

VARIASI BULANAN GELOMBANG LAUT DI INDONESIA

MONTHLY OCEAN WAVES VARIATION OVER INDONESIA

Roni Kurniawan, M. Najib Habibie, Suratno

Puslitbang BMKG, Jl. Angkasa I/No.2 Kemayoran, Jakarta 10720

E-mail : ronie_354@yahoo.co.id

ABSTRAK

Indonesia merupakan negara kepulauan yang sebagian besar wilayahnya adalah perairan, maka segala aktivitas di laut menjadi bagian penting bagi kehidupan masyarakat Indonesia. Fenomena laut yang sangat mempengaruhi efisiensi dan keselamatan di laut adalah gelombang tinggi, oleh karena itu diperlukan informasi tentang variasi dan karakteristik tinggi gelombang di perairan Indonesia. Gelombang laut yang paling dominan diakibatkan oleh faktor angin, maka perhitungan tinggi gelombang laut dalam kajian ini menggunakan model gelombang Windwaves-05, dimana model ini menghitung tinggi gelombang berdasarkan energi dari angin permukaan. Hasil dari kajian ini menunjukkan bahwa, variasi gelombang di perairan Indonesia berkaitan erat dengan pola angin musiman yang terjadi di wilayah Indonesia. Pada saat monsun Asia dan Australia (DJF dan JJA), rata-rata tinggi gelombang lebih tinggi dibanding pada masa peralihan (MAM dan SON) dan puncak rata-rata gelombang tertinggi terjadi pada bulan Januari dan Juli. Rata-rata tinggi gelombang di wilayah perairan terbuka lebih tinggi dibandingkan dengan perairan antar pulau, kondisi ini terjadi karena adanya perbedaan panjang fetch yang terbentuk di wilayah perairan tersebut.

Kata kunci : gelombang laut, Indonesia, monsun.

ABSTRACT

Indonesia archipelago mostly consists of waters. All activities in the oceans become an important part of Indonesian society. One of the phenomena affects the efficiency and safety on the oceans is ocean wave heights, therefore, information about characteristics and variations of wave height is crucial to be studied. Wind wave is the most dominant factor on the ocean, so this study utilized Windwaves-05 model to produce the wave height value based on the surface wind energy. The results of this study indicate that the ocean wave variations are closely related to seasonal wind patterns over Indonesia. During the Asian and Australia monsoon (DJF and JJA), mean of wave height is higher than during the transition period (MAM and SON). Mean of the highest ocean waves occurs on February and July. Mean of wave height on the offshore waters is higher than on the inter-islands waters, this condition caused by different fetch length.

Keywords: ocean waves, Indonesia, monsoon.

Naskah masuk : 5 Oktober 2011
Naskah diterima : 11 Desember 2011

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Indonesia merupakan negara kepulauan yang sebagian besar wilayahnya adalah lautan, oleh karena itu segala aktivitas di laut seperti pelayaran dan penangkapan ikan merupakan bagian penting bagi masyarakat Indonesia, segala aktifitas yang berkaitan dengan kelautan tentu sangat sensitif terhadap setiap perubahan yang terjadi di laut. Gelombang laut merupakan fenomena alam yang sangat mempengaruhi efisiensi dan keselamatan bagi kegiatan kelautan, sehingga informasi terhadap variasi dan karakteristik gelombang laut tentu sangat diperlukan.

Secara klimatologis wilayah Indonesia dipengaruhi oleh angin musim barat dan timur, dinamika ini akan berpengaruh secara langsung terhadap dinamika yang terjadi di perairan Indonesia. Aldrian¹⁾, menjelaskan bahwa kondisi monsun wilayah perairan Indonesia merupakan interaksi reguler dari laut dan atmosfer lokal.

Kajian tentang karakteristik gelombang yang memuat informasi variasi tinggi gelombang bulanan di perairan Indonesia sangat diperlukan sebagai suatu acuan bagi kebutuhan masyarakat dan pemerintah dalam melaksanakan kegiatan pelayaran, perdagangan, perikanan, serta penelitian di wilayah perairan Indonesia.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mempelajari variasi dan karakteristik gelombang di perairan Indonesia.

1.2. Gelombang Laut

Gelombang laut adalah pergerakan naik dan turunnya air laut dengan arah tegak lurus permukaan air laut yang membentuk kurva/grafik sinusoidal.²⁾ Gelombang laut timbul karena adanya gaya pembangkit yang bekerja pada laut. Gelombang yang terjadi di lautan dapat diklasifikasikan menjadi beberapa macam berdasarkan gaya pembangkitnya, gaya pembangkit tersebut terutama berasal dari angin, dari gaya tarik menarik bumi - bulan - matahari atau yang disebut dengan gelombang pasang surut dan gempa bumi.³⁾

Jenis-jenis gelombang ditinjau dari gaya pembangkitnya terdapat 3 jenis yaitu:

1) Gelombang Angin, merupakan gelombang yang disebabkan oleh tiupan angin di permukaan laut. Gelombang ini mempunyai periode yang sangat bervariasi, ditinjau dari frekuensi kejadiannya,

gelombang angin merupakan gelombang yang paling dominan terjadi di laut.

- 2) Gelombang Pasang surut (Pasut), merupakan gelombang yang disebabkan oleh gaya tarik bumi terhadap benda-benda langit, benda langit yang paling besar pengaruhnya adalah Matahari dan Bulan, gelombang pasut lebih mudah diprediksi karena terjadi secara periodik mengikuti sesuai peredarannya.
- 3) Gelombang Tsunami, gelombang yang diakibatkan oleh gempa bumi tektonik atau letusan gunung api di dasar laut, tsunami merupakan gelombang yang sangat besar dan tinggi gelombangnya dapat mencapai lebih dari 10 meter.

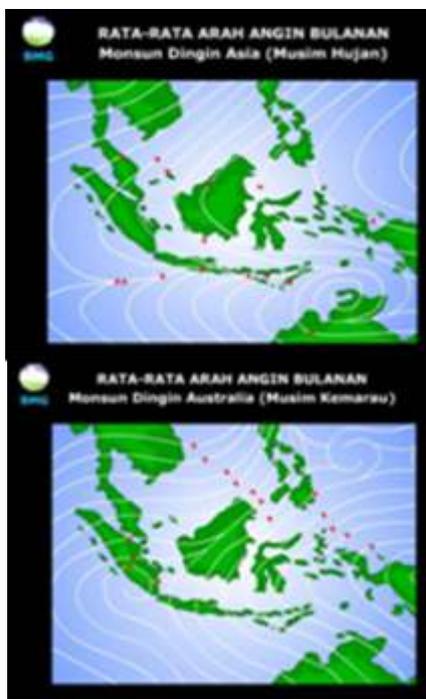
Ditinjau dari keseringan kejadiannya, gelombang angin merupakan gelombang yang paling dominan dalam informasi meteorologi kelautan.⁴⁾ Pada umumnya, kondisi gelombang di suatu perairan diperoleh secara tidak langsung dari data angin yang terdapat di suatu kawasan perairan. Hal ini didasari atas kondisi umum yang berlaku di laut, yaitu sebagian besar gelombang yang ditemui di laut dibentuk oleh energi yang ditimbulkan oleh tiupan angin. Gelombang jenis ini dikenal sebagai gelombang angin. Kuat lemahnya gelombang ini dipengaruhi oleh tiga faktor, yaitu kecepatan angin, lamanya angin berhembus (*duration*), dan jarak dari tiupan angin pada perairan terbuka (*fetch*). Ketinggian dan periode gelombang tergantung kepada panjang *fetch* pembangkitannya. *Fetch* adalah jarak perjalanan tempuh gelombang dari awal pembangkitannya. *Fetch* ini dibatasi oleh bentuk daratan yang mengelilingi laut. Semakin panjang jarak *fetch*-nya, ketinggian gelombangnya akan semakin besar.⁵⁾

1.3. Sirkulasi Atmosfer Di Indonesia

Indonesia disebut sebagai Benua Maritim karena memiliki wilayah kepulauan yang luas yang merupakan kumpulan/gugusan pulau-pulau yang cukup besar dan sebagian besar wilayahnya berupa perairan, tidak banyak negara yang memiliki karakter wilayah seperti Indonesia.

