



ISSN 2338-0322

JURNAL TEKNIK PERKAPALAN

Jurnal Hasil Karya Ilmiah Lulusan S1 Teknik Perkapalan Universitas Diponegoro

Analisa Kebutuhan Daya Mesin Induk *General Cargo* 10000 DWT Dengan Rute Pelayaran Surabaya - Donsak

Muhammad Rofsanjani¹⁾, Samuel²⁾, Good Rindo³⁾

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 :Rfsn34@gmail.com

Abstrak

Untuk memenuhi sarana dan prasarana dalam perdagangan antar Negara, khususnya untuk komoditas kargo secara general, maka perlu dirancang kapal jenis *General Cargo*. Kapal *general cargo* atau kapal pengangkut kargo umum adalah jenis kapal yang membawa muatan barang jenis kargo umum dari suatu pelabuhan ke pelabuhan lainnya. Namun dalam beberapa tahun terakhir, terdapat permasalahan iklim yang disebabkan oleh emisi dari gas keluaran atau gas buang yang berlebihan. Oleh karena hal itu, dalam perancangannya, salah satu faktor yang penting adalah merancang kapal dengan hambatan yang minimal sehingga daya yang nantinya dibutuhkan oleh kapal dapat berkurang yang dapat mengurangi biaya serta emisi yang dihasilkan dapat berkurang. Hambatan kapal dapat didefinisikan sebagai gaya total yang melawan arah gerakan maju kapal. Hambatan Total terdiri dari Hambatan gesek dan hambatan sisa. Setelah mengetahui hambatan total kapal (R_t), dapat dihitung daya mesin yang terdiri dari EHP (*effective horsepower*) THP (*thrust horse power*), DHP (*delivery horse power*), SHP (*shaft horse power*), dan BHP (*brake horse power*). Dari Perhitungan hambatan ini, dapat menjelaskan bahwa Performa Propulsi yang cukup akan menjamin bahwa suatu kapal dapat memenuhi kecepatan yang diperlukan. Kapal *general cargo* yang dirancang memiliki ukuran utama *Lengthoverall* 119,9 m, *Length waterline* atau Panjang kapal tercelup 117,62 m, *Length between perpendicular* atau Panjang haluan-buritan pada main deck 114,19 m, *Breadth* atau lebar 19,53 m, *Height* atau tinggi hingga main deck 11,59 m, *Draft* atau sarat kapal (T) 8,31 m, *Dead weight* 10000 ton, dan *Service Speed* 13,24 knot. Pada analisa ini didapatkan hambatan total kapal *general cargo* 10000 DWT sebesar 244.3 KN dan kebutuhan daya mesin induk kapal sebesar 2300 EHP dan 3600 BHP.

Kata Kunci : *General cargo*, Hambatan Kapal, Daya Mesin Induk

1. PENDAHULUAN

Indonesia adalah negara kepulauan terbesar di dunia dengan jumlah pulau yang ada di Indonesia sekitar 17.491, dan yang telah dibakukan dan didaftarkan ke PBB adalah 16.671 pulau, Dengan Lokasi yang strategis, yaitu diantara benua Asia dan Australia, dan juga diantara Samudera Hindia dan Pasifik menunjukkan bahwa Indonesia memiliki Potensi yang besar sebagai tujuan berdagang dan kerja sama banyak Negara. Dalam penelitiannya, Septiawan, 2013 Mengatakan bahwa Indonesia adalah negara ASEAN dengan wilayah terluas dan populasi terbanyak. Melalui perdagangan internasional, keunggulan ini dapat membantu Indonesia menggerakkan

perekonomian. Tiga negara ASEAN utama untuk ekspor Indonesia adalah Singapura, Malaysia, dan Thailand. Dari sepuluh produk utama Indonesia, ketiga negara tersebut mengimpor tujuh hingga delapan. Contoh komoditas-komoditas dari Indonesia yang memiliki peluang besar untuk perdagangan internasional termasuk udang, kopi, minyak kelapa sawit, dan bahan bakar mineral. Singapura memiliki tarif rata-rata terendah sebesar 0,07%, sementara Malaysia dan Thailand memiliki tarif rata-rata sebesar 0,09%. Kalimantan, Riau, Jawa Barat, dan Jawa Timur merupakan beberapa daerah penghasil berbagai jenis komoditas tersebut.[1]

dalam perdagangan antar Negara, khususnya dalam sarana untuk komoditas kargo secara umum,

diperlukan perancangan Fasilitas yang mumpuni salah satunya kapal general cargo. kapal yang membawa barang-barang dan muatan secara umum dapat didefinisikan sebagai jenis kapal general cargo. Muatan kargo tersebut bisa berupa apa saja. Cara pengemasan kargonya pun beragam tergantung jenis barang yang dimuat dan pihak pihak yang mengatur tentang kebijakan, seperti dimasukkan peti kargo ataupun tidak. Kapal kargo memiliki fasilitas dan alat yang berbeda beda pada tiap kapal, oleh karena itu Fasilitas-fasilitas seperti crane atau alat alat lainnya yang memudahkan pekerjaan untuk memindahkan barang ini tak selalu dimiliki oleh kapal barang karena tiap tiap pemilik kapal memiliki kebijakannya sendiri yang berbeda-beda.[2]

