



ISSN 2338-0322

JURNAL TEKNIK PERKAPALAN

Jurnal Hasil Karya Ilmiah Lulusan S1 Teknik Perkapalan Universitas Diponegoro

PERANCANGAN KAPAL BULK CARRIER 21600 DWT UNTUK RUTE PELAYARAN MAKASSAR - GUANGZHOU

Yoga Hadi Prayitno^{*}), Wilma Amiruddin¹⁾, Good Rindo

¹⁾Laboratorium Teknologi Desain dan Digitalisasi Kapal

Departemen Teknik Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

Jl. Prof. Soedarto, SH, Kampus Undip Tembalang, Semarang, Indonesia 50275

^{*}e-mail : yogahadi37@gmail.com, wilmaamiruddin@gmail.com,

Abstrak

Pada era globalisasi ini perdagangan antar negara semakin sering terjadi. Cina merupakan salah 1 negara yang menjadi pasar tujuan oleh beberapa negara di Asia bahkan sampai Eropa dan Amerika. Produk dan komoditas yang dijual ke pasar Cina beragam seperti produk pertanian, logam dan mineral hasil tambang, material dan bahan bakar penghasil energi, kendaraan, sirkuit elektronik, karet dan lainnya. Indonesia memiliki beberapa komoditas ekspor antara lain produk hasil pertanian, produk perikanan dan hasil laut, CPO, kakao, kopi, batu bara, nikel, besi dan baja. Untuk memasarkan produk ini diperlukan alat transportasi. Kapal Bulk carrier digunakan untuk memindahkan bahan curah dan mentah dalam jumlah besar dengan efektif dan ekonomis. Desain kapal bulk carrier yang dirancang mempertimbangkan data kapal pembanding yang dijadikan contoh model dan rute pelayaran yang dilalui. Dari penelitian yang dilakukan di dapatkan ukuran utama kapal yang sesuai daerah pelayaran adalah LOA 172,55 m, LWL 168,34 m, B 26,35 m, T 8,97 m, cb 0,77 serta DWT 21600 Ton. Melakukan perancangan Rencana umum yang disesuaikan dengan kebutuhan ruangan dan fungsinya. Dilakukan analisa stabilitas secara komputasi yang mengacu pada kriteria IMO. Dilakukan analisa hambatan kapal dengan pendekatan Holtrop.

Kata Kunci: Perancangan, Bulk Carrier, Hambatan kapal, Stabilitas

1. PENDAHULUAN

Sumber daya alam atau segala sesuatu yang berasal dari alam yang bisa digunakan dan dimanfaatkan oleh manusia untuk memenuhi kebutuhannya memiliki ketersediaan yang berbeda pada setiap wilayah. Perbedaan sumber daya alam pada setiap wilayah mendorong terjadinya perdagangan antar wilayah dengan tujuan memenuhi kebutuhan sumber daya alam yang diperlukan. Perdagangan sumber daya alam yang dilakukan antar wilayah memiliki nilai ekonomi dan transaksi yang lebih tinggi dibandingkan dengan perdagangan di dalam wilayah dengan sumber daya alam yang sama. Indonesia merupakan negara kepulauan yang kaya dan memiliki sumber daya alam yang beragam. Kekayaan dan keragaman sumber daya alam merupakan modal dalam pembangunan. Pembangunan yang merata dapat terlaksana

dengan tersalurkannya sumber daya alam Indonesia yang beragam pada setiap wilayah sesuai kebutuhannya. Setelah terpenuhinya kebutuhan sumber daya alam dalam negeri, Indonesia bisa menjual produk barang maupun hasil alam ke Negara yang tidak mampu memproduksi barang maupun hasil alam tersebut untuk menambah devisa Negara. Indonesia memiliki kekayaan alam baik dalam bidang pertambangan, pertanian maupun hasil laut. Dengan komoditas ekspor utama antara lain : CPO, kakao, kopi, batu bara, nikel, besi dan baja.[1] Dimana sebagian besar komoditas tersebut diekspor dalam bentuk curah. Salah 1 alat angkut dan sarana transportasi yang sering digunakan untuk mengangkut muatan curah adalah kapal Bulk Carrier. Kapal Bulk carrier digunakan untuk memindahkan bahan mentah dalam jumlah besar. Kapal ini memiliki peran

penting dalam menghubungkan rantai pasokan yang ada dengan membawa barang dari suatu tempat ke tempat lain dengan jumlah yang besar dalam satu kali perjalanan, sehingga mampu menghemat biaya dan waktu pengiriman.[2] Potongan melintang berbentuk segitiga dari tangki-tangki topside yang berada langsung dibawah dek utamanya serta tangki tangki dasar ganda (double bottom) dan tangki-tangki hopper di lambung bawah kapal menambah kekuatan badan/lambung kapal, yang memungkinkan ruang-ruang palkanya dibuat lebih besar. Selanjutnya, struktur palkanya memungkinkan muatan curahnya termuat tanpa diatur-aturlagi (trimming), sehingga memungkinkan kapal memuat dalam jumlah yang banyak dengan efisien. Peran dari tangki-tangki hopper bukan hanya memperkuat struktur badan kapal, namun juga mempermudah pembongkaran muatan.[3]