Monsun atau muson (juga disebut angin musim) adalah angin periodik, terutama di Samudra Hindia dan sebelah selatan Asia.⁶⁾ Dalam pengertiannya musim yang sering digunakan untuk merujuk kepada perubahan musiman arah angin

dari Timur ke Barat dan sebaliknya (Gambar 1). Monsun merupakan suatu pola sirkulasi angin yang berhembus secara periodik (minimal 3 bulan) dan pada periode yang lain polanya akan berlawanan.

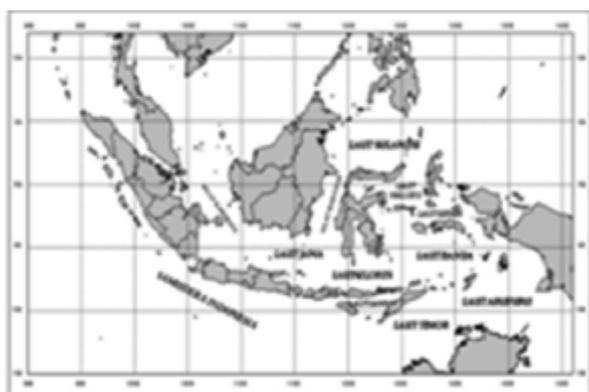


Gambar 1. Pola Angin Monsoon Asia (atas) dan Australia (bawah)⁷⁾

II. METODE PENELITIAN

2.1. Area Penelitian

Batas area penelitian berada pada posisi: 12° LU - 15° LS dan 90° BT - 141° BT



Gambar 2. Area Penelitian

2.2. Data

a) Data Arah dan kecepatan angin 10 meter periode tahun 2000 - 2010, resolusi 1x1 derajat (+111x111 km).⁸⁾

b) Data Bathimetri, Resolusi 2x2 menit (+4x4 km).⁹⁾

2.3 Metode

a) Tinggi Gelombang

Gelombang laut dihitung dengan model gelombang Windwaves-05, dimana model ini hanya memperhitungkan gelombang yang diakibatkan oleh energi angin permukaan. Persamaan umum yang digunakan dalam model-model prakiraan gelombang adalah persamaan transfer energi gelombang yang dapat ditulis sebagai berikut¹⁰⁾:

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

dengan $S = S(f, \theta)$ adalah spektrum energi sebagai fungsi frekuensi dan arah rambat, t menyatakan waktu, C adalah vektor kecepatan kelompok gelombang (*group velocity*). Suku $-\nabla \cdot (C_g S)$ menyatakan perubahan energi selama perambatan gelombang karena adveksi dan refraksi oleh dasar laut, S_{in} menyatakan perubahan energi karena angin, S_{nl} menyatakan perubahan energi karena transfer energi non linier antar gelombang, dan S_{ds} menyatakan energi yang hilang, termasuk karena gesekan dasar laut.

Adapun parameterisasi data model gelombang sebagai berikut:

- Periode tahun data : 2000 - 2010
- Domain : 30°LU-30°LS, 75°BT-155°BT
- Resolusi : 10x10 menit (+18.5x18.5 km)

b) Perhitungan rata-rata tinggi gelombang adalah sebagai berikut:

$$\text{rata-rata}(h) = \frac{h_1 + h_2 + \dots + h_n}{n}$$

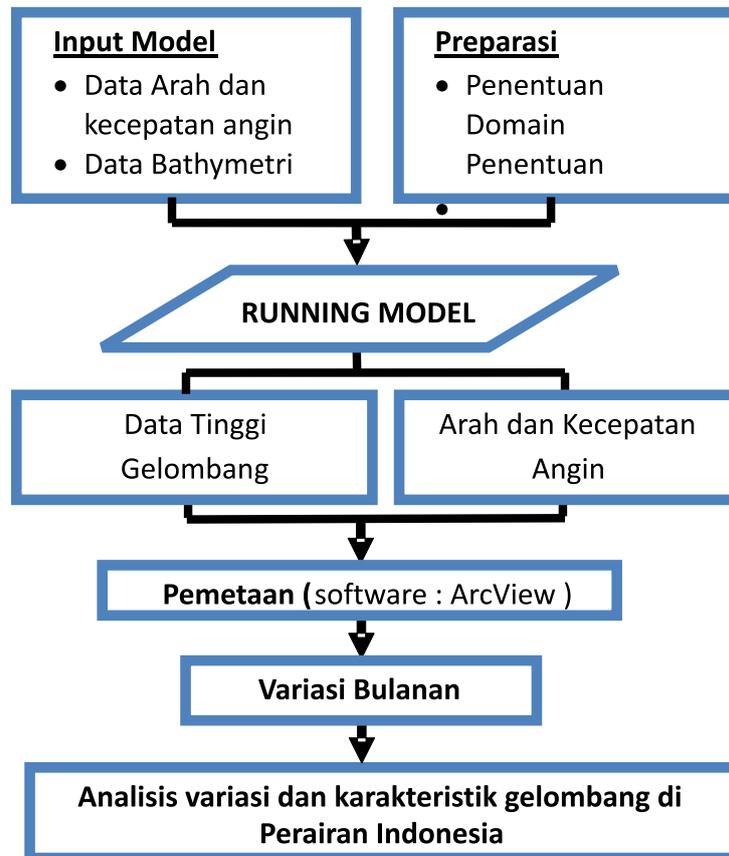
dimana, h adalah tinggi gelombang dan n adalah jumlah data hasil perhitungan.

c) Pembuatan Peta Gelombang

- Output hasil *running* model Windwave-05 dibuat menjadi informasi dalam bentuk peta dengan menggunakan software GIS, Arcview 3.3.
- Output Peta meliputi rata-rata gelombang dan angin permukaan bulanan.

d) Analisis variasi dan karakteristik gelombang di Perairan Indonesia dilakukan secara kualitatif dan deskriptif.

2.4. Alur Penelitian



Gambar 3. Alur penelitian

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Hasil

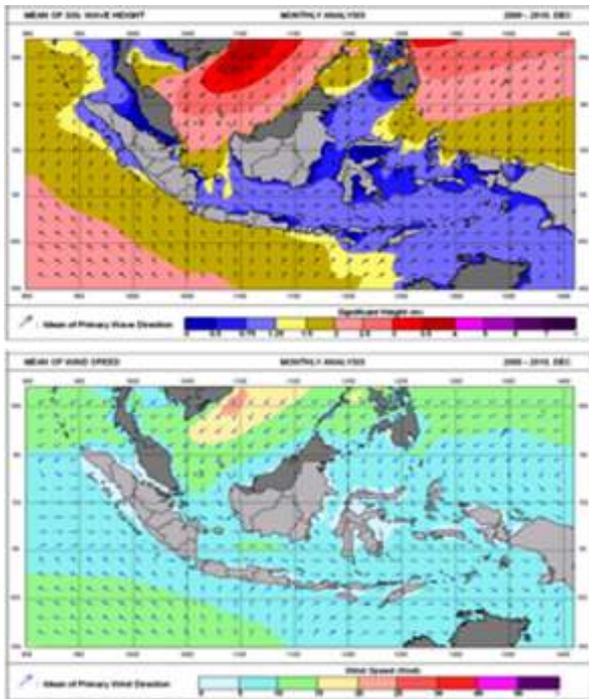
Analisis variasi dan karakteristik gelombang laut di wilayah Indonesia didasarkan pada hasil rata-rata bulanan pada kurun waktu tahun 2000-2010 (11 tahun). Secara keseluruhan hasil perhitungan rata-rata tinggi gelombang dari model Windwaves-05 ditunjukkan pada gambar 4-12.

