

KAJIAN KAPAL CEPAT RUDAL (KCR) 60M TERHADAP KONDISI SEASTATE PERAIRAN KAWASAN BARAT DAN TIMUR INDONESIA

STUDY ON THE FAST MISSILE CRAFT (KCR) OF 60 M AT THE SEASTATE CONDITION OF THE WEST AND EASTERN INDONESIAN

Soegeng Hardjono

Pusat Teknologi Rekayasa Industri Maritim - BPPT
Gedung Tek. 2, Lt 3, PUSPITEK, Serpong, 15314, Tel. (021)-75875943; Fax. (021)-75791280
E-mail: soegenghardjono@yahoo.com

Abstrak

Saat ini, Angkatan Laut Indonesia sedang memperkuat armada kapal perang dengan pembangunan jenis kapal Cepat Rudal (KCR) 60M. Kemampuan operasional KCR 60M tergantung pada ketinggian gelombang perairan Indonesia. Untuk itu perlu dilakukan kajian penentuan tinggi gelombang maksimum yang bisa dilalui oleh kapal KCR 60M dan penentuan panjang kapal KCR 60M minimum untuk mengatasi gelombang ekstrim tertinggi dengan metode statistik dan formula pendekatan. Hasil analisa menunjukkan bahwa Kapal KCR 60M dapat beroperasi pada tinggi gelombang hingga maksimum 4,73m. Secara umum tinggi gelombang perairan Indonesia rata2 dibawah 4,73 m, sehigga kapal KCR 60M dapat beroperasi di sepanjang tahun terkecuali pada bulan Desember dan Januari di wilayah utara berbatasan dengan Laut Cina Selatan karena pengaruh angin moonsun Asia. Walaupun demikian, keberadaan tinggi gelombang ekstrim > 4,73m menyebabkan KCR 60M tidak dapat beroperasi baik di wilayah Utara maupun Selatan Equator serta perairan Antar-Pulau disebabkan oleh angin *Moonsun Asia*. KCR 60M tidak dapat juga beroperasi di seluruh wilayah Pangkalan Utama Angkatan Laut (Lantamal) mulai dari Lantamal I (Medan) hingga Lantamal XIV (Sorong). Berdasarkan hasil analisa tinggi gelombang ekstrim rata2 5,1m, dapat ditentukan bahwa KCR 60M yang mampu beroperasi mempunyai panjang minimum sekitar 70 m.

Kata kunci: KCR 60M, Perairan Indonesia, Tinggi gelombang, Moonsun, Lantamal.

Abstract

Recently, Indonesian Navy is developing warship fleet by constructing Fast Missile Craft (KCR) 60M. The performance of KCR 60M depends on the wave height of Indonesian waters. It needs to perform research on the maximum wave height for the ship length of KCR 60M and the minimum ship length of KCR 60M to cope with the highest extrem waves by statistical methods and empirical formula. The analysis result shows that KCR 60M can operate at a maximum wave height of 4,73m. Since the wave height of Indonesian water is less than 4,73m, then KCR 60M can operate throughout the year, except in Desember and January in the North areas of Indonesia near the South China Sea border due to the moonsun Asia. However, the existency of the extrem wave height >4,3m cause KCR 60M unable to operate whether in the North or South Equators as well as Inter-island waters. KCR 60M also unable to operate in the whole Naval Main Base (Lantamal) from Lantamal I (Medan) up to

Lantamal XIV (Sorong). Based on the average extreme wave height of 5,1m, it can be determined that KCR 60M capable of operating has a minimum ship length of about 70m.

Keywords: KCR 60M, Indonesian waters, Wave height, Moonsun, Naval Main Base.

Diterima (received) : 15 Oktober 2017, Direvisi (revised) : 10 November 2017, Disetujui (accepted) : 01 Desember 2017

PENDAHULUAN

Indonesia sebagai negara maritim terus mengembangkan dan memperkuat armada lautnya dengan berbagai penambahan baik jumlah maupun jenis armada tempur maupun armada pendukungnya. Hal ini dipertegas melalui Undang-undang Nomor 34 tahun 2004 tentang peran dan tugas TNI Angkatan Laut dalam Pasal 9 bahwa TNI mempunyai tugas dan tanggung jawab untuk membangun dan mengembangkan kekuatan matra laut yang bertujuan untuk menegakkan hukum dan menjaga keamanan serta kedaulatan wilayah laut sesuai dengan hukum nasional dan hukum internasional yang telah diratifikasi.

Kekuatan armada laut dalam sistem pertahanan nasional diperkuat oleh sekitar 150 armada tempur (KRI) berbagai jenis mulai dari jenis Fregat, Corvette, Kapal Patroli Cepat hingga kapal Selam. Sebaran kekuatan armada KRI tersebut terbagi dalam 2 (dua) Komando Kawasan yaitu Komando Armada Indonesia Kawasan Barat disebut dengan Koarmabar dan Komando Kawasan Armada Indonesia Timur disebut dengan Koarmatim. Saat ini Pemerintah Indonesia sedang memperkuat armada lautnya melalui pengadaan kapal jenis *Fast Missile Craft* atau *Fast Attack Craft* yang dinamakan sebagai Kapal Cepat Rudal (KCR). Kapal Cepat ini merupakan pengembangan dari kapal Patroli Cepat FPB 57 yang dibuat sebelumnya di galangan kapal dalam negeri PT.PAL Surabaya dengan lisensi dari galangan Kapal Leursen Bremen-Vegesack, Jerman. Saat ini jenis Kapal Cepat Rudal ini telah mencapai jumlah 15 buah dari berbagai ukuran mulai dari panjang 40 m (8 buah), 50 m (4 buah), dan 60 m (3 buah). Khusus untuk KCR 50M merupakan produk buatan galangan kapal Tacoma *Ship Yard*, Korea Selatan, sedangkan selebihnya jenis KCR 40M adalah produk galangan kapal dalam negeri PT.Palindo, Batam begitu pula dengan jenis KCR 60M adalah produk galangan kapal PT.PAL Surabaya. Produk KCR dalam negeri ini telah mencapai 11 buah yang dibangun sejak tahun 2011 dan akan terus diperbanyak hingga mencapai jumlah keseluruhannya menjadi 32 buah pada tahun tahun 2024. Jumlah tersebut merupakan target dari Kemenhan hingga

