

## **ANALISIS PANJANG DAN TINGGI GELOMBANG UNTUK OPERASI KRI TNI-AL DI PERAIRAN INDONESIA**

**Taryono<sup>1</sup>, Ibnu Sofian<sup>2</sup>, A. Rita Tisiana D K<sup>3</sup>, Tasdik Mustika A<sup>4</sup>**

<sup>1</sup>Mahasiswa Program Studi S1 Hidrografi, STTAL

<sup>2</sup>Peneliti dari Badan Informasi Geospasial

<sup>3</sup>Dosen Pengajar Prodi D-III Hidro-Oceanografi, STTAL

<sup>4</sup>Dosen Pengajar Prodi S1 Hidrografi, STTAL

### **ABSTRAK**

*Indonesia merupakan Negara kepulauan yang sebagian besar wilayahnya adalah perairan, maka segala aktivitas di laut menjadi bagian penting bagi kehidupan masyarakat Indonesia. Masih terbatasnya akses dalam memperoleh data dan informasi berkaitan dengan panjang dan tinggi gelombang di Perairan Laut Indonesia, menjadi salah satu penyebab yang dapat mempengaruhi operasi/pelayaran KRI dalam setiap melaksanakan tugas operasi di laut. Penelitian panjang dan tinggi gelombang bertujuan untuk mendukung operasi KRI. Informasi tentang panjang dan tinggi gelombang diperoleh dari hasil luaran model Wavewatch III (WWIII) selama kurun waktu 9 tahun dari tahun 2005 sampai 2013 sebagai data penelitian yang di validasi dengan Altimetri kemudian diolah menggunakan software GrADS dan Ferret.*

*Pengaruh angin pada musim tertentu dapat mempengaruhi panjang dan tinggi gelombang signifikan yang terjadi di Perairan Indonesia. Perairan Selatan Jawa pada musim Timur lebih besar nilainya (panjang gelombang mencapai 450 m dan tinggi gelombangnya mencapai 6 m), di Laut Jawa pada Musim Barat (panjang gelombang mencapai 120 m dan tinggi gelombang mencapai 3 m). Di Selat Karimata pada Musim Barat (panjang gelombang mencapai 210 m dan tinggi gelombang mencapai 3,5 m). Di Selat Makassar pada Musim Barat (panjang gelombang mencapai 270 m dan tinggi gelombang mencapai 2 m) dan di Laut Arafuru pada Musim Barat (panjang gelombang mencapai 210 m dan tinggi gelombang mencapai 3,5 m). Berdasarkan parameter panjang gelombang untuk tipe KRI yang direkomendasikan beroperasi di wilayah Perairan Indonesia yaitu kapal dengan ukuran dengan panjang lebih dari 100 m. Sehingga kapal tersebut dapat dioperasionalkan di Perairan Indonesia pada saat Musim Barat maupun Musim Timur. Kapal yang dapat dioperasionalkan adalah KRI tipe Frigate, Corvette, Amphibious dan Auxiliaries. Sedangkan dilihat dari parameter tinggi gelombang untuk tipe KRI yang dapat beroperasi di wilayah Perairan Indonesia baik pada saat Musim Barat maupun Musim Timur yaitu semua tipe KRI antara lain KRI tipe Frigate, Corvette, Patrol Forces, Amphibious Forces, Mine Warfare Forces, Training Ships dan Auxiliaries.*

**Kata kunci** : panjang gelombang, tinggi gelombang signifikan, operasi KRI TNI-AL, Perairan Indonesia, musim.

### **ABSTRACT**

*As an archipelago, 70% of Indonesia area are sea. Therefore all activities on the sea, become an important activity. Limited access to obtain information about sea wave height and wave length, could affects on Indonesian navy warfare operation. Study on wave length and wave height is used to support the Indonesian navy warfare operation. Information about wave length and wave height are obtained from Wavewatch III (WWIII) simulation result in 9 years from 2005 until 2013. The data will validated with altimetry data and analyzed using GrADS and Ferret.*

*Seasonally, wind influenced to the wave length and significance wave height. During Southeast Monsoon, in South Java sea the wave length is 450 m and the wave height is 6 m. In Java sea the wave length is 120 m and the wave height is 3 m. In Karimata strait the wave length is 210 m and the wave height is 3.5 m. In Makassar strait the wave length is 270 m and the wave height is 2 m. In Arafuru sea the wave length is 210 m and the wave height is 3.5 m. Based on wave length, the ships with more than 100 m length i.e Frigate, Corvette, Amphibious forces and Auxiliaries ships could be operationed at those*

*areas during Southeast Monsoon and Northwest Monsoon. Based on wave height, all types of the ships could be operationed at the sea during Southeast Monsoon and Northwest Monsoon.*

**Keywords:** *wave length, significant wave height, the operation of Indonesian navy warfare, Indonesian seas, monsoon.*

## Latar Belakan

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 aktivitas 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 penting.

Secara klimatologis wilayah Indonesia sangat dipengaruhi oleh angin Barat dan angin Timur, pada waktu musim angin barat (angin bertiup dari barat) dari bulan Oktober sampai Maret. Cuaca di Indonesia dipengaruhi oleh monsun Barat, angin bertiup dari Timur laut dan berbelok menuju arah Tenggara setelah melewati Khatulistiwa. Sebaliknya pada musim angin Timuran, angin bertiup dari Tenggara dan berbelok menuju ke Timur laut setelah melalui daerah khatulistiwa, dari bulan Mei sampai September. Pengaruh Samudera Pasifik menjadi dominan pada periode angin baratan kecuali sebagian besar Sumatera, yang dipengaruhi oleh karakteristik Samudera Hindia sebelah barat. Sebaliknya pada musim angin timuran, pengaruh Samudera Hindia menjadi dominan dengan ditandai oleh berkurangnya curah hujan di Pulau Jawa, dan kepulauan Nusa Tenggara, sementara di sebagian besar Sumatera, dan Kalimantan masih berpeluang terjadinya curah hujan dengan intensitas sedang, dinamika ini akan berpengaruh secara langsung terhadap dinamika yang terjadi di perairan Indonesia.

Aktifitas transportasi laut ini sangat tergantung pada kondisi cuaca maritim antara lain : angin dan gelombang. Gelombang laut yang terjadi dapat dipicu oleh berbagai hal seperti angin, aktifitas lempeng bumi, akibat gerakan kapal, pasang surut, dan arus laut. Akan tetapi, yang sering terjadi adalah gelombang yang dibangkitkan oleh angin terutama jika terjadi angin kencang. Kondisi tersebut akan menyebabkan gelombang tinggi, sehingga akan menghambat aktifitas pelayaran. Karakteristik gelombang diukur menggunakan beberapa parameter diantaranya panjang gelombang ( $L$ ),

tinggi gelombang ( $H$ ) dan kedalaman air ( $h$ ). Parameter lain seperti kecepatan dan percepatan partikel air dapat ditentukan secara teoritis daribesaran-besaran tersebut.

Masih terbatasnya akses dalam memperoleh data dan informasi berkaitan dengan panjang dan tinggi gelombang di perairan laut Indonesia, menjadi salah satu penyebab seringnya terjadi keterlambatan dalam pencegahan dan penanganan kecelakaan kapal di laut. Selain itu, panjang dan tinggi gelombang dapat memengaruhi pengoperasian aktifitas pelayaran KRI. Terdapat beberapa model pengukuran panjang dan tinggi gelombang diantaranya STWave 3.0, Windwaves-05, dan Wavewatch III. Dengan memanfaatkan data model gelombang yang merupakan luaran dari model gelombang Wavewatch III, diharapkan dapat memberi gambaran atau informasi gelombang perairan Indonesia guna membantu efisiensi dan keselamatan operasi KRI bagi TNI AL.

## Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, dapat dirumuskan masalahnya adalah bagaimana gambaran panjang gelombang dan tinggi gelombang di Indonesia? Karakteristik dari gelombang diantaranya panjang dan tinggi gelombang diperlukan guna operasi KRI TNI AL untuk efisiensi dan keselamatan. Informasi panjang gelombang dan tinggi gelombang di hasilkan dari hasil luaran pemodelan gelombang laut di perairan Indonesia dengan menggunakan program Wavewatch III.

