

PERANCANGAN KAPAL GENERAL CARGO 7000 DWT SEBAGAI SARANA TOL LAUT UNTUK WILAYAH INDONESIA BAGIAN BARAT

Agil Andrian¹, Berlian Arswendo¹, Ari Wibawa B.S¹

¹Jurusan S1 Teknik Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro,

Email: agilez69@gmail.com, berlianarswendokapal@gmail.com, arikapal@gmail.com

Abstrak

Kapal general cargo adalah kapal yang mengangkut bermacam-macam muatan berupa barang. Barang yang diangkut biasanya merupakan barang yang sudah dikemas. Kapal general cargo dilengkapi dengan crane pengangkut barang untuk memudahkan bongkar-muat muatan. Pada penelitian ini desain ukuran utama kapal didapatkan dengan menggunakan metode regresi yang didasarkan pada data 5 kapal pembanding, kemudian dilakukan pembuatan lines plan, rencana umum, analisa hidrostatis, analisa stabilitas dan analisa olah gerak kapal yang sesuai dengan standar IMO. Setelah dilakukan analisa dengan menggunakan metode regresi yang didasarkan pada data 5 kapal pembanding yang diambil dari Register Of Ship (Lloyd's Register) dihasilkan alternatif ukuran utama kapal, yaitu dengan panjang kapal keseluruhan (Loa) = 113 m, panjang kapal (Lpp) = 98 m, lebar kapal (B) = 17 m, tinggi kapal (H) = 8,7 m, sarat kapal (T) = 7,1 m, dan kecepatan kapal (Vd) = 12,2 knot. Pada kecepatan maksimal 12,2 knot hambatan yang di terima sebesar = 254,2 kN dan power sebesar 2458 Hp. Hasil analisa stabilitas diperoleh nilai GZ maksimum kapal = 7,992 m pada 90 deg dengan nilai GM = 8.941 m. Hasil analisa olah gerak, diperoleh nilai amplitudo pada wave heading 0 dan 180 derajat pada semua kondisi tidak terjadi gerakan rolling. Semua kondisi Pada heading wave 180 derajat mempunyai kecepatan gerakan (velocity) heaving yang lebih besar dibanding pada heading 0, 45 dan 90 derajat.

Kata kunci :kapal general cargo, ukuran utama kapal, hambatan,, stabilitas, olah gerak kapal

Abstract

The general cargo ship is a ship carrying goods for loading of various cargo. The goods usually in a boxed or packed. General cargo ship equipped with crane porters to facilitate loading and unloading of cargo. In this research the researcher plans hull design.. Main dimension is found by regression method that using 5 ship comparators. From its main demension can be determined a lines plan, general arrangement, hydrostatic analysis, stability analysis, and seakeeping analysis that based on the IMO regulation. The analysis from regression method that using 5 ship comparators from Register Of Ship (Lloyd's Register) determines main demension, lenght over all Loa = 113 m, lenght per pendicular LPP = 98 m, breadht B = 17 m, hight H = 8,7 m, draft T = 7,1 m, service speed = 12,2 knots. In this matter the maximum speed is 12,2 knots that resistance is 254,2 kN, power = 2458 HP, analysis from Stability determined maximum GZ is 7,992 m on 90 degree then, GM is 8,941 m. Seakeeping result analysis determined value of amplitudo from wave heading 0 and 180 degree on all conditions does 'nt have rolling movement. All condition on heading wave 180 degree have higher velocity heaving than heading 0, 45, 90 degree.

Keywords: General Cargo Ship, Main dimension, Resistance, Stability, Seakeeping

1. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Poros maritim ini sangat berkaitan erat dengan perdagangan dan pelayaran. Maka

perlu adanya Industri Maritim yang berfokus untuk mengembangkan dan memanfaatkan segenap potensi dan sumberdayanya untuk berbagai industri dan jasa maritim dunia, yang memberikan manfaat ekonomi yang

sangat besar dan memberikan manfaat sosial yang luas. Komponen ini mencakup pengembangan industri perkapalan dan galangan kapal, pengembangan jasa-jasa kelautan, ekowisata dan bahari.

"Fokus pemerintah pada sektor ke-maritiman membawa tantangan luar biasa berat tetapi peluang yang juga luar biasa besar," kata Suryo Bambang Sulisto saat membuka Rapat Pimpinan Nasional Kadin di Jakarta, Senin. Menurut dia, proses logistik maritim dinilai masih terkendala dalam hambatan infrastruktur yang sangat tinggi. Selain itu, ia berpendapat bahwa distribusi sejumlah barang dinilai masih bergantung kepada kapal asing. [4]

Data yang di ungkap oleh Direktorat Jenderal Perhubungan Laut Kementerian Perhubungan menunjukkan bahwa kapal asing masih mendominasi tata niaga kelautan Indonesia. Sementara pemberlakuan asas *cabotage* masih terkendala minimnya jumlah kapal berbendera Indonesia. [3]