Hambatan dan daya adalah komponen perancangan kapal kargo yang harus direncanakan dengan baik agar operasi kapal bisa berjalan dengan baik dan efisien. Dalam perhitungan hambatan kapal, hal-hal berikut harus diperhatikan: Daya kapal; bentuk, jenis, dan alat propulsi kapal (propeller); dan sistem transmisi tenaga, transmisi, dan efisiensi. Perencanaan ini dimulai dengan menghitung hambatan kapal, yaitu gaya yang menahan kapal akibat gesekan dengan air. Kemudian Gaya dorong untuk melawan tahanan kapal harus diperhitungkan untuk mendapatkan daya mesin utama kapal agar kapal dapat berjalan pada kecepatan yang diinginkan. Untuk memastikan kecepatan kapal yang diinginkan, jenis propeller dan diameter poros yang tepat harus dipilih. Setelah mengetahui hambatan total kapal (R_t), kita dapat menghitung EHP (daya tahan kuda efektif), THP (daya tarik kuda efektif), DHP (daya hantar kuda efektif), SHP (daya tarik kuda efektif), dan BHP (daya tarik kuda efektif).[3]

Seperti yang ditunjukkan oleh perhitungan hambatan ini, Performa Propulsi yang cukup akan memastikan bahwa kapal dapat mencapai kecepatan yang diinginkan. Bentuk lambung kapal juga digunakan karena dibuat sedemikian rupa sehingga mengurangi hambatan terhadap gerakan dan dapat dipasang dengan mesin yang paling ringan tanpa kehilangan kapasitas muatan.[4]

Penelitian sebelumnya tentang hambatan kapal adalah analisa pada tipe lambung kapal konvensional dan menggunakan pelat datar. Dimana dalam penelitian tersebut didapatkan temuan bahwa hambatan yang lebih tinggi ditemukan pada kapal dengan plat datar daripada kapal dengan lambung konvensional.[5]

Penelitian lainnya adalah tentang Analisis korelasi antara keakuratan permodelan dan simulasi dari kapal yang mempengaruhi efisiensi bentuk desain kapal yang mengurangi emisi gas

buang hasil pembakaran karbon dan efek rumah kaca.[6]

Sugianto melakukan penelitian dengan membandingkan hasil perhitungan hambatan kapal yang menggunakan metode Holtrop dengan memanfaatkan perangkat lunak *Maxsurf* pada kapal *bulk carier* 8664 DWT. Hasil analisis menunjukkan bahwa pada kecepatan dinas maksimal 14 knots, hambatan total kapal adalah 286.75 kN dan daya diperlukan 2950.31 kW, sedangkan metode Holtrop menghasilkan Hambatan total 256.59 kN, serta memiliki selisih 10.52% dari hasil simulasi model.[7]

Oleh karena latar belakang yang dijabarkan sebelumnya dilakukan Penelitian ini, penelitian ini bertujuan untuk meneliti performa teknis kapal *general cargo* 10000 DWT dengan rute pelayaran Surabaya – Donsak yang berupa Hambatan kapal pada berbagai kondisi sarat beserta Kebutuhan daya mesin induk. Manfaat dari penelitian ini adalah pembaca dapat memahami Hambatan kapal *general cargo* 10000 DWT dengan rute pelayaran Surabaya – Donsak pada berbagai kondisi sarat.

2. METODE

2.1. Metode Perancangan Kapal

Salah satu cara untuk merancang kapal adalah dengan cara komparasi (perbandingan ukuran utama) yang disebut dengan *Parent Design Approach*, yaitu dengan mengambil beberapa referensi kapal pembanding dengan ukuran utama ataupun karakteristik yang mirip dengan kapal yang akan didesain. Dengan demikian, perancang kapal memiliki referensi tentang beberapa kapal yang ukurannya mirip dengan ukuran utama kapal yang ingin dirancang dan dapat berjalan dengan baik.[8]. Menurut Alamsyah dkk, Ukuran kapal termasuk panjang yang terdiri dari Panjang total (Loa), panjang jalur air (Lwl), dan panjang perpendicular (Lwl), lebar, dan sarat, serta bobot dan kecepatan.[9].

2.2. Objek Penelitian

Dalam penelitian ini, digunakan *general cargo* 10000 DWT dengan rute pelayaran Surabaya – Donsak sebagai objek yang diteliti. Sebelumnya, perlu adanya data awal kapal berupa *principal dimension* (Ukuran Utama Kapal), dan *lines plan* (Rencana Garis). Setelah itu tahapan yang dilakukan adalah melakukan pembuatan model kapal secara 3 dimensi yang selanjutnya akan dijadikan sebagai analisa lebih lanjut menggunakan *software* yang dibutuhkan. Tabel 1

menunjukkan data ukuran utama kapal dan gambar 1 menunjukkan gambar *linesplan* yang akan digunakan sebagai objek penelitian.