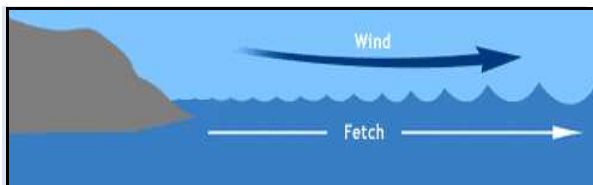
tahun 2024 sesuai dengan kebijakan pembangunan kekuatan yang diarahkan pada perwujudan kekuatan TNI AL menuju Kekuatan Pokok Minimum (*Minimum Essential Force/MEF*), yaitu struktur kekuatan yang disusun berdasarkan kemampuan yang diperlukan (*capability design*) untuk menghadapi segala bentuk ancaman dalam rangka menegakkan kedaulatan dan menjaga keutuhan NKRI. Untuk tercapainya Kekuatan Pokok Minimum (MEF) tersebut Kemenhan telah merealisasikannya melalui pemesanan 16 buah KRC 40M dan 16 buah KRC 60M di dua galangan kapal dalam negeri antara lain PT.Palindo Batam dan PT.PAL Surabaya. KCR 60M mempunyai ukuran panjang relatif lebih besar dibandingkan KCR 40M dengan tujuan untuk memperoleh kinerja yang lebih optimal dalam menjalankan misi operasionalnya di perairan dengan karakteristik gelombang yang lebih tinggi. Kondisi tinggi gelombang merupakan salah satu faktor yang berpengaruh terhadap kinerja dan keselamatan kapal. Untuk membuktikan sejauh mana armada KCR 60M dapat menjalankan misi operasionalnya dengan aman, maka perlu dilakukan analisa tinggi gelombang maksimum yang dapat dilalui oleh armada KCR 60M mengingat tinggi gelombang perairan Indonesia yang variatif tergantung pada faktor lokasi apakah di wilayah bagian utara atau selatan equator serta faktor musim apakah terjadi dimusim *moonsun Asia*, *moonsun Australia*, atau di musim peralihan yaitu suatu musim yang berada diantara *moonsun Asia* dan *moonsun Australia*. Disamping itu, kajian ini bertujuan pula untuk mengetahui ukuran panjang kapal minimum (*minimum ship's length*) yang sesuai dengan kondisi gelombang perairan Indonesia. Hasil kajian ini diharapkan dapat bermanfaat bagi TNI AL sebagai operator untuk menentukan waktu dan tempat yang tepat untuk penjadwalan misi pengoperasian armada KCR.

BAHAN DAN METODE

A. Gelombang Perairan Indonesia

Perairan Indonesia mempunyai karakteristik gelombang dengan ketinggian yang bervariasi sepanjang tahun. Menurut hasil penelitian Yen

Yi Loo (2016)¹⁾ dalam makalahnya yang berjudul “*Effect of climate change on seasonal monsoon in Asia and its impact on the variability of monsoon rainfall in Southeast Asia*” bahwa wilayah Indonesia merupakan wilayah moonsunal yang ditandai oleh sistem angin musim yang secara periodik berbalik arah enam bulan sekali tergantung dari kekuatan angin permukaan sesuai pola angin musiman yang sedang berlangsung. Kondisi tinggi gelombang ini sangat dipengaruhi oleh tiga faktor penyebab utama diantaranya adalah kecepatan angin, lamanya angin berhembus (*duration*), dan jarak dari tiupan angin pada perairan terbuka (*fetch*). Sedangkan panjang *Fetch* adalah jarak tempuh perjalanan gelombang dari awal tempat pembangkitannya (Gb.3) *Fetch* ini dibatasi oleh bentuk daratan yang mengelilingi laut. Menurut Tom Ainsworth, (2015)²⁾ dari NOAA/National Weather Service Forecast Office (WFO)(2015) menyebutkan bahwa semakin panjang jarak *fetch*nya semakin besar gelombang yang terjadi.



Gambar 1.
Fetch

Berdasarkan arah dan kecepatan angin, Indonesia mempunyai dua macam angin musim utama yaitu angin musim Barat (*moonsun Asia*) yang terjadi pada periode bulan Desember, Januari, Februari dan musim Timur (*moonsun Australia*) yang terjadi pada periode bulan Juni, Juli, Agustus. Dalam penelitian Bayong (2008)³⁾ dari BMKG, Jakarta menjelaskan bahwa angin moonsun adalah sistem sirkulasi regional yang mempunyai variasi musiman. *Moonsun* dimaknai sebagai sistem angin musiman yang ditandai oleh berbaliknya arah angin utama sebagai akibat perubahan tekanan angin permukaan oleh perubahan cuaca dari musim panas (*summer*) dan musim dingin (*winter*). Di wilayah Indonesia berhembus sirkulasi angin tetap untuk satu periode tertentu yaitu 3 (tiga) bulanan dengan sifat arah anginnya hampir berlawanan. Sedangkan pada musim peralihan/transisi antar kedua *moonsun* terjadi pada periode Maret-April-Mei (MAM) dan September-Oktober-Nopember (SON), dimana arah dan kecepatan angin bertiup tidak menentu. Arah angin permukaan pada *moonsun Asia* dalam periode bulan Desember, Januari, dan Pebruari berhembus dari belahan utara equator menuju belahan selatan equator. Sedangkan *moonsun Australia* dalam periode bulan Juni, Juli dan Agustus angin permukaan berhembus dari arah

sebaliknya yaitu dari belahan selatan equator menuju belahan utara equator. Periode lainnya adalah dua periode yang disebut sebagai periode peralihan yang terjadi diantara periode moonsun Asia dan *moonsun Australia* yaitu bulan Maret, April, Mei (MAM) dan September, Oktober, Nopember (SON). Menurut kajian yang dilakukan oleh Roni Kurniawan (2011)⁴⁾ dalam makalah penelitiannya yang berjudul “Variasi Bulanan Gelombang Laut Indonesia mengidentifikasi bahwa gelombang tinggi sering terjadi pada periode *moonsun Asia* sekitar bulan Januari dan *moonsun Australia* sekitar bulan Juli. Walaupun demikian, ketinggian gelombang di wilayah perairan terbuka lebih tinggi bila dibandingkan dengan perairan Antar-Pulau. Hal ini dikarenakan adanya perbedaan panjang *fetch* yang terbentuk di wilayah perairan tersebut.

B. Hubungan Tinggi Gelombang dan Panjang Kapal

Didalam tahapan proses desain kapal, khususnya pada tahap awal penentuan *design requirement*, kondisi tinggi gelombang perairan di wilayah rute operasional kapal yang akan dilalui menjadi pertimbangan penting khususnya berkaitan dengan pertimbangan kekuatan struktur konstruksi kapal yang digunakan, khususnya berhubungan dengan elemen-elemen struktur kekuatan konstruksi memanjang yang tergantung dari dimensi panjang kapal. Prinsip dasar pendekatan dalam perhitungan desain kekuatan struktur konstruksi kapal adalah melalui pertimbangan bahwa badan kapal sebagai sebuah balok memanjang yang berada diatas tumpuan media fluida dalam hal ini gelombang laut yang mempunyai tekanan (*fluid pressure*) dan gaya dinamis (*dynamic forces*). Sehingga kekuatan struktur konstruksi berdasarkan hasil perhitungan dari peraturan standar yang berlaku mampu menahan beban resultant berupa beban lengkung (*bending moment*), beban geser (*shear forces*), dan beban puntir (*torsion*) yang ditimbulkan oleh distribusi tekanan fluida dari tinggi gelombang sepanjang kapal dan distribusi muatan dan berat kapal. Saat ini, *The International Association of Classification Societies (IACS)* telah mengeluarkan rekomendasi tentang data standard tinggi gelombang dalam menentukan desain kriteria kapal melalui *IACS Recommendation 34, Standard Wave Data, p.2. tahun 2010*⁵⁾. Data IACS tentang tinggi gelombang yang direkomendasi menunjukkan bahwa sebagian besar gelombang laut (88%) berada pada ketinggian gelombang *significant* antara 1 m sampai dengan 17 m dan hanya 0,2% berada pada ketinggian antara 11 m sampai dengan 17 m. Claude Daley (2013)⁶⁾

dalam bukunya yang berjudul “*Wave Bending Moments & Longitudinal Strength*” menerangkan bahwa ketika kapal berada diatas gelombang akan mengalami beban *hogging moment* terburuk apabila posisi tengah badan kapal berada di atas puncak gelombang (*wave crest*),



Gambar 2.
Sagging and Hogging Moment

sedangkan haluan dan buritan berada di lembah gelombang (*wave trough*).