Menurut data UNCTAD 2013, Bambang menjelaskan, Indonesia menempati urutan ke-9 negara dengan volume petikemas di pelabuhan terbesar di dunia. Dalam data tersebut disebutkan bahwa lalu-lintas perdagangan dunia melalui laut tumbuh sekitar 4 persen per tahun dan telah mencapai angka 8,7 miliar ton dengan proporsi petikemas sekitar 1,4 miliar ton (151 juta TEU's). Dari angka tersebut, 60 persen di antaranya berasal dari negara-negara berkembang dengan pola pergerakan utama Eropa-Asia-Amerika. "Meski muatan domestik besar, namun umumnya memiliki intensitas yang rendah, sehingga cenderung memilih kapal kecil/sedang yang lebih fleksibel," kata Bambang. Dalam hal ukuran kapal (DWT), Bambang mengungkapkan, Indonesia menempati urutan ke-19 dunia dengan proporsi 0,88 persen dari total muatan perdagangan dunia. Sementara dari jumlah kapal menempati posisi ke-2 dunia dengan proporsi 7,24 persen dari total dunia. Hal ini mengindikasikan bahwa kapal-kapal yang beroperasi untuk pergerakan domestik adalah kapal-kapal kecil. Hal ini juga diperparah dengan umur rata-rata kapal niaga nasional sekitar 20-25 tahun. Adapun domi-

nasi pelayaran asing memang terlihat dari muatan (*freight*) kapal asing yang mengangkut muatan luar negeri (ekspor/impor), yakni menguasai 90,51 persen (522,5 juta ton). Sementara muatan dalam negeri, kapal asing menguasai 50 persen dari seluruh angkutan total barang (89,8 juta ton). [2]

Riset Asosiasi Pelayaran Niaga Indonesia (INSA) memperkirakan pada tahun 2020 RI membutuhkan armada kapal dengan total volume 45 juta ton bobot mati (DWT) untuk melayani sekitar 370 juta ton muatan laut domestik dan 550 juta ton muatan laut internasional. [1]

Data Indonesia National Shipowners Association (INSA) menunjukkan penambahan jumlah kapal yang semakin bertambah dari hari ke hari. Jumlah armada kapal niaga nasional hingga pertengahan tahun 2013 tercatat naik 132,8%, menjadi 14,064 unit atau dari sebelumnya 6,041 unit di tahun 2005. Pertumbuhan jumlah kapal niaga ini bisa jadi untuk mengantisipasi rata-rata pertumbuhan volume kargo yang terus tumbuh di kisaran 15%-25% per tahun. Angka ini menunjukkan masa depan bisnis pelayaran nasional terlihat cerah di masa mendatang. Apalagi Indonesia akan menyoar pembangunan maritim dan akan menghadapi pasar tunggal ASEAN 2015. [1]

Kendati kapal niaga terus tumbuh, jumlahnya masih dirasakan kurang memenuhi jumlah ideal. Hal ini harus diantisipasi oleh pelaku pasar dan pemerintah. Untuk mengantisipasi akan membludaknya angkutan ekspor-impor, maka harus bersiap-siap mengantisipasinya. Setidaknya, INSA memprediksi kurang lebih 1.000 unit kapal per tahun diperlukan oleh industri pelayaran.

Dengan potensi pasar industri yang besar serta perkembangan industri maritim di masa mendatang sangat prospektif, maka Kementerian Perindustrian menyiapkan peta jalan (road map) pembangunan industri perkapalan di Indonesia hingga tahun 2025. Industri ini pun diharapkan bisa memproduksi dan mereparasi semua jenis kapal berukuran kecil hingga besar. Salah

satu sasaraannya pada 2020, klaster industri perkapalan nasional sudahmampul memproduksi kapal berbobot 200 ribu ton. [1]

Fakta-fakta tersebut yang melatar belakangi penulis merancang sebuah kapal niaga sebagai sarana transportasi laut yang aman, lancar, nyaman, cepat, dan tepat serta terjangkau sesuai dengan kebutuhan sarana transportasi laut di Indonesia.

1.2. Perumusan Masalah

Dalam penelitian ini diambil beberapa rumusan masalah sebagai berikut :

1. Bagaimana menentukan ukuran utama kapal
2. Bagaimana merencanakan *lines plan* dan rencana umum
3. Bagaimana membuat analisis stabilitas, hidrostatik, dan olah gerak kapal.

1.3. Batasan Masalah

Batasan masalah digunakan sebagai acuan dalam penulisan penelitian sehingga sesuai dengan permasalahan serta tujuan yang diharapkan. Batasan permasalahan yang di bahas dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

- a. Pemilihan kapal pembanding berdasarkan data dari Register Of Ship LR (Lloyd's Register), dengan kisaran kapasitas 7000 DWT.
- b. Kapal yang dirancang merupakan kapal baja.
- c. Perhitungan ukuran utama kapal menggunakan *Regression excel* tahun 2007.
- d. Pembuatan *lines plan* kapal pada tugas akhir berdasarkan pada metode *Form Data* sedangkan untuk pemodelan *hull form* menggunakan *software Delftship Version 4.03.68*
- e. Perhitungan stabilitas kapal menggunakan *software kapal*.
- f. Perhitungan hambatan kapal menggunakan *software kapal*.
- g. Tidak melakukan perhitungan *profile* dan *lay out kamar mesin*.
- h. Analisis ekonomis dan analisis konstruksi tidak dilakukan.
- i. Tidak melakukan pengujian *towing tank*.
- j. Model lambung yang dipilih adalah *monohull*.

k. Perancangan dengan menggunakan *Rules BKI 2007*.