Di Indonesia penggunaan armada kapal Bulk Carrier yang tercatat pada Kementerian Perhubungan Republik Indonesia berada pada kisaran 1,58% dari total kapal di Indonesia yang beroperasi. Dengan rincian 53 unit Bulk Carrier dengan izin SIOPSUS dan 294 unit Bulk Carrier dengan izin SIUPAL dari total 21.845 unit kapal yang terdaftar.[4] Sedangkan untuk penggunaan armada kapal Bulk Carrier Indonesia terhadap total kapal Bulk Carrier yang beroperasi secara global berada pada kisaran 2,7%. Total kapal Bulk Carrier yang terdaftar secara global adalah 12.766 unit.[5] Dalam dua decade terakhir, banyak terjadi kecelakaan yang melibatkan kapal Bulk Carrier misalnya saja Rio Gold (2013), Smart (2013), Trans Summer (2013), Thermophylae Sierra (2012), Pacific Carrier (2012), Jiang Quan 6 (2015), Nur Allya (2019) dan lainnya. Penyebab kecelakaan yang paling sering terjadi pada Bulk Carrier yaitu liquefaction / cargo shift yang mempengaruhi stabilitas kapal terutama ruang muat sehingga kapal terbalik, contohnya yang terjadi pada Nur Allya (2012) kapal Bulk Carrier asal Indonesia.[6] Diperlukan peningkatan keamanan dan keselamatan pada kapal Bulk Carrier terutama dari segi stabilitas kapal sehingga hal yang sama tidak terjadi.

Indonesia berada pada lokasi geografis yang strategis, yakni persimpangan rute pelayaran Internasional di Selat Malaka yang menghubungkan Eropa ke Asia Timur dan menghubungkan Asia Timur ke Australia. Untuk mendukung potensi yang ada maka diperlukan ketersediaan armada transportasi yang layak dan

mampu bersaing dengan kapal-kapal berbendera asing dalam upaya pendistribusian hasil alam, dan industry Indonesia. Terutama pada kapal Bulk Carrier dikarenakan sebagian besar komoditas ekspor Indonesia yang masih berada dalam bentuk hasil alam. Atas dasar ini penulis untuk merancang sebuah kapal (bulk carrier) niaga sebagai sarana transportasi laut yang aman, nyaman. Kemudian dapat terjangkau sesuai kebutuhan transportasi di Indonesia.

2. METODE

2.1 Objek Penelitian

Rancangan kapal Bulk Carrier untuk kegiatan ekspor yang dilakukan dalam penelitian ini menggunakan data primer, sekunder, dan sumber literatur. Data primer didapatkan melalui studi literasi dengan mempertimbangkan lokasi pelayaran kapal.

Tabel 1 Data Kapal Pembanding

| No | Ukuran Utama | Dimensi (m) |
|----|------------------------------|-------------|
| 1 | <i>Length Over All (LOA)</i> | 168,3 |
| 2 | <i>Breadth (B)</i> | 25 |
| 3 | <i>Height (H)</i> | 11,5 |
| 4 | <i>Draft (T)</i> | 8,516 |

Dalam merancang kapal bulk carrier perlu mempertimbangkan karakter perairan yang menjadi rute pelayaran serta kapasitas pelabuhan, seperti kedalaman, ukuran dermaga dan kapasitas alat bongkar muat. Rute yang dilalui berjarak 2100 nm.



Gambar 1. Rute pelayaran

Tabel 2 Kapasitas Pelabuhan Soekarno Hatta

| No | Data Pelabuhan | Dimensi |
|----|----------------|---------------------------|
| 1 | Luas | 2720 m ² |
| 2 | Panjang | 1360 m |
| 3 | Kapasitas | 729495 Ton/m ³ |
| 4 | Draft (T) | 9 m |

Tabel 3 Kapasitas Pelabuhan Guangzhou

| No | Data Pelabuhan | Dimensi |
|----|----------------|---------------------------|
| 1 | Luas | 223 ha |
| 2 | Panjang | 2100 m |
| 3 | Kapasitas | 150000 Ton/m ³ |
| 4 | Draft (T) | 13,5 m |



Gambar 2. Pelabuhan Guangzhou

2.2 Perlakuan Pada Objek

Data yang diperoleh dari pengamatan mengenai kondisi perairan pada rute pelayaran menjelaskan karakteristik air laut dan kedalaman yang dilalui oleh kapal. Data ini merupakan dasar yang penting untuk menentukan ukuran utama kapal bulk carrier yang dirancang. Berdasarkan data yang diperoleh digunakan batas ekstrim kapasitas maksimum yang dapat digunakan oleh kapal untuk berlayar maupun bersandar di pelabuhan. Data yang dipilih ini ditujukan agar mendapatkan kapasitas ukuran utama kapal yang mampu menampung muatan semaksimal mungkin dengan tetap mempertahankan kemampuan olah gerak kapal yang baik. Tahapan pengolahan data sebagai berikut :

1. Menentukan ukuran utama kapal
2. Perancangan lines plan
3. Pembuatan model lambung dengan menggunakan *software*
4. Perancangan rencana umum
5. Melakukan analisa Hidrostatik pada lambung kapal yang tercelup air untuk mengetahui karakteristiknya
6. Melakukan analisa hambatan yang diperlukan untuk menentukan mesin yang akan digunakan
7. Meganalisa stabilitas kapal untuk mengetahui keamanan saat berlayar

2.3 Hambatan Kapal

Kapal bergerak di media air dalam kecepatan tertentu, akan mengalami gaya hambat (tahanan atau resistance) yang berlawanan dengan arah gerak kapal tersebut. Besarnya hambatan kapal sangat dipengaruhi oleh kecepatan gerak kapal (Vs), berat air yang dipindahkan oleh badan kapal yang tercelup dalam air (displacement), dan bentuk badan kapal(hull form). Nilai hambatan total kapal dari metode Holtrop memiliki peran penting dalam menentukan daya mesin yang diperlukan pada kapal.