## Batasan Masalah

Penulisan penelitian ini di batasi pada area perairan Indonesia dan hasil pemodelan gelombang laut berupa panjang gelombang dan tinggi gelombang dari model gelombang Wavewatch III selama 9 tahun dari tahun 2005 sampai 2013.

## Tujuan Penelitian

Tujuan dari penulisan ini adalah untuk memberikan gambaran atau informasi tentang panjang gelombang dan tinggi gelombang di Perairan Indonesia berdasarkan nilai rata-rata

maksimum panjang gelombang dan tinggi gelombang untuk operasi KRI TNI-AL di Perairan Indonesia.

### Manfaat Penelitian

Diharapkan hasil penelitian ini dapat dijadikan data dan bahan informasi untuk operasi KRI TNI AL guna kesesuaian dan menjamin keselamatan dalam menjalankan operasi di laut.

### Tinjauan Pustaka

Tinjauan pustaka dilakukan untuk menunjang penelitian, yang terdiri dari teori maupun konsep dari berbagai literatur, serta jurnal hasil penelitian terdahulu yang relevan untuk mendukung penulisan tugas akhir.

### Metode Penelitian

#### 1. Jenis dan Sumber Data

Jenis data penelitian yaitu data panjang gelombang dan tinggi gelombang dan data angin. Sumber data penelitian yaitu dari model Wavewatch III (data panjang dan tinggi gelombang) dari Badan Informasi Geospasial (BIG), data angin (NOGAPS & NAVGEM), data KRI TNI AL (Jane's Fighting Ships 2009), dan peta (Dishidros TNI AL).

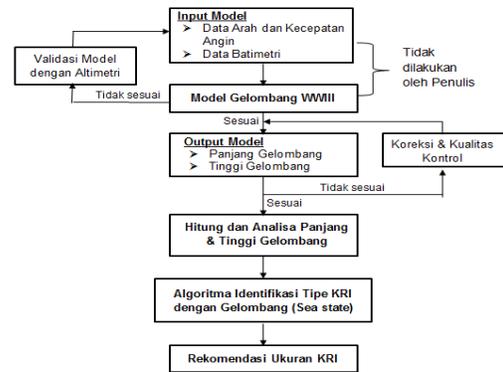
#### 2. Lokasi Penelitian

Lokasi Penelitian di Perairan Indonesia : 90° BT - 150° BT dan 20° LU - 20° LS. Adapun perairan yang akan dipilih untuk dijadikan lokasi penelitian yaitu Perairan Selatan Jawa, Laut Jawa, Selat Makassar, Selat Karimata, dan Laut Arafuru.



Gambar 1.1. Peta Perairan Indonesia, skala 1: 4.000.000. Sumber : Dishidros TNI AL.

### Alur Penelitian



### Gelombang Laut

Gelombang laut adalah pergerakan naik dan turunnya air laut dengan arah tegak lurus permukaan air laut yang membentuk kurva/grafik sinusoidal (Holthuijsen L.H. 2007). Gelombang laut timbul akibat adanya gaya pembangkit yang bekerja pada laut. Gelombang yang terjadi di lautan dapat di klasifikasikan menjadi beberapa macam berdasarkan gaya pembangkitnya, gaya pembangkit tersebut terutama berasal dari angin, gaya tarik menarik bumi – bulan – matahari atau yang di sebut dengan gelombang pasang surut dan gempa bumi (Nichols, C.R., & Williams R.G. 2009).

### METODE PENELITIAN

#### Data dan Peralatan

Data dan alat yang digunakan berdasarkan (Sofian,2014), adalah :

1. Data angin global menggunakan data NOGAPS & NAVGEM, dimana data NOGAPS rata-rata 3 jam dengan resolusi 50 Km. Data ini digunakan sebagai data masukkan untuk model Wavewatch III (WWIII) dari tahun 2005 sampai 2012. Selanjutnya dari tahun 2013, menggunakan data NAVGEM rata-rata 3 jam dengan resolusi yang sama.
2. Data batimetri Perairan Indonesia yang diperoleh dari SRTM 30 Plus dari NOAA dengan resolusi 900 m sebagai data masukkan model WWIII.
3. Data pendukung lain adalah peta laut dari Dishidros.
4. Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah :
  - a. Perangkat keras berupa :
    - 1) Komputer server dengan menggunakan High Performance Computing (HPC) 10 node dengan setiap node spesifikasi Linux Operation System (Centos 64), dual processor intel Xeon (quad core),

memory 64 GB, HDD 10 TB. Digunakan untuk menjalankan model WWIII.

2) Komputer PC (Personal Computer) dengan spesifikasi : Windows XP Operation System, processor Intel Core (2) Duo, memory 2 GB, HDD 160 GB. Digunakan untuk pengolahan data serta analisis spasial GIS.

b. Perangkat lunak :

Perangkat lunak yang digunakan yaitu Open GrADS versi 2.0.1.oga.1 dan Ferret versi 6.85 untuk menggambarkan hasil model WWIII.

## Pengolahan dan Analisis Data

### 1. Model Gelombang Wavewatch III ( WWIII )

Berdasarkan (Sofian,2014), masukkan data angin permukaan 10 m dan data batimetri digunakan sebagai input Model WWIII. Sebelum menjalankan model ada beberapa tahapan yang harus dilakukan :

a. Persiapan sebelum menjalankan model :

1) Ekstraksi data angin ketinggian 10 meter dari format netcdf menjadi data yang dapat dibaca oleh model WWIII, ekstraksi ini menggunakan bantuan software Climate Data Operator ( CDO ). Versi 1.6 data angin netcdf berupa data reanalisis dengan resolusi 50 Km.

2) Pembuatan domain, tujuannya adalah untuk menentukan domain model yang akan dijalankan yang terdiri atas :

- Model global dari 0° BT – 360° BT dan dari 75° LS - 75° LU dengan resolusi 1°.

- Perairan Indonesia (regional) dengan resolusi 12,5 Km, dengan domain sebagai berikut :

90° Bujur Timur ( BT ) s/d 150° Bujur Timur ( BT )

20° Lintang Utara ( LU ) s/d 20° Lintang Selatan ( LS )

3) Melakukan generate data batimetri dengan bantuan script dan software *Matlab for Linux* untuk membuat data grid batimetri sesuai dengan domain model yang akan dijalankan yaitu untuk domain lokal, regional dan global.

b. Proses nesting online, di jalankan bersamaan dengan pertukaran informasi antara

model global dan regional secara online, sementara hasil model regional akan digunakan untuk memperbaharui data di model global.

c. Model dengan masukkan angin ketinggian 10 meter dan data batimetri, model dijalankan untuk menganalisis data dari tahun 2005 sampai 2013. Dengan dimulai dari domain global kemudian regional ( Perairan Indonesia ) dan tahap selanjutnya adalah analisis pada daerah penelitian.

Dari hasil menjalankan model WWIII didapatkan keluaran berupa :

- Tinggi dan panjang gelombang signifikan.

- Arah, periode dan frekuensi gelombang.

- Swell gelombang.

### 2. Penentuan Estimasi Daerah Potensi Gelombang Panjang dan Gelombang Tinggi Menentukan Daerah Potensi Gelombang Panjang dan Gelombang Tinggi

Untuk dapat menentukan daerah potensi gelombang panjang dan gelombang tinggi maka kita harus mengetahui keadaan batimetri serta berapa kecepatan angin yang dapat berpotensi menaikkan gelombang tinggi pada daerah penelitian tersebut. Semakin panjang panjang gelombang maka semakin besar energinya. Semakin kuat angin sebagai tenaga pembangkitnya maka akan semakin panjang dan tinggi gelombang yang terbentuknya, sedangkan pengaruh kedalaman terhadap panjang dan tinggi gelombang yaitu diperhitungkan berdasarkan faktor gesekan antara gerak air dengan dasar laut, yang berpengaruh pada tinggi gelombang yang terbentuk. Di laut dalam gerak gelombang yang terjadi di bagian atas perairan saja dan hampir tidak berimbas ke bagian bawah dekat dasar laut. Oleh karena itu gelombang dan pembentukan gelombang di laut dalam tidak terpengaruh oleh keadaan di dekat dasar laut sehingga semakin dalam kedalaman laut maka pengaruh dari panjang dan tinggi gelombang laut semakin kecil.