1.4. Tujuan Penelitian

Berdasarkan latar belakang di atas maka maksud dan tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Menentukan ukuran utama kapal
2. Merencanakan *lines plan* dan rencana umum
3. Menghitung/membuat analisis stabilitas, hidrostatik, dan olah gerak kapal.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Umum

Dalam merencanakan atau mendesain kapal bangunan baru, ada beberapa hal yang harus diperhatikan baik dari segi teknis, ekonomis maupun segi artistiknya. Hal-hal yang mendasar yang harus diperhatikan adalah:

- a. Type kapal.
- b. Jarak tempuh.
- c. Jenis dan berat muatan yang diangkut.
- d. Kecepatan kapal.
- e. Dead Weight Tonnage (DWT).
- f. Payload (muatan bersih). [16]

2.2. Karakteristik Kapal General Cargo

Kapal Cargo adalah kapal yang mengangkut muatan berupa barang, karena kapal cargo ini termasuk dalam jenis kapal barang, sehingga syarat-syarat yang diperlukan oleh suatu kapal laut berlaku pula untuk kapal cargo. Namun demikian berbeda dengan jenis kapal umum lainnya seperti kapal Ikan, kapal Tanker yang mempunyai operasional berbeda. Kapal Cargo digunakan untuk mengangkut barang, dengan demikian konstruksi dan desain kapal Cargo berbeda dengan konstruksi kapal Ikan maupun kapal Tanker

Pada umumnya kapal-kapal barang terutama general cargo dapat membawa penumpang kelas sampai 12 penumpang dan tetap dinamakan kapal Cargo. Kapal Cargo mempunyai kecepatan berkisar antara 8 s/d 25 knot. [11]

2.3. Tahap Perencanaan

Tahap-tahap untuk merencanakan kapal (kapal Cargo) dapat melalui langkah-langkah berikut:

- a. Lines Plan (Rencana Garis)

- b. Diagram Hidrostatik
- c. Floodable Length (Diagram Kebocoran)
- d. General Arrangement (Rencana Umum)
- e. Ship Stability (Stabilitas Kapal)
- f. Kekuatan Memanjang Kapal
- g. Olah gerak kapal[11]

3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Identifikasi Permasalahan

3.1.1 Perumusan masalah dan penetapan tujuan

Pada tahap awal dari proses penelitian dari tugas akhir ini, langkah pertama yang dilakukan adalah mengidentifikasi dengan perumusan masalah. Kemudian ditetapkan tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini. Sebagaimana yang telah dirumuskan pada bagian Tujuan Penelitian Bab 1.

3.1.2 Batasan dan asumsi yang berlaku

Dalam penelitian ini terdapat batasan-batasan permasalahan agar fokus pembahasannya dan tidak terlalu meluas sehingga tidak sesuai dengan tujuan awal dari penelitian.

3.1.3 Ruang lingkup masalah

Ruang lingkup permasalahan yang akan dianalisa dalam Penelitian ini adalah:

- a. Menentukan ukuran utama kapal.
- b. Membuat Lines Plan (Rencana Garis).
- c. Menghitung Hidrostatik.
- d. Membuat General Arrangement (Rencana Umum).
- e. Menghitung Stabilitas Kapal.
- f. Menganalisa Tahanan Kapal.
- g. Menganalisa Olah Gerak Kapal.

3.2 Penelitian

Karena media untuk penelitian adalah pendekatan *software*, maka prosedur yang harus dilakukan adalah mempersiapkan data-data teknis untuk kemudian dianalisa.

Sebagai langkah awal, untuk pemodelan *hull form* kapal adalah sebagai berikut :

3.2.1 Materi penelitian

Materi penelitian yang dimaksud dalam penelitian ini meliputi data-data yang bersifat primer dan sekunder.

a. Data primer

Data-data yang dikumpulkan meliputi:

1. Ukuran utama kapal (Lpp, lebar kapal, sarat kapal, dan tinggi kapal) untuk membuat *lines plan*.
2. Kapasitas, ukuran dan tata letak bangunan atas kapal.
3. Kapasitas, ukuran dan tata letak muatan palkah, tanki-tanki, provision, gudang dan ruangan lainnya.

b. Data sekunder

Untuk data-data yang bersifat sekunder antara lain:

1. Studi pustaka.
2. Mesin utama dan daya mesin.
3. Karakteristik daerah pelayaran.
4. Data kapal pembanding.

3.2.2 Teori dan referensi penelitian

Teori dasar dan referensi-referensi yang dijadikan dasar mengolah dan membahas data-data penelitian antara lain:

1. Tinjauan mengenai kapal *general cargo*.
2. Karakteristik bentuk lambung kapal *general cargo*.
3. Teori hambatan kapal.
4. Teori stabilitas kapal.
5. Teori olah gerak kapal.
6. Dan *manual book* dari beberapa software yang digunakan dalam penelitian ini, antara lain:
 - a) *Delfship Version 4.03*
 - b) *Maxsurf Pro Verrison 13.01*
 - c) *Hydromax Pro Version 13.01*
 - d) *Hull Speed Version 13.01*
 - e) *Sea Keeper Version 13.01*

3.3 Pengumpulan Data

Dalam pengambilan data metode yang digunakan antara lain:

1. Metode observasi gambar-gambar teknis yang bertujuan untuk memperoleh data-data yang bersifat primer.
2. Melakukan analisa dan perhitungan untuk mendapatkan data-data sekunder yang diperlukan.

3.4 Analisa dan Pengolahan Data

Analisa dan pengolahan data meliputi:

1. Pembuatan model kapal
2. Perhitungan hidrostatis kapal
3. Perhitungan stabilitas kapal
4. Perhitungan hambatan kapal
5. Perhitungan olah gerak kapal

3.5 Penyajian Data Hasil Perhitungan

Semua hasil pengolahan data berupa gambar, grafik, serta perhitungan yang diperoleh hasil dari proses tersebut, kemudian dilakukan pengelompokan agar mudah dalam penyusunan laporan.