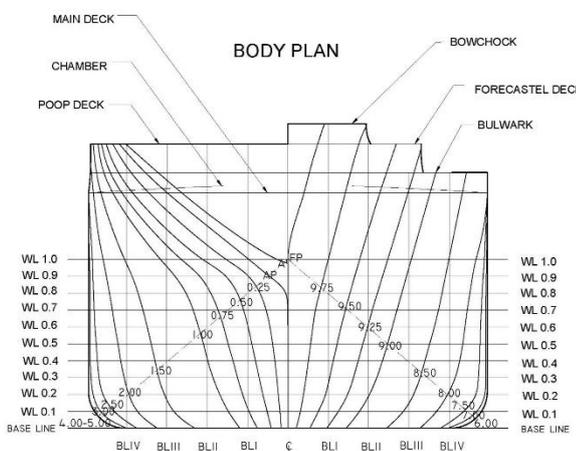
Tabel 1. Dimensi atau Ukuran Utama Kapal

No	Dimensi Kapal	Unit
1	<i>Length overall</i> (LoA)	119,9 m
2	<i>Length waterline</i> atau Panjang kapal tercelup (LWL)	117,62 m
3	<i>Length between perpendicular</i> atau Panjang haluan-buritan pada <i>main deck</i> (LBP)	114,19 m
4	<i>Breadth</i> atau lebar (B)	19,53 m
5	<i>Height</i> atau tinggi hingga <i>main deck</i> (H)	11,59 m
6	<i>Draft</i> atau sarat kapal (T)	8,31 m
7	<i>Dead weight</i>	10000 ton
8	<i>Service Speed</i> (Vs)	13,24 knot

Rencana garis atau *Linesplan* merupakan langkah selanjutnya, *Linesplan* didefinisikan sebagai proses. Dengan *Linesplan*, dapat diketahui bagaimana bentuk lambung kapal dari dasar kapal (*baseline* hingga *deck* teratas) selain itu dapat juga diketahui bagaimana karakteristiknya. Gambar memiliki garis garis yang berdasarkan *waterline* atau garis sarat air. [10] Gambar *linesplan* atau rencana garis dibagi atas tiga bagian yaitu :

2.2.1. Body plan

Bagian dari *Linesplan* yang pertama adalah *Bodyplan*. *Bodyplan* menunjukkan bentuk Lambung kapal jika dipotong tegak melintang. Kelengkungan gading-gading (*station-station*) terlihat di gambar. Kurva ini menggambar sisi kiri sebagai bagian dari *station-station* yang ada dibelakang *midship*. Sedangkan pada sisi kanan biasanya digambarkan sisi *midship* ke depan. Pada bagian pembatas tengah dibatasi dengan *centerline*.



Gambar 1. *Lines Plan* Kapal General Cargo

Selain *Bodyplan*, terdapat pula *SheerPlan* dan *HalfbreadthPlan*.

Pengertian dari *Sheerplan* itu sendiri adalah Jika badan kapal dipotong tegak, akan terbentuk kurva-kurva. Kurva ini menunjukkan bentuk buritan dan haluan kapal, serta kenaikan pada tiap deck. tinggi garis air juga diperlihatkan pada gambar *Sheerplan* ini.

Sedangkan *Halfbreadth plan* atau rencana setengah lebar bagian kapal yang ditinjau, diperoleh dengan memotong kapal ke arah horizontal lambung kapal. *Halfbreadth plan* ini menunjukkan bentuk kapal pada tiap beberapa kenaikan sarat kapal.

2.3. Perlakuan Pada Objek Penelitian

Analisis Hambatan kapal menggunakan parameter tetap yaitu desain lambung kapal dan dimensi utama ukuran lambung kapal seperti; Panjang kapal yang terdiri dari 3 jenis yaitu LPP atau jarak panjang dari AP sampai ke FP, Lwl yaitu panjang kapal pada garis air dan Loa yaitu panjang keseluruhan kapal dari ujung buritan hingga ujung haluan, *Breadth* atau lebar kapal, Sarat atau ketinggian garis air kapal, Height atau tinggi kapal hingga deck utama, dan kecepatan dinas, sedangkan sebagai parameter pengubah yaitu ketinggian sarat untuk mensimulasikan skenario muatan tidak penuh dengan kondisi tiap 2 M kenaikan sarat.

2.4. Variabel Penelitian

Analisis Hambatan dan perhitungan daya mesin menggunakan variabel kondisi Sarat pada kapal dengan kondisi sebagai berikut :

- Ketinggian 2mWl
- Ketinggian 4mWl
- Ketinggian 6mWl
- Ketinggian 8mWl
- Ketinggian 8.31mWl

2.5. Pengolahan Data

Penelitian ini menggunakan pengolahan data dengan memanfaatkan Perangkat lunak simulasi numerik *maxsurf*. Menurut Anugrah, dkk.[11] *Software Maxsurf* merupakan perangkat lunak simulasi numerik yang berfungsi untuk merancang dan menganalisis hidrodinamika kapal.

- Pembuatan model 3D menggunakan *software Maxsurf Modeller* dengan menggunakan bantuan *lines plan* sebagai acuan.
- Analisa Hambaran kapal menggunakan *software Maxsurf resistance* sesuai dengan

kondisi yang sudah disebutkan dalam variabel penelitian.

2.6. Kapal *General Cargo*

Kapal barang, juga dikenal sebagai kapal kargo, merupakan suatu jenis/tipe kapal pembawa kargo atau dalam arti lain barang dan muatan antar pelabuhan. Kargo yang diangkut kapal diklasifikasikan sebagai kargo umum dan dapat berupa barang apa saja. Kapal general cargo dapat memuat barang dengan kemasan apa saja, dapat berupa peti, karung, atau lainnya yang didalamnya dapat mengangkut berbagai barang lainnya yang dapat berupa bahan kimia, bahan pangan, furnitur atau mebel, mesin dan suku cadang, maupun kendaraan bermotor, barang pecah-belah, dan sebagainya. Kapal ini biasanya memiliki tutup palka atau *cargo hatch* dan peralatan peralatan di geladak utama seperti *crane* yang berfungsi sebagai alat bongkar muat.[12]

