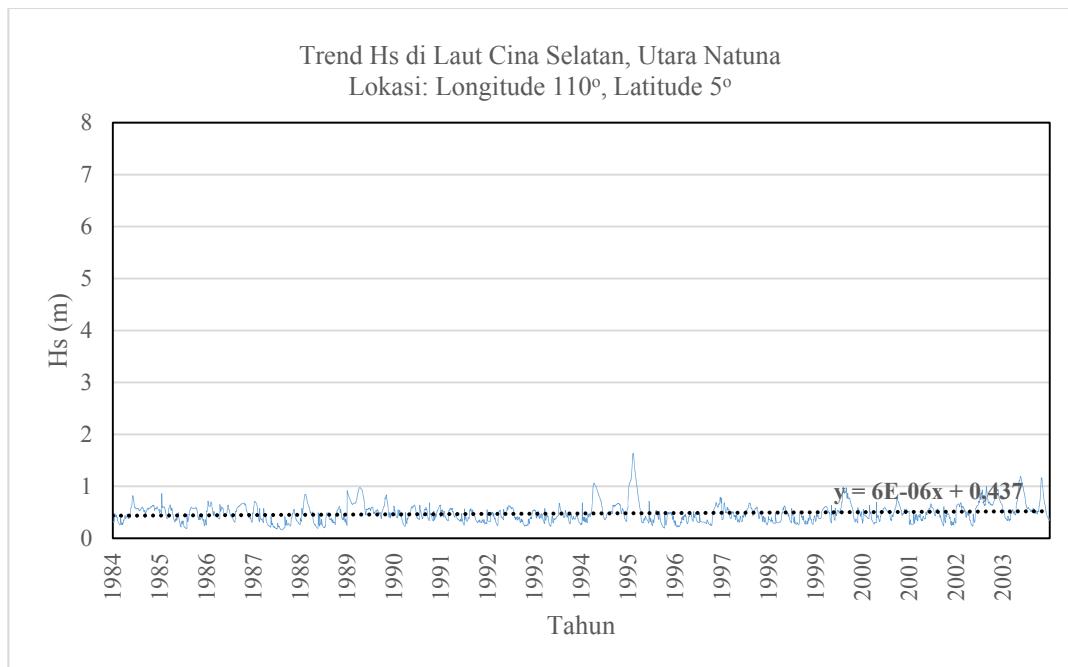
Trend Hs di Samudera Pasifik, Utara Papua
Lokasi: Longitude 140°, Latitude 10°



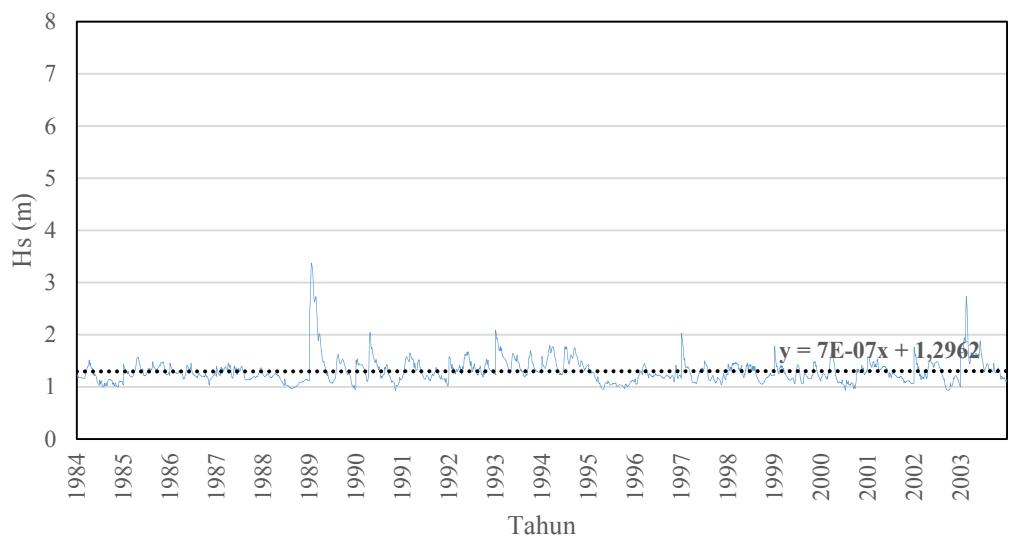
Trend Hs di Samudera Hindia, Selatan Yogyakarta
Lokasi: Longitude 110°, Latitude -10°