Rata-rata tinggi gelombang pada bulan Desember ditunjukkan pada gambar 4, rata-rata tinggi gelombang di wilayah yang berbatasan dengan laut lepas baik Samudera Hindia, Samudera Pasifik dan Laut Cina Selatan, mempunyai rata-rata tinggi gelombang yang relatif lebih tinggi dibanding dengan daerah lain. Wilayah ini meliputi perairan sebelah barat Sumatera sampai perairan sebelah selatan Jawa, Selat Karimata, Laut Sulawesi bagian utara, Laut Maluku, dan perairan sekitar Papua yang berbatasan dengan Samudera Pasifik bagian barat dimana pada daerah tersebut

mempunyai tinggi gelombang signifikan antara 1,5-2 meter. Untuk daerah Laut Jawa, Laut Timor, Banda, Arafuru, Seram dan wilayah perairan antar pulau lainnya mempunyai rata-rata tinggi gelombang signifikan antara 0,5-1,25 meter. Sedangkan untuk daerah antar pulau yang memiliki tinggi gelombang relatif besar yaitu perairan sekitar Bangka dan Belitung di perairan Selat Karimata dengan rata-rata tinggi gelombang signifikan antara 1-2 meter.

Di lihat dari rata-rata kecepatan dan arah angin yang bertiup di atas permukaan laut wilayah Indonesia, pada bulan Desember ini angin lebih banyak bertiup dari utara dan selatan dengan kecepatan antara 5-10 knot. Di wilayah ekuator angin berbelok ke sebelah kiri sehingga menyusur sepanjang Laut Jawa ke arah timur sampai dengan Laut Arafuru dan berbelok ke Selatan menuju Benua Australia. Kecepatan angin di laut lepas seperti di Samudera Hindia, Laut Cina Selatan dan

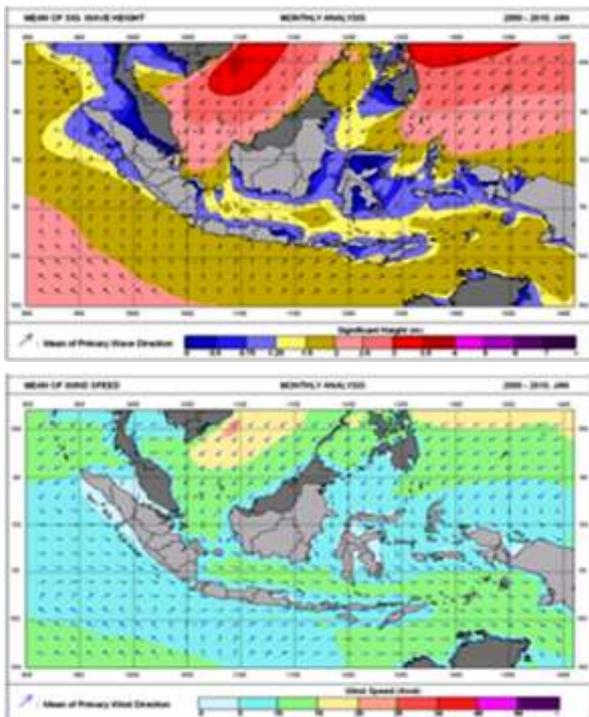
Samudera Pasifik sebelah barat umumnya mempunyai kecepatan angin yang lebih besar yaitu antara 10-15 knot.



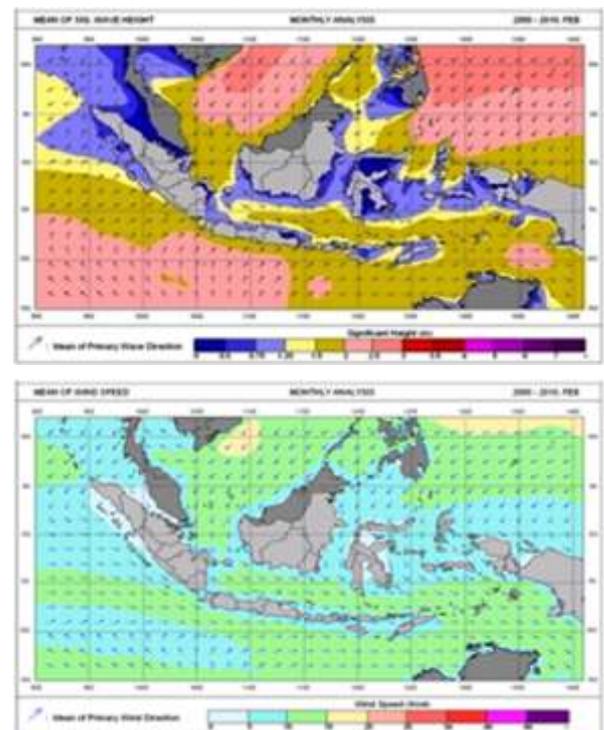
Gambar 4. Rata-rata tinggi gelombang (atas) dan angin (bawah) bulan Desember

Rata-rata tinggi gelombang pada bulan Januari mengalami kenaikan dibandingkan dengan bulan Desember, untuk daerah yang berbatasan dengan Samudera Hindia, Samudera Pasifik sebelah barat, Laut Cina Selatan menjalar ke timur sampai Laut Arafuru dan Laut Banda mempunyai rata-rata tinggi gelombang antara 1,5-2,5 meter. Sedangkan di sepanjang Laut Jawa sampai ke Laut Timor memiliki rata-rata tinggi gelombang antara 1,25-2 meter. Daerah yang memiliki tinggi gelombang paling besar meliputi perairan sekitar Selat Karimata dan Maluku bagian utara yaitu antara 2-2,5 meter.

Arah angin pada bulan Januari umumnya dari utara menuju ke selatan, tetapi di sepanjang ekuator angin berbelok ke kiri sehingga menyusuri Laut Jawa sampai Laut Banda dan Laut Arafuru. Rata-rata kecepatan angin di sepanjang Selat Karimata, Laut Jawa, Laut Banda dan Laut Arafuru antara 5-15 knot. Perairan sebelah selatan Pulau Timor juga mempunyai kecepatan angin yang tinggi antara 10-15 knot. Angin dari Laut Cina Selatan, Samudera Pasifik bagian barat dan Samudera Hindia semua menuju ke arah Laut Banda dan Laut Arafuru sehingga di daerah tersebut merupakan daerah pertemuan angin yang mempunyai kecepatan tinggi dan arah yang seragam.