2.7. Hambatan Kapal

Hambatan kapal dapat didefinisikan sebagai gaya total yang melawan arah gerakan maju kapal pada kecepatan yang tepat di perairan tenang atau gaya yang diperlukan untuk menarik kapal dengan kecepatan konstan di perairan tenang. Propulsi kapal harus mengatasi semua hambatan agar dapat berjalan. Hambatan total kapal terdiri dari Hambatan gesek dan Hambatan udara. Hambatan gesek dipengaruhi oleh *Wetted Surface Area* (WSA), juga dikenal sebagai luas permukaan basah. Hambatan sisa terdiri dari kombinasi hambatan gelombang, bentuk, udara, dan tambahan, dan Hambatan gesek terdiri dari resistansi viskos dan gelombang.[13]

2.7.1. Hambatan Gesek (*Frictional Resistance*)

Hambatan kapal dapat didefinisikan sebagai gesekan permukaan lambung kapal dengan fluida dengan viskositas (sebagai contoh air laut) yang dilaluinya. Viskositas adalah besaran hambatan fluida terhadap gesekan. Pola aliran, juga disebut sebagai gesekan, bergantung pada jenis fluida dan bentuknya.[14]

Hambatan gesek ini dipengaruhi oleh beberapa hal, sebagai berikut:

- Reynold's number*(Rn) atau Angka Reynold's)
- Frictional coefficient*(Cf) atau Koefisien gesekan
- Speed-to-length ratio*, Slr atau Rasio kecepatan dan panjang kapal

2.7.2. Hambatan Sisa (*Residual Resistance*)

Hambatan sisa terdiri dari kombinasi hambatan gelombang, bentuk, udara, dan tambahan. Hambatan gesek dan hambatan sisa adalah dua bagian hambatan, yang dikenal dalam berbagai pendekatan untuk menghitung hambatan total. Untuk proses analisis penghitungan, hanya perlu menggunakan dua komponen hambatan. "Metode Holtrop" adalah metode yang saat ini populer digunakan untuk menghitung hambatan total kapal melalui eksperimen kapal model.[15]

2.8. Metode Holtrop

Dalam perhitungan total hambatan di perairan dalam dapat dihitung menggunakan metode Holtrop-Mennen.[15] Metode Holtrop saat ini dianggap sebagai salah satu metode yang efisien untuk estimasi Hambatan dan Kebutuhan daya kapal konvensional. Metode ini adalah metode empiris yang terdiri dari persamaan untuk berbagai komponen resistansi yang berasal dari analisis statistik dan regresi dari basis data dengan sejumlah besar hasil uji model. Model yang dikembangkan oleh Holtrop adalah deskripsi numerik dari Hambatan kapal, dibagi menjadi komponen-komponen dengan asal yang berbeda. Setiap komponen dinyatakan sebagai fungsi dari kecepatan dan parameter bentuk lambung. Komponen-komponen hambatan dalam metode Holtrop yang harus ditentukan antara lain:

$$RT = R_V + R_W + RCA \quad (1)$$

$$= \frac{1}{2} \rho \cdot V^2 \cdot C_F \cdot (1+k) \cdot S_{tot} + \frac{R_w}{W} W + \frac{1}{2} \rho \cdot V^2 \cdot S_{tot} \cdot C_A$$

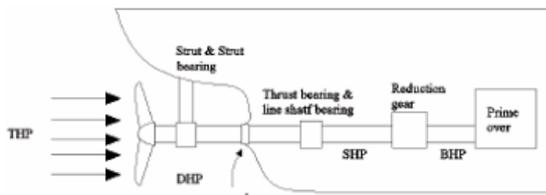
$$= \frac{1}{2} \rho V^2 S_{TOT} [C_F (1+k) + C_A] + \frac{R_w}{W} W$$

Dimana :

- ρ = Massa jenis air laut
- V = Kecepatan dinas kapal
- S_{tot} = Luas permukaan kapal yang tercelup total (m²)
- C_f = Koefisien tahanan gesek kapal
- $(1+k)$ = Koefisien karena pengaruh bentuk kapal

2.9. Perhitungan Daya Mesin Induk (*Main Engine Kapal*)

Berdasarkan Bukunya, E. V. Lewis menjelaskan[16] perhitungan daya mesin dengan metode Holtrop[15] adalah:



Gambar 2. Komponen Daya Pada Kapal

2.9.1. Perhitungan Daya Efektif (EHP)

$$EHP = Rt \times Vt \quad (2)$$

$$1 \text{ HP} = 735,499 \text{ Watt}$$

2.9.2. Perhitungan Shaft Horsepower (SHP) dan Delivery Horsepower (DHP)

pada metode Holtrop harus menentukan efisiensi propulsi untuk perhitungan SHP dan EHP.

$$SHP = EHP/Pc \quad (3)$$

Pc = Propulsive coefficient

Pc = $\eta_H \times \eta_R \times \eta_O$

η_H = Hull efficiency

η_H = 1,2116

η_O = Open propeller efficiency (efisiensi Propeller)

η_O = 0,396 ~ 0,653

η_R = Relative-rotative efficiency

η_R = 1,010 ~ 1,0140

maka quasi-propulsive coefficient (η_D) dapat dicari setelah setiap komponen efisiensi propulsi diketahui

$$Pc = \eta_H \times \eta_O \times \eta_R \quad (4)$$

SHP dan DHP dapat dihitung setelah η_D diketahui, rumus SHP dan DHP adalah:

$$SHP = EHP / Pc \quad (5)$$

$$DHP = SHP \times 0.98 \quad (6)$$

2.9.3. Perhitungan BHP dan Koreksi

Dua koreksi yang digunakan dalam perhitungan BHP adalah 3% DHP karena kamar mesin terletak di belakang ruang muat.

$$BHP = SHP + 3\% SHP \quad (7)$$

Dan Koreksi sebesar 15–25% dari DHP dikarenakan jalur pelayaran luar negeri.