2.4 Rencan Umum

Rencana umum dari sebuah kapal dapat didefinisikan sebagai perancangan atau penyusunan atau dapat dikatakan sebagai penentuan atau penandaan dari semua ruangan yang dibutuhkan, ruangan yang dimaksud seperti ruang muat dan ruang kamar mesin dan akomodasi. Di samping itu juga direncanakan penempatan peralatan-peralatan dan beberapa sistem dan perlengkapan lainnya. Rencana Umum untuk kapal Bulk carrier ini dilakukan dengan *software Computer Aided Design (CAD)*

2.5 Stabilitas Kapal

Stabilitas adalah kemampuan kapal untuk kembali ke posisi semula (normal) dari posisi miring (heeling) setelah mendapat gaya-gaya eksternal pada kapal tersebut sebagai akibat dari perubahan distribusi muatan di atas kapal dan kondisi eksternal seperti gelombang, angin, arus, dan lain sebagainya). Stabilitas lambung kapal dianalisis berdasarkan perbedaan muatan yang dialami kapal pada kondisi tertentu. Selanjutnya untuk apakah kapal ini dapat dikatakan stabil akan mengacu pada IMO (A749).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Ukuran Utama Kapal

Menentukan Ukuran Utama Kapal Bulk Carrier yang dirancang dilakukan dengan cara *Parent Design Approach* dari data kapal bulk carrier lain yang telah beroperasi. Kapal Bulk carrier yang dijadikan acuan adalah kapal bulk carrier Trapezitza berjenis *Handysize Bulk Carrier* dengan DWT 21454 Ton. Dengan metode ini akan menghasilkan karakteristik kapal bulk carrier yang hampir serupa dengan karateristik kapal acuannya. Metode ini diambil dengan tujuan untuk mempercepat perancangan kapal dan mendapatkan

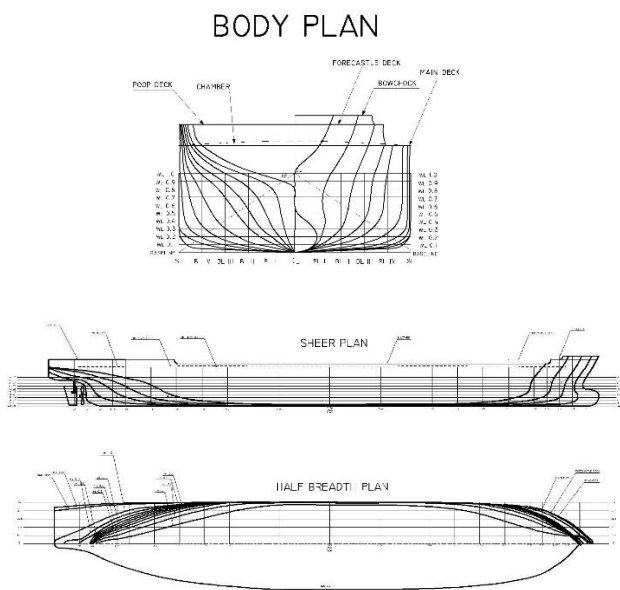
kapal dengan kapasitas yang optimum. Data kapal acuan pada table 1 kemudian disesuaikan dengan data pelabuhan dalam rute pelayaran pada table 2 dan 3. Berdasarkan data kapasitas pelabuhan yang ada dan batasan *class* terhadap standar konstruksi kapal, diperoleh data ukuran utama kapal bulk carrier pada table 4.

Tabel 4 Data Ukuran Utama

| No | Ukuran Utama | Dimensi (m) |
|----|--------------------------------|-------------|
| 1 | <i>Length Over All (LOA)</i> | 172,55 |
| 2 | <i>Breadth (B)</i> | 26,35 |
| 3 | <i>Height (H)</i> | 12,13 |
| 4 | <i>Draft (T)</i> | 8,97 |
| 5 | <i>Coefficient Block (Cb)</i> | 0,77 |
| 6 | <i>Length Water Line (LWL)</i> | 168,34 |

3.2 Lines Plan

Lines Plan untuk kapal bulk carrier ini dirancang dengan menggunakan bantuan *software* permodelan AutoCAD. *Lines Plan* ditampilkan dalam bentuk 3 proyeksi badan kapal, antara lain : *body plan*, *half breadth plan*, *sheer plan*.



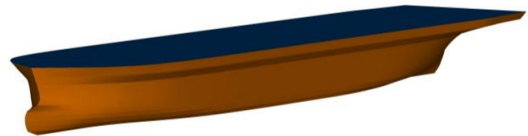
Gambar 3 *Lines Plan*

Hasil *Lines Plan* kapal Bulk Carrier dibagi dalam 20 *station* dengan jarak yang bervariasi, 10 *water lines* dimana jarak antar *water lines* adalah 0,89973 m, 4 *buttock lines* dengan jarak 2,6352 m antar tiap *buttock lines*.

