

## Analisis Perhitungan Daya *Main Engine Container Ship 100 teus* Jarak Pelayaran *556 Nautical mill*

Adi Kurniawan Yusim\*, Samuel Febriary Khristyson

Prodi Teknologi Rekayasa Konstruksi Perkapalan, Departemen Teknologi Industri,  
Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro,  
Jl. Prof. Soedarto SH Tembalang Semarang 50727

\*E-mail: adiyusim.vokasi@live.undip.ac.id

Diajukan: 07-11-2023; Diterima: 08-12-2023; Diterbitkan: 22-12-2023

### Abstrak

Dalam menunjang performa kapal ketika beroperasi maka diperlukan suatu sistem propulsi yang tepat. Kapal memiliki karakteristik dimana tahanan yang ditimbulkan akan menghasilkan gesekan yang menahan proses lajunya kapal di permukaan air laut. Perlunya perbandingan dan pembuktian adanya korelasi antara perhitungan tahanan total dengan melibatkan tahanan gesek terhadap air, udara dalam suatu perencanaan kapal terhadap perencanaan sistem propulsi dari kapal. Tujuan penelitian melakukan analisa terhadap perhitungan hambatan total, daya serta spesifikasi mesin induk kapal kontainer 100 teus jarak pelayaran 556 *nautical mill*. Pendekatan perhitungan hambatan total kapal dapat disajikan dengan menggunakan metode Guldamer-Harvard. Hasil Analisa menunjukkan untuk tahanan total 62,31 KN mendapatkan spesifikasi mesin model 12 *cylinder diesel engine* dengan 1656 Hp / 1900 rpm, percobaan sea trial pada kapal kontainer 100 Teus didapatkan kelajuan kapal 11,2 Knot untuk beban mesin 100 %.

**Kata kunci:** daya mesin; kapal kontainer; hambatan kapal

### Abstract

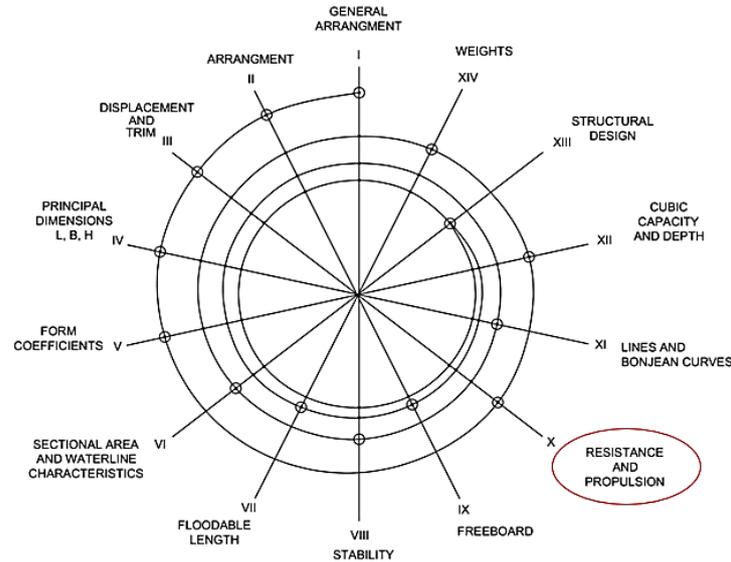
*Supporting ship's performance when operating, a proper propulsion system is needed. The ship has a characteristic where the resistance generated will produce friction that restrains the ship's speed process on the sea surface. It is necessary to compare and prove the existence of a correlation between the calculation of total resistance by involving frictional resistance to water, air in a ship planning to the planning of the propulsion system of the ship. The purpose of this research is to analyze the calculation of total resistance, power and specifications of the main engine of a 100 teus container ship with a shipping distance of 556 nautical mills. The approach to calculating the total resistance of the ship can be presented using the Guldamer-Harvard method. The results of the analysis show that for a total resistance of 62.31 KN, the engine specifications are model 12 cylinder diesel engine with 1656 HP / 1900 rpm, the sea trial on a 100 Teus container ship get ship speed of 11.2 Knot for a 100% engine load.*