Disisi lain, kapal akan mengalami beban *sagging momet* terburuk apabila posisi tengah badan kapal berada di bawah lembah gelombang (*wave trough*) sedangkan haluan dan buritan berada di atas puncak gelombang (*wave crest*) seperti terlihat pada gambar 2.

Lebih dari itu, baik beban *sagging* maupun *hogging* akan terjadi lebih besar dan lebih berbahaya apabila panjang gelombang/*wave length* (L_w) setara dengan panjang kapal (L_{bp}) atau $L_w = L_{bp}$. Walaupun demikian, apabila panjang gelombang lebih pendek atau lebih panjang dari panjang kapal, maka nilai bending moment akan lebih kecil dibandingkan bila panjang gelombang (L_w) sama dengan panjang kapal (L_{bp}). Lebih dari itu, sifat gelombang laut cenderung berbentuk *trochoidal* dari pada sinusoidal dimana puncak gelombang cenderung curam dengan bentuk lembah yang relatif landai.

Menurut Craig B.Smith (2007)⁷⁾ dalam penelitiannya berjudul “*Extreme Waves and Ship Design*”, bahwa dalam proses desain kapal sangat penting untuk mempertimbangkan kondisi perairan khususnya tinggi gelombang yang akan dilalui. Dengan mempertimbangkan pada kondisi terburuk untuk kekuatan struktur memanjang kapal bila panjang gelombang (L_w) sama dengan panjang kapal (L_{bp}) maka penentuan tinggi gelombang (H_w) berdasarkan panjang kapal (L_{bp}) pada gelombang *trochoidal* dirumuskan sebagai $H_w = 1.1(L)^{0.5}$ dimana H_w dan L_{bp} dalam satuan feet dan $H_w = 0.61(L)^{0.5}$ dimana H_w dan L_{bp} dalam satuan meter.

BAHAN DAN METODE

Metode yang digunakan dalam penelitian ini meliputi metode pengumpulan data dan metode

pegolahan data. Metode pengumpulan data tentang tinggi gelombang signifikan (H_s) dan maksimum (H_{maks}) diseluruh wilayah perairan Indonesia dilakukan melalui perolehan data dari Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) Jakarta periode bulanan antara 2010 s/d 2015, Jakarta dan studi literatur beberapa penelitian tentang karakteristik gelombang perairan Indonesia. Perolehan metode dan formula matematis yang sering digunakan ditahap *preliminary ship design* untuk penentuan korelasi antara tinggi gelombang (H_w) dan panjang kapal (L_{bp}). Sedangkan metode pengolahan data yang digunakan adalah metode *statistical analysis* untuk menentukan kurva tinggi gelombang maksimum rata2 dan gelombang ekstrim rata2 perbulan dan pertahun disetiap wilayah perairan Indonesia. Hasil ketinggian gelombang ini kemudian akan disesuaikan dengan tinggi gelombang maksimum yang diijinkan untuk kapal KCR 60M dengan panjang 60 m sehingga dapat diidentifikasi kapan dan di wilayah mana saja kapal KCR 60 dapat dioperasikan dengan aman didalam batas wilayah perairan Indonesia. Demikian pula dapat diprediksi panjang kapal minimal yang aman untuk kondisi tinggi gelombang ekstrim tertinggi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Data Spesifikasi Teknis Kapal KCR 60M

Saat ini, jumlah 3 (tiga) buah kapal KCR 60M produksi galangan kapal nasional PT.PAL Surabaya masuk dalam jajaran armada KRI dengan nama KRI Sampari 628, KRI Tombak 629, dan KRI Halasan 630 mempunyai spesifikasi sebagai berikut :



Gambar 3.
Kapal Cepat Rudal (KCR) 60M

1. Ukuran Utama :

- Panjang keseluruhan (LOA) : 60 M
- Panjang garis air (LWL) : 55.25 M
- Lebar (B) : 8.10 M
- Tinggi pada tengah kapal (T):4.85M

- Sarat muatan penuh (Dd) : 2.60 M
 - Berat muatan penuh (*Displacement*) : 60 Ton
- 2. Mobilitas**
Kecepatan kapal pada Skala *Beaufort* 2 dan *Sea State* 1 :
- Kecepatan Maksimum (Half Load Cond): 28knot
 - Kecepatan Jelajah (*Crusing*) : 20 knot
 - Kecepatan Ekonomis : 15 knot
- 3. Sistem Persenjataan**
- a. Meriam Utama 57 mm (satu unit)
 - b. *Auxiliary Gun* 20 mm (dua unit)
 - c. Peluncur Peluru Kendali /SSM (dua unit)
 - d. *Decoy Launcher*
- 4. Olah Gerak**
KCR 60M mempunyai kemampuan olah gerak yang tinggi, lincah dalam posisi tembak dan mampu melaksanakan penghindaran dari serangan balasan lawan.
- 5. Ketahanan Berlayar**
- a. Ketahanan dilaut : 5 hari
 - b. Jarak jelajah : 2.400 nm pada kecepatan 20 knot
 - c. Akomodasi : 55 orang
- 6. Kelaikan Kapal**
KCR 60M dirancang dengan kriteria kelaikan laut sbb :
1. Tugas patroli hingga *Sea State* 3
 2. Kemampuan pengoperasian senjata hingga *Sea State* 4.

B. Prediksi Tinggi Gelombang Maksimum Untuk KCR 60M

Tinggi gelombang maksimum yang aman dilalui oleh kapal KCR 60M dapat diprediksi melalui formula dari Craig B.Smith dengan pertimbangan bahwa baik beban *sagging* maupun *hogging* akan terjadi lebih besar dan lebih berbahaya terhadap kekuatan struktur memanjang kapal apabila panjang gelombang/*wave length* (L_w) setara dengan panjang kapal (L_{bp}) atau $L_w = L_{bp}$. Dengan mempertimbangkan kondisi terburuk untuk kekuatan struktur memanjang kapal tersebut maka digunakan formula $H_w = 0.61(L)^{0.5}$ dimana H_w dan L_{bp} dalam satuan meter. Dengan panjang kapal KCR 60M sebesar 60m maka tinggi gelombang H_w dapat ditentukan sebesar

Tabel 1.
Data *Sea State* dan *Wave Hight*

WMO Sea State Code	Wave height	Characteristics
0	0 metres (0 ft)	<i>Calm (glassy)</i>
1	0 to 0.1 metres (0.00 to 0.33 ft)	<i>Calm (rippled)</i>

2	0.1 to 0.5 metres (3.9 in to 1 ft 7.7 in)	<i>Smooth (wavelets)</i>
3	0.5 to 1.25 metres (1 ft 8 in to 4 ft 1 in)	<i>Slight</i>
4	1.25 to 2.5 metres (4 ft 1 in to 8 ft 2 in)	<i>Moderate</i>
5	2.5 to 4 metres (8 ft 2 in to 13 ft 1 in)	<i>Rough</i>
6	4 to 6 metres (13 to 20 ft)	<i>Very rough</i>
7	6 to 9 metres (20 to 30 ft)	<i>High</i>
8	9 to 14 metres (30 to 46 ft)	<i>Very high</i>
9	Over 14 metres (46 ft)	<i>Phenomenal</i>

Sumber: WMO,UK.2012

kurang lebih 4,73 m. Menurut *standard of the Sea State and the swell of the sea* yang dikeluarkan WMO UK (*Weather Meteorological Office*)⁸⁾ 24 Sept 2012 terlihat dalam Tabel 8, maka ketinggian gelombang 4,73 m berada dalam *Sea State* 6 dan kondisi *Very rough* seperti terlihat dalam Tabel 8. Hal ini berarti kapal *SeaState* 6 ini karena nilai ketinggian gelombang antara 4 s/d 6 m. Sehingga dapat disimpulkan bahwa kapal KCR 60M masih dalam batas aman dari segi kekuatan dan operasional bila beroperasi dalam *Sea State* 5 atau lebih kecil dari *Sea State* 6.

