

# **ANALISA UKURAN UTAMA KAPAL GENERAL CARGO YANG SESUAI DAN AMAN UNTUK GELOMBANG TINGGI DI PERAIRAN INDONESIA**

## **MAIN DIMENSION ANALYSIS OF GENERAL CARGO SHIP SUITABLE AND SAFE FOR HIGH WAVES CONDITION IN INDONESIAN WATERS**

**Soegeng Hardjono**

Pusat Teknologi Industri dan Sistem Transportasi, BPPT  
Gedung Teknologi 2, Lt. 3 PUSPIPTEK, Serpong Tangerang Selatan 15314  
[email: soegenghardjono@yahoo.com](mailto:soegenghardjono@yahoo.com)

Diterima: 1 April 2015, Revisi 1: 22 April 2015, Revisi 2: 7 Mei 2015, Disetujui: 19 Mei 2015

### **ABSTRAK**

Indonesia sebagai negara kepulauan mempunyai kondisi gelombang tinggi pada musim-musim tertentu sebagai akibat dari pengaruh angin musiman yaitu angin musim monsun Asia dan monsun Australia. Kedua musim ini mampu menciptakan gelombang laut dengan tinggi antara 3.0 hingga 6.0 meter. Kondisi ini menjadikan ancaman bagi keselamatan armada pelayaran domestik, khususnya armada kapal tipe *general cargo* yang menduduki urutan kedua kecelakaan di laut menurut data dari KNKT. Untuk mengatasi gelombang tinggi tersebut, maka telah dilakukan penelitian untuk menentukan ukuran utama kapal yang sesuai dan aman untuk gelombang tinggi melalui metode *Parametric Ratio Design Approach* dari teori *Naval Architect* dengan suatu asumsi dasar bahwa kapal mempunyai lambung timbul minimum 3 meter seperti direkomendasikan oleh Mahkamah Pelayaran. Hasil penelitian ini mengidentifikasi bahwa ukuran utama kapal tipe *general cargo* yang sesuai dan aman untuk kondisi gelombang laut tinggi hingga diatas 6 meter adalah kapal dengan *displacement* 30.529 tons, panjang ( $L_{bp}$ ) 185 meter, dengan kecepatan operasional ( $V_s$ ) 17 knots.

**Kata kunci:** tinggi gelombang, kapal general cargo, lambung timbul, ukuran utama.

### **ABSTRACT**

Indonesia as an archipelago country has a high wave conditions at certain seasons as a result of the influence of seasonal winds so called Asian monsoon and Australian monsoon season winds. Both seasons are able to create high sea wave conditions between 3.0 to 6.0 meters. This condition has resulted in the threat to the safety of domestic shipping fleet particularly to the type of general cargo fleet which ranks in second position in the number of accidents at sea according to the data from KNKT. To overcome those high wave conditions, it has been done a research on determining the appropriate size of ship dimension and secure to high waves through the method of *Parametric Ratio Design Approach* of theory *Naval Architect* with a basic assumption that the vessel has a minimum freeboard of 3 meters as recommended by Mahkamah Pelayaran. The result of this study have already identified that the principal dimension of general cargo ship types suitable and safe for the conditions of the sea waves as high as 6 meters above is a ship with a displacement of 30.529 tons, length ( $L_{BP}$ ) of 185 meters, and a service speed ( $V_s$ ) of 17 knots.

**Keywords:** wave height, general cargo ship, freeboard, main dimension.

## PENDAHULUAN

Armada angkutan laut domestik mempunyai peranan penting dan menjadi tulang punggung distribusi angkutan barang penumpang keseluruh wilayah kepulauan Indonesia yang terbentang dari ujung kawasan barat (Sabang) hingga ujung kawasan timur Indonesia (Merauke).

Untuk mewujudkan terciptanya armada angkutan laut yang kuat diperlukan adanya armada yang berkualitas baik dari segi teknis maupun operasional dan mampu melayani secara efektif, efisien dan aman keseluruh wilayah perairan Indonesia.

Saat ini armada angkutan laut Indonesia melibatkan berbagai tipe sesuai dengan fungsi dan peruntukannya, diantaranya adalah tipe kapal *general cargo*, *tanker*, *container*, *passenger ship*, *bulk carrier*, *ferries*, pelayaran rakyat, dan kapal khusus lainnya diantaranya tongkang/*barge*, kapal pandu, dan kapal ikan/*fishing vessel*. Untuk mewujudkan kualitas armada angkutan laut yang baik diperlukan adanya spesifikasi ukuran utama kapal yang sesuai dan mampu beroperasi diatas kondisi gelombang perairan Indonesia dengan ketinggian yang selalu berbeda setiap musimnya, baik di musim monsun Asia (musim angin barat) maupun di musim monsun Australia, maupun di musim peralihan yaitu suatu musim yang berada diantara monsun Asia dan Australia.

Kondisi gelombang merupakan salah satu faktor penting yang berpengaruh terhadap keselamatan kapal di laut. Informasi dari BMKG bahwa puncak rata-rata gelombang tertinggi diperairan Indonesia terjadi pada Bulan Januari dan Juli. Ketinggian gelombang bisa mencapai 2,5 hingga 6 meter dimana pihak Syahbandar di Dirjen Perhubungan Laut senantiasa mengeluarkan maklumat pelayaran tentang larangan berlayar saat kondisi cuaca tidak kondusif seperti tersebut di atas.

Jumlah kecelakaan kapal menurut data yang dikeluarkan oleh KNKT dalam kajian tentang *Analysis Trend Kecelakaan Transportasi Laut Tahun 2003-2008*, telah tercatat 691 kecelakaan laut yang disebabkan oleh berbagai faktor antara

lain 38% oleh faktor alam, 37% faktor manusia, 23% faktor teknis, dan 2% faktor lain. Sedangkan menurut data KNKT selama periode tahun 2007 hingga 2012 telah terjadi 298 kecelakaan laut, dimana faktor penyebabnya adalah 41% karena faktor alam dan 59% karena faktor teknis. Sedangkan kecelakaan laut menurut jenis kapal terdiri dari 56% tipe kapal tradisional (pelayaran rakyat), 17% kapal *general cargo*, 8% *ferry roro*, 5% *tanker*, 2% kapal ikan, 1% kapal *container*, dan 1% lain-lain.

Dari data KNKT selama dua periode tersebut dapat disimpulkan bahwa faktor penyebab alam menduduki posisi dua terbesar diantara faktor penyebab lainnya.

Untuk mengantisipasi dan mengurangi terjadinya kecelakaan dilaut akibat faktor alam khususnya akibat gelombang tinggi seperti yang dialami oleh sebagian besar kapal tipe *general cargo*, maka diperlukan adanya suatu penelitian atau kajian teknis sebagai salah satu alternatif solusi yang bertujuan untuk melakukan studi analisis ukuran panjang kapal minimum (*minimum ship's length*) beserta dimensi utama lainnya (*principal ship dimensions*) yang sesuai dan mampu dengan kondisi tinggi gelombang perairan Indonesia. Lebih dari itu, hasil dari penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat bagi pihak *stakeholder* terkait diantaranya *ship designers*, *ship owners*, maupun pihak kalangan *shipyard*.