### Menentukan Estimasi Gelombang Panjang dan Gelombang Tinggi

Untuk dapat menentukan estimasi gelombang signifikan terdapat 2 parameter yang dapat digunakan, yaitu :

1. Gelombang Tinggi

Adanya waktu yang bersamaan antara cuaca ekstrem dan gelombang tinggi disekitar pantai maupun di laut lepas. Pembuatan data klimatologis gelombang laut dari rata-rata 9

tahun, diperlukan untuk melihat pola dan karakteristik tinggi gelombang di Indonesia.

## 2. Angin

Menjalankan model dengan memasukkan data angin ketinggian 10 meter dan data batimetri, model dijalankan untuk menganalisis data dari tahun 2005 sampai 2013. Dengan dimulai dari domain global kemudian regional (Perairan Indonesia).

Dari uraian di atas dapat membuat prediksi atau analisis adanya gelombang panjang di Perairan Indonesia, dengan dilakukan hal sebagai berikut :

1. Estimasi daerah gelombang signifikan berdasarkan hasil dari perhitungan angin dan data batimetri pada Perairan Indonesia.

2. Pembuatan data wilayah perairan panjang gelombang dapat dibuat dengan menggunakan validasi data angin dan data dari batimetri di Perairan Indonesia dengan menggunakan program Wavewatch III.

## Satelit Altimetri

Sistem satelit altimetri berkembang sejak tahun 1975, ketika diluncurkannya sistem satelit Geos-3. Pada saat ini secara umum sistem satelit altimetri mempunyai tiga objektif ilmiah jangka panjang yaitu: mengamati sirkulasi lautan global, memantau volume dari lempengan es kutub, dan mengamati perubahan muka laut rata-rata (MSL) global. Dalam konteks geodesi, objektif terakhir dari misi satelit altimetri tersebut adalah yang menjadi perhatian. Dengan kemampuannya untuk mengamati topografi dan dinamika dari permukaan laut secara kontinyu, maka satelit altimetri tidak hanya bermanfaat untuk pemantauan perubahan MSL global, tetapi juga akan bermanfaat untuk beberapa aplikasi geodetik dan oseanografi.

Sistem altimetri satelit diperlukan untuk mengukur topografi kelautan. Sistem pertama, dilakukan pada Seasat, Geosat, ERS-1, dan ERS-2 dirancang untuk mengukur variabilitas arus dengan dimensi horisontal kurang dari seribu kilometer. Topex / Poseidon, yang diluncurkan pada tahun 1992, dirancang untuk membuat pengukuran yang lebih akurat diperlukan untuk mengamati sirkulasi permukaan lautan permanen, gelombang (waktu-rata-rata), dan variabilitas arus skala pilin.

Konsep dasar dari satelit altimetri, yaitu mengukur jarak dari satelit ke permukaan laut. Satelit Altimetri mengirim sinyal gelombang pendek yang kuat ke permukaan laut. Sinyal

tersebut mengenai permukaan laut yang kemudian dipantulkan kembali ke penerima sinyal yang ada di satelit, jarak dari satelit ke permukaan dapat dihitung dengan mengestimasi waktu tempuh sinyal yang dipancarkan, oleh karena itu satelit altimetri dilengkapi oleh sistem pencatat waktu yang sangat teliti. Biasanya digunakan jam atom. Sinyal yang diterima oleh receiver satelit, belum dapat langsung digunakan karena sinyal tersebut bisa dikatakan masih 'kotor'. Sinyal yang diterima receiver harus di koreksi dulu dari komponen bias yang mempengaruhi nilai pengukuran satelit altimetri. Berdasarkan Febriliyan F.C., beberapa komponen bias yang terdapat pada data satelit altimetri dan harus di koreksi diantaranya: tropospheric refractive element, dry tropospheric refractive element, bias ionosphere dan bias elektromagnetik.

Aplikasi Satelit Altimetri sesuai dengan prinsip kerja dan data yang dihasilkan maka data satelit altimetri dapat dimanfaatkan pada banyak aplikasi diantaranya :

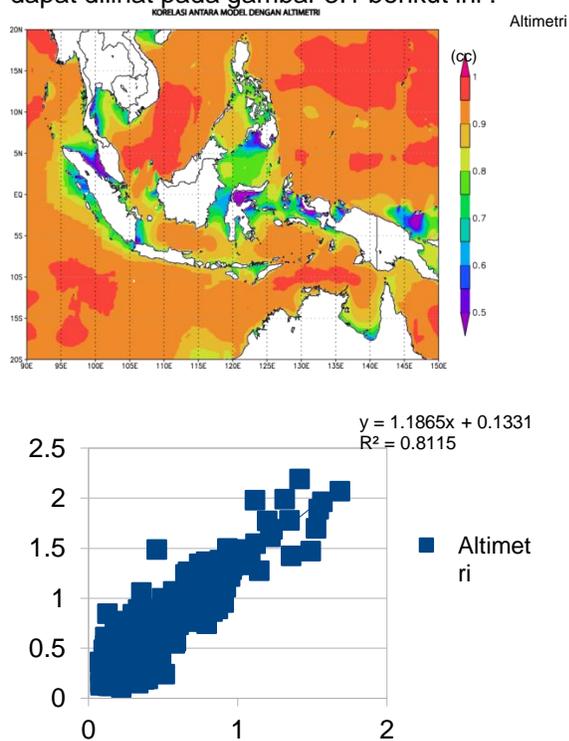
- a. Penentuan tinggi dan panjang gelombang
- b. Penentuan topografi permukaan laut
- c. Penentuan geoid di wilayah lautan
- d. Penentuan karakteristik arus
- e. Pengamatan pasang surut
- f. Studi fenomena el nino
- g. Pengamatan karakteristik arus, dan lain-lain.

Pada point kedua diatas yang dimaksud Topografi Permukaan Laut adalah perbedaan dalam tinggi ellipsoid antara permukaan laut dengan permukaan geoid. Topografi ini dibagi menjadi dua komponen yaitu statik yang disebabkan oleh arus laut, faktor meteorologis dan temperatur. Berikutnya adalah komponen dinamika yang disebabkan oleh fenomena pasang surut dan gelombang. Semua sebab-sebab diatas juga dapat dipantau dengan satelit altimetri seperti yang telah disebutkan juga pada beberapa point diatas. Khusus untuk Wilayah Indonesia maka dapat disimpulkan bahwa satelit altimetri dapat berperan penting dalam membantu pelayaran di Indonesia mengingat secara geografis Indonesia memiliki banyak sekali wilayah perairannya.

## Validasi Hasil Model dengan Altimetri

Nilai korelasi antara model dan altimetri berkisar antara 0,5 sampai 0,95. Di daerah Samudera Hindia, Laut Jawa, Samudera Pasifik utara Papua korelasinya berkisar antara 0,8 sampai 0,95. Sementara itu di sebagian Selat Malaka, Teluk Tomini, dan daerah kepulauan

mempunyai korelasi 0,5, hal ini tidak menyebabkan bahwa hasil model kurang memadai, tetapi lebih disebabkan karena interpolasi data altimetri yang tidak memadai. Resolusi data gelombang dari altimetri adalah satu derajat, sementara model mempunyai resolusi 12,5 Km. Untuk nilai korelasi rata-rata Perairan Indonesia berkisar pada angka 0,9, yang berarti bahwa hasil model dengan altimetri masih sangat relevan/baik untuk digunakan sebagai data dalam penelitian tugas akhir ini. Scatterplot antara model dengan altimetri di wilayah Selat Karimata menurut (Sofian, 2014) dapat dilihat pada gambar 3.1 berikut ini :



Gambar 3.1. Korelasi antara hasil model dengan altimetri (Sumber : Sofian, 2014)

### Penentuan Gelombang Berbahaya bagi Kapal

Menurut Tredup (2011), titik awal untuk tinggi gelombang menjadi berbahaya untuk menggulung kapal adalah hanya 30 persen dari panjang kapal. Untuk menentukan tinggi dan panjang gelombang berbahaya bagi kapal, dapat menggunakan rumus sebagai berikut :

- a. **Tinggi Gelombang Berbahaya:**  
 $W \text{ Tinggi} = B \text{ Panjang} \times 30\%$
- b. **Panjang Gelombang Berbahaya:**  
 $W \text{ Panjang} \leq W \text{ Tinggi} \times 7$

Keterangan :  $W$  = wave atau gelombang  
 $B \text{ Panjang}$  = panjang kapal

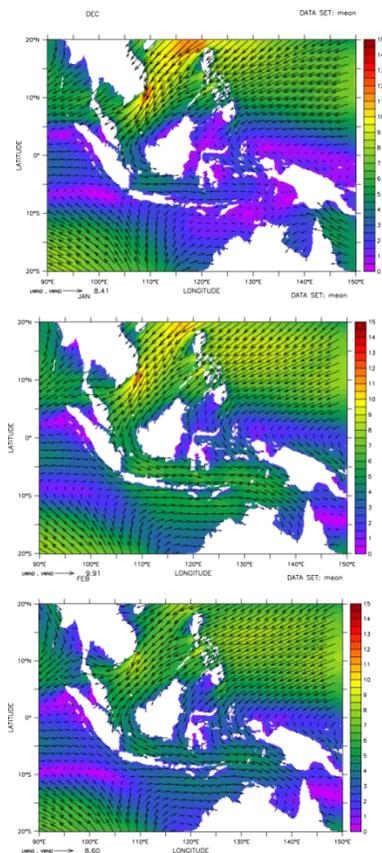
Sumber :Tredup, 2011.