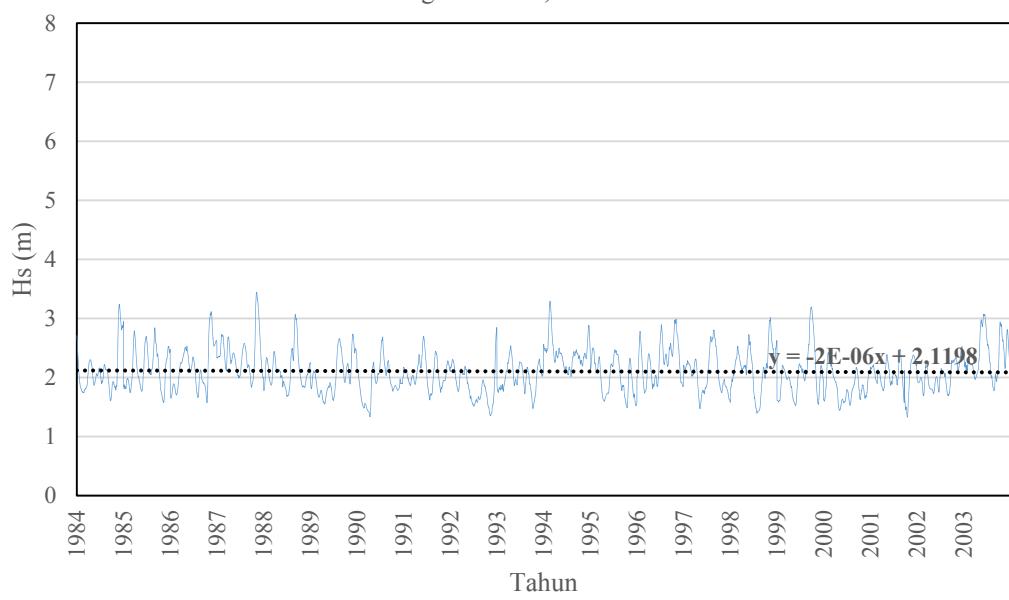
5. Trend Hs pada bulan Mei



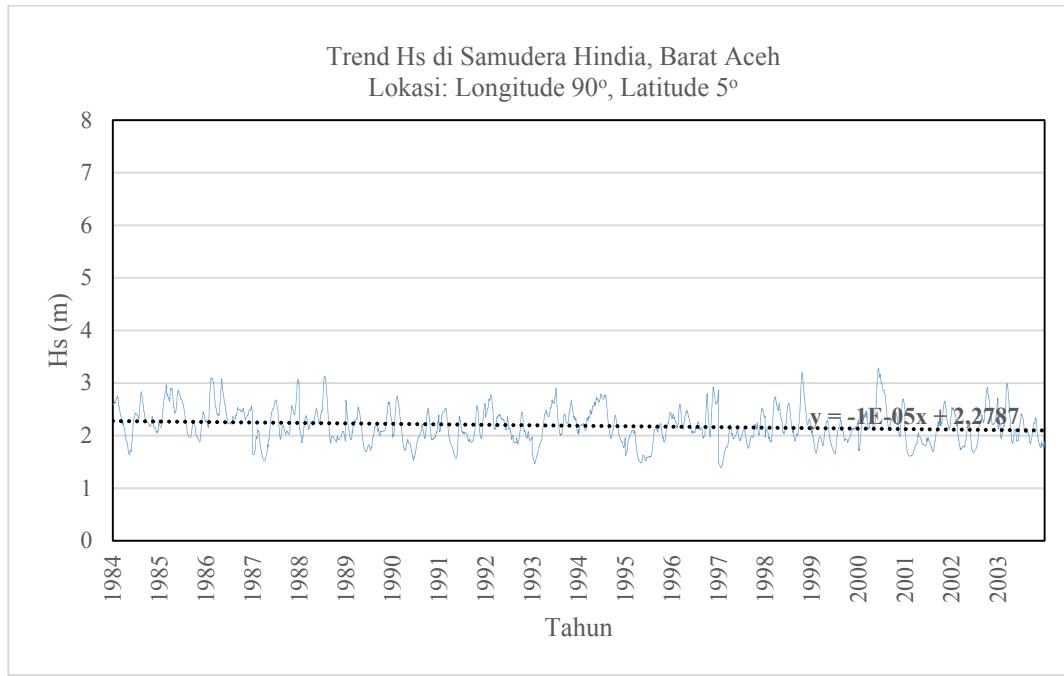
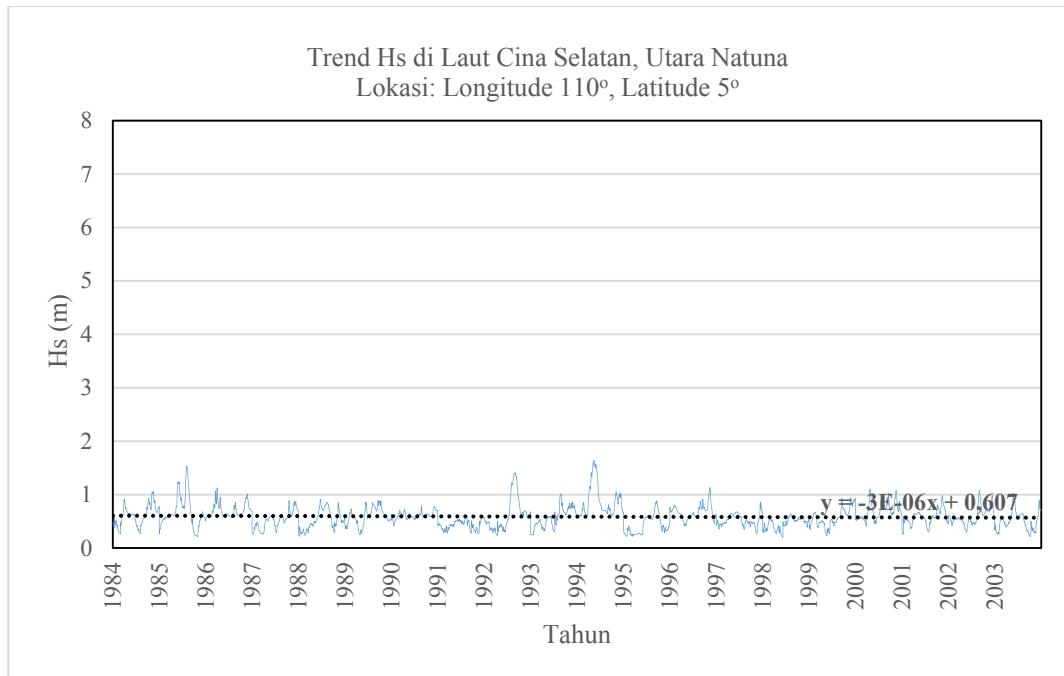
Trend Hs di Samudera Pasifik, Utara Papua
Lokasi: Longitude 140°, Latitude 10°



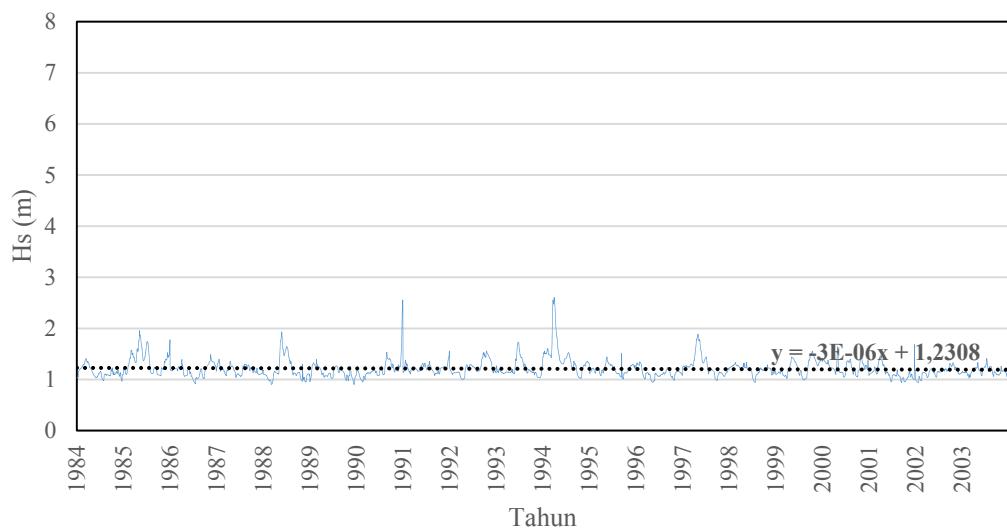
Trend Hs di Samudera Hindia, Selatan Yogyakarta
Lokasi: Longitude 110°, Latitude -10°