## TINJAUAN PUSTAKA

### A. Kondisi Kapal Niaga Nasional

1. Potensi Kapal Niaga Nasional Pra Asas *Cabotage* Tahun 2003

Pada tahun 2003 sebelum adanya penerapan peraturan pemerintah tentang asas *Cabotage* pada tahun 2005, potensi armada kapal niaga nasional menurut kajian yang telah dilakukan oleh Soegeng H (2005) dalam "Kajian Korelasi Tingkat Kepadatan Jalur Pelayaran Terhadap Kecelakaan Kapal Barang Domestik Antar Pulau di Indonesia", menunjukkan bahwa kekuatan armada nasional menurut data dari *Register of Ship*, Biro Klasifikasi Indonesia (BKI) tahun 2003

mencapai jumlah total sekitar 3530 unit dari berbagai tipe kapal. Dari jumlah tersebut, 1590 unit merupakan kelompok dari armada kapal tipe *general cargo*, *tanker*, *carrier*, dan *ferry*, dimana populasi kapal tipe *general cargo* dalam kelompok ini menduduki posisi terbesar yakni sekitar 887 unit (56%) dari total 1590 unit disusul oleh kapal tipe *tanker* diperingkat kedua dengan jumlah sekitar 300 unit (19%).

Kemudian selebihnya adalah 1940 dari total 3530 unit armada merupakan kapal tipe *services* dan kapal tipe khusus lainnya, diantaranya adalah *tug boat*, *work boat*, *pusher boat*, *crew boat*, *fishing vessel*, *ponton/ barge*, *dredger*, *drilling*, *mooring*, *fast patrol boat*, *salvage*, *landing craft*, *floating dock*, *research vessel*, *supply vessel*, kapal rumah sakit dan lain sebagainya.

Sehingga keberadaan armada kapal *general cargo* terlihat sangat signifikan kedudukannya sebagai tulang punggung dalam mobilisasi dan distribusi arus barang antar pulau sekaligus sebagai urat nadi perekonomian nasional Indonesia.

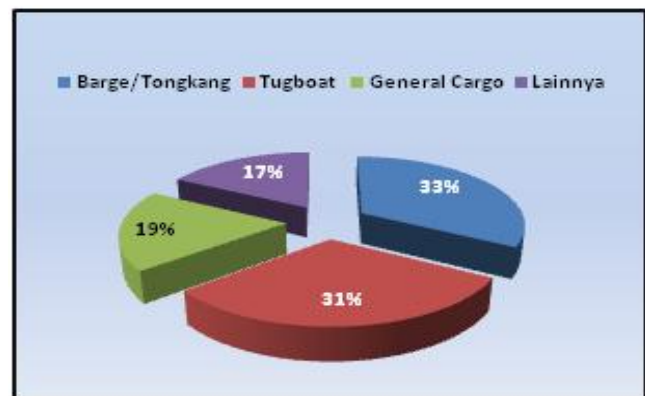
## 2. Pertumbuhan Armada Kapal Niaga Nasional Pasca Asas *Cabotage* Tahun 2005 -2014.

Sejak penerapan asas *cabotage* tahun 2005 melalui Inpres 5/2005 dalam buku "Tinjauan Sewindu *Cabotage* di Indonesia, 2005-2013", jumlah total armada kapal nasional berbendera Indonesia meningkat dari 6.041 menjadi 12.047 unit kapal per 31 Maret 2013 atau meningkat 99,42% dari 31 Maret 2005. Peta prosentase populasi armada nasional per 31 Maret 2013 tersebut adalah 3984 unit (33,07%) tipe tongkang/*barge*, 3739 unit (31,04%) tipe *tug boat*, 2254 unit (18,71%) tipe kapal *general cargo* dan 2069 unit (17,18%) tipe kapal lainnya (gambar 1.)

Menurut data dari Kementerian Perhubungan yang disampaikan oleh Direktur Jenderal Perhubungan Laut Kemenhub Bobby R. Mamahit (*Supply*

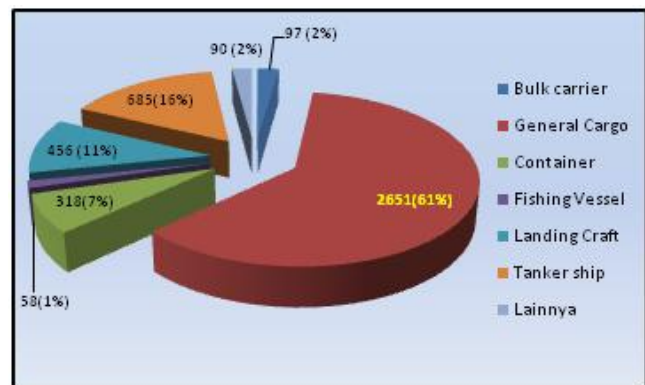
*Chain* Indonesia, 2014) bahwa jumlah kapal angkutan logistik berbendera Indonesia meningkat 11,81% yaitu menjadi 4.355 unit selama kurun waktu 16 bulan terakhir. Jumlah tersebut terdiri dari kapal jenis *bulk* sebanyak 97 unit, kapal *general cargo* 2.651 unit, kapal *container* 318 unit, kapal *fishing vessel* 58 unit, kapal *landing craft* 456 unit dan kapal *tanker* 685 unit dan 90 unit kapal tipe lainnya.

Menurutnya, jumlah kapal angkutan logistik saat ini mendominasi perairan Indonesia dan kondisi ini sangat wajar mengingat pengiriman logistik antarpulau di tanah air bertumpu pada transportasi laut.



Sumber: INFACO, 2013

**Gambar 1.** Armada Niaga Nasional 2013 (%)



Sumber: Supply Chain, 2013

**Gambar 2.** Kapal Angkutan Logistik 2014

Sementara itu, Ketua Umum DPP *Indonesian National Shipowners' Association* (INSA) Carmelita Hartoto menyatakan peningkatan jumlah kapal logistik dalam negeri tersebut berbanding lurus dengan peningkatan arus barang di Indonesia

selama 9 tahun terakhir. Pertumbuhan arus barang di Indonesia selama 9 tahun terakhir rata-rata mencapai 6%-10% per tahun (*Supply Chain Indonesia*, 2014).

## B. Kedalaman Pelabuhan di Indonesia

Meskipun telah terjadi peningkatan arus barang dan jumlah armada niaga nasional setelah penerapan asas cabotage, namun kondisi kedalaman pelabuhan khususnya pelabuhan utama dibawah PT. Pelindo masih belum mampu untuk menampung kapal-kapal besar dalam rangka mewujudkan visi baru pemerintah bernama Pendulum Nusantara. Enam pelabuhan utama ditargetkan masuk dalam koridor pendulum nusantara, yakni Belawan, Batam, Jakarta, Surabaya, Makassar, dan Sorong. Kondisi kedalaman enam pelabuhan utama di di Indonesia tersebut dapat ditampilkan pada tabel 1.

**Tabel 1.** Draft Kolam Pelabuhan Utama

| No. | Nama Pelabuhan        | Draft Kolam (m) LWS |
|-----|-----------------------|---------------------|
| 1   | Belawan               | 9                   |
| 2   | Batam-Batu Ampar      | 9                   |
|     | Batam-Sekupang        | 9                   |
|     | Batam-Kabil           | 12                  |
| 3   | Tj.Priok-Terminal II  | 9                   |
|     | Tj.Priok-Terminal III | 8-12                |
| 4   | Tj.Perak-Jamrud       | 10                  |
|     | Tj.Perak-Nilam        | 8                   |
|     | Tj.Perak-Mirah        | 7                   |
|     | Tj.Perak-Kalimas      | 10                  |
| 5   | Makasar               | 8                   |
| 6   | Sorong                | 11                  |

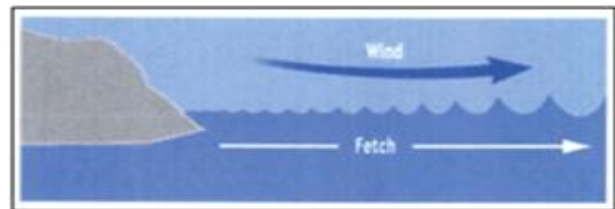
Sumber: Kemenhub 2013

## C. Kondisi Gelombang Perairan Indonesia

### 1. Tinggi Gelombang Perairan Indonesia

Perairan Indonesia mempunyai karakteristik gelombang dengan ketinggian yang bervariasi sepanjang tahun, tergantung dari kekuatan angin permukaan yang terjadi 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 pembangkitannya. *Fetch* ini dibatasi oleh bentuk daratan yang mengelilingi laut. Menurut Tom Ainsworth, dari NOAA/ National Weather Service Forecast Office (WFO)(2006) menyebutkan bahwa semakin panjang jarak *fetch*nya semakin besar gelombang yang terjadi.