Mempelajari bagaimana perilaku gelombang dan memprediksi gelombang berbahaya merupakan hal yang sangat kompleks. Informasi terbaik yang pelaut paling handalkan adalah laporan cuaca. Oleh karena itu, ketika kita berlayar, bagian laporan perkiraan cuaca gelombang sama pentingnya dengan sisa laporan itu. Tinggi gelombang (dari bawah palung ke puncak) dan panjang gelombang (jarak dari satu puncak ke puncak berikutnya atau satu palung ke palung berikutnya) adalah dua potongan informasi penting. Setelah kita mengetahui panjang dan tinggi gelombang, kita dapat menentukan apakah gelombang akan memiliki potensi untuk menjadi berbahaya atau tidak di dalam air.

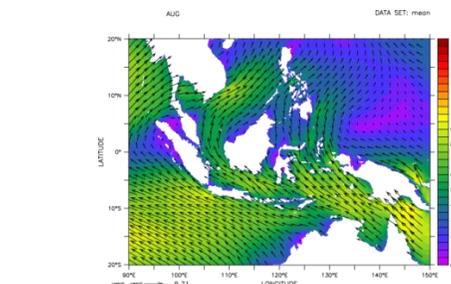
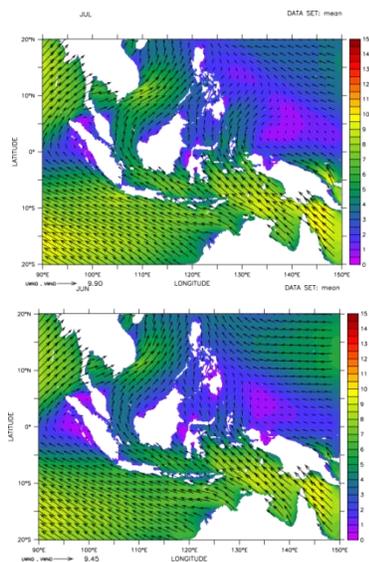
## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Hasil Penelitian

Pada waktu musim angin Barat/Monsun Asia (angin bertiup dari barat) dari Bulan Oktober sampai Maret, dimana cuaca di Indonesia dipengaruhi oleh Musim Barat/Monsun Asia, angin bertiup dari Timurlaut dan berbelok menjadi angin Baratlaut setelah melewati Khatulistiwa (gambar 4.1). Pengaruh Samudera Pasifik menjadi dominan pada periode angin barat kecuali sebagian besar Sumatera, yang dipengaruhi oleh karakteristik Samudera Hindia sebelah barat. Sedangkan pada musim angin Timur/Monsun Australia, angin bertiup dari tenggara dan berbelok menuju ke timur laut setelah melalui Khatulistiwa, dari Bulan Mei sampai September (gambar 4.2). Pada musim angin Timur pengaruh Samudera Hindia sangat dominan mempengaruhi cuaca di Indonesia.

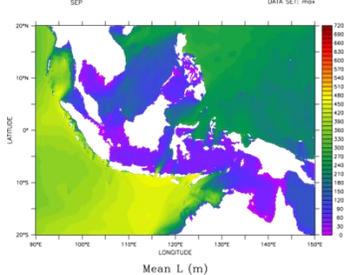


Gambar 4.1. Rata-rata arah dan kecepatan angin di Perairan Indonesia, dari Desember sampai Februari (Musim Barat/Monsun Asia) dari tahun 2005 sampai 2013. (Sumber: Hasil keluaran model WWIII).



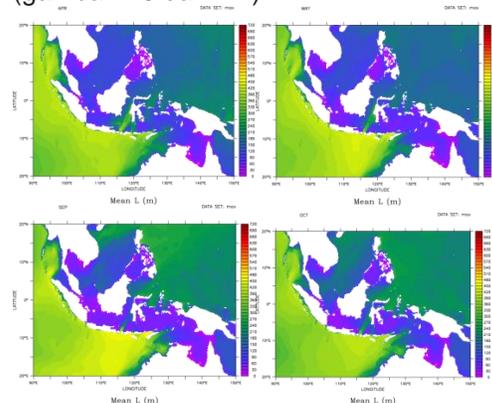
Gambar 4.2. Rata-rata arah dan kecepatan angin di Perairan Indonesia, dari Juni sampai Agustus (Monsun Australia) dari tahun 2005 sampai 2013. (Sumber: Hasil keluaran model WWIII).

Secara umum panjang gelombang signifikan di Samudera Hindia lebih panjang dibandingkan dengan panjang gelombang signifikan di Samudera Pasifik maupun di perairan Indonesia lainnya (Lampiran A).



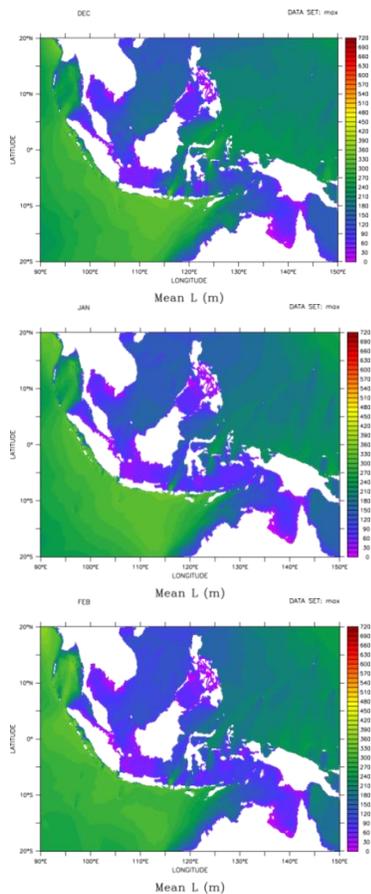
Gambar 4.3. Rata-rata panjang gelombang signifikan maksimum di perairan Indonesia, bulan September dari tahun 2005 sampai 2013.

Hasil estimasi panjang gelombang menunjukkan bahwa panjang gelombang di Perairan Indonesia tidak di pengaruhi oleh angin musim Barat (Monsun Asia). Pada Musim Timur (Monsun Australia) panjang gelombang di Perairan Indonesia cukup terpengaruh, selain pengaruh musiman, panjang gelombang signifikan maksimum juga terjadi pada bulan April, Mei, September dan Oktober, dimana puncak panjang gelombang signifikan maksimum terjadi pada bulan September (gambar 4.3 dan 4.4).



Gambar 4.4. Rata-rata panjang gelombang signifikan maksimum di Perairan Indonesia, bulan April, Mei, September dan Oktober dari tahun 2005 sampai 2013.

Berdasarkan hasil luaran model Wavewatch III pada gambar 4.5 menunjukkan rata-rata panjang gelombang signifikan pada puncak bulan basahnya yaitu bulan Desember, Januari dan Februari. Secara umum, di Samudera Pasifik sebelah utara Papua antara 240 m sampai 270 m, sementara panjang gelombang di Samudera Hindia/Selatan Pulau Jawa dan sebelah barat Sumatera antara 330 m sampai 420 m. Selanjutnya panjang gelombang di Laut Jawa hanya berkisar antara 60 m sampai 120 m. Panjang gelombang di Laut Sulawesi, Selat Karimata dan Laut Cina Selatan bagian selatan mencapai puncak tertinggi pada bulan Oktober dan November (Lampiran A) mencapai 300 m. Kemudian panjang gelombang di Laut Banda, Arafuru dan Flores mencapai puncaknya pada bulan Desember sekitar 225 m



Gambar 4.5. Rata-rata panjang gelombang signifikan di perairan Indonesia, dari Desember sampai Februari (Monsun Asia) dari tahun 2005 sampai 2013.