C. Wilayah Homebase dan Operasional KCR 60M

Saat ini sistem pertahanan laut Indonesia diperkuat oleh armada laut meliputi 154 armada Kapal Perang RI (KRI) dan armada 209 Kapal Angkatan Laut (KAL) yang bertugas melaksanakan patroli dan dukungan keamanan Pangkalan TNI AL (Lanal)⁹⁾. Kekuatan KRI tersebut meliputi KRI sebagai kekuatan pemukul (*striking force*) yang memiliki persenjataan strategis termasuk KCR, KRI sebagai kekuatan patroli (*patrolling force*) dan KRI sebagai kekuatan pendukung (*supporting force*). Seluruh kekuatan armada KRI maupun KAL tersebut tersebar di beberapa Pangkalan Utama Angkatan Laut (Lantamal) yang berada di bawah dua komando utama armada yaitu: Komando Armada RI Kawasan Barat (Koarmabar) dan Komando Armada RI Kawasan Timur(Koarmatim).

1. Komando Armada Indonesia Kawasan Barat (Koarmabar)

Koarmabar membawahi (5) lima Pangkalan Utama Angkatan Laut (Lantamal) yang meliputi:

1. Pangkalan Utama TNI Angkatan Laut I (Lantamal I) di Medan, Sumatera Utara,
2. Pangkalan Utama TNI Angkatan Laut II (Lantamal II) di Padang.
3. Pangkalan Utama TNI Angkatan Laut III (Lantamal III) di Jakarta.
4. Pangkalan Utama TNI Angkatan Laut IV (Lantamal IV) di Tanjung Pinang.
5. Pangkalan Utama TNI Angkatan Laut XII (Lantamal XII) di Pontianak.

2. Komando Armada Indonesia Kawasan Timur (Koarmatim)

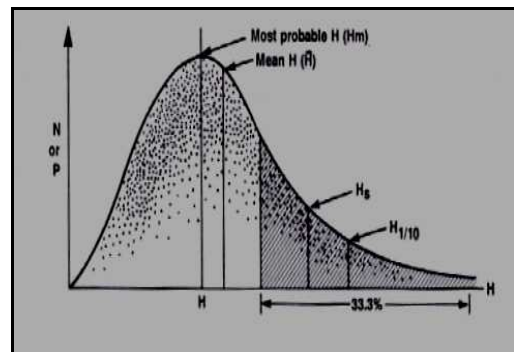
Koarmatim membawahi tujuh Pangkalan Utama Angkatan Laut (Lantamal) dan 2 Gugus (Guskamla dan Gupurla) yang meliputi:

1. Pangkalan Utama TNI Angkatan Laut V (Lantamal V) di Surabaya
2. Pangkalan Utama TNI Angkatan Laut VI (Lantamal VI) di Makassar
3. Pangkalan Utama TNI Angkatan Laut VII (Lantamal VII) di Kupang
4. Pangkalan Utama TNI Angkatan Laut VIII (Lantamal VIII) di Manado
5. Pangkalan Utama TNI Angkatan Laut IX (Lantamal IX) di Ambon
6. Pangkalan Utama TNI Angkatan Laut X (Lantamal X) di Jayapura
7. Pangkalan Utama TNI Angkatan Laut XI (Lantamal XI) di Merauke
8. Pangkalan Utama TNI Angkatan Laut XIII (Lantamal XIII) di Tarakan
9. Pangkalan Utama TNI Angkatan Laut XIV (Lantamal XIV) di Sorong.

D. Tinggi Gelombang Perairan Indonesia.

Karakteristik gelombang di perairan Indonesia mempunyai pola yang berkaitan erat dengan siklus angin moonsunal. Puncak gelombang tertinggi terjadi pada periode *moonsun Asia* (Desember, Januari dan Pebruari) dan *moonsun Australia* (Juni, Juli dan Agustus). Sedangkan pada *moonsun* peralihan kondisi gelombang umumnya tidak tinggi. Daerah yang rawan gelombang tinggi umumnya terjadi pada wilayah perairan terbuka seperti wilayah perairan sebelah utara dan selatan equator yang berhadapan langsung dengan samudera Pasific, Samudera Hindia, dan Laut Cina Selatan. Hal ini telah dikaji oleh Kurniawan (2012)¹⁰⁾ dalam penelitiannya tentang *Daerah Rawan Gelombang Tinggi Di Perairan Indonesia*. Untuk mengetahui sejauh mana tinggi gelombang yang terjadi di wilayah utara dan selatan equator, serta daerah Antar-Pulau maka dibawah ini dilakukan pemetaan data yang berhasil diperoleh dari BMKG tentang tinggi gelombang

signifikan (H_s) dan maksimum (H_{maks}). Tinggi gelombang *significant* (H_s) menurut NOAA adalah tinggi gelombang hasil prediksi NOAA berdasarkan laporan dari pencatatan di atas kapal dan *buoys*. Sedangkan tinggi gelombang *significant* (H_s) didefinisikan sebagai tinggi rata2



Gambar 4.

The statistical distribution of wave heights

dari sepertiga tinggi gelombang tertinggi dalam wave spektrum¹¹⁾. Sedangkan tinggi $H(\text{mean}) = 0,64(H_s)$, dan tinggi gelombang maksimum (H_{maks}) sekitar 1,5 s/d $2x(H_s)$ dan tinggi gelombang ekstrim (H_{eks}) didefinisikan dalam formula matematik sebagai $H_{eks} = 2,3x(H_s)$.

1. Data Gelombang Wilayah Penelitian

Data gelombang yang berhasil dikumpulkan dipetakan berdasarkan wilayah penelitian yaitu : wilayah Utara quator (U-Eq), Selatan equator (S-Eq) dan wilayah Antar-Pulau (AP). Jenis data gelombang adalah gelombang Ekstrim dan gelombang maksimum. Gelombang ekstrim dimaksudkan untuk mengetahui seberapa besar gelombang tertinggi yang terjadi. Gelombang ekstrim dan gelombang maksimum rata-rata untuk setiap wilayah penelitian perbulan dan pertahun. Wilayah-wilayah penelitian yang ditetapkan sesuai dan sedekat mungkin dengan wilayah operasional kapal KCR 60M baik di Utara Equator, Selatan Equator maupun Antar-Pulau. Wilayah penelitian Utara Equator meliputi: wilayah Laut Cina Selatan, Samudra Pasifik, Samudra Pasifik Utara, Samudra Hindia bagian Barat Sumatera, Laut Sulawesi dan Laut Maluku. Sedangkan wilayah Selatan Equator meliputi: Laut Arafuru, Samudera Hindia-Selatan Selat Sunda, Samudera Hindia-Selatan Laut Jawa, dan Laut Timor. Wilayah Antar-Pulau meliputi: Selat Karimata, Selat Makassar, Laut Jawa, Laut Banda, Laut Flores, dan Laut Sawu.