3.3 Model Lambung Kapal

Model lambung kapal Bulk Carrier berjenis *monohull streamline* ini dirancang menggunakan

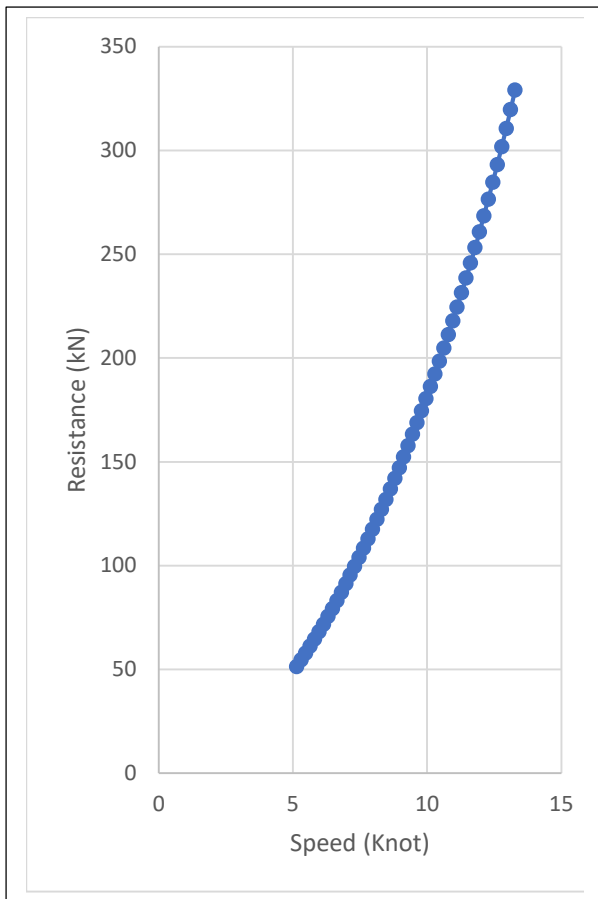
software permodelan dengan data kapal yang diambil dari hasil perancangan *Lines Plan*. Lambung kapal di model kan secara 3D dengan tujuan menganalisa lebih lanjut karakteristik badan kapal.



Gambar 4 Model 3D lambung Kapal

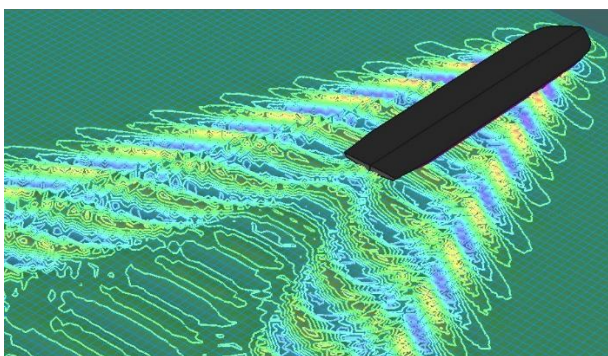
3.4 Analisa Hambatan

Hambatan sangat berperan penting dalam menentukan kebutuhan mesin dan bahan bakar minimum yang diperlukan suatu kapal dalam memenuhi operasionalnya. Kapal dikatakan memiliki efisiensi yang baik apabila hambatan kapal tersebut relative rendah, dengan rendahnya nilai hambatan akan menghemat jumlah bahan bakar yang diperlukan untuk mengoperasikan kapal tersebut. Karena semakin kecil hambatan suatu kapal maka bahan bakar yang terbuang sia – sia akibat tahanan pada lambung kapal semakin kecil. Hambatan juga mempengaruhi kapasitas dan ukuran *main engine* yang digunakan. Hambatan kapal dianalisa dengan menggunakan bantuan *software* khusus berupa *Maxsurf Resistance*. Untuk mengetahui seberapa besar hambatan yang dialami kapal analisa hambatan dilakukan dengan membandingkan nilai hambatan yang didapat dalam bentuk grafik terhadap variable kecepatan kapal. Menggunakan Metode Holtrop untuk menganalisa hambatan kapal dengan kecepatan sebesar 13,28 knot.



Gambar 5 Grafik Hambatan kapal

Hasil analisa data hambatan dari model kapal Bulk Carrier dengan koefisien blok (C_b) sebesar 0,77 menghasilkan hambatan maksimal sekitar 329,2 kN dengan kecepatan maksimal sebesar 13,28 knot dengan waktu pelayaran 7 hari.