Sumber: NOAA/WFO 2006

**Gambar 3.** Fetch

Di Indonesia, terdapat dua pola angin musiman (monsun/muson) yaitu musim angin barat (monsun Asia) dan musim angin timur (monsun Australia) yang terjadi secara periodik (kurang lebih 3 bulan). Pada monsun Asia, angin permukaan berhembus dari belahan utara *equator* menuju belahan selatan *equator* pada Bulan Desember, Januari, dan Pebruari. Sedangkan monsun Australia angin permukaan berhembus dari arah sebaliknya yaitu dari belahan selatan *equator* menuju belahan utara *equator* pada Bulan Juni, Juli dan Agustus. Periode lainnya adalah dua periode yang disebut sebagai periode peralihan yang terjadi diantara periode monsun Asia dan monsun Australia yaitu Maret, April, Mei dan September, Oktober, Nopember. Menurut kajian yang dilakukan oleh Roni Kurniawan dkk (2011) dalam makalah penelitiannya yang berjudul "Variasi Bulanan Gelombang Laut Indonesia" mengidentifikasikan bahwa gelombang tinggi sering terjadi pada periode monsun Asia sekitar Bulan Januari dan monsun Australia sekitar Bulan Juli. Walaupun demikian, ketinggian gelombang di wilayah perairan terbuka lebih tinggi bila dibandingkan dengan perairan antar pulau. Hal ini dikarenakan adanya

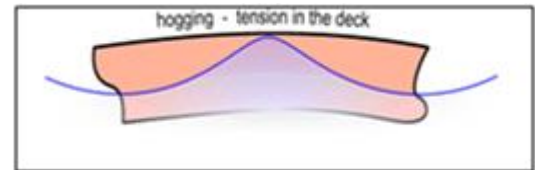
perbedaan panjang *fetch* yang terbentuk di wilayah perairan tersebut.

## 2. Hubungan Tinggi Gelombang terhadap Panjang Kapal

Didalam tahapan proses desain kapal, khususnya pada tahap awal penentuan *design requirement*, kondisi tinggi gelombang perairan untuk rute operasional yang akan dilalui menjadi pertimbangan penting dalam menentukan kekuatan struktur konstruksi kapal, khususnya kekuatan struktur konstruksi memanjang 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 kapal berdasarkan peraturan standar yang ada dan 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, *International Association of Classification Societies* (IACS) telah mengeluarkan rekomendasi tentang data standar tinggi gelombang dalam menentukan desain kriteria kapal khususnya untuk kapal tipe *general cargo* melalui *IACS Recommendation 34, Standard Wave Data*, p.2. tahun 2001. 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.

Menurut Claude Daley dalam bukunya yang berjudul "*Wave Bending Moments & Longitudinal Strength*" (2013) menerangkan

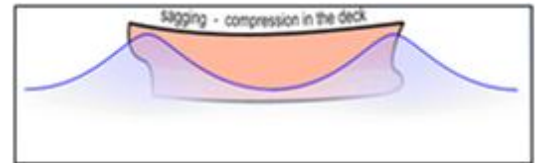
bahwa ketika kapal berada diatas gelombang akan mengalami beban *hogging moment* terburuk apabila posisi tengah badan kapal berada di atas puncak gelombang (*wave crest*), sedangkan haluan dan buritan berada di lembah gelombang (*wave trough*), seperti terlihat pada gambar 4.



Sumber: Claude Daley, 2013

**Gambar 4.** *Hogging Moment*

Disisi lain, kapal akan mengalami beban *sagging moment* 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 5.



Sumber: Claude Daley, 2013

**Gambar 5.** *Sagging Moment*

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 sinosidal dimana puncak gelombang cenderung curam dengan bentuk lembah yang relatif landai.

Menurut Craig B.Smith dalam bukunya yang berjudul "*Extreme Waves and Ship*

*Design*" (2007), menyebutkan bahwa dalam proses mendesain kapal sangat penting mempertimbangkan kondisi perairan khususnya tinggi gelombang yang akan dilalui. Dengan asumsi bahwa panjang gelombang ( $L_w$ ) sama dengan  $\dots \dots \dots b_p$ ) maka penentuan tinggi gelombang ( $H_w$ ) berdasarkan panjang kapal ( $L_{bp}$ ) pada gelombang *trochoidal* memberikan formula  $H_w \leq 0,61 \sqrt{L_{bp}}$  dimana  $H_w$  dan  $L_{bp}$  dalam meter.

## METODOLOGI PENELITIAN

Metodologi yang digunakan pada penelitian ini meliputi metode pengumpulan data dan metode pengolahan data. Pengumpulan dan perolehan data dilakukan melalui kunjungan ke instansi terkait, tinjauan pustaka, tinjauan hasil studi dan penelitian bidang-bidang terkait yang sudah pernah dilakukan, serta perolehan informasi dari berbagai sumber terkait lainnya.

Data tersebut meliputi data perkembangan armada pelayaran dalam negeri sebelum dan sesudah diterapkannya asas *cabotage khususnya armada kapal tipe general cargo*, data kecelakaan laut, data kondisi gelombang perairan dalam negeri, serta pengumpulan teori atau formula sebagai alat/*tools* untuk pengolahan data.

Metode pengolahan data yang digunakan adalah metode *statistical analysis* khususnya untuk menganalisa data tinggi gelombang serta menggunakan formula pendekatan dari teori *Naval Architect* dalam penentuan ukuran utama kapal atau *principal ship dimensions* kapal yang dikehendaki, seperti panjang kapal ( $L$ ), lebar ( $B$ ), tinggi ( $D$ ), sarat kapal ( $T$ ), kecepatan ( $V$ ), displacement atau berat kapal ( $\Delta$ ), serta berat muatan kapal atau *deadweight* ( $Dwt$ ).

Dalam penelitian ini digunakan metode *Parametric Ratio Design Approach* untuk penentuan ukuran utama kapal tersebut. Metode ini menggunakan data-data kapal tipe sejenis yang telah dibangun dan terbukti sukses dalam operasionalnya dalam bentuk formulasi hubungan ratio antara ukuran utamanya seperti misal  $L/B$ ,  $B/H$ ,  $Dwt/Displ$ , dan ratio lainnya.

Instrumentasi yang digunakan dalam proses pengolahan dan analisa data *parametric ratio* tersebut adalah teori statistik yang lazim dikenal dengan metode *control chart* (*X-R Chart*) yang dilengkapi dengan kedua batas *Upper* dan *Lower Control Limitnya* ( $UL$  dan  $LL$ ) melalui bantuan *software excel*.

Disamping itu, ada beberapa formula lainnya yang dapat pula digunakan bersama dengan metode *Parametric Ratio Design Approach* diantaranya adalah hubungan parameter ratio dari C.B. Barras (2004) dalam bukunya yang berjudul *Ship Design and Performance For Masters and Mates* dalam bentuk *CubeRootFormat*:  $L = [(dwt.(L/B)^2.(B/H)/(\bar{n}.C_B.C_D)]^{1/3}(m)$  serta formula Barras yang diturunkan dari prosedur sistem perpotongan grafik (*Graphical intersection procedure*) hubungan antar parameter utama hasil studi sejumlah kapal berbagai tipe dalam *modern ship design*.