2. Data Gelombang (H.eks) & (H.maks)-rata2 Utara Equator.

Didaerah belahan Utara-Equator, ketinggian gelombang ekstrim di atas 4,73 m yang merupakan batas tertinggi gelombang yang bisa dilalui KCR 60M khususnya di perairan Laut

Cina Selatan (6,1 s/d 7,2 m) dan Samudera Pasific (4,8 s/d 5,2 m) di *moonsun Asia* serta Barat Sumatra Utara (4,8 m) di bulan Agustus.

Tabel 2.
Gelombang (H.eks) Utara-Equator (perbulan).

Bln	Laut Cina Sel.	Smd. Pasific	Barat Sumut	Utara Papua	Laut Sula wesi	Laut Maluku
1	7,2	4,8	2,9	3,4	3,5	3,6
2	6,1	4,8	2,8	3,0	3,2	3,5

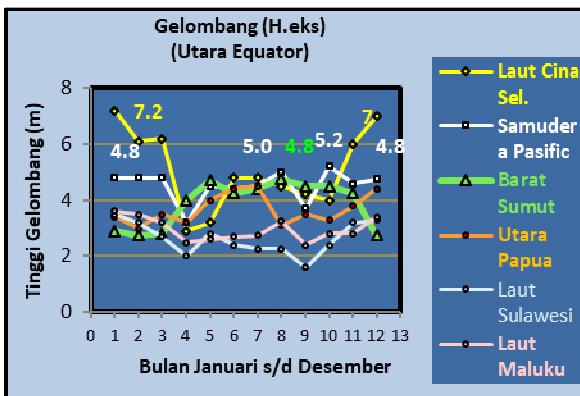
3	6,2	4,8	2,8	3,5	2,7	3,2
4	2,9	3,2	4,0	3,2	2	2,5
5	3,2	4,5	4,7	4,0	2,8	2,6
6	4,8	4,4	4,3	4,4	2,4	2,7
7	4,8	4,5	4,4	4,5	2,25	2,75
8	4,5	5,0	4,8	3,1	2,25	3,25
9	4,2	3,7	4,5	3,5	1,6	2,4
10	4	5,2	4,5	3,3	2,4	2,8
11	6	4,6	4,3	3,8	3,2	2,8
12	7	4,8	2,8	4,4	3,3	3,4

Sumber Data : Hasil Olahan Data Penelitian



Gambar 5.

Peta Wilayah Pangkalan TNI-AL Koarmabar dan Koarmatim



Gambar 6.

Kurva Tinggi Gelombang H(eks) Utara-Equator (perbulan)

Hal ini berarti kapal KCR 60M tidak bisa dioperasikan pada bulan Agustus (4,8 m) di akhir *moonsun Australia* di daerah Lantamal II (Barat Sumatera Utara) karena berada di sekitar wilayah Barat Sumatera Utara. Begitu pula pada bulan Desember, Januari, Pebruari (6,1 s/d 7,2 m) periode *moonsun Asia* KCR 60M tidak bisa beroperasi di daerah Lantamal IV (Tanjung Pinang) dan Lantamal XII (Pontianak) khususnya yang berhadapan dengan Laut Cina Selatan hingga Maret (4,8 m) di awal *moonsun Peralihan*

dan Oktober (5,2 m) di pertengahan *moonsun Peralihan* di atas kawasan Lantamal XIV (Sorong) dan Lantamal X (Jayapura) berhadapan dengan perairan Samudera Pasific. Walaupun demikian KCR 60M secara umum aman dapat dioperasikan di wilayah Utara Equator dengan kondisi gelombang maksimum hampir sepanjang tahun terkecuali pada bulan Desember dan Januari karena gelombang maksimum di Laut Cina Selatan masih mencapai 5,5 s/d 5,8 m. Sementara kawasan Laut Sulawesi, dan Laut Maluku (1,6 s/d 3,6 m) atau dibawah <3,6 m masih aman untuk dilalui KCR 60M sepanjang Tahun.

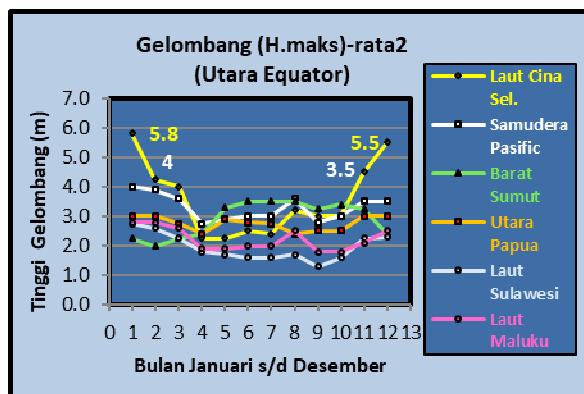
Tabel 3.

Gelombang (H.maks)-rata2 Utara-Equator (perbulan)

Bln	Laut Cina Sel.	Smd. Pasific	Barat Sumut	Utara Papua	Laut Sula wesi	Laut Maluku
1	5,8	4	2,3	3	2,75	2,8
2	4,3	3,9	2,0	3	2,6	2,8
3	4,0	3,6	2,3	2,75	2,25	2,6
4	2,3	2,75	2,4	2,4	1,8	1,9
5	2,3	2,9	3,3	2,9	1,7	1,9
6	2,5	3	3,5	2,8	1,6	2
7	2,4	3	3,5	2,75	1,6	2
8	3,2	3,6	3,5	2,4	1,7	2,5
9	3,0	2,8	3,3	2,5	1,3	1,8

10	3,0	3	3,4	2,5	1,6	1,8
11	4,5	3,5	3,3	3	2,25	2,1
12	5,5	3,5	2,4	3	2,3	2,5

Sumber Data : Hasil Olahan Data Penelitian



Gambar 7.

Kurva Tinggi Gelombang Maks-rata2 Utara-Equator (perbulan)

3. Data Gelombang (H.eks) & (Hmaks)-rata2 Selatan-Equator.

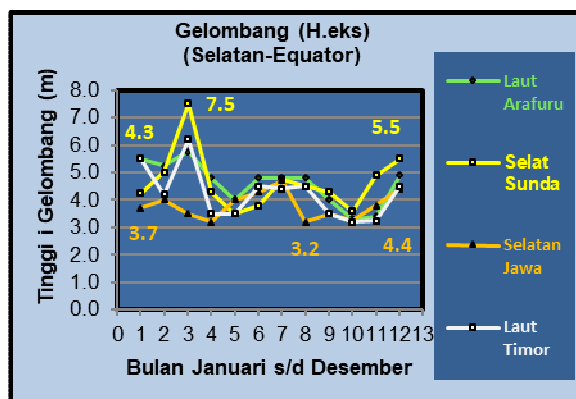
Tinggi gelombang ekstrim Utara Equator berada antara 4,8 s/d 5,5 m khususnya di wilayah Laut Arafuru pada bulan Desember, Januari, Pebruari (*moonsun Asia*) dan bulan Juni, Juli, dan Agustus (*moonsun Australia*), serta bulan Maret dan April dalam *moonsun* Peralihan. Tinggi gelombang ekstrim 4,8 s/d 7,5 m terjadi pula di Selat Sunda dan Laut Timor pada bulan Nopember, Desember, dan Januari (*moonsun Asia*) dan bulan Maret dalam *moonsun* Peralihan. Selat Sunda juga terpengaruh oleh *moonsun Australia* di bulan Juli (4,8 m) dan *moonsun* Peralihan di bulan Nopember (4,9 m). Laut Jawa relatif lebih rendah di bawah 4,8 m yaitu 3,2 hingga 4,7 m.