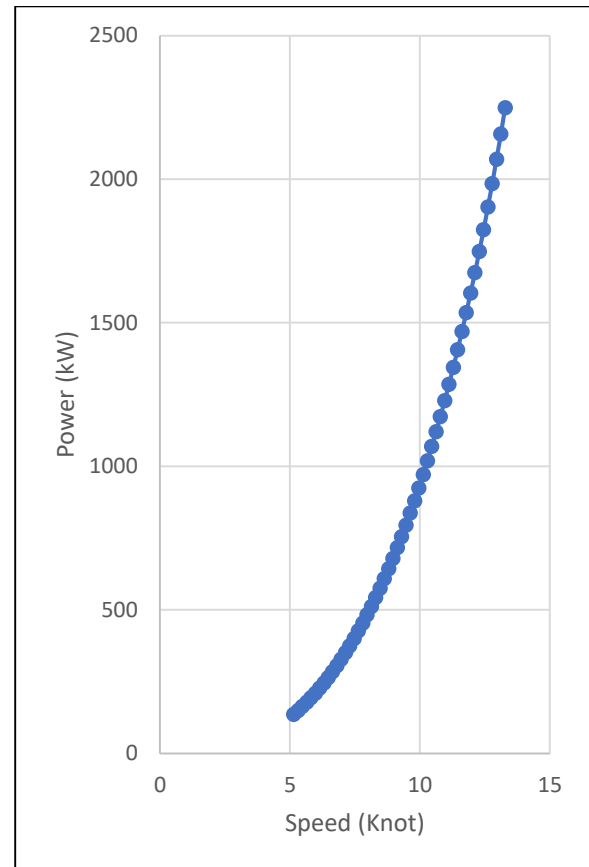


Gambar 6 Proses Running Analisa Resistance pada Model

3.5 Kebutuhan Daya Mesin

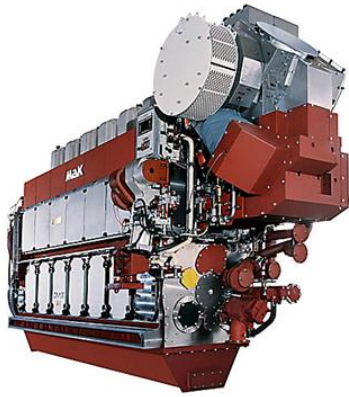
Kebutuhan minimum daya mesin yang dibutuhkan untuk mengoperasikan kapal di dapatkan dari hasil analisa nilai hambatan. Nilai

hambatan dalam perhitungan daya minimum mesin kapal ini memiliki berbanding lurus dengan kecepatan kapal. Sehingga dengan mengalikan kecepatan kapal yang dirancang dengan nilai hambatan hasil analisa bisa diketahui kebutuhan minimum daya mesin kapal.



Gambar 7 Grafik Analisa Kebutuhan Daya

Hasil analisa perhitungan kebutuhan daya kapal adalah 2390,68 kW. Dari perhitungan ini dapat diketahui bahwa nilai EHP (*Effective Horse Power*) kapal yang dirancang sebesar 3250,42 HP. Setelahnya mencari nilai SHP (*Shaft Horse Power*) yang merupakan perbandingan antara EHP dengan PC (*Propulsive Coeficient*). Dari perhitungan didapatkan nilai SHP sebesar 4124,89 HP. Dilanjutkan dengan mencari nilai BHP (*Break Horse Power*) dari data SHP yang diketahui dengan menjumlahkan SHP dan 3% SHP. Didapatkan nilai akhir BHP sebesar 4300 HP dari perhitungan.



Gambar 8 Engine Propulsi Komersial M 32 E

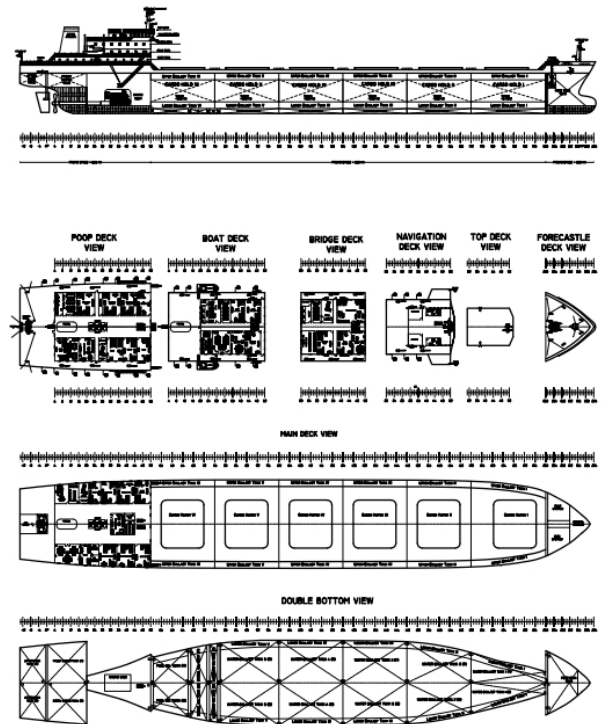
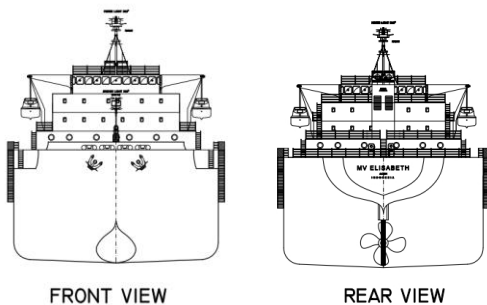
Dari perhitungan daya yang dibutuhkan diambil mesin Engine Propulsi Komersial M 32 E yang digunakan sebagai penggerak utama kapal bulk carrier ini.

Tabel 5 Data Spesifikasi *Main Engine*

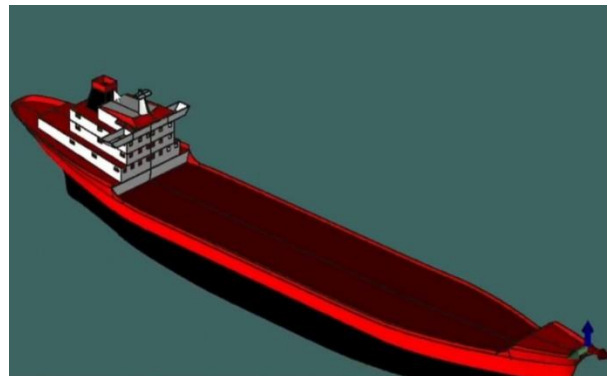
| No | Data Mesin | Dimensi |
|----|------------------|--------------------|
| 1 | Daya Mesin | 5532 BHP |
| 2 | RPM | 720 -750 rpm |
| 3 | Panjang | 7850 mm |
| 4 | Lebar | 2195 mm |
| 5 | Tinggi | 4406 mm |
| 6 | <i>Cylinders</i> | 8 <i>cylinders</i> |
| 7 | Berat | 37.500 kg |

3.6 General Arrangement

General Arrangement atau rencana umum pada kapal Bulk Carrier ini dibuat berdasarkan *Lines Plan* atau Rencana Garis yang sebelumnya telah dirancang. Rencana Umum dibuat dengan tujuan agar ruangan pada kapal ditempatkan dan disusun dengan efektif sehingga kapasitas ruangan yang ada dapat digunakan dengan optimum sesuai fungsi ruangan tersebut. Rencana umum yang dirancang juga mengacu pada tempat dan kondisi dimana kapal berlayar untuk perjalanan berangkat dan kembalinya kapal.