Khusus untuk kapal tipe *general cargo* mempunyai formula:  $B = (L/10) + (5 \text{ to } 7,5) \text{ m}$ . Data awal sebagai data input adalah data tinggi gelombang laut hasil analisis yang akan digunakan untuk menentukan panjang kapal minimal yang aman.

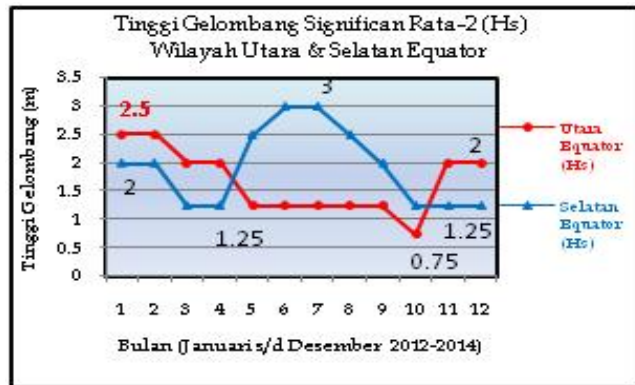
## HASIL DAN PEMBAHASAN

### A. Penentuan Tinggi Gelombang

Untuk menentukan tinggi gelombang perairan Indonesia sebagai dasar penentuan *main ship dimensions* kapal tipe *general cargo* yang direncanakan, maka terlebih dahulu dilakukan pengolahan data dan analisis tinggi gelombang berdasarkan data tinggi gelombang bulanan yang diperoleh dari BMKG.

Menurut data BMKG, kondisi gelombang di berbagai wilayah perairan Indonesia mempunyai ketinggian yang berbeda tergantung dari angin musiman yang sedang terjadi.

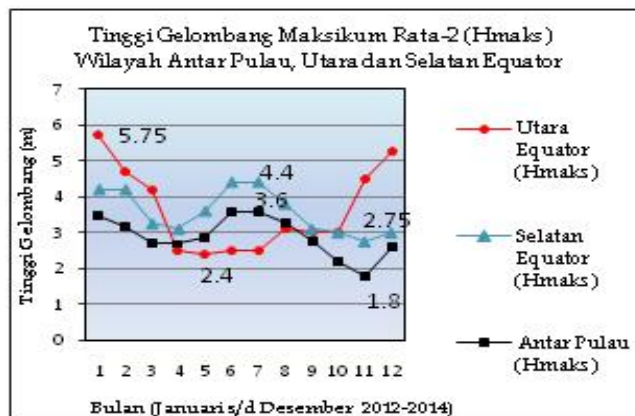
Pada gambar 6 memperlihatkan grafik kondisi tinggi *significant* di 2 (dua) wilayah perairan Indonesia yaitu eilaya perairan utara equator dan wilayah selatan equator.



Sumber: Data Olahan 2012-2014, BMKG

**Gambar 6.** Tinggi Gelombang *Significant*

Sedangkan gambar 7 memperlihatkan grafik kondisi tinggi gelombang maksimum (Hmaks,) di 3 (tiga) wilayah perairan Indonesia diantaranya wilayah perairan utara equator, perairan selatan equator dan perairan antar pulau.



Sumber: Data Olahan 2012-2014, BMKG

**Gambar 7.** Tinggi Gelombang Maksimum

Sebagai dasar penentuan ukuran utama kapal khususnya dimensi panjang kapal digunakan input tinggi gelombang maksimum (Hmaks.) dengan alasan sebagai asumsi dasar bahwa kapal berkemungkinan akan menghadapi kendala terburuk pada kondisi tinggi gelombang tersebut di 3 (tiga) wilayah perairan Indonesia.

#### 1. Wilayah Perairan Utara Equator

Wilayah perairan utara equator meliputi perairan sebelah barat Sumatera dan Selat Karimata bagian utara, laut China selatan, laut Natuna, laut Sulawesi, laut Maluku, dan perairan sekitar Papua yang berbatasan dengan Samudera

Pasifik bagian barat. Berdasarkan grafik tinggi gelombang maksimum yang tertera pada gambar 5. menunjukkan bahwa tinggi gelombang diperairan utara equator bervariasi antara 2,4 sampai dengan 5,75 m.

#### 2. Wilayah Perairan Antar Pulau

Wilayah perairan antar pulau meliputi perairan di Selat Karimata, Selat Makasar, Laut Jawa, Laut Seram, Laut Banda, Laut Flores, dan Laut Sawu. Tinggi gelombang maksimum yang tertera pada gambar 5 sebelumnya, menunjukkan bahwa tinggi gelombang diperairan antar pulau bervariasi antara 2,75 sampai dengan 4,4 m.

#### 3. Wilayah Perairan Selatan Equator

Wilayah perairan utara equator meliputi perairan sebelah barat Sumatera dan Selat Karimata bagian utara, laut China selatan, laut Natuna, laut Sulawesi, laut Maluku, dan perairan sekitar Papua yang berbatasan dengan Samudera Pasifik bagian barat.

Berdasarkan grafik tinggi gelombang maksimum yang tertera pada gambar 5 sebelumnya, menunjukkan bahwa tinggi gelombang diperairan utara equator bervariasi antara 1,8 sampai dengan 3,6 m.

Dari kondisi gelombang maksimum tertinggi di tiga wilayah tersebut di atas, maka dapat disimpulkan bahwa tinggi gelombang maksimum rata-rata diseluruh wilayah perairan Indonesia berada diantara 3,6 hingga 5,75 m.

Untuk menghadapi cuaca ekstrim yang mengakibatkan terjadinya gelombang tinggi di hampir seluruh perairan Indonesia, Kementerian Perhubungan melalui Direktorat Jenderal Perhubungan Laut senantiasa mengeluarkan Maklumat Pelayaran (Mapel) yang berisi instruksi kepada para Syahbandar agar menunda pemberian Surat Persetujuan Berlayar (SPB) bagi kapal-kapal yang hendak melakukan pelayaran. Didalam Mapel

tersebut senantiasa memuat butir-butir instruksi sebagaiberikut di bawah ini:

- Perahu Nelayan, Kapal Tongkang, Kapal Roro, Kapal Landing craft, Kapal Ferry dan Kapal Penumpang berkecepatan tinggi untuk berlayar pada semua perairan tersebut dengan tinggi gelombang laut 2 s.d 3 meter.
- Kapal-kapal yang tinggi lambung timbulnya kurang dari 3 meter untuk berlayar pada perairan tersebut dengan tinggi gelombang laut 3 s.d 6 meter.
- Semua ukuran dan jenis kapal untuk berlayar pada perairan tersebut dengan tinggi gelombang laut 4 s.d. 6 meter.

#### 4. Analisis Tinggi Gelombang

Untuk menentukan berapa nilai tinggi gelombang yang akan digunakan untuk analisa ukuran utama kapal yang direncanakan, maka diperlukan beberapa pertimbanganantara lain :

- Tinggi gelombang maksimum yang terjadi berada pada ketinggian antara 3,6 hingga 5,75 m.
- Tinggi gelombang yang akan digunakan harus sesuai dan aman untuk kapal yang mempunyai lambung timbul 3 m sesuai dengan yang disyaratkan dalam Maklumat Pelayaran (Mapel) ketika kapal dalam kondisi cuaca ekstrim yang sering terjadi pada periode monsun Asia (Desember, Januari, dan Februari) serta periode monsun Australia (Juni, Juli, dan Agustus) seperti yang dirilis oleh Humas Direktorat Perhubungan Laut

(sebagai contoh) melalui Maklumat Pelayaran No,52/I/DN-14 tertanggal 27 Januari 2014 yang diberikan kepada jajaran Syahbandar.