Tabel 4.

Gelombang (H.eks) Selatan-Equator (perbulan).

Bln	Laut Arafuru	Selat Sunda	Selatan Jawa	Laut Timor
1	5,5	4,3	3,7	5,5
2	5,3	5,0	4	4,2
3	5,8	7,5	3,5	6,2
4	4,8	4,3	3,2	3,5
5	4,0	3,5	4	3,5
6	4,8	3,8	4,3	4,5
7	4,8	4,8	4,7	4,4
8	4,8	4,5	3,2	4,5
9	4,0	4,3	3,5	3,5
10	3,3	3,6	3,25	3,2
11	3,4	4,9	3,8	3,3
12	4,9	5,5	4,4	4,5

Sumber Data : Hasil Olahan Data Penelitian



Gambar 8.

Kurva Tinggi Gelombang (H.eks)-rata2 Selatan-Equator (perbulan)

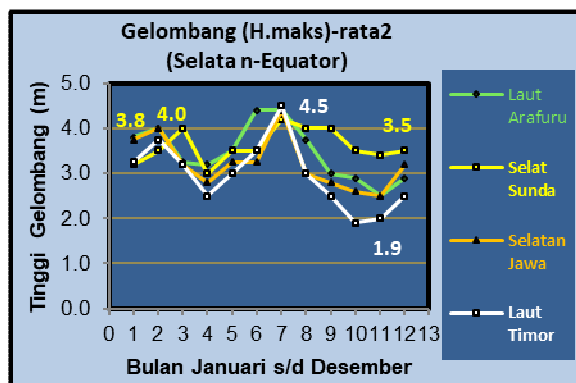
Hal ini dapat disimpulkan bahwa Kapal KCR 60M tidak dapat dioperasikan didaerah sekitar Laut Arafuru baik untuk bulan Nopember, Desember, Januari, Pebruari (*moonsun Asia*) dan bulan Juni, Juli, Agustus (*moonsun Australia*). Tapi hanya dapat dioperasikan pada *moonsun* Peralihan (September, Oktober dan Nopember). Begitu pula KCR 60M dapat beroperasi sepanjang tahun di Selatan Jawa.

Tabel 5.

Gelombang (H.maks)-rata2 Selatan-Equator (perbulan).

Bln	Laut Arafuru	Selat Sunda	Selatan Jawa	Laut Timor
1	3,8	3,2	3,8	3,3
2	4,0	3,5	4,0	3,8
3	3,3	4,0	3,2	3,2
4	3,2	3,0	2,8	2,5
5	3,5	3,5	3,3	3,0
6	4,4	3,5	3,3	3,5
7	4,4	4,2	4,4	4,5
8	3,8	4,0	3,0	3,0
9	3,0	4,0	2,8	2,5
10	2,9	3,5	2,6	1,9
11	2,5	3,4	2,5	2,0
12	2,9	3,5	3,2	2,5

Sumber Data : Hasil Olahan Data Penelitian



Gambar 9.

Kurva Tinggi Gelombang Maks-rata2 Selatan-Equator (perbulan)

Berdasarkan uraian di atas, kurva tinggi gelombang ekstrim rata2 (3,2 s/d 7,5 m) dan gelombang maksimum rata2 (1,9 s/d 4,5 m), maka kapal KCR 60M tidak dapat dioperasikan di beberapa daerah Lantamal sekitar Laut Arafuru (4,8 s/d 5,8 m) di antaranya adalah Lantamal IX (Ambon), Lantamal VII (Kupang), dan Lantamal XI (Merauke).

4. Data Gelombang (H.eks)& (Hmaks)-rata2 Antar-Pulau perbulan.

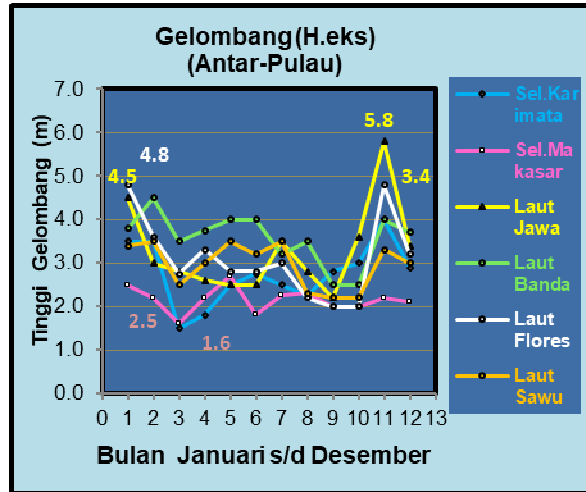
Berdasarkan Tinggi gelombang ekstrim rata2 perbulan (1,6 s/d 5,8 m) dan tinggi gelombang maksimum rata2 perbulan di wilayah Antar-Pulau perbulan seperti tertera dalam Tabel 6, maka dapat disimpulkan bahwa kapal KCR 60M dapat beroperasi di 4 (empat) dari 6 (enam) wilayah yaitu Selat Karimata, Selat Makasar, Laut Banda dan Laut Sawu. Namun KCR 60M tidak dapat beroperasi di Laut Flores (4,75 s/d 4,8) pada bulan Desember, Januari, dan Pebruari (*moosun Asia*) dan di wilayah Laut Jawa (5,8 m) pada bulan Desember (dalam *moonsun Asia*).

Tabel 6.

Gelombang (H.eks) Antar-Pulau (perbulan).

Bln	Sel. Kari mata	Sel. Makasar	Laut Jawa	Laut Banda	Laut Flores	Laut Sawu
1	4,3	2	4,5	4,8	4,75	3,75
2	3,5	2,5	4,5	3,8	4,8	3,4
3	3,5	2,2	3,0	4,5	3,6	3,5
4	1,5	1,6	2,8	3,5	2,75	2,5
5	1,8	2,2	2,6	3,8	3,3	3
6	2,5	2,7	2,5	4,0	2,8	3,5
7	2,8	1,8	2,5	4,0	2,8	3,2
8	2,5	2,25	3,5	3,2	3	3,5
9	2,3	2,3	2,8	3,5	2,2	2,3
10	2,8	2	2,2	2,5	2	2,2
11	3,0	2	3,6	2,5	2	2,2
12	4,0	2,2	5,8	4,0	4,8	3,3

Sumber Data : Hasil Olahan Data Penelitian



Gambar 10.

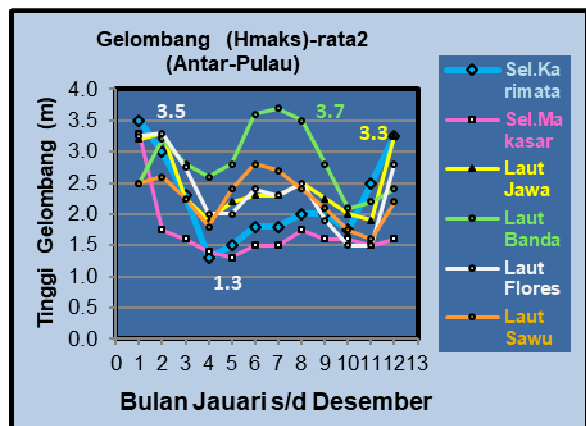
Kurva Tinggi Gelombang (H.eks)-rata2 Antar-Pulau (perbulan)

Tabel 7.