Gambar 9 Rencana Umum



Gambar 10 Desain Model 3D Kapal

3.7 Perhitungan Berat Kapal

Berat Kapal atau yang biasa dikenal dengan *displacement* merupakan total berat pada kapal yang terdiri dari LWT (*Lightweight Tonnage*) dan DWT (*Deadweight Tonnage*). Untuk menghitung berat total kapal dapat dilakukan dengan :

$$\Delta = LWT + DWT \dots \dots \dots (1)$$

atau

$$\Delta = L \times B \times T \times C_b \times \rho \dots \dots \dots (2)$$

Dengan :

- Δ : Displacement kapal (ton)
- LWT : *Lightweight Tonnage*
- DWT : *Deadweight Tonnage*

- L : Panjang Kapal (m)
- B : Lebar Kapal(m)
- T : Sarat Kapal (m)
- Cb : Koefisien blok per lambung
- ρ : Massa jenis air tawar (ton/m³)

Jadi dengan kata lain berat total kapal dipengaruhi oleh berat badan kapal dan muatan pada kapal tersebut. LWT yang merupakan berat kapal dipengaruhi oleh berat konstruksi kapal, berat permesinan, berat outfit dan lain sebagainya. Sedangkan untuk DWT yang merupakan berat muatan kapal dipengaruhi oleh berat bahan bakar, berat minyak pelumas, berat air tawar, berat bagasi, berat *Crew*, berat bahan makanan dan tentunya berat cargo.

Tabel 6 Komponen LWT Kapal

| No | Komponen Berat | Berat (Ton) |
|---------------|-----------------------------------|----------------|
| 1 | Konstruksi | 5034,8 |
| 2 | <i>Outfitting & Equipment</i> | 1689,95 |
| 3 | Permesinan Kapal | 261,05 |
| 4 | Cadangan | 209,57 |
| Jumlah | | 7195,39 |

Dari table di atas didapatkan total berat LWT dari komponen – komponennya adalah 7195,39 Ton

Tabel 7 Komponen DWT Kapal

| No | Komponen Berat | Berat (Ton) |
|---------------|----------------------|------------------|
| 1 | <i>Fuel Oil</i> | 194,25 |
| 2 | <i>Diesel Oil</i> | 38,85 |
| 3 | <i>Lubricant Oil</i> | 2,6979 |
| 4 | <i>Fresh Water</i> | 68,08 |
| 5 | Berat bahan Makanan | 0,71 |
| 6 | Berat Crew | 4,84 |
| 7 | <i>Payload</i> | 22336,18 |
| 8 | Berat Cadangan | 301,42 |
| Jumlah | | 22947,025 |

Dari table di atas didapatkan total berat DWT dari komponen – komponennya adalah 22947,025 Ton

$$\begin{aligned} \Delta &= \text{LWT} + \text{DWT} \\ &= 7195,39 + 22947,025 \\ &= 30142,42 \text{ ton} \end{aligned}$$

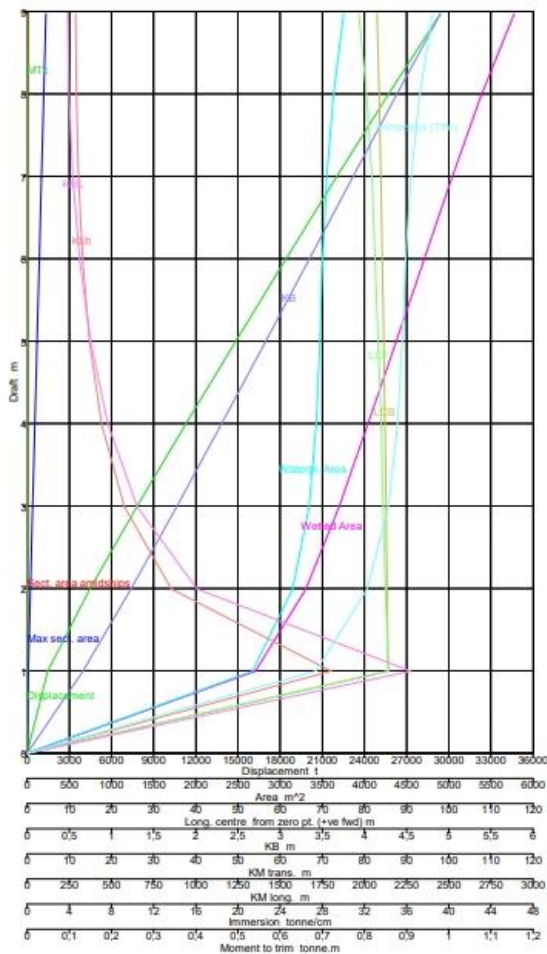
Hasil perhitungn displacement kapal dari perhitungan komponen LWT dan DWT yaitu sebesar 30142,42 ton

3.8 Analisa Hidrostatik Kapal

Untuk mengetahui karakteristik badan kapal yang tercelup air diperlukan perhitungan Hidrostatik. Pada perhitungan Hidrostatik ini dilakukan analisa pada model kapal pada sarat penuh dengan trim 0 atau netral. Selanjutnya didapatkan kurva hidrostatik yang merupakan hasil *running software* Maxsurf setelah perhitungan Hidrostatik. Dengan menggunakan model kapal yang telah dibuat, hasil grafik hidrostatik dapat dibaca pada gambar 11.