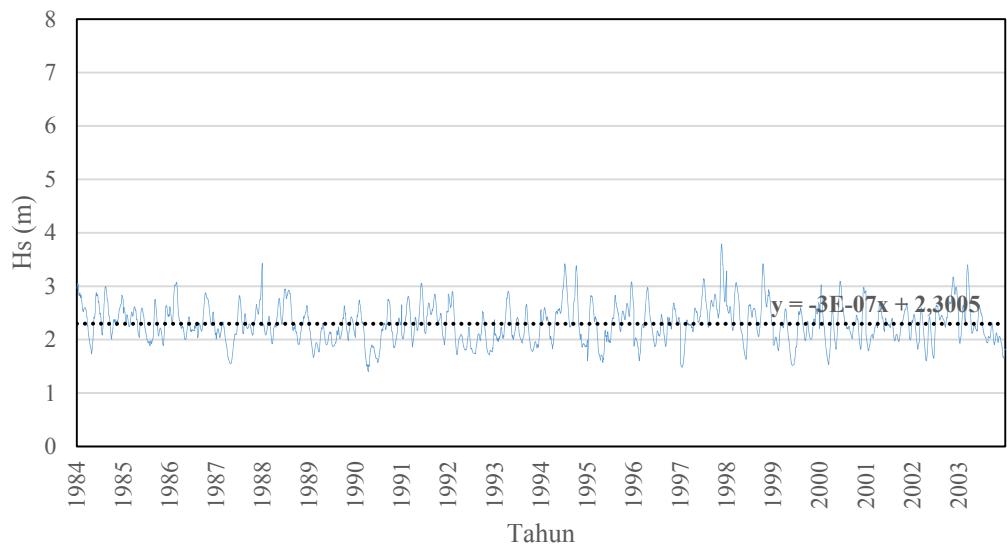
6. Trend Hs pada bulan Juni



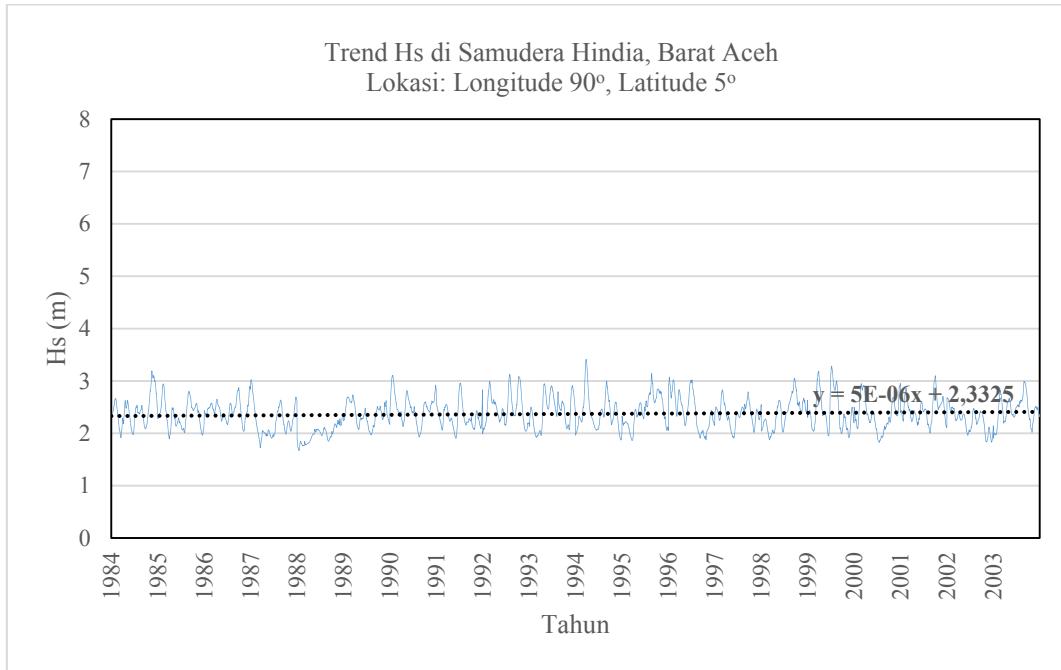
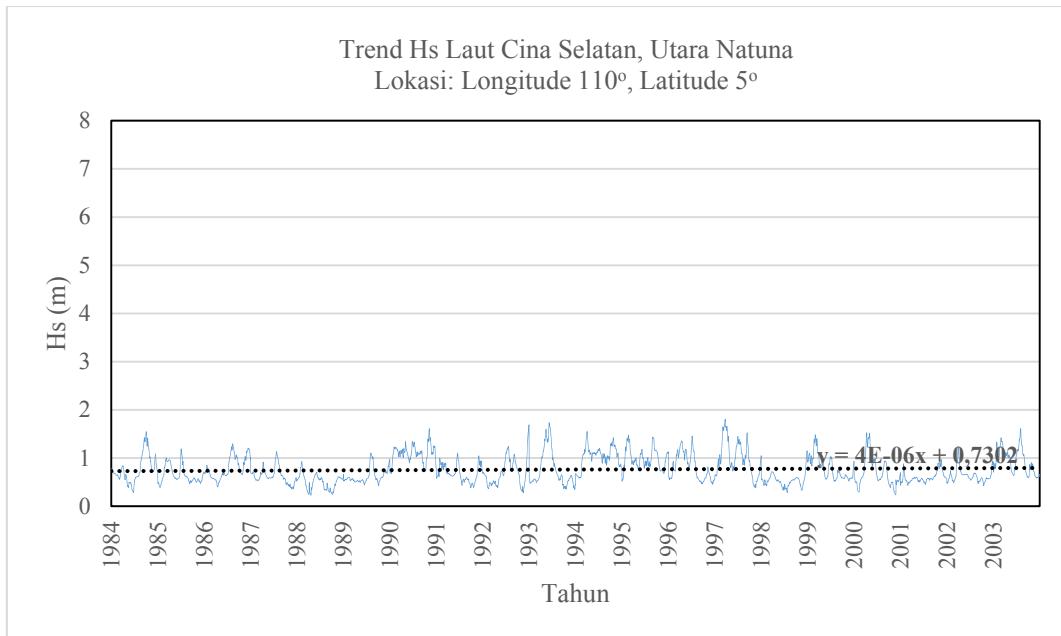
Trend Hs di Samudera Pasifik, Utara Papua
Lokasi: Longitude 140°, Latitude 10°



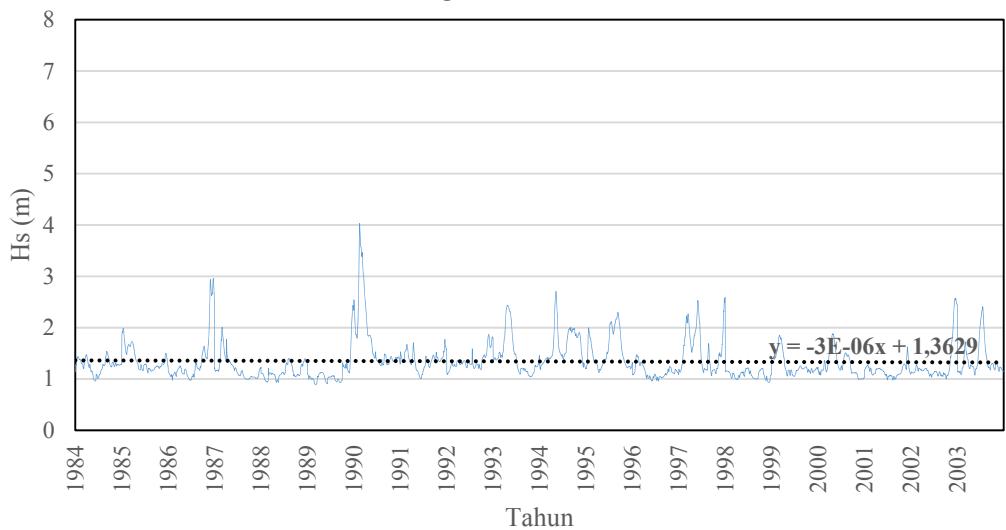
Trend Hs di Samudera Hindia, Selatan Yogyakarta
Lokasi: Longitude 110°, Latitude -10°