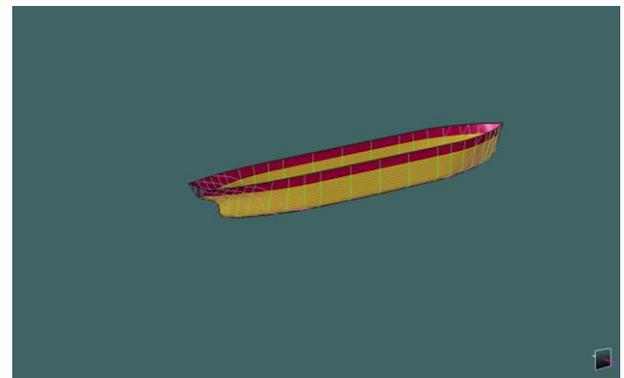
$$BHP = SHP + X\% SHP \quad (8)$$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Permodelan Kapal

Permodelan kapal menggunakan *software Maxsurf Modeller*, *Maxsurf Modeller* merupakan *software* perkapalan yang memiliki fungsi untuk membuat model kapal yang banyak digunakan baik itu untuk keperluan penelitian maupun komersial.

Proses permodelan dilakukan dengan referensi tabel offset yang menjadi koordinat koordinat *Control Point* yang nantinya akan diubah menjadi kurva kurva membentuk *bodyplan* kapal. Setelah itu dilakukan penyesuaian seperti letak dari station, tinggi sarat, bilangan bilangan ukuran utama dan sebagainya.

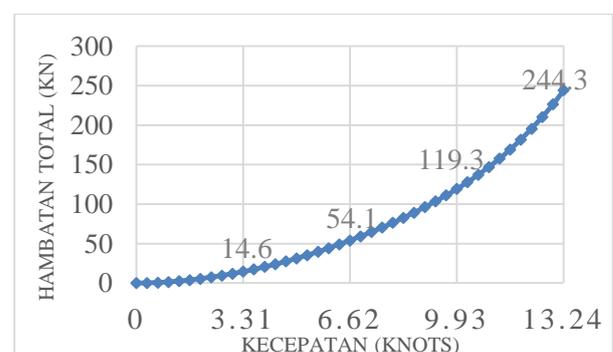


Gambar 3. Model *Maxsurf* 3D Kapal

Setelah Model 3D siap, maka dapat menggunakan *software Maxsurf Resistance*, dengan cara membuka model pada *software*, kemudian dapat dilakukan Analisa.

3.2. Hasil Analisa Hambatan Total

Terdapat beberapa hasil yang didapat dari hasil komputasi antara lain korelasi antara Kecepatan, *Froude Number*, Hambatan, dan Kebutuhan daya Kapal yang diolah dan dijadikan dalam bentuk grafik pada Gambar 4.



Gambar 4. Grafik hambatan Total

Sedangkan untuk tabel hasil hambatan dan Daya dapat dilihat pada Tabel 2. Hasil Perhitungan Hambatan dan Daya mesin induk kapal.

Tabel 2. Hasil Perhitungan Hambatan dan Daya Mesin Induk Kapal

Speed (Knots)	Froude No. Vol.	Holtrop Resistance (kN)	Holtrop Power (HP)
0.331	0.011	0.2	0.045
1.324	0.044	2.6	2.387
1.986	0.066	5.6	7.656
2.648	0.089	9.6	17.531
3.31	0.111	14.6	33.354
3.972	0.133	20.6	56.437
4.634	0.155	27.5	88.066
5.296	0.177	35.4	129.507
5.958	0.199	44.3	182.016
6.62	0.221	54.1	246.866
7.282	0.244	64.8	325.414
7.944	0.266	76.5	419.241
8.606	0.288	89.3	530.389
9.268	0.31	103.5	661.68
9.93	0.332	119.3	817.115
10.592	0.354	137.2	1002.305
11.254	0.376	157.8	1224.884
11.916	0.399	181.8	1494.884
12.578	0.421	210.3	1824.944
13.24	0.443	244.3	2231.125

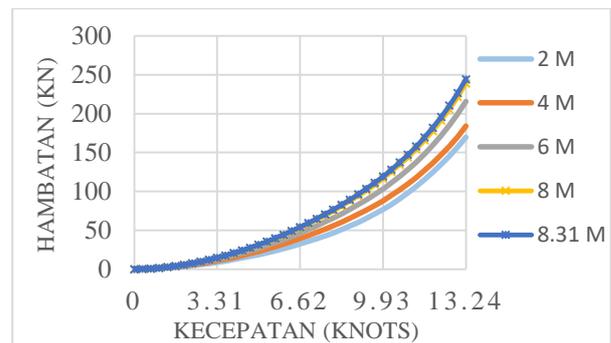
Pada data diatas, didapatkan peningkatan besar hambatan pada tiap kenaikan kecepatan, pada 0.33 Knots kapal memiliki hambatan sebesar 0.2 kN dan kebutuhan daya sebesar 0.045 HP yang meningkat pada 3.31 Knots dengan hambatan sebesar 14.6 kN dan kebutuhan daya sebesar 13.35 HP. Hambatan tersebut meningkat menjadi 54.1 kN dan kebutuhan daya sebesar 246.87 HP pada kecepatan 6.62 Knots. Hambatan masih meningkat sehingga pada kecepatan 9.93 Knots didapatkan Hambatan sebesar 119.3 kN dan kebutuhan daya sebesar 817.115 HP. Hambatan terus meningkat sehingga pada kecepatan maksimum 13.48 Knots didapati hambatan sebesar 244.3 kN dan kebutuhan daya sebesar 2231.125 HP.