- Tinggi gelombang laut ( $H_w$ ) mempunyai korelasi dengan nilai panjang gelombang ( $L_w$ ) yang terjadi menurut data *Beaufort Wind Force Scale*.
- Nilai panjang kapal/ *Length between perpendicular* ( $L_{bp}$ ) harus sama dengan nilai panjang gelombang/ *wave length* ( $L_w$ ) untuk merencanakan kekuatan konstruksi memanjang kapal akibat beban terbesar dari *sagging* maupun *hogging* disaat panjang kapal ( $L_{bp}$ ) sama dengan panjang gelombang ( $H_w$ ).

Dengan asumsi lambung timbul minimum kapal ditentukan sebesar 3 meter agar kapal bisa *survive* dan aman di atas kondisi gelombang tinggi 3 hingga 6 meter seperti yang tercantum dalam Maklumat Pelayaran (Mapel) yang dikeluarkan oleh Kementrian Perhubungan untuk armada pelayaran ketika terjadi cuaca ekstrim dan gelombang tinggi, maka panjang kapal yang aman menurut peaturan internasional ICLL (*International Convention on Load Line*) tentang garis muat kapal yang tertera pada tabel *Freeboard* kapal tipe B (tipe *generalcargo*) (tabel 2) dapat ditentukan melalui interpolasi linier. Dengan asumsi nilai tinggi lambung timbul (*freeboard*) minimum 3 meter, maka diperoleh nilai panjang kapal  $L_{bp}$  melalui interpolasi linear sebesar 184,63 meter atau kurang lebih 185 meter.

**Tabel 2.** *Freeboard for Type "B" Ships* (Kapal Tipe General Cargo)

| <i>Length of Ship (metres)</i> | <i>Freeboard (millimetres)</i> | <i>Length of Ship (metres)</i> | <i>Freeboard (millimetres)</i> | <i>Length of Ship (metres)</i> | <i>Freeboard (millimetres)</i> |
|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| 24                             | 200                            | 65                             | 644                            | 106                            | 1401                           |
| 25                             | 208                            | 66                             | 659                            | 107                            | 1421                           |
| 26                             | 217                            | 67                             | 674                            | 108                            | 1440                           |
| 27                             | 225                            | 68                             | 689                            | 109                            | 1459                           |
| 28                             | 233                            | 69                             | 705                            | 110                            | 1479                           |

|     |      |     |      |     |      |
|-----|------|-----|------|-----|------|
| 29  | 242  | 70  | 721  | 111 | 1500 |
| -   | -    | -   | -    | -   | -    |
| 184 | 2988 | 229 | 3720 | 274 | 4327 |
| 185 | 3007 | 230 | 3735 | 275 | 4339 |
| -   | -    | -   | -    | -   | -    |
| 307 | 4704 | 335 | 5005 | 363 | 5285 |
| 308 | 4714 | 336 | 5015 | 364 | 5294 |
| 309 | 4725 | 337 | 5025 | 365 | 5303 |

Sumber: International Convention on Load Lines - IMO, London

Menurut data dari *Beaufort Wind Force Scale* dalam *Tabel of Sea State* (Tabel 3) menunjukkan bahwa kapal dengan panjang 185 meter mampu berlayar pada kondisi tinggi gelombang (Hw) diatas 6 meter dan maximum 14,8 meter atau  $6 < Hw \leq 14,8$  meter. Sehingga berdasarkan

*analysis* dari ketentuan ICLL dan data *Beaufort Wind Force Scale* kapal dengan lambung timbul minimum 3 meter seperti yang disyaratkan oleh Maklumat Pelayaran (Mapel), mempunyai panjang 185 meter dan mampu berlayar pada kondisi tinggi gelombang diatas 6 meter.

**Tabel 3.** *Table of Sea State Conditions*

| Force | Sea State | Significant Wave High (ft) / (m) | Significant Range of Periods (Sec) | Average Period (Sec) | Average Length of Waves (ft) |
|-------|-----------|----------------------------------|------------------------------------|----------------------|------------------------------|
| 1     | 0         | < 0.5 / (0.15)                   | 0.5 - 1.0                          | 1                    | 2                            |
| 2     | 1         | 0.5 / (0.15)                     | 1.0 - 2.5                          | 1.5                  | 9.5                          |
| 3     | 2         | 2.0 / (0.61)                     | 1.5 - 5                            | 3                    | 26                           |
| 4     | 3         | 3.5 / (1.06)                     | 2.0 - 6.5                          | 4                    | 50                           |
| 5     | 4         | 6.0 / (1.83)                     | 2.5 - 8.5                          | 5                    | 80                           |
| 6     | 5         | 8.0 / (2.44)                     | 3.0 - 10                           | 6 - 7                | 130                          |
| 7     | 6         | 18 / (5.49)                      | 4.0 - 13                           | 8 - 9                | 220                          |
| 8     | 7         | 32 / (9.75)                      | 5.5 - 17                           | 10 - 12              | 400                          |
| 9     | 8         | 52 / (15.85)                     | 7.5 - 23                           | 13 - 15              | 650                          |
| 10    | -         | -                                | -                                  | -                    | -                            |
| 11    | 9         | 60-100 / (18.29-30.49)           | 9.0 - 28.5                         | 16 - 19              | 800 - 1200                   |

Sumber: National Oceanic and Atmospheric Administration (N.O.A.A), USA

## B. Penentuan Dimensi Utama kapal.

Untuk menentukan spesifikasi teknis kapal atau *ship requirement* yang diusulkan seperti misal Displacement kapal ( $\Delta$ ), *Deadweight* (Dwt), Kecepatan (V), Kekuatan mesin, serta dimensi utama dari panjang (L), lebar (B), tinggi (H) serta sarat kapal (T), maka perlu dilakukan melalui beberapa metode antara lain dengan metode *Parametric Ratio Design Approach* dan *Graphical Intersection Procedure*.

### 1. Lebar Kapal (B)

Studi yang dilakukan oleh Barras (2004) berhasil menentukan formulasi

hubungan antara parameter B (lebar kapal) dengan L (panjang kapal) dari sejumlah besar data dari berbagai tipe kapal yang dapat ditampilkan dalam tabel 4.

Berdasarkan formulasi tersebut diatas untuk kapal tipe *general cargo* dengan nilai parameter panjang kapal (L) = 185 m dapat diprediksi nilai parameter lebar kapal (B) antara 23,5 hingga 26,0 m.

Dalam hal ini penentuan nilai (B) diambil mendekati nilai tengahnya yaitu sekitar 25,00 m.

**Tabel 4.** Formula Korelasi B Terhadap L

| Tipe Kapal                      | Formula Korelasi B terhadap L (m) |
|---------------------------------|-----------------------------------|
| Gen. Cargo ships                | $B=(L/10)+(5\text{to }7.5)$       |
| Container vessels               | $B=(L/10)+(7.5\text{to }10)$      |
| Supertankers (C.B. Barras 1975) | $B=(L/5) -12.5\text{m}$           |
| Supertankers (1975–1990)        | $L/B =6.00 - 6.25$                |
| Supertankers (1990–2004)        | $L/B = 5.00 - 5.75$               |

Sumber: Barras, 2004

## 2. Kecepatan Kapal ( $V_s$ )

Untuk menentukan nilai kecepatan operasional kapal/*service speed* ( $V_s$ ), dapat ditentukan melalui nilai *Froude Number* ( $V/L^{0.5}$ ) atau  $Fr=V/\sqrt{L}$ . Sedangkan besar nilai *Froude number* sangat tergantung dari tipe kapal seperti tertera dalam tabel 5.