Gelombang (H.maks)-rata2 Antar-Pulau (perbulan).

Bln	Sel. Kari mata	Sel. Makasar	Laut Jawa	Laut Banda	Laut Flores	Laut Sawu
1	3,5	3,3	3,2	2,5	3,3	2,5
2	3,0	1,8	3,3	3,2	3,3	2,6
3	2,3	1,6	2,3	2,8	2,8	2,3
4	1,3	1,4	1,9	2,6	2,0	1,8
5	1,5	1,3	2,2	2,8	2,0	2,4
6	1,8	1,5	2,3	3,6	2,4	2,8
7	1,8	1,5	2,3	3,7	2,3	2,7
8	2,0	1,8	2,5	3,5	2,5	2,4
9	2,0	1,6	2,3	2,8	1,9	2,1
10	1,8	1,6	2,0	2,1	1,5	1,8
11	2,5	1,5	1,9	2,2	1,5	1,6
12	3,3	1,6	3,3	2,4	2,8	2,2

Sumber Data : Hasil Olahan Data Penelitian



Gambar 11.

Kurva Tinggi Gelombang (H.maks)-rata2 Antar-Pulau (perbulan)

Namun secara umum berdasarkan ketinggian gelombang maksimum Antar-Pulau (1,3 s/d 3,7 m), kapal KCR 60M dapat beroperasi sepanjang tahun di 6 (enam) wilayah tersebut. Berdasarkan analisa tinggi gelombang ekstrim dan maksimum perairan Antar-Pulau, dapat disimpulkan bahwa kapal KCR 60M tidak dapat beroperasi di wilayah Lantamal yang berada di sekitar Laut Jawa (5,8 m) pada bulan Desember, Laut Banda (4,8) bulan Januari dan Laut Flores (4,75 s/d 4,8 m) bulan Desember, Januari dan Pebruari (*moonsun Asia*) diantaranya adalah Lantamal III (Jakarta), Lantamal V (Surabaya), Lantamal VI (Makasar) dan Lantamal IX (Ambon)

5. Data Gelombang (H.eks)-rata2 Utara-Equator, Selatan-Equator serta Antar-Pulau pertahun.

Tinggi gelombang ekstrim rata2 pertahun untuk wilayah-wilayah perairan yang ada di ke 3 (tiga) wilayah penelitian antara lain di Utara-Equator, Selatan-Equator dan Antar-Pulau dilakukan untuk mengetahui seberapa besar rata-rata ketinggian

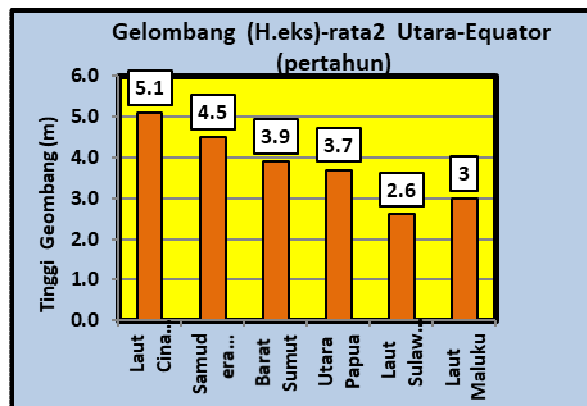
Tabel 8.

Gelombang (H.eks)-rata2 Utara Equator, Selatan-Equator dan Antar-Pulau (pertahun).

Utara-Eq (Eks-perthn)	Rata2	Antar-Pulau (Eks-perthn)	Rata2	Sel-Eq (Ekst-perthn)	Rata2
Laut Cina Sel.	5,1	Sel.Kari mata	2,9	Laut Arafuru	4,6
Samud. Pasific	4,5	Sel. Makassar	2,1	Selat Sunda	4,7
Barat Sumut	3,9	Laut Jawa	3,4	Selatan Jawa	3,8
Utara Papua	3,7	Laut Banda	3,7	Laut Timor	4,2
Laut Sulawesi	2,6	Laut Flores	3,2	—	—
Laut Maluku	3	Laut Sawu	3,0	—	—

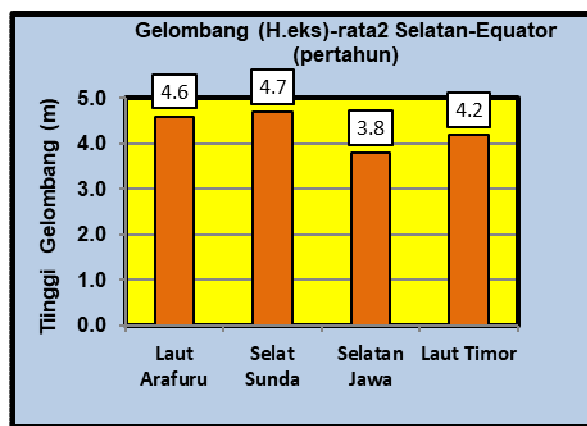
Sumber Data : Hasil Olahan Data Penelitian

gelombang ekstrim sebagai dasar nilai yang aman dan tidak menyebabkan *over design* bagi kelas *Fast Patrol Boat*, karena lebih panjang dari kelas *Fast Patrol Boat* (50-500Ton) dengan panjang (30-70m) sudah tergolong kelas kapal *Corvette* (500-3000Ton) dengan panjang (60-128m).



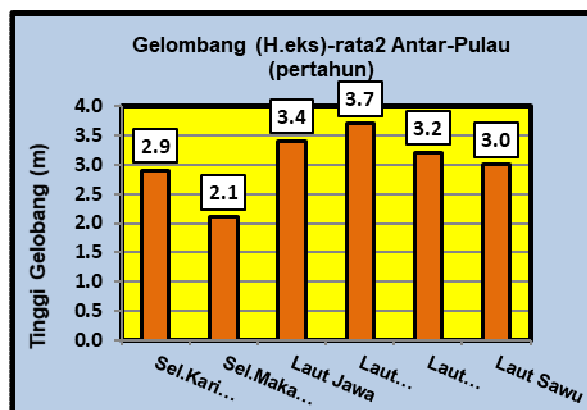
Gambar 12.

Tinggi Gelombang (H.eks)-rata2 Utara-Equator (pertahun)



Gambar 13.

Tinggi Gelombang (H.eks)-rata2 Selatan-Equator (pertahun)



Gambar 14.

Tinggi Gelombang (H.eks)-rata-2 Antar-Pulau (pertahun)

Sebagai pembandingan dari kapal KCR 60M kategori kapal patroli cepat (*class of patrol boats*) adalah kapal HMAS *Armidale* milik angkatan laut Australia (*Royal Australian Navy/RAN*) yang ditugaskan terutama untuk menjaga dan melindungi garis perbatasan. Kapal ini dioperasikan oleh *Australian Patrol Boat Group*, dan berbasis di pelabuhan Cairns and Darwin. Kapal HMAS *Armidale* dibuat oleh galangan kapal

Austal, Henderson, Western Australia dan diserahkan ke *Royal Australian Navy/ RAN* Juni 2005 sebanyak 2 (dua) buah¹²⁾, 2006 sebanyak 6 (enam) buah, dan 2007 sebanyak 5 (lima) buah. Kapal HMAS Armidale kelas *Fast Patrol Boat* ini mempunyai spesifikasi hampir sama dengan KCR 60M dengan panjang kapal sekitar 56,8 m seperti terlihat dalam Tabel 9.