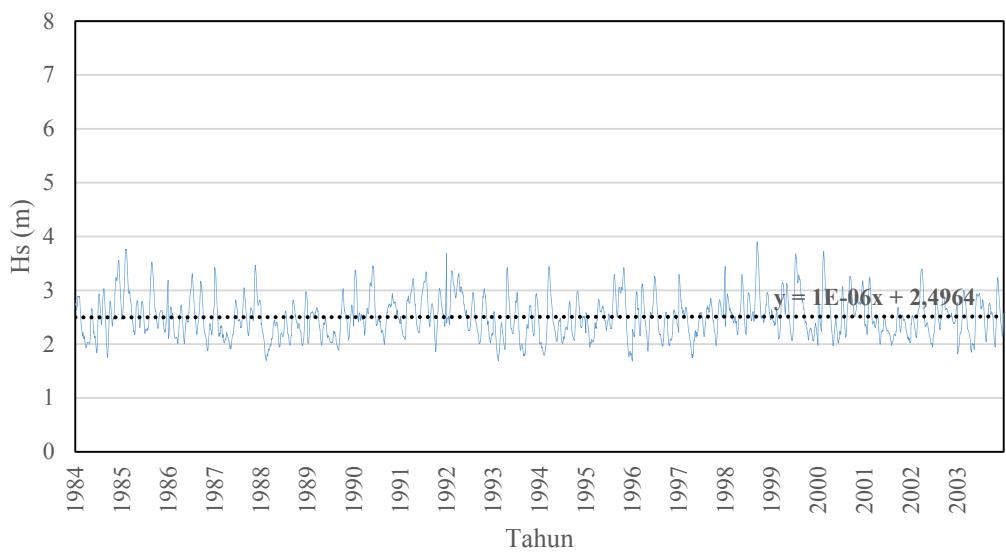
7. Trend Hs pada bulan Juli



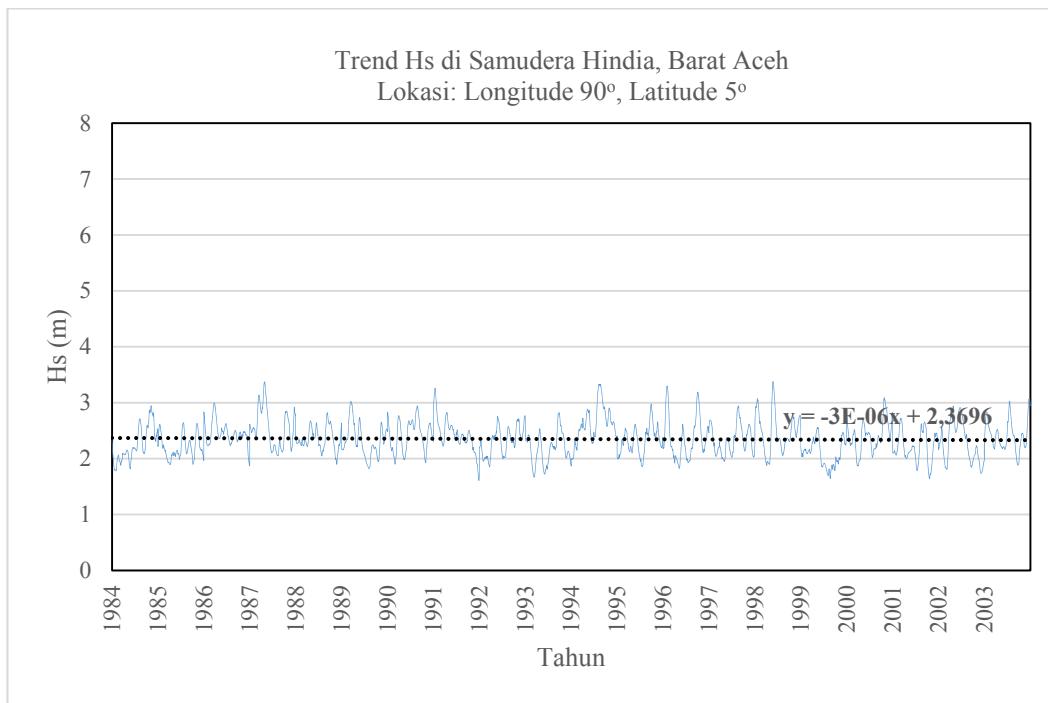
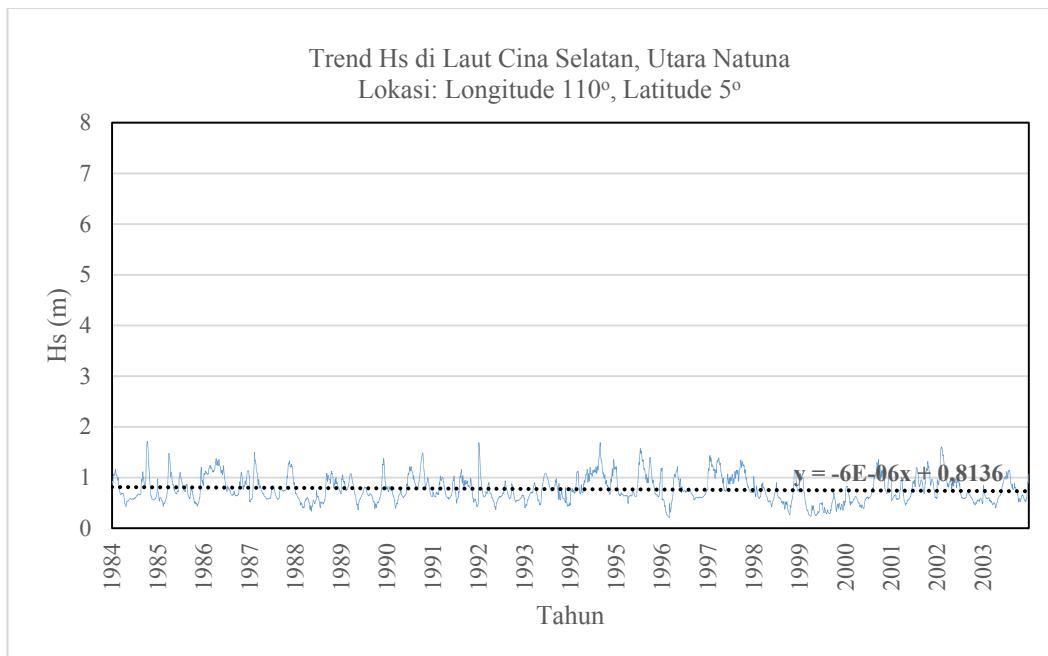
Trend Hs di Samudera Pasifik, Utara Papua
Lokasi: Longitude 140°, Latitude 10°



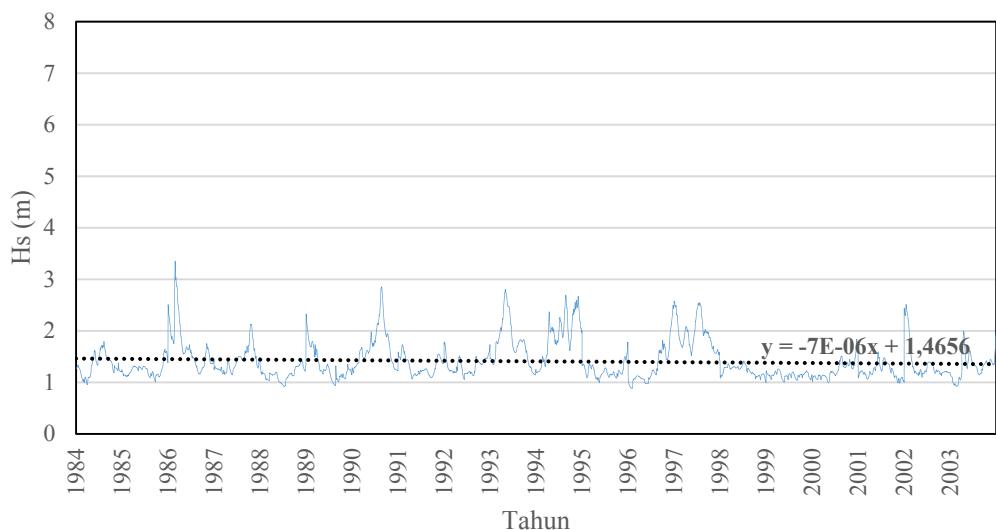
Trend Hs Samudera Hindia, Selatan Yogyakarta
Lokasi: Longitude 110°, Latitude -10°