Pada bulan Mei sampai September (Lampiran A), panjang gelombang di Samudera Hindia masih lebih panjang dibandingkan dengan panjang gelombang di Samudera Pasifik. Rata-rata panjang gelombang signifikan

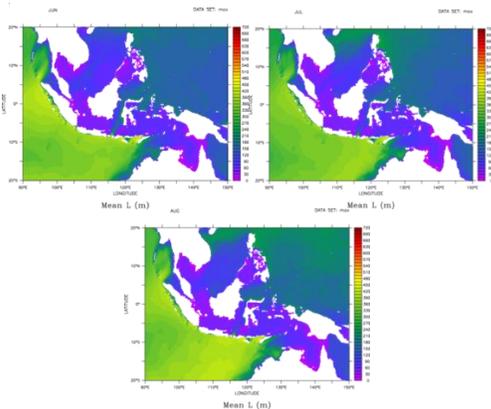
pada puncak monsun Australia ditunjukkan pada gambar 4.6. Secara umum, panjang gelombang signifikan maksimum dan tinggi gelombang signifikan maksimum di Samudera Hindia mencapai 480 m dan 6 m, sementara panjang dan tinggi gelombang di Samudera Pasifik utara Papua hanya mencapai 300 m dan 3 m. Selanjutnya panjang dan tinggi gelombang di Laut Jawa hanya berkisar antara 30 sampai 210 dan 0,5 m sampai 3 m dengan panjang dan tinggi gelombang signifikan tertinggi terjadi pada bulan Desember sampai Januari (gambar 4.5). Selanjutnya panjang gelombang di Laut Banda dan Flores mencapai puncaknya pada bulan Desember dengan panjang sekitar 225 m.

Panjang dan tinggi gelombang signifikan bulanan pada periode Musim Barat/Monsun Asia menunjukkan bahwa rata-rata panjang gelombang signifikan di perairan Indonesia berkisar antara 30 m sampai 360 m, dengan panjang gelombang signifikan mencapai 360 m di Samudera Hindia/Perairan Selatan Jawa (gambar 4.3). Untuk tinggi gelombang signifikan di Samudera Hindia mencapai tinggi maksimum pada bulan Januari yang mencapai 3,5 m sampai 4 m (Lampiran B). Sedangkan panjang dan tinggi gelombang signifikan maksimum di laut Jawa berkisar antara 60 sampai 120 dan 1 m sampai 3 m, terutama pada bulan Januari dan Februari (Lampiran B).

Panjang dan tinggi gelombang signifikan maksimum di Perairan Selatan Jawa meningkat dari bulan Mei sampai September mencapai 480 m dan 5,5 m. Panjang dan tinggi gelombang signifikan maksimum di Selat Karimata mencapai 240 m (November) dan 3,5 m (Desember dan Januari) (Lampiran A dan B). Sementara panjang dan tinggi gelombang signifikan maksimum di Laut Banda, Arafuru, Flores dan Sulawesi mencapai 240 m (Desember) dan 3,5 m (Juli) (Lampiran A dan B).

Panjang gelombang signifikan maksimum pada periode Musim Timur/Monsun Australia ditunjukkan pada Gambar 4.6. Panjang gelombang signifikan maksimum dengan kisaran 210 m sampai 480 m yang terjadi di Samudera Hindia/Perairan Selatan Jawa, juga terlihat penurunan panjang gelombang signifikan maksimum di Laut Jawa, Banda, Arafuru, Flores dan Selat Karimata, yang hanya berkisar antara 30 m sampai 120 m. Panjang rata-rata gelombang signifikan maksimum di Samudera Hindia, Perairan Selatan Jawa lebih panjang dibandingkan dengan yang terjadi di Samudera Pasifik. Tekanan angin dan tidak adanya pulau-pulau yang menghalanginya menyebabkan

panjang dan tinggi gelombang signifikan di Samudera Hindia/Perairan Selatan Jawa lebih panjang dan tinggi dibandingkan dengan Perairan Indonesia lainnya. Secara umum, panjang gelombang signifikan pada periode Musim Timur/Monsun Australia lebih panjang dibandingkan dengan panjang gelombang signifikan pada periode Musim Barat/Monsun Asia.



Gambar 4.6. Rata-rata panjang gelombang signifikan di Perairan Indonesia, dari Juni sampai Agustus (Monsun Australia) dari tahun 2005 sampai 2013.

Dengan demikian, panjang gelombang signifikan ini akan mempengaruhi atau menghambat pergerakan (operasional) kapal antar pulau yang menggunakan sarana transportasi laut, selain mempertinggi resiko tinggi gelombang yang terbentuk akibat panjang dari panjang gelombang tersebut.

### Pembahasan

Berdasarkan hasil penelitian yang sudah dijelaskan sebelumnya, Samudera Hindia/Perairan Selatan Jawa memiliki panjang gelombang signifikan sebesar 210 m sampai 480 m dan tinggi gelombang signifikan mencapai 6 m. Menurut Tredup, 2011 menjelaskan ukuran gelombang yang dapat menyebabkan masalah bagi kapal dalam sebuah studi mengenai gelombang yang didanai oleh University of Southampton's Department of Ship Science dan penelitian serupa oleh Society of Naval Architects and Marine Engineers (SNAME) bersama dengan United States Yacht Racing Union (sekarang US Sailing) telah menunjukkan bahwa tiga kondisi yang biasanya harus ada yaitu :

1. Gelombang tinggi melebihi persentase dari panjang kapal/perahu. Pada kondisi ini gelombang cukup berbahaya untuk diatasinya.
2. Kemiringan sebagian atau keseluruhan kapal/perahu terhadap gelombang. Jika

kapal/perahu tegak lurus terhadap gelombang, kemungkinan akan terguling sangat kecil. Posisi kapal/perahu semakin tidak tegak lurus terhadap gelombang maka semakin besar kesempatan gelombang tersebut untuk merobohkan kapal/perahu.

3. Jika gelombang tersebut dapat merusak kapal/perahu, maka harus naik ke atas dan melewati gelombang tanpa memperhatikan tinggi gelombang daripada dengan panjang kapal/perahu. Ini bukan berarti bahwa hal itu akan nyaman atau mungkin dapat menyebabkan kapal/perahu susah untuk dikendalikan. Tapi tanpa gelombang perusak di atas kapal/perahu, maka kapal/perahu itu sendiri tidak dapat dirobuhkan/ditenggelamkan.

Berdasarkan formula Tredup (2011), (lihat sub bab 3.6.1), misalkan, dengan menggunakan minimal tinggi gelombang 30 persen dari panjang kapal, jika panjang kapal adalah 40 m panjangnya, maka zona bahaya tinggi gelombang dimulai pada gelombang 12 m ( $40 \times 30\%$ ). Sebuah gelombang dengan tinggi 12 m bisa merobohkan kapal sepanjang 40 m jika kapal tertangkap di suatu tempat di jebakan dalam gelombang karena tidak bisa di olah gerakkan. Setelah Aturan 7 atau kurang, kita tahu bahwa gelombang 12 m bisa membuat berhentinya kapal hanya jika panjang gelombang kurang dari 84 m ( $12 \times 7$ ). Ada beberapa perkiraan bervariasi ilmiah, saat yang tepat ketika gelombang akan runtuh, tetapi umumnya, ketika tinggi gelombang melebihi panjang gelombang pada 1: 7 rasio, mungkin mulai runtuh. Ini disebut titik puncaknya gelombang, disebutnya "Aturan 7 atau Kurang" (Tredup, 2011), jika panjang gelombang adalah 7 kali atau kurang dari tinggi gelombang, maka gelombang bisa pecah. Hal ini berlaku untuk setiap pengukuran jenis, kaki atau meter. Sebagai contoh, jika tinggi gelombang adalah 15 m, mengalikan dengan 7 akan memberikan panjang gelombang minimum 105 m. Jika panjang gelombang 105 m atau kurang, maka gelombang memiliki potensi untuk menjadi berbahaya.