Tabel 8 Hasil Perhitungan Hidrostatik

| No | Draft Amidship (m) | 8,973 |
|----|--------------------------------------|----------|
| 1 | Displacement t | 3010,5 |
| 2 | Heel deg | 0,0 |
| 3 | Draft at FP m | 8,973 |
| 4 | Draft at AP m | 8,973 |
| 5 | Draft at LCF m | 8,973 |
| 6 | Trim (+ve by stern) m | 0,000 |
| 7 | WL Length m | 168,654 |
| 8 | Beam max extents on WL m | 26,352 |
| 9 | Wetted Area m ² | 5776,154 |
| 10 | Waterpl. Area m ² | 3754,356 |
| 11 | Prismatic coeff. (Cp) | 0,8 |
| 12 | Block coeff. (Cb) | 0,770 |
| 13 | Max Sect. area coeff. (Cm) | 0,942 |
| 14 | Waterpl. area coeff. (Cwp) | 0,845 |
| 15 | LCB from zero pt. (+ve fwd) m | 82,969 |
| 16 | LCF from zero pt. (+ve fwd) m | 78,677 |
| 17 | KB m | 4,901 |
| 18 | KG m | 8,973 |
| 19 | BMt m | 6,610 |
| 20 | BML m | 235,393 |
| 21 | GMt m | 2,538 |
| 22 | GML m | 231,321 |
| 23 | KMt m | 11,511 |
| 24 | KML m | 240,294 |
| 25 | Immersion (TPc) tonne/cm | 38,482 |
| 26 | MTc tonne.m | 0,000 |
| 27 | RM at 1deg = GMt.Disp.sin(1) tonne.m | 1302,940 |
| 28 | Max deck inclination deg | 0,0000 |
| 29 | Trim angle (+ve by stern) deg | 0,0000 |



Gambar 11 Kurva Hidrostatik

3.9 Stabilitas Kapal

Stabilitas kapal pada penelitian ini dianalisa dengan menggunakan *Software*. Tujuan dilakukannya analisa stabilitas pada kapal yaitu untuk menguji tingkat keamanan selama kapal berlayar. Pengujian stabilitas dilakukan dengan standar IMO (*Internasional Maritime Organization*) *Is Code* 2008 A.749 (18) Ch 3 – desain kriteria yang berlaku untuk semua kapal.

Tabel 9 Kondisi Loadcase

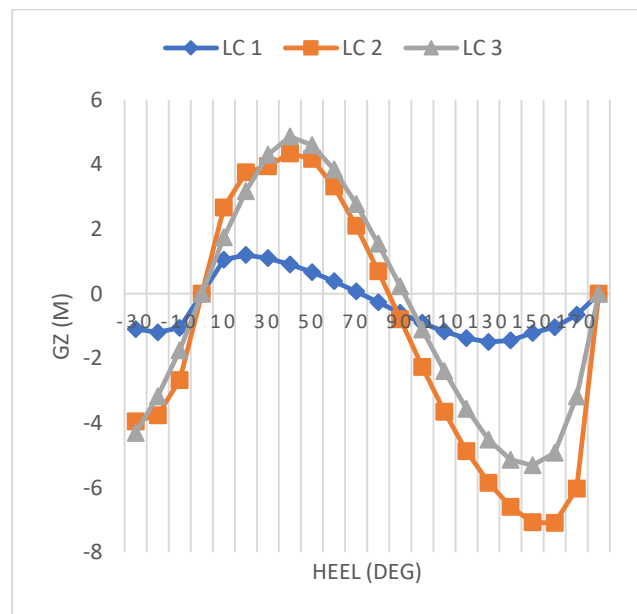
| No | Item | LC 1 | LC 2 | LC 3 |
|----|-----------------|------|------|------|
| | | | 2 | |
| 1 | Lightship | 1 | 1 | 1 |
| 2 | lot | 100% | 0% | 100% |
| 3 | dot | 100% | 0% | 100% |
| 4 | fot | 100% | 0% | 100% |
| 5 | water ballast 1 | 0% | 0% | 100% |
| 6 | water ballast 2 | 0% | 0% | 100% |
| 7 | water ballast 3 | 0% | 0% | 100% |
| 8 | water ballast 4 | 0% | 0% | 100% |
| 9 | water ballast 5 | 0% | 0% | 100% |
| 10 | after peak | 100% | 0% | 100% |
| 11 | fresh water | 100% | 0% | 100% |

| | | | | |
|----|----------------|------|----|------|
| 12 | fore peak | 100% | 0% | 100% |
| 13 | cargo hold I | 100% | 0% | 0% |
| 14 | cargo hold II | 100% | 0% | 0% |
| 15 | cargo hold III | 100% | 0% | 0% |
| 16 | cargo hold IV | 100% | 0% | 0% |
| 17 | cargo hold V | 100% | 0% | 0% |
| 18 | cargo hold VI | 100% | 0% | 0% |

Tabel 10 Analisa Stabilitas Berdasarkan IMO

| Kreteria | IMO minimum | LC 1 | LC 2 | LC 3 |
|-----------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Area 0 to 30 (>) | 3,151 m.deg | 26,52 | 86,26 | 71,45 |
| Area 0 to 40 (>) | 5,157 m.deg | 34,47 | 127,7 | 117,91 |
| Area 30 to 40 (>) | 1,719 m.deg | 7,94 | 41,46 | 46,45 |
| Max GZ at 30 or Greater (>) | 0,20 m | 0,92 | 4,37 | 4,871 |
| Angle of maximum GZ (>) | 25,0 deg | 26,4 | 43,7 | 41,8 |
| Initial GMt (>=) | 0,15 m | 7,198 | 16,87 | 10,025 |
| Status | | Pass | Pass | Pass |

Tabel di atas menunjukkan bahwa rancangan kapal bulk carrier dalam 3 kondisi telah memenuhi persyaratan IMO.