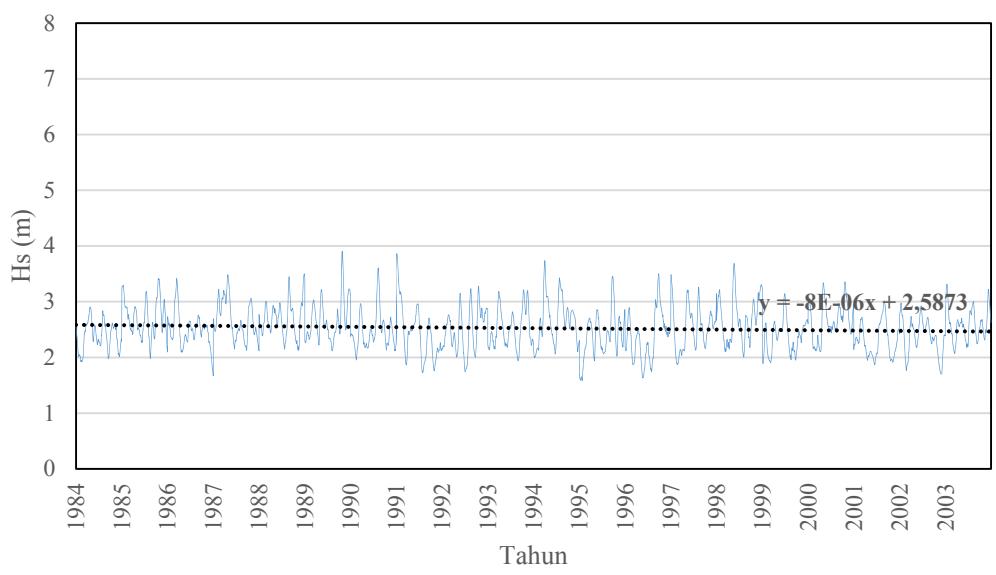
8. Trend Hs pada bulan Agustus



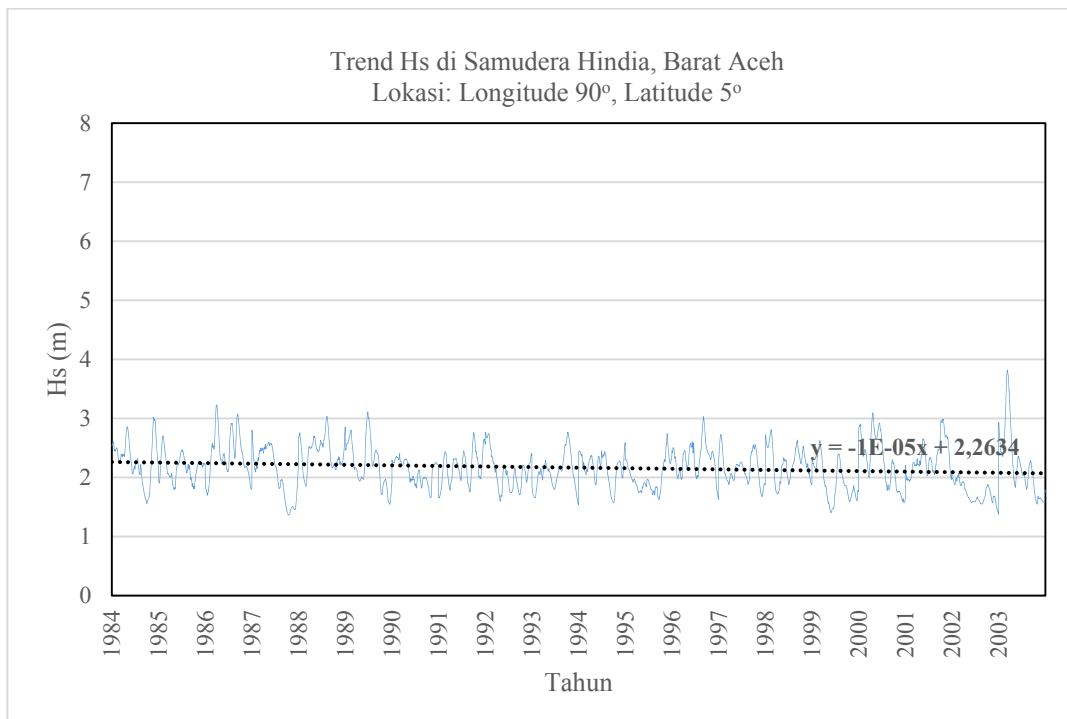
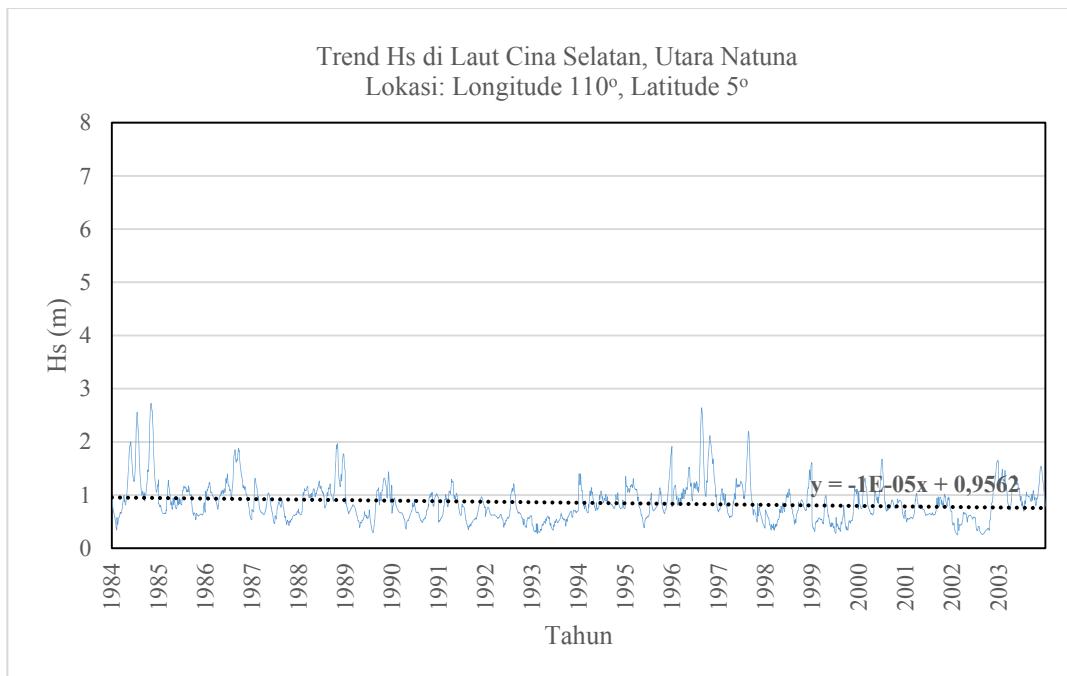
Trend Hs di Samudera Pasifik, Utara Papua
Lokasi: Longitude 140°, Latitude 10°



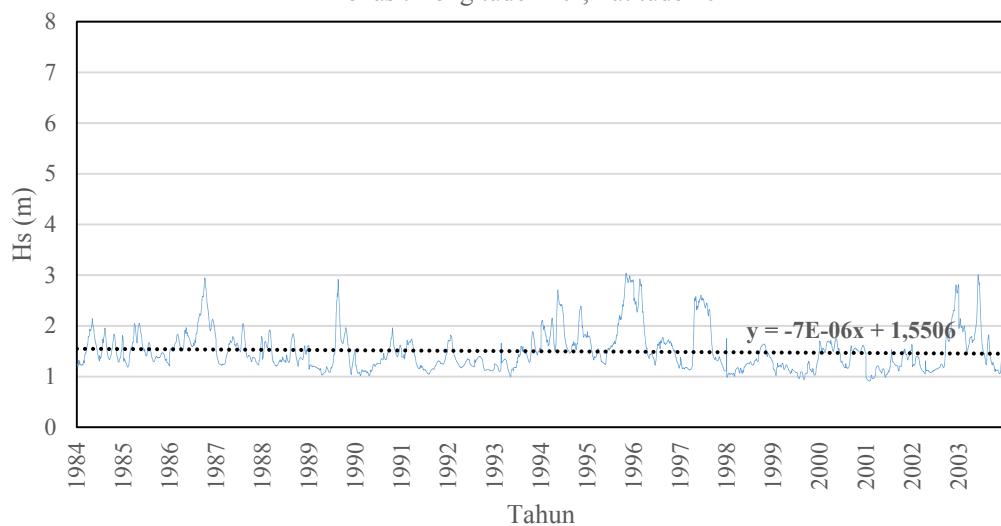
Trend Hs di Samudera Hindia, Selatan Yogyakarta
Lokasi: Longitude 110°, Latitude -10°