Suatu KRI memang sudah di desain secara khusus untuk dapat menghadapi berbagai kemungkinan cuaca di laut, namun ada baiknya sebelum melaksanakan operasi/pelayaran untuk lebih mengenal atau mengetahui karakter dari laut yang akan dilaluinya supaya dapat mengantisipasi kemungkinan-kemungkinan yang akan terjadi

akibat cuaca yang tidak diinginkan tersebut. Berdasarkan penjelasan sebelumnya, didapat besaran kisaran panjang dan tinggi gelombang

signifikan di beberapa perairan di Indonesia pada Musim Barat dan Musim Timur.

Berikut tabel klasifikasi dan identifikasi panjang dan tinggi gelombang signifikan berbahaya bagi KRI:

Tabel 4.1. Besaran nilai panjang dan tinggi gelombang signifikan maksimum di Perairan Indonesia pada musim Barat dan Timur, (satuan dalam meter)

No.	Lokasi	Musim Barat		Musim Timur	
		Lm	Hs	Lm	Hs
1	Laut Jawa	120	3	120	2.5
2	Laut Arafuru	210	3.5	120	3
3	Selat Karimata	210	3.5	120	1.5
4	Selat Makassar	270	2	210	1.5
5	Perairan Selatan Jawa	360	4	450	6

Keterangan :

Lm= panjang gelombang signifikan maksimum

Hs = tinggi gelombang signifikan maksimum

Berikut tabel panjang KRI berdasarkan tipe dan kelasnya :

Tabel 4.2. Besaran nilai panjang dan tinggi gelombang berbahaya berdasarkan klasifikasi panjang kapal (KRI TNI-AL) menurut Tipe dan Kelasnya, (satuan dalam meter) :

No.	Tipe KRI	KRI Kelas	LoA	Hs K	Lm K
1.	FRIGATES	AHMAD YANI	113.4	34.02	238.14
		KI HAJAR DEWANTARA	96.7	29.01	203.07
2.	CORVETTE	FATAHILLAH	84	25.2	176.4
		PARCHIM	75.2	22.56	157.92
		SIGMA	90.7	27.21	190.47
3.	PATROL FORCES	DANGGER CLASS/FAC	50.2	15.06	105.42
		TODAK	58.1	17.43	122.01
		SINGA	58.1	17.43	122.01
		KAKAP	58.1	17.43	122.01
		SIBARAU	32.8	9.84	68.88
		PATROL CRAFT	35.8	10.74	75.18
		KAL-36(FIBERGLASS) KAL-40	36 40	10.8 12.0	75.6 84.0
4.	AMPHIBIOUS FORCES	MULTIROLE-VESSELS/LPD	122	36.6	256.2
		LST 511 - 512	100	30.0	210.0
		LST TACOMA	99.7	29.91	209.37
		FROSCH	98	29.4	205.8
5.	MINE WARFARE FORCES	KONDOR	56.7	17.01	119.07
		PULAU RENGAT	51.5	15.45	108.15
		SURVEY SHIP	79.3	23.79	166.53
6.	TRAINING SHIPS	DEWARUCI	58.3	17.49	122.43

7.	AUXILIARIES/KAPAL BANTU	ARUN	140.6	42.18	295.26
		SORONG	112	33.6	235.2
		MULTATULI	111.4	33.42	233.94
		SOPUTAN	66.2	19.86	139.02

Keterangan :

Tinggi Gelombang Berbahaya = Tinggi gelombang = LoA x 30%

Panjang Gelombang Berbahaya = Panjang gelombang <= Hs K x 7

LoA = panjang keseluruhan kapal

Hs K = batas maksimum tinggi gelombang berbahaya bagi kapal

Lm K = batas maksimum panjang gelombang berbahaya bagi kapal

Sumber : Jane Fighting Ship 2009.

### 1. Pada Musim Timur

Berikut tabel klasifikasi operasi KRI dengan panjang dan tinggi gelombang pada Musim Timur di Perairan Indonesia (halaman 39) :

Tabel 4.3. Klasifikasi operasi KRI berdasarkan panjang dan tinggi gelombang pada Musim Timur di Perairan Indonesia, (satuan dalam meter)

No.	Tipe KRI	KRI Kelas	LoA	Hs K	Lm K	Laut Jawa		Laut Arafuru		Selat Karimata		Selat Makassar		Perairan Selatan Jawa	
						Hs B	Lm B	Hs B	Lm B	Hs B	Lm B	Hs B	Lm B	Hs B	Lm B
1	FRIGATES	AHMAD YANI	113.4	34.02	238.14	B	B	B	B	B	B	B	B	B	T
		KI HAJAR DEWANTARA	96.7	29.01	203.07	B	B	B	B	B	B	B	T	B	T
2	CORVETTE	FATAHILLAH	84	25.2	176.4	B	B	B	B	B	B	B	T	B	T
		PARCHIM	75.2	22.56	157.92	B	B	B	B	B	B	B	T	B	T
		SIGMA	90.7	27.21	190.47	B	B	B	B	B	B	B	T	B	T
3	PATROL FORCES	DANGGER CLASS/FAC	50.2	15.06	105.42	B	B	B	T	B	T	B	T	B	T
		TODAK	58.1	17.43	122.01	B	B	B	B	B	B	B	T	B	T
		SINGA	58.1	17.43	122.01	B	B	B	B	B	B	B	T	B	T
		KAKAP	58.1	17.43	122.01	B	B	B	B	B	B	B	T	B	T
		SIBARAU	32.8	9.84	68.88	B	T	B	T	B	T	B	T	B	T
		PATROL CRAFT	35.8	10.74	75.18	B	T	B	T	B	T	B	T	B	T
		KAL-36(FIBERGLASS)	36	10.8	75.6	B	T	B	T	B	T	B	T	B	T
		KAL-40	40	12	84	B	T	B	T	B	T	B	T	B	T
4	AMPHIBIOUS FORCES	MULTIROLE-VESELS/LPD	122	36.6	256.2	B	B	B	B	B	B	B	B	B	T
		LST 511 - 512	100	30	210	B	B	B	B	B	B	B	T	B	T

		LST TACOMA	99.7	29.91	209.37	B	B	B	B	B	B	B	T	B	T
		FROSCH	98	29.4	205.8	B	B	B	B	B	B	B	T	B	T
5	MINE WARFARE FORCES	KONDOR	56.7	17.01	119.07	B	T	B	T	B	T	B	T	B	T
		PULAU RENGAT	51.5	15.45	108.15	B	T	B	T	B	T	B	T	B	T
		SURVEY SHIP	79.3	23.79	166.53	B	B	B	B	B	B	B	T	B	T
6	TRAINING SHIPS	DEWARUCI	58.3	17.49	122.43	B	B	B	B	B	B	B	T	B	T
7	AUXILIARIE S/ KAPAL BANTU	ARUN	140.6	42.18	295.26	B	B	B	B	B	B	B	B	B	T
		SORONG	112	33.6	235.2	B	B	B	B	B	B	B	B	B	T
		MULTATULI	111.4	33.42	233.94	B	B	B	B	B	B	B	B	B	T
		SOPUTAN	66.2	19.86	139.02	B	B	B	B	B	B	B	T	B	T

Keterangan :  
 LoA = panjang keseluruhan kapal  
 Hs K = batas maksimum tinggi gelombang berbahaya bagi kapal  
 Lm K = batas maksimum panjang gelombang berbahaya bagi kapal  
 Hs B = tinggi gelombang berbahaya  
 Lm B = panjang gelombang berbahaya  
 B = KRI bisa beroperasi  
 T = KRI tidak bisa beroperasi

Nilai panjang dan tinggi gelombang pada Musim Timur di beberapa lokasi tersebut diambil dari nilai signifikan maksimum sebagai batasan untuk batas kemampuan operasi KRI terhadap panjang dan tinggi gelombang yang berbahaya. Di Selat Karimata nilai maksimumnya diambil pada wilayah bagian Utara selattersebut yang berbatasan langsung dengan Laut Natuna dan Laut China Selatan (panjang gelombang antara 30 sampai 120 m dan tinggi gelombang antara 0.5 sampai 1,5 m). Untuk di Laut Jawa nilai maksimumnya diambil di wilayah sebelah utara Selat Lombok dan Selat Bali (panjang gelombang antara 30 sampai 120 m dan tinggi gelombang antara 1 sampai 2,5 m). Di Selat Makassar nilai maksimumnya diambil di wilayah bagian utara yang berbatasan dengan Laut Sulawesi dan Samudera Pasifik (panjang gelombang antara 60 sampai 210 m dan tinggi gelombang antara 0,5 sampai 1,5 m). Di Laut Arafuru nilai maksimumnya diambil di wilayah yang berbatasan dengan Laut Timor dan Laut Australia (panjang gelombang antara 30 sampai 120 m dan tinggi gelombang antara 1 sampai 3 m). Sedangkan untuk di Perairan Selatan Jawa nilai maksimumnya diambil di wilayah Samudera Hindia (panjang gelombang antara 330 sampai 450 m dan tinggi gelombang antara 3 sampai 6 m).