3.6 Penarikan Kesimpulan

Tahap ini adalah pengambilan kesimpulan dari seluruh tahapan di atas sesuai dengan tujuan awal yang ditetapkan pada penelitian serta saran mengenai pengembangan penelitian lanjutan.

4. PERHITUNGAN & ANALISA DATA

4.1. DESIGN HULL FROM KAPAL

Dalam pengerjaan penelitian ini, sesuai dengan judul penelitian maka objek penelitian adalah perancangan kapal general cargo.

4.1.1 Penentuan Data Kapal Perbandingan

Berdasarkan kapal yang akan direncanakan yaitu kapal *general cargo* 7000 DWT, maka diperoleh kapal perbandingan dari klas LR (*Lloyd's Register*).

4.1.2 Penentuan Ukuran Utama Kapal

Dalam penentuan ukuran utama kapal ini, metode yang digunakan adalah metode perbandingan (*comparison method*) dengan menggunakan metode regresi linier (*linier regression method*), yakni perbandingan langsung dengan kapal perbandingan. Dan didapatkan ukuran utama kapal sebagai berikut :

| | |
|-------------------|------------------------|
| Tipe Kapal | : <i>General Cargo</i> |
| Loa | : 113m |
| Lpp | : 98 m |
| Breadth (Moulded) | : 17 m |
| Depth (Moulded) | : 8,7 m |
| Moulded Draft | : 7,1 m |
| Speed | : 12,20 Knots |

4.1.3 Rencana Garis (Lines Plan)

Dalam merencanakan suatu kapal, tahap awal yang harus dilakukan adalah membuat rencana garis. Dalam penelitian ini, pembuatan *lines plan* serta pemodelan 3 dimensi kapal dilakukan dengan menggunakan program *Delfship Profesional Version 4*.

Sebelum memulai pemodelan dalam program *Delfship Profesional Version 4* terlebih dahulu mengetahui lebih dahulu ukuran besar kecilnya kapal, seperti panjang, lebar maupun tinggi badan kapal. Berikut adalah perhitungan-perhitungan yang mempengaruhi bentuk kapal.

- a. Menentukan nilai L_{wl} (*Length of water line*)
 - b. Menentukan nilai C_b (*Coefisien block*)
 - c. Menentukan nilai C_m (*Coefisien midship*)
 - d. Menentukan nilai C_p (*Coefisien prismatic*)
- Koefisien Prismatic Memanjang (C_p)
 - Koefisien Prismatic Tegak (C_{pv})
- e. Menentukan nilai C_{wl} (*Coefisien water line*)
 - f. Menentukan nilai V (*Volume kapal*)
 - g. Menentukan nilai A_m (*Luas midship*)
 - h. Menentukan jumlah station dari AP s/d FP (*main part*)

- Perhitungan Main Part

Panjang kapal dari AP sampai FP (LPP) dibagi menjadi 10 station.

Jarak AP sampai 1 dan 19 sampai FP dibagi menjadi 4 station.

Jarak 1 sampai 2, 2 sampai 3, 7 sampai 8, dan 8 sampai 9 dibagi menjadi 2 station

- Perhitungan Can Part
- h. $h_{Can Part} = (LWL - L_{pp})/2$
 - i. Menentukan garis geladak tepi (*Sheer*)
 - j. Menentukan garis geladak tengah (*Chamber*)

- k. Menentukan garis kubu-kubu (*Bulwark*)

Berdasarkan ketentuan peraturan BKI 1996 Vol. II tinggi bulwark minimal 600 mm. Dalam perancangan ini tinggi bulwark yang direncanakan 1000 mm.

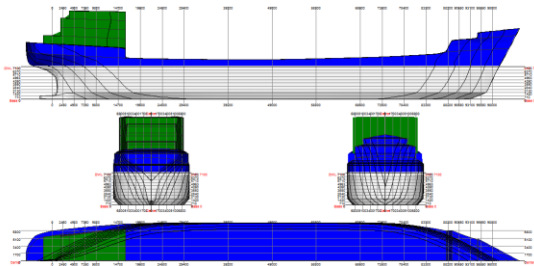
1. Menentukan geladak kimbul (*Poop Deck*)

Tinggi geladak kimbul tidak boleh lebih rendah dari tinggi orang, tinggi geladak kimbul di ukur dari geladak atau *deck* yaitu antara 1,9 – 2,4 m. Dalam perancangan ini geladak kimbul direncanakan tingginya 2,4 m.

- m. Menentukan geladak akil (*ForecastlDeck*)

Tinggi geladak akil sama dengan tinggi geladak kembang yaitu antara 1,9 – 2,4 m. Pada perancangan ini tinggi geladak akil adalah 2,4 m.

Setelah menghitung nilai-nilai yang mempengaruhi bentuk kapal, maka langkah selanjutnya adalah pembuatan model menggunakan program *Delfship Profesional Version 4*. Berikut ini adalah *original model* yang dibuat dengan menggunakan program *Delfship Profesional Version 4*.