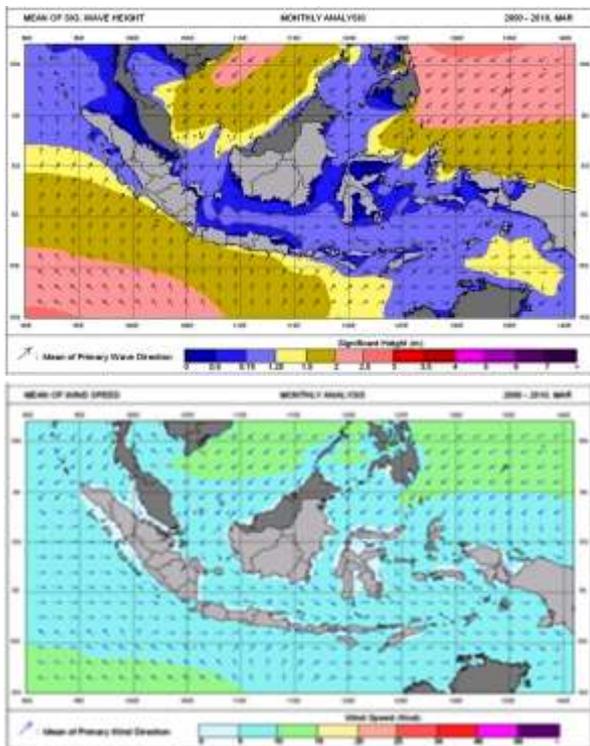
Gambar 5. Rata-rata tinggi gelombang (atas) dan angin (bawah) bulan Januari



Gambar 6. Rata-rata tinggi gelombang (atas) dan angin (bawah) bulan Februari

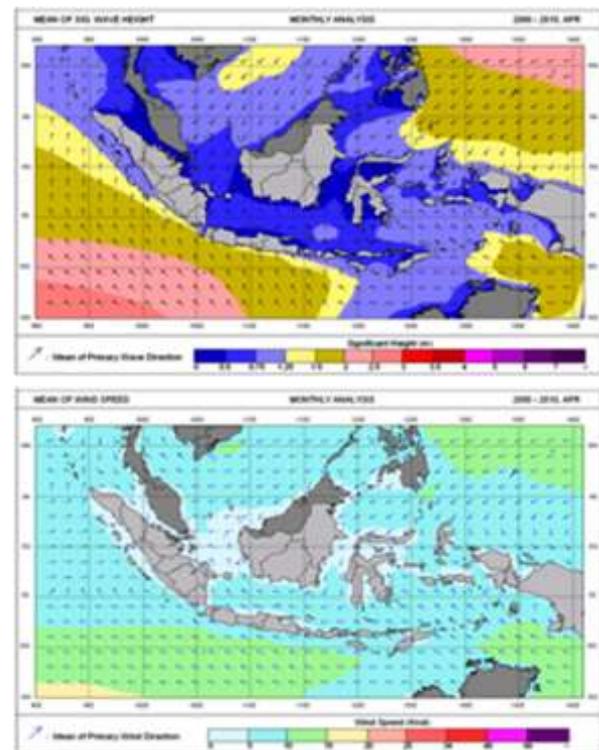
Pada bulan Februari sebagian besar wilayah perairan Indonesia memiliki rata-rata tinggi gelombang yang besar, yaitu antara 1,5-2,5 meter. Daerah Selat Karimata, Laut Jawa, Laut Flores, Laut Banda, sampai dengan Laut Arafuru memiliki gelombang yang tinggi sebesar 2 meter. Samudera Indonesia yang berbatasan dengan Sumatera dan Jawa mengalami gelombang yang lebih besar dari pada perairan antar pulau yaitu berkisar antara 2-2,5 meter. Begitu juga dengan perairan sebelah utara yang meliputi Laut Sulawesi, Laut Maluku dan perairan sekitar Kepala Burung Papua juga mengalami gelombang tinggi sebesar 1,5-2,5 meter.

Arah dan kecepatan angin pada bulan Februari pada umumnya tinggi dengan arah angin yang seragam, disepanjang ekuator Samudera Indonesia dan sepanjang selatan Pulau Jawa, Laut Sawu, Laut Timor sampai dengan Laut Arafuru serta Laut Jawa, Laut Flores dan Laut Banda mempunyai arah angin menuju ke arah timur dengan kecepatan yang hampir seragam antara 10-15 knot, sedangkan di Selat Karimata, Laut Sulawesi dan Laut Maluku kecepatannya hampir sama hanya saja arahnya berbeda yaitu menuju ke selatan.



Gambar 7. Rata-rata tinggi gelombang (atas) dan angin (bawah) bulan Maret

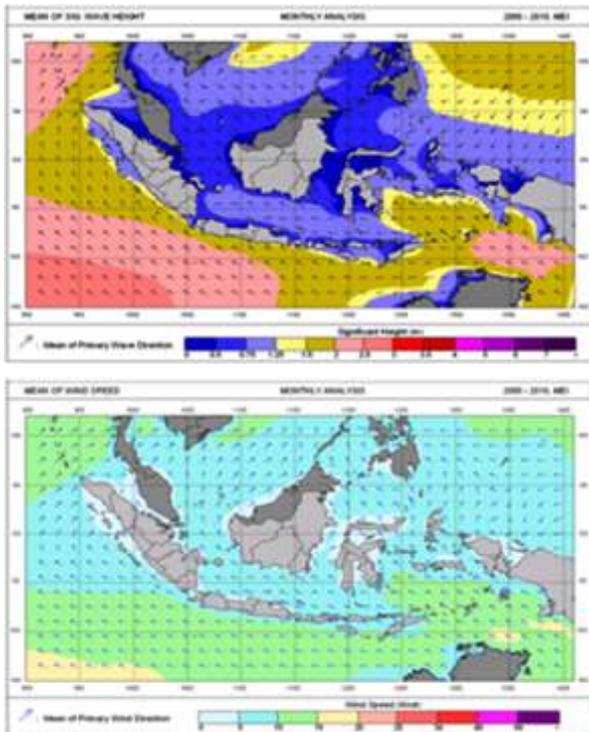
Pada bulan Maret, rata-rata gelombangnya sudah menurun dibanding dengan bulan sebelumnya, di Samudera Indonesia yang berbatasan dengan Sumatera dan Jawa bagian selatan hanya mempunyai ketinggian antara 1,25-2 meter, sedangkan untuk perairan sebelah utara daerah yang memiliki tinggi gelombang relatif tinggi meliputi perairan sekitar Natuna, sebagian Laut Sulawesi, Laut Maluku dan perairan sekitar Papua dengan tinggi gelombang 1,25-2 meter. Untuk perairan antar pulau seperti Laut Jawa, Laut Flores, Laut Banda dan Laut Arafuru mempunyai tinggi gelombang 0-1,25 meter. Kondisi angin pada bulan ini berbeda dengan bulan sebelumnya, kecepatan angin rata-rata selama bulan Maret ini lebih rendah dibanding bulan sebelumnya yaitu sebesar 5 knot sedangkan arahnya sudah tidak seragam lagi, dan pada bulan ini wilayah Indonesia mengalami musim pancaroba.