Dengan demikian berdasarkan parameter panjang gelombang dengan

mengabaikan parameter tinggi gelombang, pada tabel 4.3 untuk tipe KRI yang dapat beroperasi pada musim timur adalah KRI tipe Frigate (Laut Jawa, Laut Arafuru, Selat Karimata dan Selat Makassar, terkecuali di Perairan Selatan Jawa yang tidak dapat memenuhi kriteria panjang gelombang maksimum bagi tipe tersebut. Tipe KRI Corvette dapat beroperasi pada musim Timur di wilayah Laut Jawa, Laut Arafuru dan Selat Karimata, terkecuali di Selat Makassar bagian Utara/Samudera Pasifik dan Perairan Selatan Jawa. Tipe KRI Patroli dengan ukuran panjang kapal lebih dari 50 m dapat beroperasi di wilayah Laut Jawa, Laut Arafuru dan Selat Karimata, terkecuali di Selat Makassar bagian Utara/Samudera Pasifik dan Perairan Selatan Jawa, sedangkan untuk ukuran panjang kapal kurang dari 50 m tidak dapat beroperasi di hampir semua wilayah (khusus untuk wilayah dengan nilai pengambilan nilai maksimum disetiap wilayah). Tipe Amphibi tidak dapat beroperasi di Perairan Selatan Jawa. Tipe kapal Ranjau dan Dewaruci dapat beroperasi di wilayah Laut Jawa, Selat Karimata dan Laut Arafuru, terkecuali di wilayah Selat Makassar bagian Utara/Samudera Pasifik dan Perairan Selatan Jawa. Sedangkan dilihat menurut parameter tinggi gelombang, pada tabel 4.3 untuk tipe KRI yang dapat beroperasi pada musim timur adalah semua jenis tipe KRI yaitu tipe Frigate, Corvette, Patrol Forces,

Amphibious Forces, Mine Warfare Forces, Training Ships dan Auxiliaries dapat beroperasi di semua wilayah Perairan Indonesia (Laut

Jawa, Laut Arafuru, Selat Karimata, Selat Makassar, dan Perairan Selatan Jawa).

## 2. Pada Musim Barat

Berikut tabel klasifikasi operasi KRI dengan panjang dan tinggi gelombang pada Musim Barat di Perairan Indonesia (halaman 43) :

Tabel 4.4. Klasifikasi operasi KRI berdasarkan panjang dan tinggi gelombang pada Musim Barat di Perairan Indonesia, (satuan dalam meter)

No.	Tipe KRI	KRI Kelas	LoA	Hs K	Lm K	Laut Jawa		Laut Arafuru		Selat Karimata		Selat Makassar		Perairan Selatan Jawa	
						Hs B	Lm B	Hs B	Lm B	Hs B	Lm B	Hs B	Lm B	Hs B	Lm B
1	FRIGATES	AHMAD YANI	113.4	34.02	238.14	B	B	B	B	B	B	B	T	B	T
		KI HAJAR DEWANTARA	96.7	29.01	203.07	B	B	B	T	B	T	B	T	B	T
2	CORVETTE	FATAHILLAH	84	25.2	176.4	B	B	B	T	B	T	B	T	B	T
		PARCHIM	75.2	22.56	157.92	B	B	B	T	B	T	B	T	B	T
		SIGMA	90.7	27.21	190.47	B	B	B	T	B	T	B	T	B	T
3	PATROL FORCES	DANGGER CLASS/FAC	50.2	15.06	105.42	B	T	B	T	B	T	B	T	B	T
		TODAK	58.1	17.43	122.01	B	B	B	T	B	T	B	T	B	T
		SINGA	58.1	17.43	122.01	B	B	B	T	B	T	B	T	B	T
		KAKAP	58.1	17.43	122.01	B	B	B	T	B	T	B	T	B	T
		SIBARAU	32.8	9.84	68.88	B	T	B	T	B	T	B	T	B	T
		PATROL CRAFT	35.8	10.74	75.18	B	T	B	T	B	T	B	T	B	T
		KAL-36(FIBERGLASS)	36	10.8	75.6	B	T	B	T	B	T	B	T	B	T
KAL-40	40	12	84	B	T	B	T	B	T	B	T	B	T		
4	AMPHIBIOUS FORCES	MULTIROLE-VESELS/LPD	122	36.6	256.2	B	B	B	B	B	B	B	T	B	T
		LST 511 - 512	100	30	210	B	B	B	T	B	T	B	T	B	T
		LST TACOMA	99.7	29.91	209.37	B	B	B	T	B	T	B	T	B	T
		FROSC	98	29.4	205.8	B	B	B	T	B	T	B	T	B	T
5	MINE WARFARE FORCES	KONDOR	56.7	17.01	119.07	B	T	B	T	B	T	B	T	B	T
		PULAU RENGAT	51.5	15.45	108.15	B	T	B	T	B	T	B	T	B	T
		SURVEY SHIP	79.3	23.79	166.53	B	B	B	T	B	T	B	T	B	T
6	TRAINING SHIPS	DEWARUCI	58.3	17.49	122.43	B	B	B	T	B	T	B	T	B	T

7	AUXILIARIE S/ KAPAL BANTU	ARUN	140.6	42.18	295.26	B	B	B	B	B	B	B	B	B	T
		SORONG	112	33.6	235.2	B	B	B	B	B	B	B	T	B	T
		MULTATULI	111.4	33.42	233.94	B	B	B	B	B	B	B	T	B	T
		SOPUTAN	66.2	19.86	139.02	B	B	B	T	B	T	B	T	B	T

Keterangan :  
 LoA = panjang keseluruhan kapal  
 Hs K = batas maksimum tinggi gelombang berbahaya bagi kapal  
 Lm K = batas maksimum panjang gelombang berbahaya bagi kapal  
 Hs B = tinggi gelombang berbahaya  
 Lm B = panjang gelombang berbahaya  
 B = KRI bisa beroperasi  
 T = KRI tidak bisa beroperasi

Nilai panjang dan tinggi gelombang pada musim Barat di beberapa lokasi tersebut diambil dari nilai signifikan maksimum sebagai batasan untuk batas kemampuan operasi KRI terhadap panjang dan tinggi gelombang yang berbahaya. Di Selat Karimata nilai maksimumnya diambil pada wilayah bagian Utara selat tersebut yang berbatasan langsung dengan Laut Natuna dan Laut China Selatan (panjang gelombang antara 60 sampai 210 m dan tinggi gelombang antara 1 sampai 3,5 m). Untuk di Laut Jawa nilai maksimumnya diambil di wilayah sebelah Utara Selat Lombok dan Selat Bali (panjang gelombang antara 60-120 m dan tinggi gelombang antara 1 sampai 3 m). Di Selat Makassar nilai maksimumnya diambil di wilayah bagian Utara yang berbatasan dengan Laut Sulawesi dan Samudera Pasifik (panjang gelombang antara 90 sampai 270 m dan tinggi gelombang antara 1 sampai 2 m). Di Laut Arafuru nilai maksimumnya diambil di wilayah yang berbatasan dengan Laut Timor dan Laut Australia (panjang gelombang antara 60 sampai 210 m dan tinggi gelombang antara 1 sampai 3,5 m). Sedangkan untuk di Perairan Selatan Jawa nilai maksimumnya diambil di wilayah Samudera Hindia (panjang gelombang antara 240 sampai 360 m dan tinggi gelombang antara 1,5 sampai 4 m).