Gambar 4.1.3. Rencana Garis Hasil Pemodelan Dalam Program *Delfship Profesional Version 4*

4.2 HIDROSTATIK KAPAL

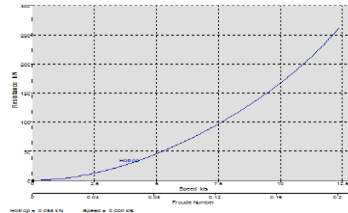
Lengkungan Hidrostatik merupakan sebuah gambar kurva yang menggambarkan sifat-sifat badan kapal yang tercelup dalam air atau untuk mengetahui sifat-sifat careen. Lengkungan-lengkungan hidrostatik digambarkan kurvanya sampai sarat penuh dan tidak dalam kondisi trim. Gambar hidrostatik mempunyai lengkungan-lengkungan yang masing-masing menggambarkan sifat-sifat atau karakteristik badan kapal yang terbenam dalam air. Berikut adalah hasil analisa hidrostatik model kapal menggunakan *software Hydromax Pro Version 13.01*.

4.3 HAMBATAN KAPAL

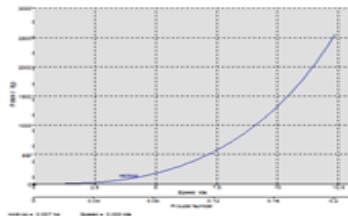
4.3.1 Besarnya Hambatan Kapal

Berikut ini merupakan nilai hambatan dan *power (BHP)* pada model kapal *general cargo* dengan menggunakan metode *Holtrop* dari paket perhitungan pada program *Hull Speed Version 13.01* dengan kecepatan maksimum sampai dengan 12,2 knots. Kecepatan ini diambil dari harga kecepatan maksimum yang direncanakan untuk kapal ini.

Setelah *running* diketahui bahwa besarnya hambatan yang dialami kapal pada kecepatan maksimum sebesar 254,2 kN dan membutuhkan daya mesin sebesar 2458 HP.



Gambar 4.3.1.1. Grafik perbandingan *Resistance-Speed* dari uji model



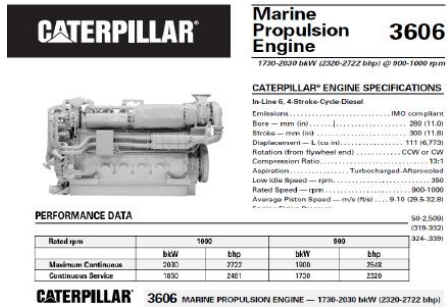
Gambar 4.3.1.2 Grafik perbandingan *Power-Speed* dari uji model

4.3.2 Pemilihan Mesin Kapal

Pemilihan motor penggerak didasarkan pada daya yang dibutuhkan pada kecepatan maksimum dari kapal dengan pertimbangan antara lain :

- Berat dan ukuran motor.
- Volume dan ukuran ruang mesin.
- Tinggi mesin.
- Putaran motor.
- Getaran.

Berdasarkan perhitungan di atas menunjukkan bahwa kapal memerlukan *power* sebesar 2458 HP. maka kapal ini direncanakan menggunakan mesin yang di letakkan di belakang lambung kapal dengan *power* daya *inboard diesel* sebesar 2500 HP (MARINE PROPULSION ENGINE 3606) dengan data spesifikasi mesin terlampir



Gambar 4.3.2 Mesin marine propulsi engine 3606

4.4 Rencana Umum Kapal

Spesifikasi dan gambar rencana umum terlampir dipersiapkan sebagai petunjuk dasar untuk menyusun ruangan-ruangan yang dibutuhkan dan besarnya tanki-tanki pada kapal. Berikut adalah perhitungan berat muatan kapal.

4.4.1 Perhitungan jumlah Crew

Dengan komposisi yang ada, (dari Ship Resistance and Propulsion, hal 168) Dalam penentuan jumlah crew. Dan setelah dihitung didapatkan hasil jumlah crew adalah 30 orang.

4.4.2 Berat bahan bakar mesin induk (Wfo)

Setelah dilakukan perhitungan, didapatkan hasil :

$$W_{fo} = 22,64 \text{ ton}$$

Dan volume bahan bakar

$$V_{fo} = 23,84 \text{ m}^3$$

4.4.3 berat bahan bakar mesin bantu (Wfb)

$$W_{fb} = 4,528 \text{ ton}$$

Volume bahan bakar mesin Bantu (AE):

$$V_{fb} = 4,766 \text{ m}^3$$

4.4.4. Berat minyak pelumas (Wlo)

$$W_{lo} = 0,2 \text{ ton}$$

Volume minyak pelumas (lo)

$$V_{lo} = 0,23 \text{ m}^3$$

4.4.5 Berat air tawar (Wfw)

Penentuan besarnya volume tanki air tawar direncanakan untuk menampung persediaan air tawar untuk kebutuhan pendingin mesin utama (Wfw) engine dan kebutuhan sehari-hari kru kapal (ABK).

- Untuk diminum = (10-20) kg/orang hari = 1.296 kg

- Untuk keperluan cuci = (80-200) kg/orang hari = 12.967 kg

- Untuk pendingin mesin = (2-5) kg/BHP = 12.500 kg

Jadi total kebutuhan air tawar (Wfw) adalah:

$$W_{fw \text{ total}} = a + b + c = 26,8 \text{ ton}$$

4.4.6 Berat bahan makanan (Wp)

$$W_p = 5 \text{ kg/orang hari}$$

$$W_p = 0,5 \text{ ton}$$

4.4.7 Berat crew dan barang bawaan (Wcp)

- Untuk Crew = 75 kg/orang hari = 2250 kg

- Untuk barang = 30 kg/orang hari = 900 kg

$$W_{cp} = \text{berat Crew} + \text{berat barang bawaan}$$

$$W_{cp} = 3,15 \text{ ton}$$

4.4.8 Berat cadangan (Wr)

$$W_r = (0,5-1,5)\% \text{ Displacement (ton)}$$

Dimana Displacement kapal = 8946 ton (hasil analisa hidrostatis)