3.3. Analisa Hambatan pada Tiap Ketinggian Sarat

Didapatkan hasil dari analisa *software Maxsurf resistance* didapatkan data hambatan dan daya yang terus naik pada tiap ketinggian sarat dan tiap kenaikan kecepatan kapal

3.3.1. Analisa Hambatan pada Tiap Ketinggian Sarat

Dari hasil analisa dari *software Maxsurf resistance* didapatkan data yang dibuat grafik yang tertera pada Gambar 5:



Gambar 5. Grafik Hambatan-Kecepatan pada tiap kenaikan Sarat

Grafik pada Gambar 5 diatas dapat dibaca dengan tabel di bawah

Tabel 3. Data Hambatan pada tiap kenaikan sarat

Speed (Knots)	Hambatan Pada Kenaikan Sarat (kN)				
	2 M	4 M	6 M	8 M	8.31 M
0	--	--	--	--	--
3.31	8.7	10.6	12.5	14.3	14.6
6.62	32.3	39.3	46.4	52.8	54.1
9.93	77	88	103.2	116.6	119.3
13.24	169.5	183.8	215.8	238.9	244.3

Terdapat Kenaikan nilai Hambatan pada tiap kenaikan sarat yang berarti semakin tinggi area atau luasan kapal yang terendam atau masuk kedalam air, semakin besar hambatan yang dialami oleh kapal, dan semakin besar pula kebutuhan daya untuk menjalankan kapal tersebut sampai pada kecepatan dinas.

Pada kecepatan 3.31 knots, hambatan yang didapatkan naik pada tiap kenaikan sarat, yaitu; pada 2 M ketinggian sarat didapatkan 8.7 kN, pada 4 M hambatan naik menjadi 10.6 kN, hambatan terus naik menjadi 12.5 kN pada tinggi sarat 6 M, pada tinggi sarat 8 M hambatan terus naik nilainya menjadi 14.3 kN, dan terakhir pada tinggi sarat penuh yaitu 8.31 M didapatkan 14.6 kN.

Pada kecepatan 6.62 knots, hambatan yang didapatkan naik pada tiap kenaikan sarat, yaitu; pada 2 M ketinggian sarat didapatkan 32.3 kN, pada 4 M hambatan naik menjadi 39.3 kN, hambatan terus naik menjadi 46.4 kN pada tinggi sarat 6 M, pada tinggi sarat 8 M hambatan terus naik nilainya menjadi 52.8 kN, dan terakhir pada tinggi sarat penuh yaitu 8.31 M didapatkan 54.1 kN.

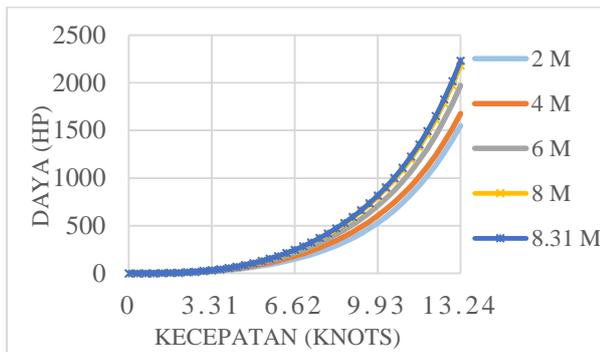
Pada kecepatan 9.93 knots, hambatan yang didapatkan naik pada tiap kenaikan sarat, yaitu; pada 2 M ketinggian sarat didapatkan 77 kN, pada 4 M hambatan naik menjadi 88 kN, hambatan terus

naik menjadi 103.2 kN pada tinggi sarat 6 M, pada tinggi sarat 8 M hambatan terus naik nilainya menjadi 116.6 kN, dan terakhir pada tinggi sarat penuh yaitu 8.31 M didapatkan 119.3 kN.

Pada kecepatan maksimum 13.24 knots, hambatan yang didapatkan naik pada tiap kenaikan sarat, yaitu; pada 2 M ketinggian sarat didapatkan 169.5 kN, pada 4 M hambatan naik menjadi 183.8 kN, hambatan terus naik menjadi 245.8 kN pada tinggi sarat 6 M, pada tinggi sarat 8 M hambatan terus naik nilainya menjadi 238.9 kN, dan terakhir pada tinggi sarat penuh yaitu 8.31 M didapatkan 244.3 kN.

3.3.2. Analisa Kebutuhan Daya pada Tiap Ketinggian Sarat

Pola yang serupa juga terjadi pada analisa kebutuhan daya-kecepatan pada tiap kenaikan sarat. Hal ini tertera pada hasil grafik pada gambar 6. Grafik Daya-kecepatan pada tiap sarat kapal.



Gambar 6. Grafik Daya-Kecepatan pada tiap kenaikan Sarat

Grafik pada Gambar 6 diatas dapat dibaca pada tabel 5.