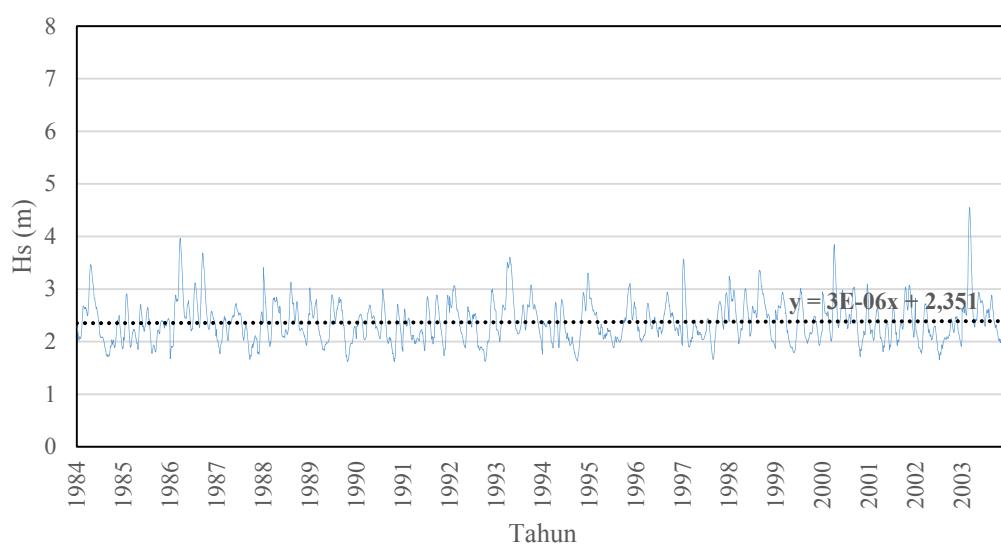
9. Trend Hs pada bulan September



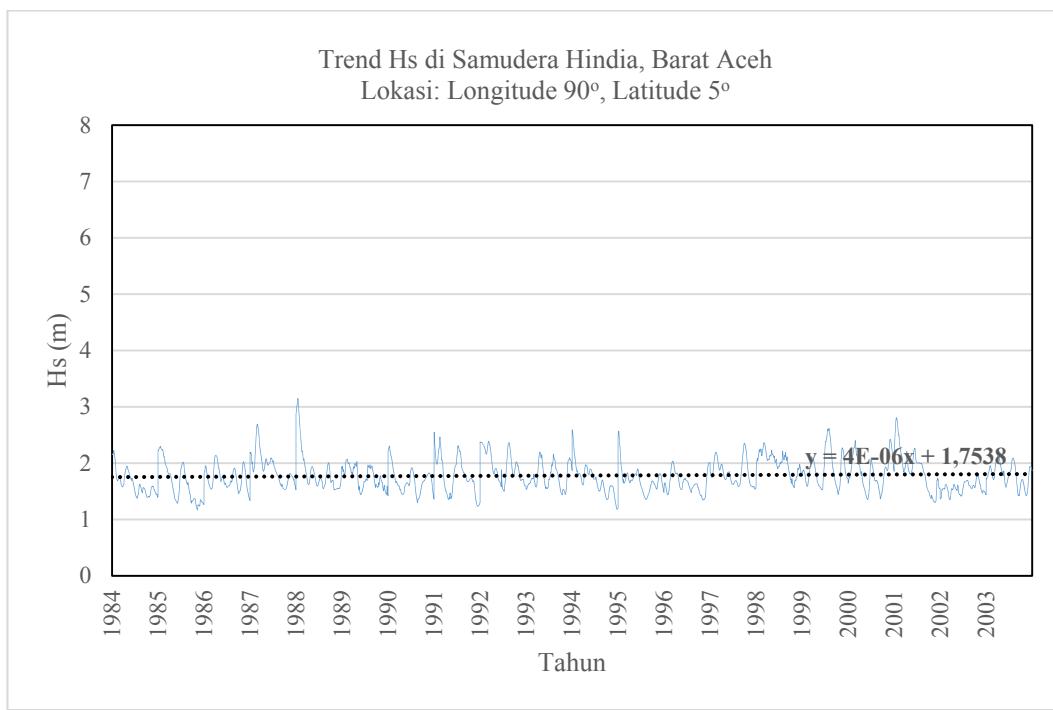
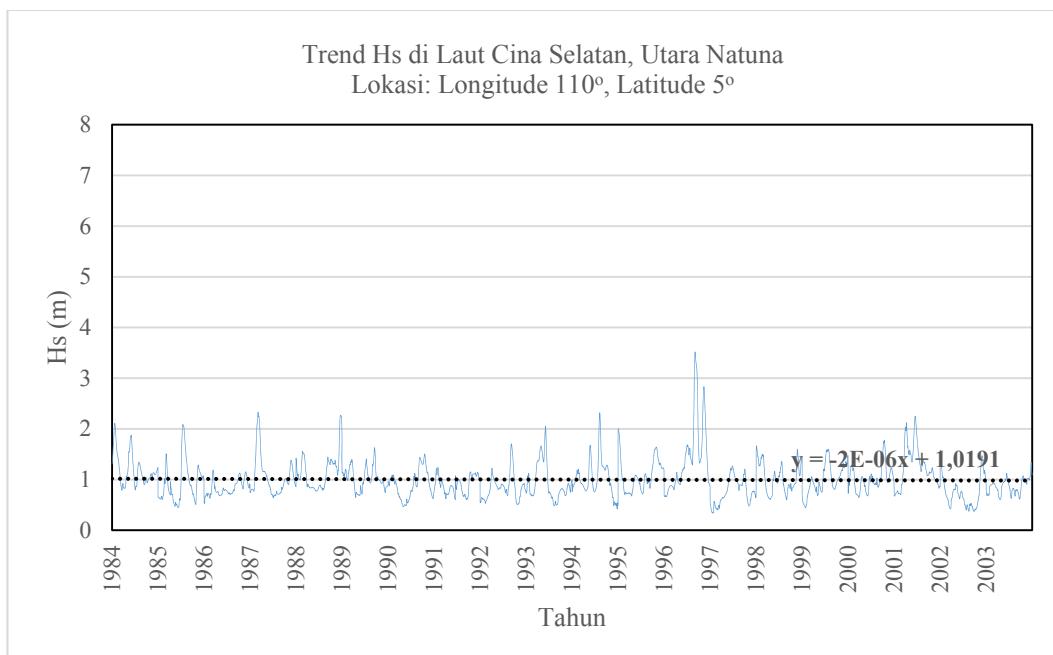
Trend Hs di Samudera Pasifik, Utara Papua
Lokasi: Longitude 140°, Latitude 10°



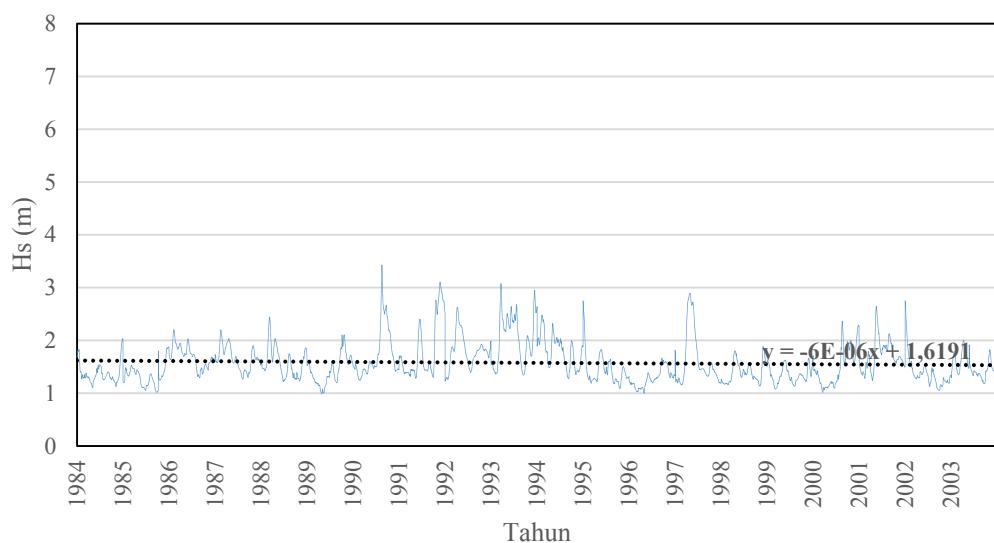
Trend Hs di Samudera Hindia, Selatan Yogyakarta
Lokasi: Longitude 110°, Latitude -10°