Gambar 8. Rata-rata tinggi gelombang (atas) dan angin (bawah) bulan April

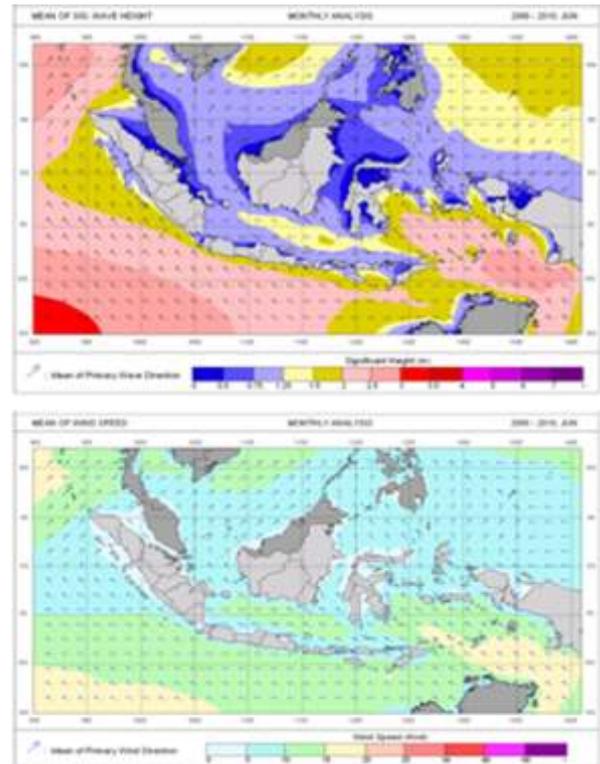
Pada bulan April, kondisi perairan Indonesia relatif tenang, gelombang rata-rata antara 0-1,25 meter. Hanya sebagian kecil wilayah perairan Indonesia yang memiliki tinggi gelombang antara 1,5-2 meter yaitu Samudera Indonesia yang

berbatasan dengan Sumatera bagian Selatan dan Jawa, sebagian Laut Maluku bagian Utara serta Laut Arafuru. Arah angin di selatan ekuator menuju barat laut dengan kecepatan antara 5-15 knot. Untuk perairan di sebelah selatan Jawa dan Laut Arafuru kecepatannya antara 10-15 knot.



Gambar 9. Rata-rata tinggi gelombang (atas) dan angin (bawah) bulan Mei

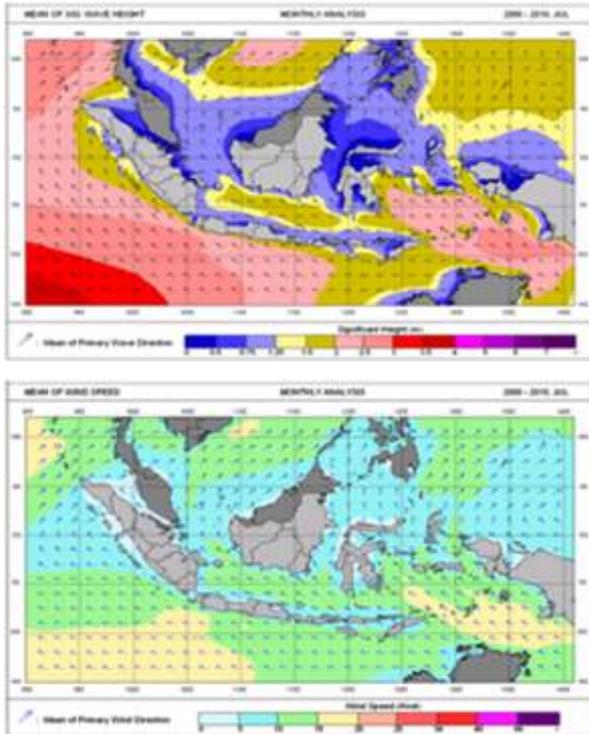
Pada bulan Mei, perairan Indonesia bagian selatan yang meliputi perairan Indonesia sepanjang Sumatera dan Jawa, Laut Sawu, Laut Timor dan Laut Arafuru mempunyai gelombang dengan rata-rata ketinggian antara 1,5-2,5 meter. Begitu juga dengan Laut Banda dan Laut Seram yang juga mempunyai tinggi gelombang antara 1,5-2 meter, sedangkan perairan antar pulau seperti Selat Karimata, laut Jawa, Selat Makassar, Laut Flores, Laut Sulawesi dan Laut Maluku mempunyai tinggi gelombang antara 0-1,25 meter. Arah angin di perairan Indonesia sebelah selatan pada umumnya menuju barat laut dengan kecepatan antara 10-15 knot bahkan di sebagian kecil Laut Arafuru kecepatannya mencapai 15-20 knot. Di atas perairan antar pulau, angin bertiup lebih lemah dan arahnya sedikit mengalami pembelokan ke arah kanan, sehingga gelombang yang terjadi pun juga lebih rendah dibanding disebelah selatan.



Gambar 10. Rata-rata tinggi gelombang (atas) dan angin (bawah) bulan Juni

Pada bulan Juni, rata-rata tinggi gelombang di Selat Karimata, Selat Makassar, Laut Maluku, dan Laut Sulawesi berkisar antara 0,5-1,25 meter, sedangkan di Laut Jawa dan Laut Flores rata-rata tinggi gelombang lebih tinggi dari bulan Mei antara 0,75-2 meter, demikian juga di perairan Laut Banda dan Arafuru, rata-rata tinggi gelombang antara 2-3 meter. Di sepanjang perairan Barat Sumatera dan Jawa tinggi gelombang rata-rata berkisar antara 1,5-3 meter, sedangkan di Laut Sawu dan Laut Timor rata-rata tinggi gelombangnya adalah 1,5-2 meter.

Selama bulan Juni di wilayah Indonesia memasuki musim Timur, dimana pada bulan ini angin Monsun Australia bertiup dari Tenggara melintasi wilayah Indonesia menuju ke Barat, hal ini nampak pada gambar 10 yang menunjukkan arah angin dominan bertiup dari Tenggara. Kecepatan rata-rata di atas Laut Arafuru mencapai 15-20 knot, dan melemah di atas perairan Laut Banda, Laut Flores dan Laut Jawa dengan rata-rata kecepatan 10-15 knot. Di selat Makassar, Laut Maluku, Laut Sulawesi dan di Selat Karimata, arah angin bertiup melintasi ekuator menuju ke Utara dengan kecepatan rata-rata 5-10 knot.

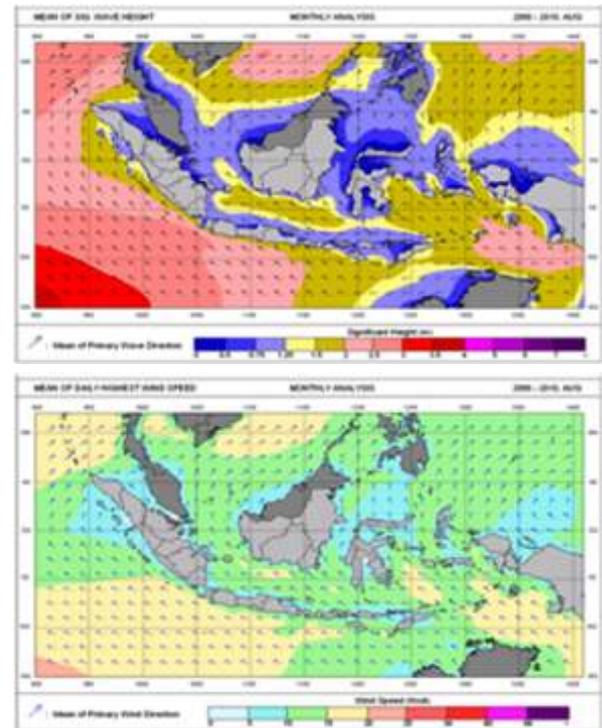


Gambar 11. Rata-rata tinggi gelombang (atas) dan angin (bawah) bulan Juli

Secara umum rata-rata tinggi gelombang selama bulan Juli hampir sama dengan bulan Juni, dimana rata-rata tinggi gelombang di Selat Karimata, Selat Makassar, Laut Maluku, dan Laut Sulawesi berkisar antara 0,5-1,25 meter. Di sebagian besar Laut Jawa dan Flores rata-rata tinggi gelombang lebih tinggi dari bulan Juni yakni antara 1,5-2 meter, sedangkan di perairan Laut Banda dan Arafuru, rata-rata tinggi gelombang antara 2-3 meter, di Samudera Indonesia sepanjang Barat Sumatera dan Jawa tinggi gelombang rata-rata berkisar antara 1,5-3 meter, dan di perairan Laut Sawu dan Laut Timor rata-rata tinggi gelombangnya adalah 1,5-2 meter.