$$W_r = 135 \text{ ton}$$

4.4.9 Berat muatan bersih (Wpc)

$$W_{pc} = V_{rm} / S_f \text{ (ton)}$$

$$W_{pc} = 6.781,86 \text{ ton}$$

$$DWT = W_{fo} + W_{fb} + W_{lo} + W_{fw} + W_p + W_{cp} + W_r + W_{pc} \text{ (ton)}$$

$$= 22,64 + 4,53 + 0,20 + 8,0 + 26,80 + 0,50 + 3,15 + 135,0 + 6.781,86 = 6.982,68 \text{ ton}$$

$$LWT = \text{Displacement} - DWT$$

$$LWT = 8.946 - 6.982,68 \text{ ton} = 1963,32 \text{ ton}$$

4.5 Stabilitas dan Periode Olang Kapal

Dari hasil perhitungan Dari tabel dan grafik kita dapat lihat bahwa nilai GZ maksimum kapal terjadi pada kondisi VII dengan berat muatan 0%. Hal ini menunjukkan bahwa pada saat membawa muatan sedikit, kapal mempunyai momen pembalik yang paling besar nilainya dikarenakan kapal pada kondisi ini memiliki momen kopel (righting moment) yang cukup besar pula.

Tabel 4.5. Hasil Analisa Stabilitas Kapal Pada Tiap-Tiap Kondisi

| No. | Rule | Criteria | Required | Kondisi | | | | | | |
|-----|------------------------------|--|----------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------|--------------|
| | | | | I | II | III | IV | V | VI | VII |
| 1. | IMO.A.749 (18) Ch.3.1.2.1 | Area 0%to30° | 3,151 m.deg | 21,76 27 | 21,03 84 | 21,11 10 | 18,77 72 | 28,47 60 | 63,35 83 | 65,06 56 |
| 2. | IMO.A.749 (18) Ch.3.1.2.1 | Area 0%to40° Or Downflood ing point | 5,157 m.deg | 37,74 44 | 36,31 54 | 36,51 87 | 32,48 27 | 48,90 62 | 109,1 457 | 112,0 893 |
| 3. | IMO.A.749 (18) Ch.3.1.2.1 | Area 30%to40° Or Downflood ing point | 1,719 m.deg | 15,98 18 | 15,27 70 | 15,40 77 | 13,70 55 | 20,43 02 | 45,78 75 | 47,02 37 |
| 4. | IMO.A.749 (18) Ch.3.1.2.2 | GZ at 30° Or greater | 0.200 m | 2,466 | 2,324 | 2,355 | 2,083 | 3,100 | 7,864 | 7,992 |
| 5. | IMO.A.749 (18) Ch.3.1.2.3 | Angle of GZ max | 25.0 deg | 70 | 70 | 70 | 70 | 70 | 90 | 90 |
| 6. | IMO.A.749 (18) Ch.3.1.2.4 | GM | 0.150 m | 3,069 | 2,976 | 2,984 | 2,673 | 4,030 | 8,636 | 8,941 |

4.6 Olah Gerak Kapal

Pada penelitian ini perhitungan olah gerak kapal menggunakan program *Seakeeper 13.01*. Dan data yang diambil sebagai pedoman dalam analisa olah gerak kapal *General cargo* di perairan yang menjadi obyek penelitian menggunakan data gelombang yang telah ditetapkan oleh WMO (*World Meteorological Organization*).

Tabel 4.6.1.. *World Meteorological Organization Sea State Code*

| Sea State Code | Significant Wave Height ($H_{1/3}$)(m) | | Sustained Wind Speed (Knots) | | Wave Period (s) | Description |
|----------------|--|-------|------------------------------|------|-----------------|----------------|
| | Range | Mean | Range | Mean | | |
| 1. | 0,5 – 1,25 | 0,875 | 11 – 16 | 13,5 | 7,5 | Slight water |
| 2. | 1,25 – 2,5 | 1,875 | 17 – 21 | 19 | 8,8 | Moderate water |
| 3. | 2,5 – 4 | 3,250 | 22 – 27 | 24,5 | 9,7 | Rough water |

Tabel 4.6.2. Number of Wave Heading

| No. | Wave Heading | Description |
|-----|--------------|-----------------|
| 1. | 0 degrees | Following Seas |
| 2. | 45 degrees | Quartering Seas |
| 3. | 90 degrees | Beam Seas |
| 4. | 180 degrees | Head Seas |

4.7 Analisa Olah Gerak Kapal

Berdasarkan perhitungan yang dilakukan dengan pendekatan program *Seakeeper 13.01*, maka didapatkan hasil dengan mengacu pada 3 kondisi ombak. Dalam penelitian ini hasil output berupa definisi atas gerakan kapal yaitu *heave*, *pitch*, *roll* yang didefinisikan atas amplitudo dan velocity.

a. Nilai amplitudo pada tiap gerakan kapal

Amplitudo merupakan nilai dari simpangan terbesar pada saat kapal merespon frekuensi gelombang. Apabila nilai amplitudo terlalu besar maka dapat menyebabkan air masuk ke geladag kapal (*deckwetness*). Sehingga nilai amplitudo ini berkaitan dengan masalah keselamatan kapal. Semakin buruk kondisi gelombang maka nilai amplitudo semakin besar, sehingga dalam penulisan tugas akhir ini menggunakan perhitungan pada kondisi ombak besar (*Rough*).