Untuk *Froude number* kapal tipe *General Cargo Ship* sebesar 1,282, maka untuk kapal dengan panjang  $L=185$  m maka kecepatan kapal ( $V_s$ ) adalah 17,4 knots.

**Tabel 5.** Nilai  $V/L^{0.5}$  Kapal Niaga

| Tipe Kapal       | $V_s$<br>(Knots) | $Fr = V/L^{0.5}$ |
|------------------|------------------|------------------|
| VLCCs            | 15,50            | 0,962            |
| Oil Tankers      | 15,50            | 1,026            |
| Gen. Cargo Ships | 14,75            | 1,282            |
| Passenger Liners | 22,00            | 1,474            |
| Container Ships  | 22,00            | 1,063            |

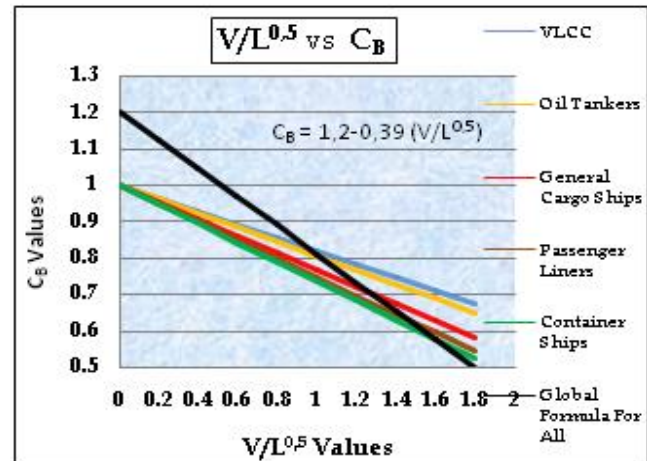
Sumber: Barras 2004.

## 3. Koefisien Block ( $C_B$ )

Tabel 5 merupakan tabel nilai *Froude number* ( $V/L^{0.5}$ ) dari berbagai tipe kapal pada muatan penuh (*full loaded*) dan kecepatan tertentu.

*Hull coefficient* khususnya *Block Coefficient* ( $C_B$ ) merupakan salah satu koefisien yang menggambarkan besar kecilnya bentuk penampang melintang badan kapal. Koefisien ini merupakan fungsi yang berbanding lurus dengan volume badan kapal dan berbanding terbalik dengan dimensi panjang kapal ( $L_{BP}$ ), lebar kapal ( $B$ ) dan sarat kapal ( $T$ ) atau dalam bentuk formula sebagai berikut:

$C_B = \text{Vol. Displacement} / L_{BP} \times B \times T$ .  $C_B$  dapat berbentuk formula yang berhubungan dengan panjang kapal ( $L$ ) dan kecepatan kapal ( $V_s$ ) seperti yang terlihat dalam *Alexander's formula*:  $C_B = 1 - m (V/L^{0.5})$  dimana  $m$  merupakan slope yang kemiringannya bervariasi tergantung dari tipe kapal dan *service speed* yang berbeda. Hubungan antara  $C_B$  dan ( $V/L^{0.5}$ ) dapat ditampilkan dalam Grafik  $C_B$  versus ( $V/L^{0.5}$ ) seperti terlihat pada gambar 8.



Sumber: Barras, 2004

**Gambar 8.**  $C_{BVS} (V/L^{0.5})$ 

*Global formula*  $C_B = 1.2 - 0.39(V/L^{0.5})$  pada gambar 8 merupakan sebuah kurva hasil pengembangan kurva *Alexander's formula* oleh Barras (2004) yang dapat mewakili ke lima kurva dari lima tipe kapal tersebut. Berdasarkan formula *Global* tersebut diatas dan nilai *Froude number* 1.282, maka nilai  $C_B$  dapat ditentukan sebesar 0,7.

## 4. Sarat Kapal ( $T$ )

Parameter terpenting ketiga adalah *breadth-draught ratio* ( $B/T$ ). Parameter ini

berpengaruh terhadap tahanan dan stabilitas kapal. Pada umumnya nilai ini berada antara  $2.25 \leq B/T \leq 3.75$ .

Nilai  $B/T$  yang besar akan berpengaruh kuat terhadap besarnya tahanan kapal yang timbul, khususnya tahanan sisa (*residuary resistance*). Nilai  $B/T$  yang ideal tidak lebih besar dari  $B/T_{\max} = 3.75$ . Sehingga untuk  $B = 25,00$  m diperoleh nilai  $6,67 \leq T \leq 11,10$ . Hal ini berarti  $T_{\min} = 6,67$  dan  $T_{\max} = 11,10$  m. Dalam hal ini ditentukan nilai  $T = 9,20$  m.

#### 5. Tinggi kapal (H)

Dengan telah ditentukannya besar nilai *freeboard* atau lambung timbul kapal sebagai sarat dalam penelitian ini yaitu 3 m, maka dengan formula pendekatan umum yang digunakan untuk menentukan tinggi kapal (H) antara lain adalah tinggi *freeboard*:

20% H utk kapal *Oil Tankers*.

25% H utk kapal *General Cargo*.

Dengan demikian nilai tinggi kapal adalah  $H = 12$  m.

#### 6. Displacement ( $\Delta$ )

*Displacement* atau berat total kapal dapat ditentukan dengan berbagai pendekatan. Rumus pasti yang selalu digunakan menurut teori *Naval Architect* adalah  $\Delta' = L \cdot B \cdot T \cdot CB \cdot \rho$ , dimana  $\rho$  adalah berat jenis air laut (1,025). Sehingga *Displacement* kapal dapat ditentukan sebesar 30.529 tons.

#### 7. Dead weight (DWT)

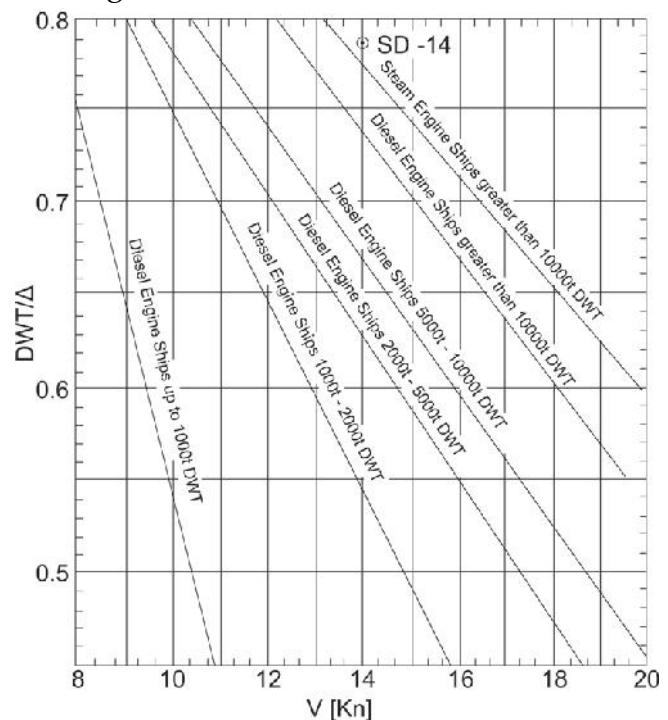
Nilai *Dead weight* dapat ditentukan melalui *Dead weight coefficient* ( $C_D$ ) yaitu koefisien perbandingan antara nilai *Dead weight* dan nilai *Displacement* ( $Dwt/Displ$ ). Nilai  $C_D$  besarnya sangat bervariasi tergantung dari tipe kapal seperti tertera dalam tabel 6 Barras (2004) dalam bukunya yang sama berjudul *Ship Design and Performance For Masters and Mates* juga menampilkan koefisien *Deadweight* ( $C_D$ ) =  $Dwt/Displ$  atau  $Dwt/\Delta$  dalam tabel 6.