Tabel 9.

Dimensi Utama HMAS Armidale dan KCR 60M

Spesifikasi Teknis	HMAS Armidale	KCR 60M
Panjang (m)	56,80	59,80
Lebar (m)	9,50	8,10
Sarat max.(m)	2,70	2,60
Displacement (Ton)	305	460
Kecepatan (Knots)	25	28
Kemampuan kinerja senjata	Sea State 4	Sea State 4
Kemampuan Navigasi & patroli	Sea State 5	Sea State 6

Sumber : www.navy.gov.au/hmas-armidale-i dan www.navy.recognition.com/



Gambar 15.

Kapal HMAS Armidale *Royal Australian Navy*.

Kapal HMAS Armidale dirancang untuk memenuhi *specific requirements* dari *Royal Australian Navy* dimana kapal harus mampu melakukan operasi boarding operations sampai *Sea State 4*, dan mampu melakukan operasi navigasi dan patroli hingga *Sea State 5*.¹³⁾ Berdasarkan informasi tersebut di atas, dapat disimpulkan bahwa kapal KCR 60M seperti halnya HMAS Armidale juga mampu melakukan penggunaan senjata pada *Sea State 4* dan melakukan operasi Navigasi serta patroli hingga *Sea State 6* yang nampak sedikit lebih baik dari kapal HMAS Armidale.

E. Prediksi Panjang Kapal KCR minimal.

Untuk memprediksi seberapa besar panjang kapal KCR ideal yang aman dan mempunyai kemampuan beroperasi di gelombang ekstrim

tertinggi, maka terlebih dahulu dilakukan asumsi melalui pengambilan data gelombang ekstrim tertinggi di ke 3 (tiga) wilayah (Utara-Equator, Selatan-Equator, dan Antara-Pulau). Penentuan gelombang ekstrim tertinggi dilakukan dengan penentuan tinggi gelombang ekstrim rata2 pertahun disetiap perairan yang berada di ke 3 (tiga) wilayah yaitu Utara-Equator, Selatan-Equator, dan Antara-Pulau. Seperti yang terlihat pada Gb.12, Gb.13 dan Gb.14. Berdasarkan ke 3 (tiga) kurva tersebut gelombang ekstrim tertinggi rata2 adalah 5.1 m. Dengan menggunakan formula $H_w = 0.61(L)^{0.5}$, dimana $H_w = 5,1$ m, maka panjang kapal KCR yang sesuai untuk melewati tinggi gelombang 5,1 m harus mempunyai panjang minimal $69,90m \approx 70m$ atau $\geq 70m$.

SIMPULAN

Hasil perhitungan prediksi tinggi gelombang maksimum yang dapat dilalui oleh kapal KCR 60M adalah 4,73 m. Sedangkan hasil analisa tinggi gelombang di wilayah perairan Indonesia di atas 4,73 m adalah terjadi di Utara-Equator antara 4,8 hingga 7,2 m yaitu di Laut Cina Selatan, Samudera Pasific dan Barat Sumatera Utara meliputi Lantamal II (Padang), Lantamal IV (Tanjung Pinang) dan Lantamal XII (Pontianak) dalam periode *moonsun Asia*, Lantamal XIV (Sorong), dan Lantamal X (Jayapura) di *moonsun* peralihan. Sedangkan di Selatan-Equator tinggi gelombang antara 4,8 hingga 7,5 m terjadi di Laut Arafuru, Selat Sunda dan Laut Timor meliputi Lantamal IX (Ambon), Lantamal VII (Kupang), dan Lantamal XI (Merauke) dalam 2 (dua) periode *moonsum Asia* dan Australia serta Lantamal III pada pertengahan *moonsun Australia* (Agustus). Sedangkan gelombang di perairan Antar-Pulau antara 4,75 hingga 5,8m yaitu di Laut Jawa, Laut Banda, dan Laut Flores meliputi Lantamal III (Jakarta), Lantamal V (Surabaya), Lantamal VI (Makasar), dan Lantamal IX (Ambon) khususnya pada periode *moonsun Asia*. Berdasarkan kurva gelombang ekstrim dapat diprediksi tinggi gelombang ekstrim rata2 adalah sebesar 5,1m. Sehingga dapat diprediksi pula panjang minimum kapal KCR 60M yang aman melampaui tinggi gelombang 5,1m adalah 70m ditinjau dari sisi kekuatan memanjang akibat beban momen lengkung yang menyebabkan beban Hogging maupun Sagging.

UCAPAN TERIMA KASIH

Dengan puji syukur kepada yang Maha Esa pada akhirnya telah terselesaikan Karya Tulis Ilmiah ini dengan baik. Tak lupa rasa terima kasih kepada teman-teman dari Direktorat Pusat Teknologi

Industri Pertahanan dan Keamanan-BPPT satu team kapal KCR atas info dan kerjasamanya serta terimakasih pula atas bantuan informasi dari BMKG yang sangat berguna dalam penelitian ini. Semoga informasi penelitian ini dapat bermanfaat bagi semua pihak yang berkepentingan.

DAFTAR PUSTAKA

1. Yen Yi Loo, et al.. *Effect of climate change on seasonal monsoon in Asia and its impact on the variability of monsoon rainfall in Southeast Asia*, China University of Geosciences, Beijing, 2016.
2. Tom Ainsworth, *Significant Wave Height*, National Weather Service (NWS) of NOAA, Juneau, Alaska, January 6, 2015.
3. Bayong, Tj.H.K.. *Sains atmosfer*, Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika, Jakarta, 2008.
4. Roni Kurniawan, M. Najib Habibie, Suratno, *Variasi Bulanan Gelombang Laut Indonesia*, Pusat Penelitian dan Pengembangan BMKG, Jakarta, 2011.
5. The International Association of Classification Societies (IACS), 2010, *Recommendation No. 34, Standard Wave Data*, IACS, www.iacs.org.uk.
6. Claude Daley, *Longitudinal Strength & Wave Bending Moments*, Ship Structures, Faculty of Engineering and Applied Science, Memorial University, Canada, 2013, p.60-65.
7. Craig B. Smith, *Extreme Waves and Ship Design*, 10th International Symposium on Practical Design of Ships and Other Floating Structures, Texas, USA, 2009.
8. WMO., *The SeaState and The Swell of The Sea*, Weather Meteorological Office Fact Sheet 6, accessed 24 Sept 2012.
9. David Raja Marpaung, *Analisis Kekuatan Angkatan Laut Indonesia*, 2016, <https://indonesiadefenseanalysis.blogspot.co.id/2016/05/analisis-kekuatan-angkatan-laut.html>
10. Roni Kurniawan, M. Najib Habibie dan Donald S.Permanaat. *Kajian Daerah Rawan Gelombang Tinggi Di Perairan Indonesia*, Pusat Penelitian dan Pengembangan BMKG, Jakarta, 2012.
11. NOAA. *The Statistical Distribution Of Wave Heights*, National Weather Service Forecast Office, Juneau, AK, 2016.
12. Saunders, *IHS Jane's Fighting Ships 2012–2013*, p. 33
13. Heron, Wesley and Powell, *Welcome to the Armidale Class*. Papers in Australian Maritime Issues, 2006, p. 130.