Gambar 12 Grafik Stabilitas GZ

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pembahasan pada penelitian kapal bulk carrier yang ditujukan untuk kegiatan ekspor barang ke China dari Pelabuhan Soekarno Hatta ke Guangzhou diperoleh kesimpulan mengenai desain kapal dengan dimensi LPP 160,33 m; Lebar 26,35 m; Tinggi 12,13 m; Sarat 8,97 m; dan Cb 0,77 menghasilkan *Lines Plan* dengan jumlah 20 *station* dengan jarak yang bervariasi, 10 *water lines* dimana jarak antar *water lines* adalah 0,89973 m, 4 *buttock lines* dengan jarak 2,6352 m antar tiap *buttock lines*. *Lines Plan* ini digunakan untuk membuat *General Arrangement* Kapal Bulk Carrier 21600 DWT beserta model 3D kapal. Mesin yang digunakan dalam kapal Bulk Carrier ini adalah M 32 E, saat berada pada kecepatan dinas 13,28 knot kapal ini mengalami hambatan sebesar 329,2 kN. Kapal ini telah memenuhi kriteria stabilitas IMO *Is Code* 2008 A.749 (18) pada 3 kondisi muatan berbeda.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] [1] Septiawan, B. "Analisis Potensi Ekspor Indonesia Terhadap Negara Asean Dengan Pemanfaatan Perjanjian Masyarakat Ekonomi Asean (MEA)," *ekonomi*, vol. 15, no. 1, pp. 13, 2023.
- [2] Pamungkas, M. Fajar, "Optimalisasi Penanganan Muatan High Temperature di MV.Desert Spring Pada Saat Loading Batubara Yang Diageni PT. IDT Trans Agency," *pip*, vol. 6, no. 2, pp. 24, 2023.
- [3] Pamungkas, P. Bagio, "Perancangan Kapal Bulk Carrier 6200 Dwt Untuk Rute Pelayaran Jakarta - Palngkaraya," *kapal*, vol. 2, no. 2, pp. 1 - 2, 2014.
- [4] Direktorat Jenderal Perhubungan Laut. 2021. Jumlah Armada Kapal Niaga Nasional Berbendera Indonesia Tahun 2021. Kementerian Perhubungan Republik Indonesia, Jakarta. 1 hal.
- [5] ---, Atlas Megazine, <https://www.atlas-mag.net/en/category/tags/focus/the-world-merchant-fleet>, 20 Februari 2024.
- [6] INTERCARGO. (2019). Bulk Carrier Casualty Report. London: International Association Of Dry Cargo Shipowners. https://www.iims.org.uk/wp-content/uploads/2020/05/INTERCARGO-Bulk-Carrier-Casualty-Report_2019.pdf.
- [7] ---, Kapaldanlogistic, <https://www.kapaldanlogistik.com/2021/03/ukuran-kapal-cargo.html>, 20 Februari 2024.
- [8] Hakim, L. "Penentuan Rute Pelayaran Terbaik Untuk Mendukung Program Tol Laut NKRI," *Geografi*, vol. 16, no. 2, pp. 2 - 3, 2016.
- [9] Djunarsjah, E. "Kajian Standar Penilaian Kelayakan Pelabuhan Makassar Dalam Mendukung Konsep Tol Laut," *Geospatial*, vol. 5, no. 2, pp. 31, 2018.
- [10] International Towing Tank Conference (ITTC), Practical guidelines for ship CFD applications, in: Proc. 26th ITTC, 2011. [http://ittc.sname.org/CD2011/pdf/Procedures 2011/7.5- 03-02-03.pdf](http://ittc.sname.org/CD2011/pdf/Procedures%202011/7.5-03-02-03.pdf).
- [11] R. Deng, D. B. Huang, G. L. Zhou, and H. W. Sun, "Investigation on some factors effecting ship resistance calculation with CFD code FLUENT," *Chuan Bo Li Xue/Journal Sh. Mech.*, vol. 17, no. 6, pp. 616–624, 2013, doi: 10.3969/j.issn.1007-7294.2013.06.004.
- [12] Shih, T.-H., et al., A new $k-\epsilon$ eddy viscosity model for high reynolds number turbulent flows. *Computers & fluids*, 1995. 24(3): p. 227-238.
- [13] Fluent, A., 12.0 Tutorial Guide. Ansys Inc, 2011.
- [14] Gharagozloo A. H., Negahdari M. R., Ebrahimi A. Numerical Study on Body Form of Flettner Sail Using Computational Fluid Dynamics. *ijmt* 2021; 16 :63-71 URL: <http://ijmt.ir/article-1-774-en.html>
- [15] J. Holtrop, A statistical re-analysis of resistance and probulsion data (1984) 272–276.