Tabel 5. Data Kebutuhan Daya pada tiap kenaikan sarat

Speed (Knots)	Kebutuhan Daya pada Kenaikan Sarat (HP)				
	2 mWl	4 mWl	6 mWl	8 mWl	8.31 mWl
0	--	--	--	--	--
3.31	19.79	24.22	28.64	32.59	33.35
6.62	147.6	179.3	211.9	241.2	246.8
9.93	527.2	603.0	706.9	798.7	817.1
13.24	1,548	1,678	1,971	2,181	2,231
	.50	.39	.18	.86	.88

Pada kecepatan 3.31 knots, kebutuhan daya yang didapatkan naik pada tiap kenaikan sarat, yaitu; pada 2 M ketinggian sarat didapatkan kebutuhan daya 19.79 HP, pada 4 M kebutuhan daya naik menjadi 24.22 HP, kebutuhan daya terus

naik menjadi 28.64 HP, pada tinggi sarat 6 M, pada tinggi sarat 8 M kebutuhan daya terus naik nilainya menjadi 32.59 HP, dan terakhir pada tinggi sarat penuh yaitu 8.31 M didapatkan kebutuhan daya sebesar 33.35 HP.

Pada kecepatan 6.62 knots, kebutuhan daya yang didapatkan naik pada tiap kenaikan sarat, yaitu; pada 2 M ketinggian sarat didapatkan kebutuhan daya 147.63 HP, pada 4 M kebutuhan daya naik menjadi 179.34 HP, kebutuhan daya terus naik menjadi 211.93 HP, pada tinggi sarat 6 M, pada tinggi sarat 8 M kebutuhan daya terus naik nilainya menjadi 241.2 HP, dan terakhir pada tinggi sarat penuh yaitu 8.31 M didapatkan kebutuhan daya sebesar 246.87 HP.

Pada kecepatan 9.93 knots, kebutuhan daya yang didapatkan naik pada tiap kenaikan sarat, yaitu; pada 2 M ketinggian sarat didapatkan kebutuhan daya 527.22 HP, pada 4 M kebutuhan daya naik menjadi 603.07 HP, kebutuhan daya terus naik menjadi 709.97 HP pada tinggi sarat 6 M, pada tinggi sarat 8 M kebutuhan daya terus naik nilainya menjadi 798.72 HP, dan terakhir pada tinggi sarat penuh yaitu 8.31 M didapatkan kebutuhan daya sebesar 817.12 HP.

Pada kecepatan 13.24 knots, kebutuhan daya yang didapatkan naik pada tiap kenaikan sarat, yaitu; pada 2 M ketinggian sarat didapatkan kebutuhan daya 1548.5 HP, pada 4 M kebutuhan daya naik menjadi 1678.39 HP, kebutuhan daya terus naik menjadi 1971.18 HP, pada tinggi sarat 6 M, pada tinggi sarat 8 M kebutuhan daya terus naik nilainya menjadi 2181.86 HP, dan terakhir pada tinggi sarat penuh yaitu 8.31 M didapatkan kebutuhan daya sebesar 2231.88 HP.

3.4. Perhitungan Daya Mesin Kapal

3.4.1. Perhitungan Daya Efektif (EHP)

Seperti yang didapat dari hasil Analisa Hambatan Kapal dan Daya Kapal menunjukkan bahwa kapal memiliki hambatan total pada kecepatan maksimum sebesar 244.3 kN dan Daya EHP 2231.125 HP. Maka perhitungan dapat dilanjutkan hingga mendapatkan nilai BHP.

3.4.2. Perhitungan SHP (Shaft Horse Power) dan DHP (Delivery Horse Power)

pada metode Holtrop harus menentukan efisiensi propulsi untuk perhitungan SHP dan EHP.

$$SHP = EHP/P_c \quad (3)$$

$$P_c = \text{Propulsive coefficient}$$

$$P_c = \eta_H \times \eta_R \times \eta_O$$

η_H = Hull efficiency
 η_H = 1,2116
 η_O = Open propeller efficiency
 η_O = 0,396 ~ 0,653
 η_O = 0,6414
 η_R = Relative-rotative efficiency
 η_R = 1,010 ~ 1,0140
 η_R = 1,0140

maka quasi-propulsive coefficient (η_D) dapat dicari setelah setiap komponen efisiensi propulsi diketahui.

$$P_c = \eta_H \times \eta_O \times \eta_R \quad (4)$$

$$P_c = 1,2116 \times 0,6414 \times 1,0140$$

$$P_c = 0,7880$$

Setelah η_D diketahui maka SHP dan DHP dapat dihitung dengan cara :

$$SHP = EHP / P_c \quad (5)$$

$$= 2231.125 / 0.7880$$

$$= 2831.38 \text{ HP}$$

$$DHP = SHP \times 0.98 \quad (6)$$

$$= 2831.38 \times 0.98$$

$$= 2774.75 \text{ HP}$$

3.4.3. Perhitungan BHP (Brake Horse Power)

Dua koreksi yang digunakan dalam perhitungan BHP adalah 3% DHP karena kamar mesin terletak di belakang ruang muat.

$$BHP = SHP + 3 \% SHP \quad (7)$$

$$= 2831.38 + 3 \% \times 2831.38$$

$$= 2916.32 \text{ hp} \approx 3000 \text{ hp}$$

Dan Koreksi sebesar 15–25% dari DHP dikarenakan jalur pelayaran luar negeri.

$$BHP = SHP + x \% SHP \text{ (dimana: } x \text{ diambil } 25 \% \text{)}$$

$$BHP = SHP + 25 \% SHP \quad (8)$$

$$= 2831.38 + 25 \% \times 2831.38$$

$$BHP = 3539.23 \text{ hp} \approx 3,600 \text{ hp}$$

4. KESIMPULAN

Kapal General Cargo 10000 DWT memiliki Hambatan Total Maksimum pada kondisi sarat penuh dan kecepatan dinas sebesar 244.3 kN. Terdapat Kenaikan nilai Hambatan pada tiap kenaikan sarat yang berarti semakin tinggi area kapal yang masuk kedalam air, semakin besar hambatan yang dialami oleh kapal, dan semakin besar pula kebutuhan daya untuk menjalankan kapal tersebut sampai pada kecepatan dinas.