Table 4.7.1 Nilai Amplitudo

| SLIGHT WATER | | | |
|----------------|--------------------|------------------|-------------------|
| Wave Heading | Heave Motion (m) | Roll Motion(deg) | Pitch Motion(deg) |
| 0 degrees | 0.031 | 0 | 0,00462 |
| 45 degrees | 0.07 | 0,03811 | 0,00692 |
| 90 degrees | 0,226 | 0,07491 | 0,00608 |
| 180degrees | 0,081 | 0 | 0,00322 |
| MODERATE WATER | | | |
| Wave Heading | Heave Motion (m) | Roll Motion(deg) | Pitch Motion(deg) |
| 0 degrees | 0.129 | 0 | 0.01350 |
| 45 degrees | 0.217 | 0,06089 | 0,01648 |
| 90 degrees | 0,473 | 0,13298 | 0,01512 |
| 180 degrees | 0,388 | 0 | 0,01402 |
| ROUGHT WATER | | | |
| Wave Heading | Heave Motion (m) | Roll Motion(deg) | Pitch Motion(deg) |
| 0 degrees | 0.308 | 0 | 0,02483 |
| 45 degrees | 0.433 | 0,08804 | 0,02789 |
| 90 degrees | 0.802 | 0,17713 | 0,02077 |
| 180 degrees | 0.922 | 0 | 0,03064 |

Dari hasil nilai amplitudo tersebut tampak bahwa arah dari gelombang (*heading*) mempengaruhi respon kapal. Tiap kapal memiliki respon yang berbeda terhadap masing - masing heading. Tidak semua heading membahayakan keselamatan kapal. Selain itu hasil tersebut menunjukkan bahwa tidak ada intervensi gelombang dari arah lain. Sehingga pada wave heading 0 dan 180 derajat pada semua kondisi tidak terjadi gerakan rolling.

b. Nilai kecepatan (*velocity*) pada tiap gerakan kapal

Kecepatan (*velocity*) yang dimaksud disini adalah fungsi numerik yang terdiri dari 2 (dua) variabel yaitu jarak (m) dan waktu (s) pada tiap-tiap gerakan kapal. Semakin cepat gerakan kapal mengakibatkan semakin cepat periode gerakan kapal pada saat merespon gelombang. Hal ini tentunya membuat kapal semakin tidak nyaman.

Tabel 4.7.2 Nilai *velocity*

| SLIGHT WATER | | | |
|----------------|--------------------|---------------------|----------------------|
| Wave Heading | Heave Motion (m/s) | Roll Motion (rad/s) | Pitch Motion (rad/s) |
| 0 degrees | 0,012 | 0 | 0,00179 |
| 45 degrees | 0,035 | 0,04055 | 0,00357 |
| 90 degrees | 0,077 | 0,10019 | 0,00513 |
| 180degrees | 0,199 | 0 | 0,00327 |
| MODERATE WATER | | | |
| Wave Heading | Heave Motion (m/s) | Roll Motion (rad/s) | Pitch Motion (rad/s) |
| 0 degrees | 0,049 | 0 | 0,00519 |
| 45 degrees | 0,103 | 0,06339 | 0,00811 |
| 90 degrees | 0,360 | 0,1791 | 0,01179 |
| 180 degrees | 0,380 | 0 | 0,01349 |
| ROUGHT WATER | | | |
| Wave Heading | Heave Motion (m/s) | Roll Motion (rad/s) | Pitch Motion (rad/s) |
| 0 degrees | 0,114 | 0 | 0,00009 |
| 45 degrees | 0,202 | 0,09047 | 0,01329 |
| 90 degrees | 0,595 | 0,23492 | 0,01551 |
| 180 degrees | 0,822 | 0 | 0,02791 |

Dari hasil analisa velocity diatas menunjukkan bahwa arah masuk gelombang (wave heading) mempengaruhi kenyamanan kapal. Pada heading 180 derajat di semua kondisi mempunyai kecepatan gerakan (velocity) heaving yang lebih besar dibanding pada heading 0, 45 dan 90 derajat.

Sehingga tinjauan kenyamanan dari *sea behaviour* dari model kapal *General Cargo* tersebut tergantung pada beberapa hal :

- Tinggi rendahnya simpangan terbesar dari gerakan kapal. Semakin tinggi simpangan amplitudo kapal berarti semakin besar kemungkinan air masuk ke geladag kapal. Semakin rendah berarti meminimalisir resiko *deck wetness*.
- Cepat lambatnya gerakan kapal. Semakin cepat gerakan kapal berarti respon kapal terlalu kaku sehingga meningkatkan resiko mabuk laut (*Motion Sickness of Incident*). Semakin lambat berarti nilai MSI semakin rendah sehingga dari tinjauan kenyamanan lebih tinggi.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan dari hasil penelitian yang dilakukan penulis yaitu Perancangan Kapal *General Cargo 7000 DWT* dengan rute pelayaran Jakarta - Surabaya, maka dapat disimpulkan beberapa informasi teknis sebagai berikut:

1. Menggunakan metode perancangan dengan menggunakan sistem regresi didapatkan ukuran kapal $Loa = 113m$; $Lpp = 98,00m$; $Lwl=101,9m$; $B=17,0m$; $T=7,10m$; $H=$