**Tabel 6.**  $C_D$  Beberapa Tipe Kapal

| Tipe Kapal                | $C_D = Dwt/\Delta$ |
|---------------------------|--------------------|
| <i>Oil Tanker</i>         | 0.800-0.860        |
| <i>Container ship</i>     | 0.600              |
| <i>Ore Carrier</i>        | 0.820              |
| <i>Passenger Liners</i>   | 0.35-0.40          |
| <i>General Cargo ship</i> | 0.700-0.72         |
| <i>RO-RO vessel</i>       | 0.300              |
| <i>LNG or LPG ships</i>   | 0.620              |

Sumber: Barras 2004.

$C_D$  untuk kapal tipe *General Cargo* berada antara 0,70 hingga 0,72. Bila  $C_D$  diasumsikan 0,71 yaitu titik tengah antara 0,70 dan 0,72, maka nilai *Dwt* kapal dapat ditentukan sebesar 21.675 tons. Menurut Papanikolaou (2014) dalam bukunya yang berjudul *Selection of Main Dimensions and Calculation of Basic Ship Design Values*, menggambarkan hubungan antara  $Dwt/Displ$  versus  $V$  (knots) melalui bantuan perpotongan nilai kecepatan ( $V$ ) dengan garis miring *Dwt* tertentu dari < 1000 dwt hingga > 10.000 dwt. seperti tertera pada gambar 9.



Sumber: Papanikolaou, 2014

**Gambar 9.** *Dwt vs V (knots)*

#### 8. Tenaga Mesin Kapal (BHP)

Penentuan besar tenaga mesin kapal dilakukan melalui *statistical analysis* data

beberapa kapal tipe *general cargo* dengan ukuran utama panjang kapal (L) bervariasi antara 100 hingga 200 m (Tabel 7).

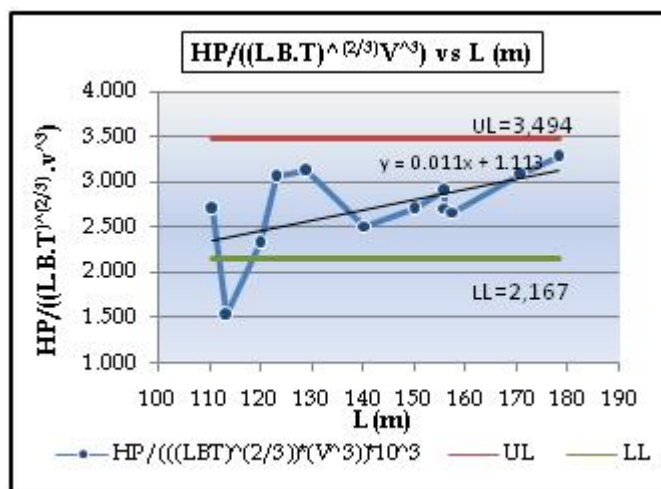
Data tersebut diplot dalam suatu kurva yang menggambarkan hubungan antara formula rasio Tenaga mesin *displacement*, dan kecepatan kapal yaitu  $HP/((L.B.T)^{(2/3)} \times V^3)$  yang terletak pada y axis dengan panjang kapal (L) yang terletak pada x axis seperti terlihat dalam gambar 10. Pada kurva tersebut, *Upper* dan *Lower Limit* (UL & LL) mempunyai nilai berturut-turut 2,167 dan 3,49. Ini berarti bahwa nilai

rasio  $HP/((L.B.T)^{(2/3)} \times V^3)$  berada pada  $2,167 \leq HP/((L.B.T)^{(2/3)} \times V^3) \leq 3,49$ , dan besar nilai tenaga mesin kapal (HP) berada pada batasan  $8850 \leq HP \leq 14254$ . Berdasarkan *trendline* dari sebuah garis regresi linier berbentuk formula  $Y=0,0114X+1,1134$ , dimana Y adalah  $HP/((L.B.T)^{(2/3)} \times V^3)$ , dan x adalah L (m), maka untuk  $x = 185$  atau panjang kapal  $L=185$  m diperoleh nilai ratio  $HP/((L.B.T)^{(2/3)} \times V^3) = 3,222$ . Dengan demikian nilai tenaga mesin kapal dapat ditentukan sebesar 13.159 HP.

**Tabel 7.** Data Ukuran Utama Kapal General Cargo (L=100 s/d 200 m)

| L      | B     | H     | T     | HP   | V     |
|--------|-------|-------|-------|------|-------|
| 178,00 | 27,6  | 13,90 | 9,5   | 8683 | 13,5  |
| 110,67 | 19,2  | 13,50 | 8,47  | 3900 | 12    |
| 155,84 | 22,6  | 12,60 | 11    | 6002 | 12,45 |
| 140,27 | 22,8  | 12,20 | 9,28  | 7671 | 14    |
| 149,93 | 21,6  | 11,65 | 8,73  | 4039 | 12    |
| 129,00 | 18,9  | 11,65 | 8,63  | 6635 | 13    |
| 123,01 | 19,7  | 8,90  | 6,9   | 6900 | 15    |
| 113,35 | 15,2  | 8,45  | 7,032 | 5147 | 14,7  |
| 119,90 | 18,00 | 10,70 | 6,48  | 3805 | 16,20 |
| 157,50 | 25,01 | 12,7  | 9,11  | 6240 | 13,5  |
| 170,80 | 27,6  | 13,9  | 10,15 | 8686 | 13,5  |
| 155,91 | 22,6  | 12,6  | 9     | 5909 | 12,4  |

Sumber: Maritimesales.com



Sumber: Hasil Data Olahan, Maritimesales.com

**Gambar 9.**  $((L.B.T)^{(2/3)} \times V^3)$  vs L (m)

## 9. Parameter Rasio Kapal

Dari ukuran utama kapal hasil analisa, maka selanjutnya dapat ditentukan nilai parameter rasio kapal beserta karakteristiknya sebagai berikut :

$L/B = 7,4$ ;  $L/D = 15,1$ ;  $B/D = 2,05$  dan

$B/T = 2,71$

- Nilai  $L/B$  mempunyai pengaruh terhadap tahanan dan kemampuan olah gerak kapal (*hull resistance* dan *maneuverability*). Menurut Watson dan Gilfillan, nilai  $L/B$  umumnya berada antara 6,5 s/d 8. Walaupun demikian untuk ukuran kapal relatif besar seperti ULCC (*Ultra Large Crude Carrier*) nilai  $L/B$  mencapai 4,5 s/d 5,5 yang berarti kapal cenderung lebih lebar dan gemuk (*bulkier*). Nilai  $L/B$  hasil analisa adalah 7,4, dimana kapal diharapkan lebih baik dalam kecepatan dan lebih hemat dalam pemakaian bahan bakar (*low fuel consumption*). Dengan kata lain kapal dapat mempunyai tenaga mesin yang lebih kecil dan lebih ringan untuk memperoleh kecepatan sama.
- Nilai  $L/D$  berpengaruh pada kekuatan memanjang kapal (*longitudinal strength of ship*). Direkomendasikan oleh *Regulations Classification Societies* dari *Germanischer Lloyd* bahwa nilai  $L/D$  harus berada diantara 10 s/d 16. Nilai  $L/D$  hasil analisa adalah 15,1. Hal ini berarti kapal berada didalam range aman khususnya terhadap beban dari *vertical wave bending moment* dimana besar *vertical wave bending moment* berbanding lurus dengan besar *ship length* (panjang kapal). Walaupun demikian direkomendasikan nilai  $L/D$  tidak boleh lebih besar dari  $L/10$  oleh *Classification Societies* karena alasan akan terjadinya *buckling* / deformasi lengkung akibat beban *hogging* maupun *sagging*. Kecuali untuk kapal-kapal kecil yang beroperasi di perairan dangkal / *shallow draft area*

seperti misal *coastal ship* dan *barge* *American Bureau of Shipping* (ABS) memberikan toleransi untuk  $L/D$  hingga 20.