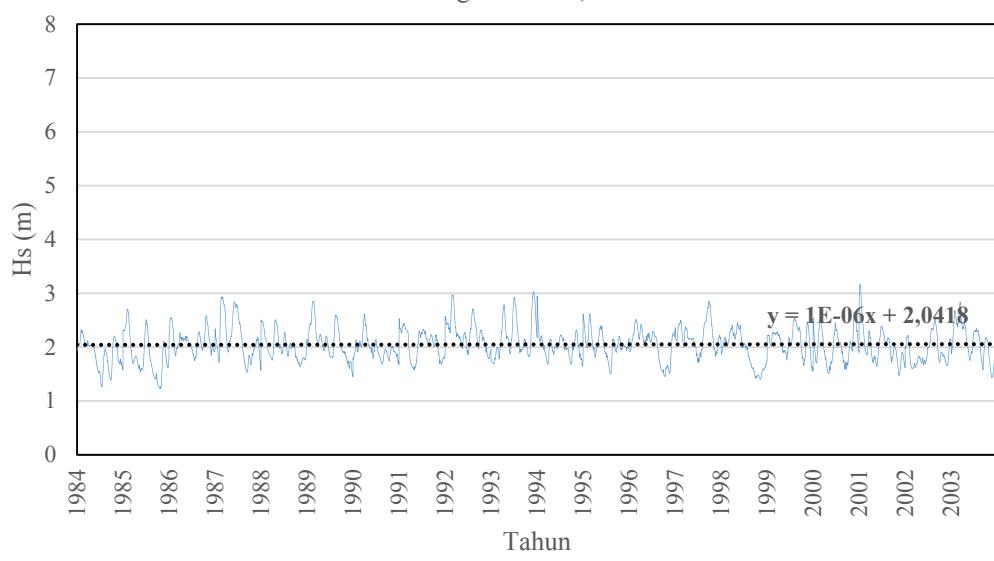
10. Trend Hs pada bulan Oktober



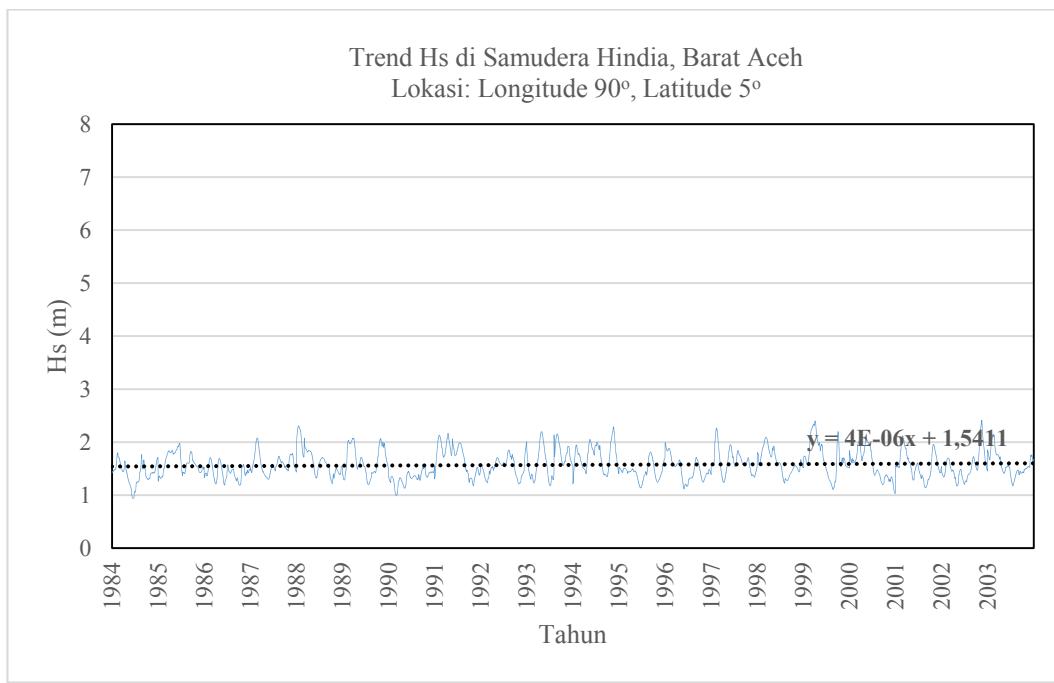
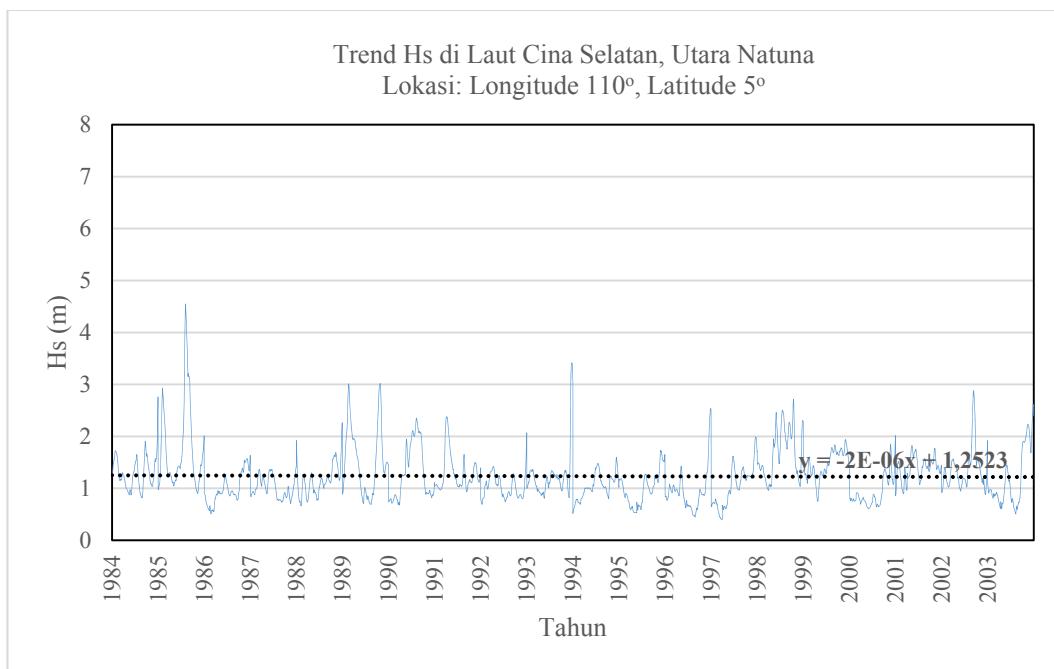
Trend Hs di Samudera Pasifik, Utara Papua
Lokasi: Longitude 140°, Latitude 10°



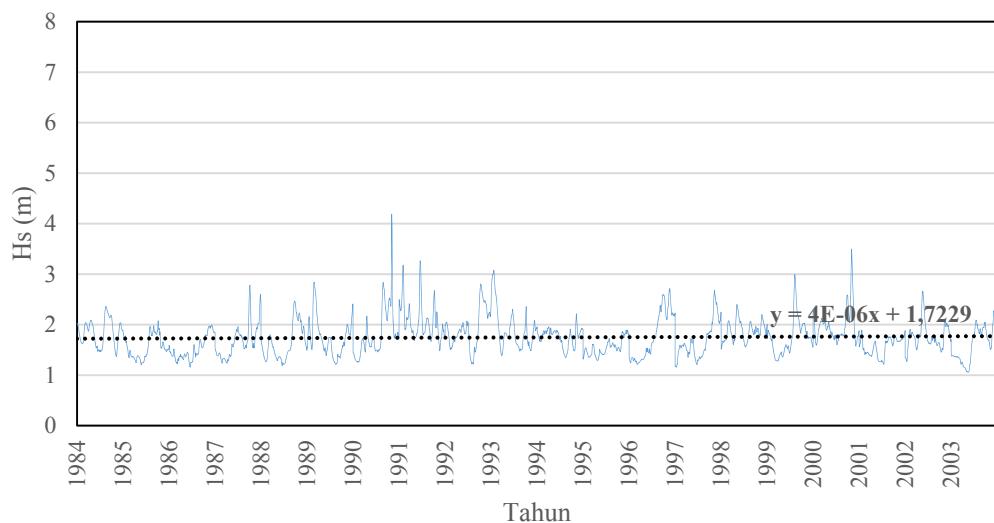
Trend Hs di Samudera Hindia, Selatan Yogyakarta
Lokasi: Longitude 110°, Latitude -10°