Kecepatan angin rata-rata selama bulan Juli mempunyai pola yang sama dengan bulan Juni, dimana arah angin bertiup dari Tenggara melintasi Laut Arafuru dengan kecepatan rata-rata 15-20 knot, kemudian melintasi Laut Flores dan Laut Jawa menuju ke Barat dengan kecepatan rata-rata 10-15 knot, di Samudera Indonesia di bagian Barat Sumatera angin bertiup menuju ke Barat Laut dengan kecepatan rata-rata 5-15 knot, sedangkan di bagian barat Jawa kecepatan angin rata-rata sebesar 10-20 knot. Di perairan Laut Sawu, Laut Maluku, Laut Sulawesi, Selat Makassar dan di Selat

Karimata, angin bertiup menuju ke Utara dengan rata-rata kecepatan angin sebesar 5-10 knot.

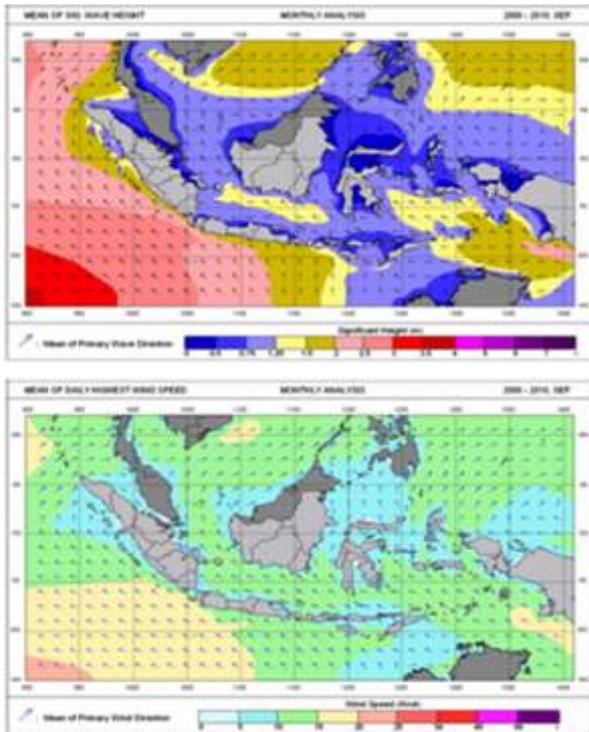


Gambar 12. Rata-rata tinggi gelombang (atas) dan angin (bawah) bulan Agustus

Pada bulan Agustus, rata-rata tinggi gelombang di Laut Jawa dan Laut Flores masih sama dengan bulan Juni dan Juli, yakni berkisar antara 1,25-2 meter, demikian juga di perairan Selat Karimata, Selat Makassar, Laut Maluku, dan Laut Sulawesi dan Laut Seram berkisar antara 0,5-1,25 meter, sedangkan di perairan Laut Banda dan Arafuru, rata-rata tinggi gelombang lebih rendah dari bulan Juli, di Laut Banda rata-rata tinggi gelombang berkisar antara 1,5-2 meter, sedangkan di Laut Arafuru mencapai 1,5-2,5 meter. Di Samudera Indonesia sepanjang Barat Sumatera dan Jawa tinggi gelombang rata-rata berkisar antara 1,5-3 meter, dan di perairan Laut Sawu rata-rata tinggi gelombang lebih rendah dari bulan Juli yakni 0,75-1,5 meter dan di Laut Timor rata-rata tinggi gelombangnya adalah 1,25-2 meter.

Pada bulan Agustus arah angin masih memiliki pola yang sama dengan bulan Juni dan Juli, dimana angin bertiup dari Tenggara melintasi Laut Arafuru, Laut Banda, Laut Jawa dan Samudera Indonesia menuju ke Barat, kemudian angin berbelok ke Utara setelah melintasi Ekuator. Kecepatan angin

rata-rata pada bulan Agustus di perairan Laut Sawu, Laut Maluku, Selat Makassar dan di Selat Karimata lebih tinggi dari bulan sebelumnya, dimana angin bertiup menuju ke Utara dengan rata-rata kecepatan angin sebesar 10-15 knot, namun untuk perairan Laut Sulawesi kecepatan angin rata-rata sebesar 5-10 knot. Di atas perairan Laut Arafuru Laut Flores, Laut Jawa dan Samudera Indonesia arah dan kecepatan angin rata-ratanya sama dengan bulan Juli.

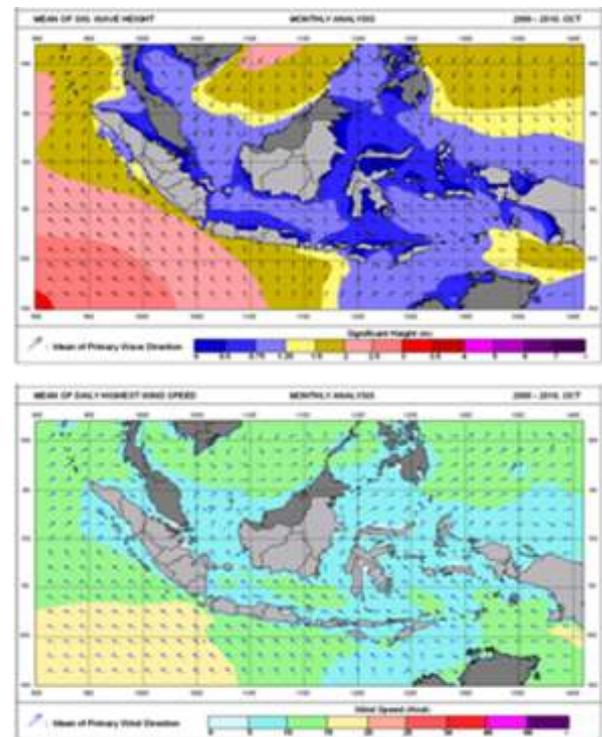


Gambar 13. Rata-rata tinggi gelombang (atas) dan angin (bawah) bulan September

Pada bulan September, secara umum seluruh perairan rata-rata tinggi gelombang lebih rendah dari bulan sebelumnya, kecuali di perairan Samudera Indonesia, rata-rata tinggi gelombangnya masih sama dengan bulan sebelumnya. Di Laut Jawa rata-rata tinggi gelombang antara 1,25-2 meter, di perairan Laut Flores, Selat Karimata, Selat Makassar, Laut Maluku, Laut Sulawesi dan Laut Seram berkisar antara 0,5-1,25 meter, sedangkan di perairan Laut Banda dan Arafuru, rata-rata tinggi gelombang berkisar antara 1,25-2 meter. Di perairan Laut Sawu dan Laut Timor rata-rata tinggi gelombang yakni 0,5-1,25 meter.

Pada bulan September arah angin masih dominan bertiup dari Tenggara melintasi Laut

Arafuru, Laut Banda, Laut Jawa dan Samudera Indonesia menuju ke Barat, kemudian akan berbelok ke Utara setelah melintasi Ekuator. Akan tetapi rata-rata kecepatan angin melemah dari bulan sebelumnya, di perairan Laut Seram, Laut Maluku, Laut Seram dan Selat Makassar kecepatan angin rata-ratanya antara 5-10 knot, di atas perairan Laut Arafuru Laut Flores dan Laut Jawa kecepatan angin rata-ratanya antara 10-15 knot. Kecepatan angin rata-rata di perairan Samudera Indonesia bervariasi dari 10-20 knot, dan di Perairan Laut Sawu dan Laut Timor kecepatan angin rata-rata melemah dari bulan sebelumnya yakni 5-10 knot, hal ini mengindikasikan bahwa pengaruh angin Monsun Australia di wilayah Indonesia mulai melemah.