Didapatkan hasil perhitungan dengan analisis *software* yang menunjukkan hasil EHP sebesar 2231.125 HP. Selanjutnya dilakukan perhitungan BHP yang didapatkan hasil sebesar 3539.23 HP, selanjutnya dilakukan pembulatan keatas berdasarkan pada kebutuhan daya yang paling tinggi sehingga menjadi 3600 HP, BHP akhir yang digunakan adalah yang terbesar yaitu 3600 HP.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] B. Septiawan, "Analisis Potensi Ekspor Indonesia Terhadap Negara Asean Dengan Pemanfaatan Perjanjian Masyarakat Ekonomi Asean (Mea)," *AKUNTABILITAS: Jurnal Ilmiah Ilmu-Ilmu Ekonomi*, vol. 15, no. 1, 2023.
- [2] S. P. Kusumo, B. Arswendo, dan A. W. B. Sentosa, "Studi Perancangan Kapal Kargo 14.715 Dwt Rute Pelayaran Tanjung Perak-Batu Ampar," *Jurnal Teknik Perkapalan*, vol. 5, no. 2, 2017.
- [3] S. Pramono dan A. T. Pangidoanta, "Analisa Perhitungan Daya Mesin Kapal Menggunakan Metode Guldhamer-Harvald," *Jurnal Sains Dan Teknologi Maritim*, vol. 21, no. 2, 2021.
- [4] D. G. M. Watson, *Practical Ship Design, Volume 1 Stability and Strength*, ELSEVIER Ocean Engineering Book Series. vol. 1. 1998.
- [5] F. P. R. Ricinsi, T. B. Musriyadi, dan A. Baidowi, "Analisa Hambatan dan Efek Diving pada Kapal Monohull Pelat Datar dan Kapal Konvensional (Streamline)," *Jurnal Teknik ITS*, vol. 9, no. 2, 2021.
- [6] Y. R. Kim, S. Steen, D. Kramel, H. Muri, dan A. H. Strømman, "Modelling of ship resistance and power consumption for the global fleet: The MariTEAM model," *Ocean Engineering*, vol. 281, 2023.
- [7] E. Sugianto dan A. Winarno, "Computational Model Tahanan Kapal Untuk Menentukan Kebutuhan Daya Kapal Bulk Carrier 8664 Dwt," *Jurnal Kelautan: Indonesian Journal of Marine Science and*

- Technology*, vol. 10, no. 2, 2018.
- [8] E. Supryanto, "Desain Kapal 2 in 1 Khusus Pengangkut Sapi Dan Barang Rute Nusa Tenggara Timur (NTT) - Surabaya *Design of 2 in 1 Vessel Carrying Cattles and Goods With Route East Nusa Tenggara (NTT) - Surabaya*" Tugas Akhir, Institut Teknologi Sepuluh November, 2015.
- [9] Alamsyah, W. Setiawan, E. Dwi Cahya, A. Ika Wulandari, Suardi, dan A. Alifantio, "Design of Fishing Vessel of Catamaran Type in Waterways of East Kalimantan (40 GT)," *Journal of Physics: Conference Series*, 2021.
- [10] E. V. Lewis, *Principles of naval architecture. Volume I, Stability and strength*, Society of Naval Architects and Marine Engineers (U.S.), vol. I. 1988.
- [11] R. A. Anugrah dan M. P. Awwaludien Al-Fath, "Simulasi Numerik Kapal Katamaran Pendeteksi Kedalaman Banjir Menggunakan Software Maxsurf Untuk Mencari Resistance," *Quantum Teknika : Jurnal Teknik Mesin Terapan*, vol. 3, no. 2, 2022.
- [12] A. A. Priadi, Dasar-Dasar Penanganan dan Pengaturan Muatan Kapal Niaga. Penerbit Politeknik Ilmu Pelayaran Semarang. 2020.
- [13] A. F. Molland, S. R. Turnock, dan D. A. Hudson, *Ship Resistance and Propulsion*. Cambridge University Press, 2011.
- [14] F. Papalangi, I. P. Mulyatno, P. Manik, "Studi Perancangan Tongkang Pengangkut Limbah Batubara Di PLTU Tanjung Jati B Jepara," *Jurnal Teknik Perkapalan*, vol. 3, no. 2, 2015.
- [15] J. Holtrop, "A statistical re-analysis of resistance and propulsion data. Published in *International Shipbuilding Progress*," *International Shipbuilding Progress*, vol. 31, no. 363, 1984.
- [16] E. V. Lewis, "Principles of naval architecture. Volume II, Resistance, propulsion and vibration", Society of Naval Architects and Marine Engineers (U.S.), vol. II. 1998.