- Nilai  $B/D$  berkaitan erat dengan stabilitas kapal khususnya *initial intact transverse stability* dimana *radius transversal metacenter* ( $BM_1$ ) tergantung dari lebar kapal  $B$  dan *center of vertical gravity* ( $KG$ ) tergantung dari  $D$ . Berdasarkan penelitian Watson and Gilfillan untuk stabilitas kapal yang baik umumnya nilai  $B/D$  terletak antara 1,9 s/d 2,1, namun khusus untuk *Ultra Large Crude Carrier* (ULCC) nilai  $B/D$  sekitar 2,5. Untuk  $B/D$  kapal hasil analisa adalah 2,05. Hal ini berarti kapal berada dalam range stabilitas baik dan aman.
- $B/T$  mempunyai pengaruh yang berarti pada stabilitas dan tahanan kapal. Khususnya *transverse stability* dan tahanan sisa (*residuary resistance*). Nilai  $B/T$  yang ideal adalah 2,25  $B/T$  3,75. Semakin besar Nilai  $B/T$  semakin tinggi nilai *residuary resistance*. Semakin rendah nilai  $B/T$  maka *transverse stability*nya semakin buruk. Nilai  $B/T$  hasil analisa adalah 2,71 yang berarti kapal dalam range aman baik dari segi tahanan maupun stabilitas.

## KESIMPULAN

Dari hasil analisa dan pembahasan ukuran utama kapal yang direncanakan, khususnya kapal tipe *general cargo* yang amandan mampu berlayar di atas gelombang hingga 6 meter keatas serta secara kekuatan memanjang mampu bertumpu diatas beban *sagging* dan *hogging* diatas panjang gelombang 185 meter, maka ukuran utama kapal tersebut adalah kapal dengan *displacement* 30.529 tons, *dead weight* 21.675 tons, panjang ( $L_{BP}$ ) 185 m, lebar ( $B$ ) 25 m, Tinggi ( $H$ ) 12,2 m, Sarat air ( $T$ ) 9,2 m, *Freeboard* = 3 m,  $C_B = 0,70$ , Kecepatan operasional ( $V_s$ ) 17 knots, serta Tenaga Mesin (BHP) 13.160 hp. Walaupun demikian, kapal dengan *draft*/sarat air ( $T$ ) 9,2 m akan dapat diaplikasikan bila

kedalaman kolam pelabuhan saat ini yang mayoritas masih relatif dangkal sekitar 7 hingga 10 m dilakukan pendalaman terlebih dahulu demikian pula alur pelabuhannya minimal 1,5 m untuk Under Keel Clearance (UKC) seiring dengan program dan visi baru pemerintah mewujudkan Indonesia sebagai Pendulum Nusantara.

## SARAN

Hasil identifikasi ukuran utama kapal tipe *general cargo* yang sesuai dengan kondisi gelombang tinggi perairan Indonesia disarankan untuk dilakukan pengujian pada skala model di laboratorium hidrodinamika untuk mengetahui seakeeping performance kapal pada tinggi gelombang 3 hingga 6 meter serta uji *probability of deck wetness* untuk mengukur tinggi *minimum bowhigh* (tinggi haluan) dan *freeboard* (lambung timbul) kapal.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Kami ucapkan puji syukur kehadirat Tuhan Yang Maha Esa atas rahmat dan hidayah-Nya sehingga penelitian ini dapat terselesaikan dengan baik. Demikian pula kami ucapkan terima kasih kepada segenap jajaran Dewan Redaksi dan Redaktur Warta Penelitian Perhubungan atas segala perhatian dan bantuannya dalam menyempurnakan hasil penelitian ini. Semoga karya tulis ilmiah ini dapat berguna dan bermanfaat bagi semua pihak yang membutuhkannya.

## DAFTAR PUSTAKA

- Barras, C.B, 2004, *Ship Design and Performance For Masters and Mates*, Oxford, UK.
- Bambang Susantono, 2014, *Reformasi Angkutan Laut Untuk Meningkatkan Daya Saing Logistik Nasional*, Forum Bisnis dan Logistik, Jakarta, Hal.6.
- Bobby R Mamahit, 2014, *Angkutan Laut: Jumlah Kapal Logistik Tumbuh 11,81%*, Supply Chain Indonesia, <http://supplychainindonesia.com/>
- Claude Daley, 2013, *Longitudinal Strength & Wave Bending Moments*, Ship Structures, Faculty of Engineering and Applied Science, Memorial University, Canada, p.60-65.
- Craig B. Smith, 2007, *Extreme Waves and Ship Design*, 10th International Symposium on Practical Design of Ships and Other Floating Structures, Texas, USA.
- Carmelita Hartoto, 2014, *Pertumbuhan arus barang di Indonesia selama 9 tahun terakhir (2005-2014)*, Indonesian National Shipowners Association (INSA) [www.SupplyChainIndonesia.com](http://www.SupplyChainIndonesia.com)
- International Association of Classification Societies (IACS), 2001, *Standard Wave Data*, IACS Recommendation 34, p.2.
- Indonesia Maritime Advocation Forum-INFACO, 2013, Ikatan Alumni Fakultas Teknik Universitas Indonesia, "Kedaulatan dan Negara maritim-Tinjauan Sewindu Kesuksesan Penerapan Cabotage di Indonesia 2005 - 2013", [http://alumni.ui.ac.id/system/files /MajalahAlumniEdisi6.pdf](http://alumni.ui.ac.id/system/files/MajalahAlumniEdisi6.pdf).
- Komite Nasional Keselamatan Transportasi (KNKT), 2014, *Kajian Analisis Trend Kecelakaan Transportasi Laut Tahun 2003-2008*, Forum Group Discussion Untuk Revitalisasi Industri Perkapalan Nasional, Gedung BPPT, Jakarta.
- Manuel Ventura, 2005, *Internternational Load Lines Convention (1966/2005)*, Instituto Superior Tecnico, Portugal.
- Papanikolaou, 2014, *Selection of Main Dimensions and Calculation of Basic Ship Design Values*, National Technical University of Athens, Athens, Greece.
- Roni Kurniawan, et.al., 2011, *Variasi Bulanan Gelombang Laut di Indonesia*, Puslitbang BMKG, Kemayoran, Jakarta.
- Soegeng Hardjono, 2005, *Kajian Korelasi Tingkat Kepadatan Jalur Pelayaran terhadap Kecelakaan Kapal Barang Domestik Antar Pulau di Indonesia*, Warta Penelitian Perhubungan, No.10, Hal.10-21.
- The International Association of Classification Societies (IACS), 2001, *Recommendation No. 34, Standard Wave Data*, IACS, [www.iacs.org.uk](http://www.iacs.org.uk).
- Watson, D.C.M & Gilfillan, A.W, 1998, *Some Ship Design Methods*, The Royal Institution of Naval Architects, UK.