Dengan demikian berdasarkan parameter panjang gelombang dengan mengabaikan parameter tinggi gelombang, pada tabel 4.4 untuk tipe KRI yang dapat beroperasi pada Musim Barat adalah KRI tipe Frigate di Laut Jawa, Laut Arafuru (kelas Ahmad Yani), Selat Karimata (kelas Ahmad Yani), terkecuali Selat Makassar bagian Utara/Samudera Pasifik dan Perairan Selatan Jawa/Samudera Hindia yang tidak dapat memenuhi kriteria panjang gelombang maksimum bagi tipe tersebut. Tipe KRI Corvette dapat beroperasi pada musim Timur di wilayah Laut Jawa, untuk perairan

lainnya cukup berbahaya pada wilayah yang berbatasan langsung dengan laut lepas. Rata-rata untuk tipe KRI Patroli tidak dapat beroperasi di wilayah Laut Jawa, Laut Arafuru, Selat Karimata, Selat Makassar dan Perairan Selatan Jawa (pada wilayah dengan nilai yang signifikan). Tipe Amphibi tidak dapat beroperasi di Selat Makassar bagian Utara/Samudera Pasifik dan Perairan Selatan Jawa. Tipe kapal Ranjau dan Dewaruci dapat beroperasi di wilayah Laut Jawa, terkecuali di Selat Karimata, Laut Arafuru, dan Perairan Selatan Jawa (pada wilayah dengan nilai signifikan). Sedangkan menurut parameter tinggi gelombang, pada tabel 4.4 untuk tipe KRI yang dapat beroperasi pada Musim Barat adalah semua tipe KRI seperti tipe Frigate, Corvette, Patrol Forces, Amphibious Forces, Mine Warfare Forces, Training Ships dan Auxiliaries dapat beroperasi di seluruh Perairan Indonesia (Laut Jawa, Laut Arafuru, Selat Makassar, Selat Karimata dan Perairan Selatan Jawa).

#### Kesimpulan

Pengaruh angin pada musim tertentu dapat mempengaruhi panjang dan tinggi gelombang signifikan yang terjadi di Perairan Indonesia. Perairan Selatan Jawa pada musim Timur lebih besar nilainya (panjang gelombang mencapai 450 m dan tinggi gelombangnya mencapai 6 m), di Laut Jawa pada Musim Barat (panjang gelombang mencapai 120 m dan tinggi gelombang mencapai 3 m). Di Selat Karimata pada Musim Barat (panjang gelombang mencapai 210 m dan tinggi gelombang mencapai 3,5 m). Di Selat Makassar pada Musim Barat (panjang gelombang mencapai 270 m dan tinggi gelombang mencapai 2 m) dan di Laut Arafuru pada Musim Barat (panjang gelombang mencapai 210 m dan tinggi gelombang mencapai 3,5 m).

Berdasarkan parameter panjang gelombang untuk tipe KRI yang

direkomendasikan beroperasi di wilayah Perairan Indonesia yaitu kapal dengan ukuran panjang lebih dari 100 m. Sehingga kapal tersebut dapat dioperasikan pada saat Musim Barat maupun Musim Timur. Kapal yang dapat dioperasikan adalah KRI tipe Frigate, Corvette, Amphibious dan Auxiliaries. Sedangkan dilihat dari parameter tinggi gelombang untuk tipe KRI yang dapat beroperasi di wilayah Perairan Indonesia baik pada saat Musim Barat maupun Musim Timur adalah semua tipe KRI yaitu tipe Frigate, Corvette, Patrol Forces, Amphibious Forces, Mine Warfare Forces, Training Ships dan Auxiliaries.

### Saran

Dari hasil penelitian ini di dapatkan berupa saran guna perbaikan di masa datang seperti :

1. Untuk TNI-AL :hasil penelitian ini dapat digunakan sebagai masukan dalam pengoperasian KRI di Perairan Indonesia guna penghematan anggaran dan efektifitas waktu dan tenaga pengawak KRI.
2. Untuk STTAL Hidros/Mahasiswa :
  - a. Untuk melengkapi hasil penelitian ini dikemudian hari diperlukan penelitian pada perairan yang lebih sempit atau satu wilayah perairan dengan grid yang lebih rapat agar hasil dari penelitian yang lebih teliti.
  - b. Penambahan data draft dan tinggi kapal sebagai masukan untuk analisis dalam penentuan analisis panjang dan tinggi gelombang dalam penentuan bagi KRI yang dapat dan tidak dapat beroperasi di wilayah perairan tersebut.
  - c. Perlu adanya pembelajaran mengenai disiplin ilmu tentang program/software analisis statistik yang mendukung kegiatan pembelajaran yang lebih aplikatif.

### DAFTAR PUSTAKA

- Aldrian, E. (2008). *Meteorologi Laut Indonesia*. Jakarta: Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG).
- BMG.(2000). *Prakiraan Musim Kemarau di Indonesia*. Jakarta: Badan Meteorologi dan Geofisika (BMG).
- Daftar KRI TNI-AL 2009. *Jane Fighting Ship 03 Indonesia (Jane Fighting Ship 2009 Indonesia)*.
- Dishidros TNI AL. (2005), *Peta Laut Indonesia No.01*. Dinas Hidro-oseanografi TNI Angkatan Laut.
- Hadikusumah.(2009). Karakteristik Gelombang dan Arus di Eretan Indramayu.*Jurnal Makara Seri Sains*, 13(2), 163-172.
- Handoko, E.,Y. (2004). *Satelit Altimetri dan Aplikasinya Dalam Bidang Kelautan*. Pertemuan Ilmiah Tahunan I.Prodi Teknik Geodesi, FTSP-ITS.Surabaya 13 Oktober 2004.
- Holthuijsen L.H. (2007). *Waves in Oceanic and Coastal Waters*. New York: Cambridge University press.
- Hutabarat, S., & Evans, S.M. (2008).*Pengantar Oseanografi*. Jakarta: Universitas Indonesia (UI-Press).
- Isnary, N. (2012). *Pemanfaatan Data Angin Dari Model GFS Untuk Prediksi Tinggi Gelombang (Wind-waves) Menggunakan Model Wavewatch III (Studi kasus di Selat Sunda)*. Skripsi, Program Studi Meteorologi, Fakultas Ilmu dan Teknologi Kebumihan : Institut Teknologi Bandung (ITB).
- Kurniawan, dkk.(2011). *Variasi Bulanan Gelombang Laut di Indonesia*.*Jurnal Meteorologi dan Geofisika*, Volume 12 No.03 – Desember 2011: 221-232.
- Makmur, E. (2008). *Panduan Menggunakan GrADS untuk Pemula versi 1.0*. Pusat Klimatologi dan Kualitas Udara Badan Meteorologi dan Geofisika (BMKG).
- Nichols, C.R., & Williams R.G. (2009).*Encyclopedia of Marine Science*. New York: Fact on File Inc.
- Oliver, E.J. (2005). *Encyclopedia of World Climatology*. New York: Springer Press.
- State of Sea. *Sea State*. Metoffice. <http://metoffice.gov.uk/weather/marine/guide/beaufortscale.html>.
- Setiawan, A. ( ). *Membaca File dalam format NetCDF dari NCEP*. Pusat Teknologi Lingkungan BPPT.
- Sofian, I., dkk.(2011). *Memahami dan Mengantisipasi Dampak Perubahan Iklim Pada Pesisir dan Laut di Indonesia Timur*.*Jurnal Meteorologi dan Geofisika*, Volume 12 No.01 Tahun 2011:53-64.

- Sofian, I.(2014). *Validasi model dengan altimetri. Assimilation High Frequency Radar Data on The Regional Ocean Modelling Systems (ROMS)*, Rutgers University.
- Suratno.(1997). *Model Numerik Prakiraan Gelombang Permukaan laut untuk Perairan Indonesia dan Sekitarnya*. Tesis, Fakultas MIPA: Universitas Indonesia.
- Tredup, S., Bruce, P. dan Claughton, A. (2011). *Dangerous waves and your boat* dalam jurnal *Heavy Weather Sailing*.The University of Southampton, Department of Ship Science's report.(<http://www.oceannavigator.com/Ocean-Voyager-2011/Dangerous-waves-and-your-boat/>), Maret 31, 201.Diakses tanggal 19 November 2014.
- WMO, 2001, *Guide the marine Meteorological Services, Third edition*, WMO no.471. Geneva-Switzerland.