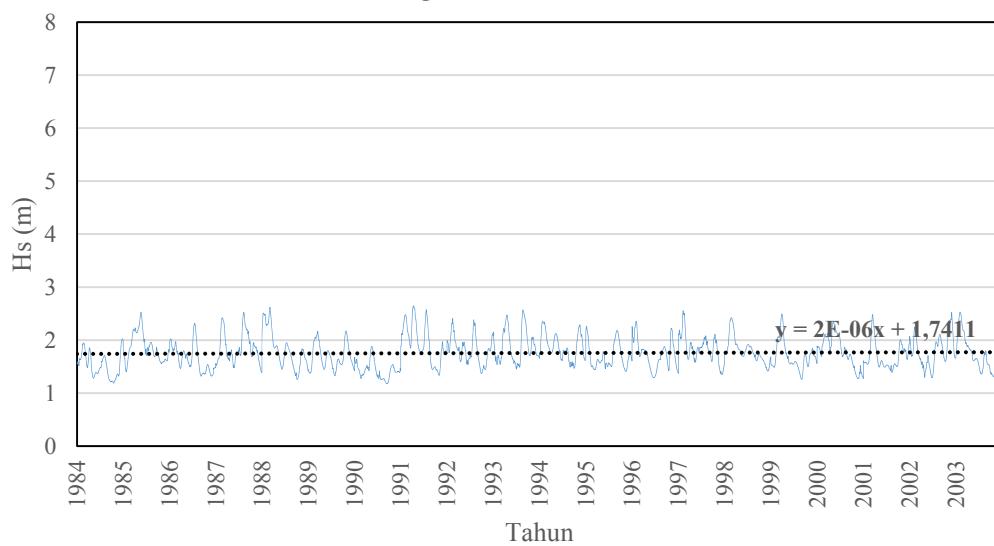
11. Trend Hs pada bulan November



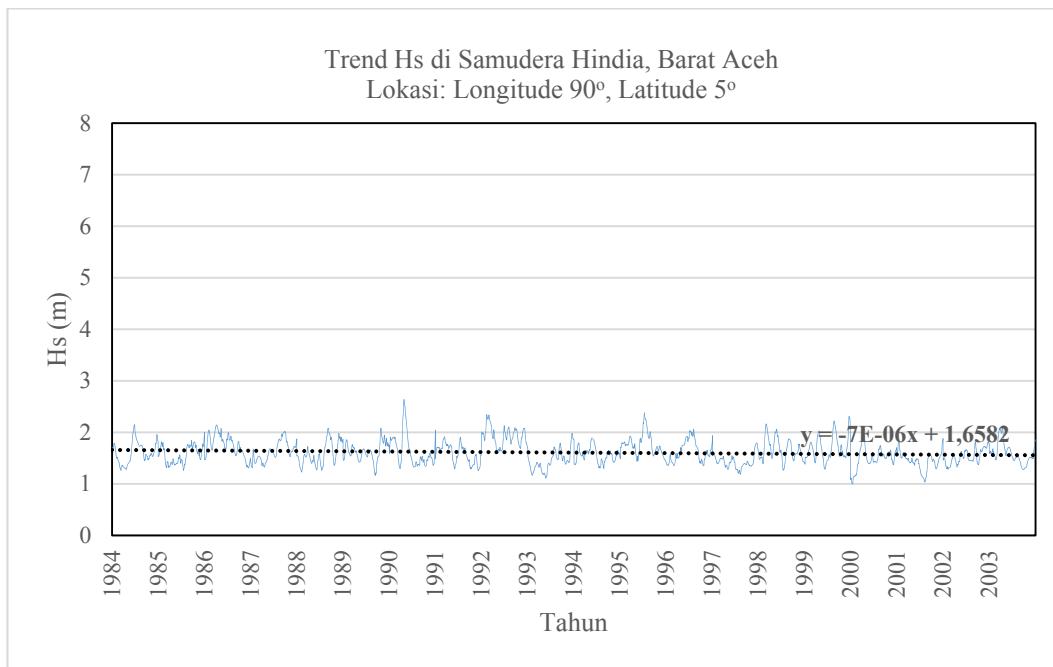
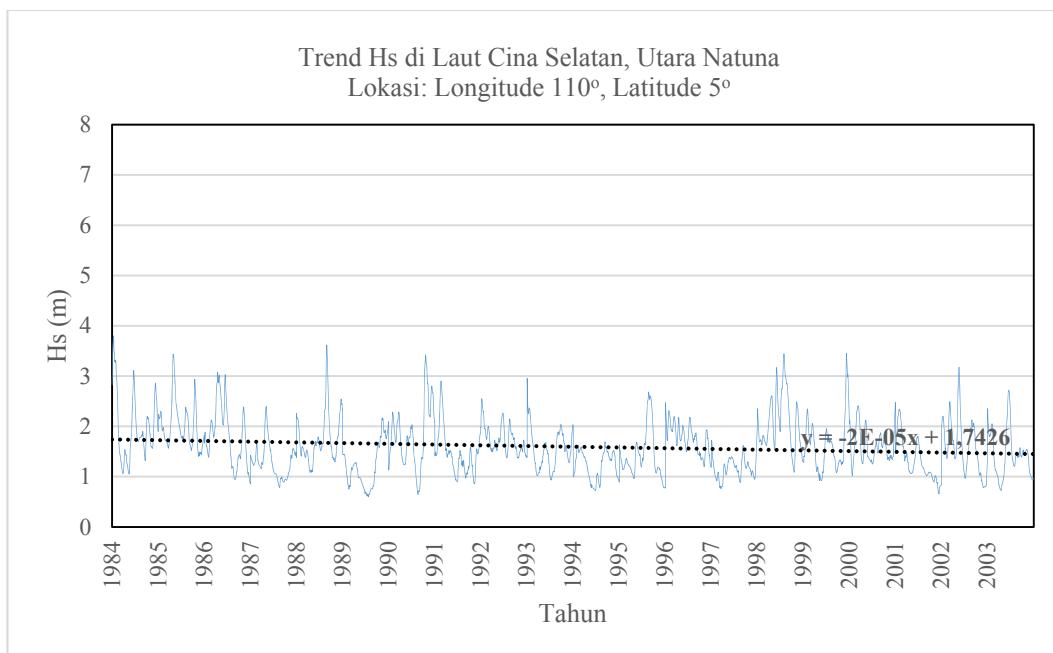
Trend Hs di Samudera Pasifik, Utara Papua
Lokasi: Longitude 140°, Latitude 10°



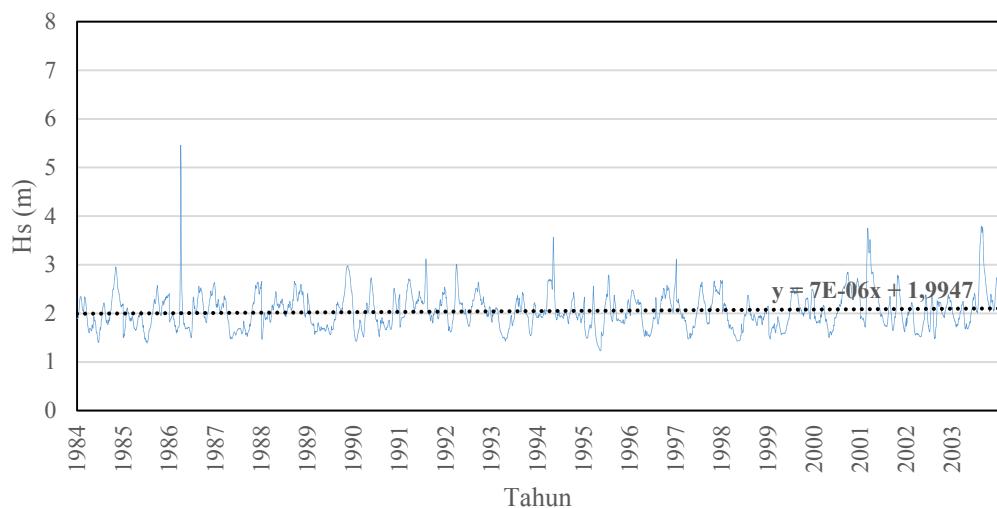
Trend Hs di Samudera Hindia, Selatan Yogyakarta
Lokasi: Longitude 110°, Latitude -10°



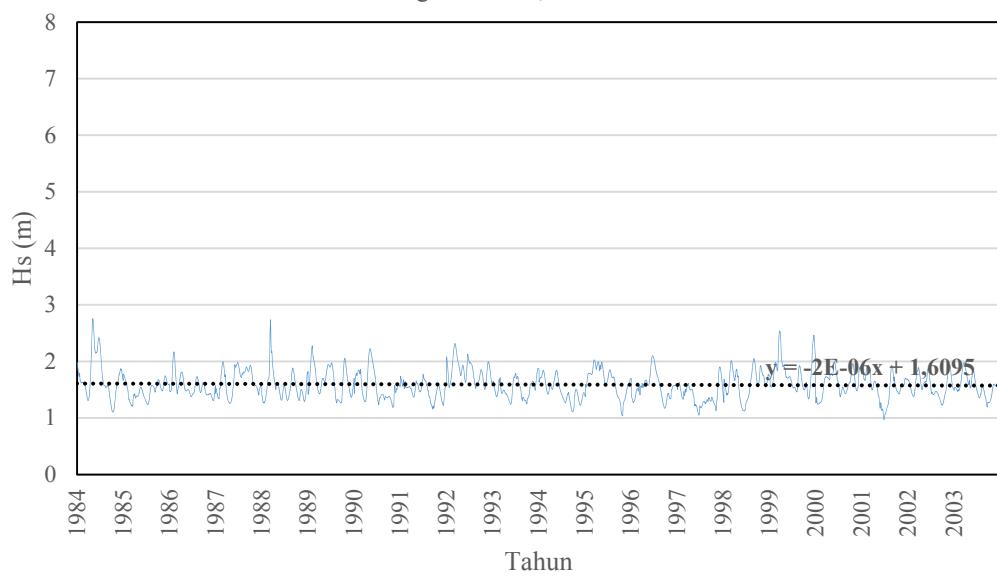
12. Trend Hs pada bulan Desember



Trend Hs di Samudera Pasifik, Utara Papua
Lokasi: Longitude 140°, Latitude 10°



Trend Hs di Samudera Hindia, Selatan Yogyakarta
Lokasi: Longitude 110°, Latitude -10°



BIODATA PENULIS



Penulis bernama Normalita Sari yang merupakan anak sulung dari dua bersaudara ini lahir di Gresik pada 14 November 1992. Penulis telah menempuh pendidikan formal di TK LKMD Sukorame Gresik, SD Muhammadiyah 1 Kebomas, SMP Muhammadiyah 4 Kebomas, dan SMA Muhammadiyah 1 Gresik. Setelah lulus dari SMA pada tahun 2010, kemudian penulis melanjutkan pendidikan di Institut Teknologi Sepuluh Nopember pada tahun 2010 di Jurusan Teknik Kelautan FTK - ITS Surabaya dengan NRP. 4310 100 025. Selama menjadi mahasiswa, penulis pernah aktif di Unit Kegiatan Mahasiswa Maritime Challenge dan Lembaga Dakwah Jurusan Bahrul Ilmi serta aktif di berbagai seminar maupun workshop yang diadakan oleh kampus maupun instansi lain. Penulis juga pernah menjalani kerja praktek di PT. Lintech Duta Pratama pada tahun 2013.