$8,70m$; $V=12,20$ knots; Displacement = 8.946 ton; LWT = $1.963,32$ ton; DWT = $69.82,68$ ton ; $Cb = 0,72$; $Cm = 0,987$

2. Hasil analisa perhitungan hambatan kapal dengan menggunakan program *Hullspeed Version 13.01* dengan menggunakan metode Holtrop dan dengan kecepatan penuh $V = 12,200$ knot didapatkan nilai resisten dan power. Nilai resisten yang dialami kapal sebesar $254,2$ kN dan power sebesar 2458 HP atau $1833,83$ kW. Dari hasil tersebut, maka dipilihlah motor penggerak utama (*MARINE PROPULSION ENGINE 3606*) yang mempunyai daya sebesar 1900 Kw
3. Hasil dari rencana umum (*General Arrangement*) menunjukkan bahwa kapal memiliki ruangan yang cukup untuk semua perlengkapan dan muatan dengan daya jelajah dengan rute " *Jakarta –Tanjung Pandan-Pontianak-Batam*" dengan radius 791 seamiles, didapatkan jumlah ABK (*crew*) = 30 orang; total berat bahan bakar = $22,64$ ton; berat minyak lumas = $0,2$ ton; berat air tawar = $26,8$ ton; berat bahan makanan = $0,5$ ton; berat *crew* dan barang bawaan = $3,15$ ton; berat cadangan = 135 ton; berat muatan bersih = $6.781,86$ ton; DWT kapal = $6.982,68$ ton dan nilai LWT kapal = $1963,32$ ton.
4. Hasil analisa stabilitas menunjukkan bahwa kapal memiliki nilai GZ maksimum terjadi pada kondisi VII{pada kondisi kapal dengan muataan kosong(0%) karena menunjukkan nilai momen kopel (Rihting Moment) paling besar.
5. Dari hasil analisa olah gerak kapal dengan menggunakan data gelombang yang telah ditetapkan oleh WMO (World Meteorological Organization) didapatkan hasil bahwa nilai amplitudo pada wave heading 0 dan 180 derajat pada semua kondisi tidak terjadi gerakan rolling. Pada heading 180 derajat di semua kondisi mempunyai kecepatan gerakan (velocity) heaving yang lebih besar dibanding pada heading 0, 45 dan 90 derajat. Sehingga tinjauan kenyamanan dari *sea behaviour* dari model kapal *General Cargo* tersebut tergantung pada beberapa hal :
 - a. Tinggi rendahnya simpangan terbesar dari gerakan kapal. Semakin tinggi

simpangan amplitudo kapal berarti semakin besar kemungkinan air masuk ke geladak kapal. Semakin rendah berarti meminimalisir resiko *deck wetness*.

- b. Semakin cepat gerakan kapal berarti respon kapal terlalu kaku sehingga meningkatkan resiko mabuk laut (Motion Sickness of Incident) para kru atau penumpang. Semakin lambat berarti nilai MSI semakin rendah sehingga dari tinjauan kenyamanan jelas lebih tinggi.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] INSA SECO, 2015 “*State of Logistics Indonesia*” Jakarta, March 27, 2015
- [2] UNCTAD, 2014 “*Review of Maritim Traansport 2014*” Jakarta.
- [3] USAID, 2012 “*Impact Of Transport Logistics On Indonesia’s Trade*” Jakarta.
- [4] Bambang Prihartono 2015” *PENGEMBANGANTOL LAUT DALAM RPJMN 2015-2019 DAN IMPLEMENTASI 2015*” Badan Perencanaa Pembangunan Nasional. Jakarta.
- [5] ADB, 2012 “Transport Sector Assessment, Strategy, and Road Map” Metro Manila.
- [6] F.B, Robert, 1988, “*Motion In Waves and Controllability*”, *Principles of Naval Architecture Volume III*,_ The Society of Naval Architects and Marine Engineers, USA.
- [7] IMO. 2002. *Code On Intact Stability For All Types Of Ships*.
- [8] Khramushin, asily N, 2005, “Technical and Historical Analysis of Ship Seakeeping”
- [9] Maritime New Zealand, 2006, “Barge Stability Guidelines”.
- [10] Ngumar, H.S, 2004, “ Identifikasi Ukuran Kapal “, Departemen Pendidikan Nasional, Direktorat Jendral Pendidikan Dasar dan Menengah, Direktorat Pendidikan Menengah Kejuruan. Jakarta.
- [11] Sofi’I, Moch. Indra Kusna Djaja, 2008, Teknik Kontruksi Kapal Baja Jilid I Untuk SMK, Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan, Direktorat Jenderal Manajemen Pendidikan Dasar dan Menengah, Departemen Pendidikan Nasional, Jakarta
- [12] Suhardjito, Gaguk. 2006, Tentang Rencana Umum, gagukesha@gmail.com, archimedia 2006
- [13] 2007, Maxsurf 13 User Manual, Formation Design System Pty. Ltd.
- [14] 2007, Hydromax 13 User Manual, Formation Design System Pty. Ltd.
- [15] 2007, Sea Keeper 13 User Manual, Formation Design System Pty. Ltd.
- [16] 2007, Hull Speed 13 User Manual, Formation Design System Pty. Ltd.
- [17] 2002-03. Reigister Of Ships LR (Lloyd’s Register). LR (Lloyd’s Register).
- [18] 2002-03. Reigister Of Ships LR (Lloyd’s Register). LR (Lloyd’s Register).
- [19] Watson, DGM, 1998, Practical Ship Design, The Technical Publishing Company, Uk.