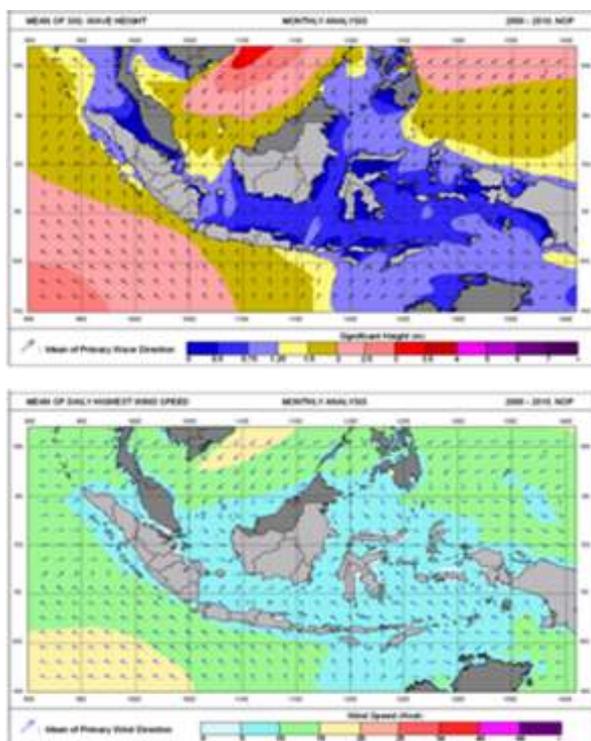


Gambar 14. Rata-rata tinggi gelombang (atas) dan angin (bawah) bulan Oktober

Pada bulan Oktober, secara umum rata-rata tinggi gelombang di seluruh perairan Indonesia semakin lebih rendah dari bulan sebelumnya. Di perairan Selat Karimata, Laut Jawa, Laut Banda, laut Sawu dan Laut Timor rata-rata tinggi gelombang antara 0,75-1,25 meter, di perairan Laut Flores, Selat Makassar, Laut Maluku, Laut Sulawesi dan Laut Seram berkisar antara 0,5-0,75 meter, sedangkan di perairan Arafuru, rata-rata tinggi gelombang berkisar antara 0,75-2 meter. Di

perairan Samudera Indonesia, rata-rata tinggi gelombangnya berkisar antara 1,25-2,5 meter.

Arah angin pada bulan Oktober masih dominan bertiup dari Tenggara. Kecepatan angin rata-rata pada bulan Oktober ini hampir diseluruh wilayah Indonesia semakin melemah dari bulan sebelumnya, di perairan Selat Karimata, Selat Makassar, Laut Sawu, Laut Maluku, Laut Seram, Laut Flores, Laut Banda, Laut Sawu dan Laut Timor kecepatan angin rata-ratanya antara 5-10 knot, di wilayah perairan Laut Arafuru kecepatan angin rata-ratanya antara 10-15 knot, di Laut Jawa 5-15 knot. Kecepatan angin rata-rata di perairan Samudera Indonesia bervariasi dari 5-20 knot.



Gambar 15. Rata-rata tinggi gelombang (atas) dan angin (bawah) bulan November

Pada bulan November, rata-rata tinggi gelombang di perairan bagian Utara Ekuator lebih tinggi dari bulan sebelumnya, dimana di Selat Karimata rata-rata tinggi gelombang antara 0,75-2 meter, di Laut Sulawesi 0,75-1,25 meter, kondisi ini disebabkan oleh semakin menguatnya pengaruh angin Monsun Asia di wilayah Indonesia. Untuk wilayah di Selatan Ekuator, rata-rata tinggi gelombang semakin rendah dari bulan Oktober, seperti di Laut Jawa, Laut Flores, Laut Banda, dan Selat Makassar bagian selatan rata-rata tinggi

gelombang antara 0,5-0,75 meter, sedangkan di wilayah perairan Laut Arafuru, Laut Sawu dan Laut Timor rata-rata tinggi gelombang antara 0,75-1,25 meter. Untuk wilayah perairan Samudera Indonesia masih tetap sama seperti pada bulan sebelumnya, yakni berkisar antara 1,25-2,5 meter.

Arah angin selama bulan November terjadi perubahan di bagian Utara Ekuator, dimana angin bertiup dari Barat Laut melintasi Selat Karimata menuju ke Laut Jawa, kemudian arah angin dibelokkan tidak menentu, hal ini disebabkan masih adanya pengaruh dari angin Monsun Australia yang bertiup menuju ke Barat. Kondisi ini juga terjadi di atas perairan Laut Sulawesi, Selat Makassar dan Laut Seram. Rata-rata kecepatan angin di seluruh wilayah Indonesia semakin melemah jika dibandingkan dengan bulan sebelumnya yakni 5-10 knot, hal ini akibat semakin menguatnya pengaruh dari angin Monsun Asia. Untuk kecepatan angin rata-rata di perairan Samudera Indonesia masih sama dengan bulan sebelumnya yakni antar 5-20 knot.

3.2. Pembahasan

Tinggi gelombang di perairan Indonesia mempunyai variasi dari bulan ke bulan, pada bulan Desember-Januari-Februari (DJF) gelombang pada umumnya tinggi untuk perairan di sebelah utara yang meliputi perairan Natuna, Selat Karimata, Laut Sulawesi, Laut Maluku serta perairan sekitar utara Papua. Selama bulan DJF posisi matahari berada di selatan ekuator sehingga gradien suhu antara Asia dan Australia tinggi, hal inilah yang memicu aktifnya monsun Asia. Arah angin pada saat monsun Asia, bertiup dari benua Asia menuju Australia melintasi Indonesia. Kondisi ini yang mempengaruhi variasi dan karakteristik gelombang yang ada di perairan Indonesia. Tinggi gelombang angin sangat dipengaruhi oleh kondisi angin yang bertiup, semakin cepat angin bertiup maka akan semakin tinggi gelombangnya.

Pada bulan Juni-Juli-Agustus (JJA) gelombang tinggi umum terjadi di perairan sebelah selatan seperti Samudera Indonesia, Laut Timor, Laut Arafuru dan Laut Banda. Pada bulan ini sedang aktif Monsun Australia, yang dikenal dengan musim Barat, dimana angin bertiup secara konsisten dari Australia menuju Asia melintasi Indonesia sehingga menyebabkan gelombang di Indonesia juga tinggi. Sedangkan pada musim

peralihan Maret-April-Mei (MAM) dan September-Oktober-November (SON), kondisi kecepatan angin di atas perairan Indonesia rendah sehingga gelombang lautnya lebih rendah dibanding dengan musim Barat dan Timur. Pada masa peralihan ini posisi matahari berada di sekitar wilayah ekuator, dengan demikian gradien suhu antara Asia dan Australia tidak besar sehingga kecepatan aliran angin dari kedua benua yang melintasi Indonesia rendah. Hasil penelitian Hadikusumah¹¹⁾, juga menunjukkan rata-rata tinggi gelombang di Laut Jawa pada bulan Februari dan Agustus lebih tinggi dari pada bulan Mei (musim peralihan).

Selain dari pengaruh kecepatan angin, persistensi arah tiupannya juga berpengaruh terhadap kondisi gelombang laut. Semakin seragam arah tiupan angin di suatu wilayah, maka gelombang yang terjadi akan semakin besar. Hal ini terjadi karena arah tiupan yang sama akan menyebabkan terbentuknya gelombang konstruktif yang saling menguatkan, sehingga energi yang dibangkitkan oleh tiupan angin akan terkumpul, kondisi ini terjadi pada saat aktifnya angin monsun baik monsun Asia maupun monsun Australia. Pada musim peralihan, arah tiupan angin tidak konsisten menuju arah tertentu dan kadang saling berlawanan, kondisi ini menyebabkan gelombang yang terbentuk bersifat destruktif dan saling melemahkan sehingga rerata gelombangnya lebih rendah dibanding dengan saat aktifnya Monsun.

Durasi tiupan angin juga berpengaruh terhadap tinggi rendahnya gelombang yang dihasilkan, semakin lama durasi tiupan angin, semakin tinggi gelombang yang terbentuk. Durasi tiupan angin berkaitan dengan gradien perbedaan suhu antar dua tempat, semakin besar perbedaannya maka angin yang bertiup juga akan semakin lama. Pada saat Monsun Asia dan Australia aktif maka durasi bertiupnya angin semakin lama dengan kecepatan yang tinggi.

Pada bulan DJF dimana Monsun Asia aktif daerah yang mempunyai rata-rata gelombang tinggi umumnya di sebelah utara, atau di daerah yang berbatasan dengan laut lepas, sebaliknya pada bulan JJA dimana Monsun Australia aktif gelombang tinggi terjadi di laut sebelah selatan. Hal ini berkaitan dengan panjang *fetch*, kecepatan angin dan durasi tiupan angin yang ada. Pada bulan DJF angin bertiup dari Asia menuju Australia, di

utara ekuator angin bertiup kencang dengan durasi yang lama sehingga *fetch* yang terbentuk lebih panjang, dengan demikian gelombang yang terbentuk juga tinggi. Di sebelah selatan ekuator angin yang bertiup lebih lemah karena mengalami hambatan (pembelokan) ketika melintasi daerah akibat adanya gaya yang ditimbulkan oleh rotasi bumi. Sehingga ketika memasuki perairan sebelah selatan ekuator, *fetch* yang terbentuk lebih pendek dibanding dengan di sebelah utara, sebaliknya pada bulan JJA Monsun Australia bertiup menuju Asia, maka daerah selatan ekuator mempunyai *fetch* yang lebih panjang sehingga gelombang-gelombang tinggi terjadi di perairan sebelah selatan. Sedangkan pada masa peralihan (MAM dan SON) *fetch* yang terbentuk lebih pendek sehingga rerata tinggi gelombangnya lebih rendah.

Letak Indonesia yang dilintasi ekuator memberikan pengaruh terhadap panjang *fetch*, dimana daerah ekuatorial merupakan daerah geser angin (*wind shear*) yang bersifat melemahkan kecepatan angin sehingga *fetch* yang terbentuk semakin pendek. Selain itu, keberadaan gugusan pulau sepanjang perairan Indonesia juga mempengaruhi *fetch* yang terbentuk, dimana ketika angin terhambat oleh daratan, *fetch* tidak terbentuk lagi sehingga gelombang yang terbentuk juga tidak tinggi. Perbedaan panjang *fetch* di setiap tempat mempengaruhi tinggi gelombangnya, untuk perairan yang sempit seperti perairan antar pulau, *fetch* yang terbentuk lebih pendek dibandingkan dengan perairan yang menghadap laut terbuka, hal ini dapat menjelaskan bahwa umumnya perairan yang luas seperti Laut Indonesia, Laut Arafuru, Selat Karimata dan perairan yang berbatasan dengan Samudera Pasifik sebelah barat umumnya memiliki gelombang yang tinggi. Khusus untuk perairan antar pulau seperti Laut Jawa, gelombang tinggi terjadi pada bulan Februari, Juli dan Agustus, hal ini terjadi karena pada bulan Februari angin bertiup dari barat sepanjang Laut Jawa dan Samudera Indonesia dengan kecepatan yang tinggi pula sehingga terbentuk *fetch* yang panjang, sedangkan pada bulan Juli dan Agustus, angin bertiup dari arah timur sepanjang Laut Arafuru, Laut Banda sampai Laut Jawa sehingga *fetch* yang terbentuk juga panjang. Dengan demikian gelombang yang terbentuk juga relatif tinggi dibanding bulan yang lain.

IV. KESIMPULAN

Variasi gelombang di perairan Indonesia berkaitan erat dengan pola angin musiman yang terjadi di wilayah Indonesia. Pada saat monsun Asia dan Australia (DJF dan JJA), rata-rata tinggi gelombang lebih tinggi dibanding pada masa peralihan (MAM dan SON). Pada saat monsun Asia, puncak rata-rata gelombang tertinggi terjadi pada bulan Januari di wilayah perairan sebelah utara ekuator, sebaliknya pada saat monsun Australia, rata-rata gelombang tertinggi berada di selatan ekuator dengan puncaknya terjadi pada bulan Juli.

Rata-rata tinggi gelombang di wilayah perairan terbuka seperti di perairan Samudera Indonesia bagian Barat Sumatera dan Selatan Jawa lebih tinggi dibandingkan dengan perairan antar pulau seperti di Laut Jawa, Laut Banda dan Laut Flores, kondisi ini terjadi karena adanya perbedaan panjang fetch yang terbentuk di wilayah perairan tersebut yang sangat di pengaruhi oleh kecepatan dan persistensi angin.

V. SARAN

Untuk melengkapi hasil penelitian ini diperlukan analisa klimatologis dengan periode data yang lebih panjang dan perlu dikaji pengaruh fenomena global, seperti El-Nino dan Dipole Mode terhadap gelombang di perairan Indonesia.

VI. DAFTAR PUSTAKA

- 1) Aldrian, E. (2008). *Meteorologi Laut Indonesia*. Jakarta: Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG).
- 2) Holthuijsen L.H. (2007). *Waves in Oceanic and Coastal Waters*. New York: Cambridge University Press.
- 3) Nichols, C.R., & Williams R.G. (2009). *Encyclopedia of Marine Science*. New York: Fact on File Inc.
- 4) WMO, 2001, *Guide the marine Meteorological Services, Third edition*, WMO no.471. Geneva-Switzerland.
- 5) Hutabarat, S., & Evans, S.M. (2008). *Pengantar Oseanografi*. Jakarta: Universitas Indonesia (UI-Press).
- 6) Oliver, E.J. (2005). *Encyclopedia of World Climatology*. New York: Springer Press.
- 7) BMG. (2000). *Prakiraan Musim Kemarau di Indonesia*. Jakarta: Badan Meteorologi dan Geofisika (BMG).
- 8) National Center for Environmental Prediction (NCEP), NOAA. (2011). NCEP Operational Data (WRF inputs): 1-degree FNLs. (<http://dss.ucar.edu>). diakses 19-23 Juli 2011.
- 9) National Geophysical Data Center-NOAA. (2011). (<http://www.ngdc.noaa.gov>). diakses 19 Juli 2011.
- 10) Suratno. (1997). *Model Numerik Prakiraan Gelombang Permukaan laut untuk Perairan Indonesia dan Sekitarnya*. Tesis, Fakultas MIPA: Universitas Indonesia.
- 11) Hadikusumah. (2009). Karakteristik Gelombang dan Arus di Eretan Indramayu. *Jurnal Makara Seri Sains*, 13(2), 163-172.