**Keywords:** container ship; engine power; ship resistance

### 1. Pendahuluan

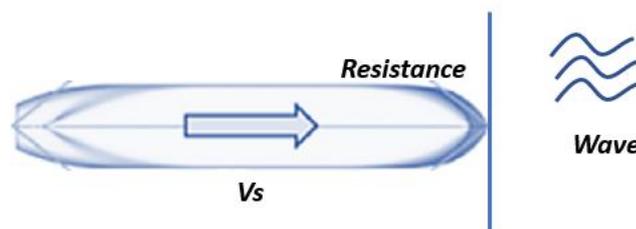
Untuk menunjang performa kapal ketika beroperasi maka diperlukan suatu sistem propulsi yang tepat [1]. Kapal memiliki karakteristik dimana tahanan yang ditimbulkan akan menghasilkan gesekan yang menahan proses lajunya kapal di permukaan air laut [2,3]. Kapal barang atau general cargo dan kelas kapal kontainer umumnya memiliki hambatan yang cukup besar dikarenakan desain lambung kapal yang dirancang untuk lebih dalam sehingga membuat sarat kapal tercelup lebih dalam dari permukaan air laut [4]. Semakin dalam bagian kapal yang tercelup maka dalam perencanaan sistem propulsi pun juga perlu diperhatikan termasuk didalamnya adalah perencanaan daya mesin kapal [5,6]. Dalam sebuah perencanaan perhitungan daya kapal, proses tersebut termasuk kedalam konsep setelah penentuan desain lambung kapal, lihat gambar 1. Dalam konsep desain spiral pembangaunan kapal dapat diketahui jika penentuan daya mesin sangat berpengaruh terhadap kebutuhan laju kapal [7]. Permasalahan yang terjadi dalam pembangaunan kapal terdapat beberapa opsi pemilihan daya mesin untuk penentuan spesifikasi mesin apa yang akan digunakan. Spesifikasi mesin ini nantinya akan berpengaruh selanjutnya terhadap penentuan layout kamar mesin atau jenis konstruksi sistem penunjangnya yang berada di ruangan kamar mesin kapal [8]. Termasuk didalamnya adalah stabilitas kapal dan desain

hidrostatik dari kapal, mengingat kapal yang dirancang ini adalah kapal barang sehingga pemanfaatan ruangan untuk kebutuhan barang atau cargo dan kontainer sangat diperhitungkan [9]. Pemilihan jenis mesin juga berpengaruh terhadap kebutuhan bahan bakar serta sistem bahan bakar baik itu sistem *loading* atau *unloading* bahan bakarnya. Kapal kontainer 100 Teus ini dibuat pada galangan kapal di daerah semarang sebagai salah satu kapal program TOL LAUT pemerintah, dalam perencanaannya terdapat beberapa pendekatan yang merumuskan pada beberapa pilihan mesin induk atau *main engine*. Dari pilihan tersebut dapat disimulasikan bagaimana kriteria performa mesin berdasarkan pendekatan matematis, sehingga dapat dijadikan sebagai refensi para *stake holder* terkait untuk menentukan mesin yang sesuai.



Gambar 1 . Spiral Design

Penelitian sebelumnya pada kapal kontainer dengan jalur pelayaran pelabuhan Busan menuju pelabuhan Hamburg menunjukkan variabel pemilihan baling-baling kapal sangat mempengaruhi performa kecepatan kapal [10]. Senada dengan hal tersebut perbandingan antara metode tradisional dalam perhitungan tahanan kapal menunjukkan bahwa 7,87% peningkatan kecepatan kapal rata-rata diperoleh , sehingga metode yang diusulkan efektif dalam merancang kapal yang lebih baik untuk keadaan laut yang sebenarnya [11]. Kinerja yang lebih baik dari kondisi laut untuk kapal yang dirancang dengan metode yang diusulkan juga dilaporkan [12,13]. Namundemikian pentingnya perhitungan hambatan tahanan gelombang memberikan prediksi sehubungan dengan daya mesin induk [14]. Ditunjukkan bahwa, meskipun perbedaan mutlak cukup kecil namun konsekuensi sehubungan dengan pemuatan baling-baling dan dengan mesin induk yang digabungkan secara langsung dapat relatif besar [15] . Lebih lanjut, studi tersebut mengilustrasikan bahwa margin dari propeler *pitch* yang langsung terhubung ke mesin utama memiliki pengaruh penting pada kecepatan yang dapat dicapai selama kondisi cuaca apapun [14].

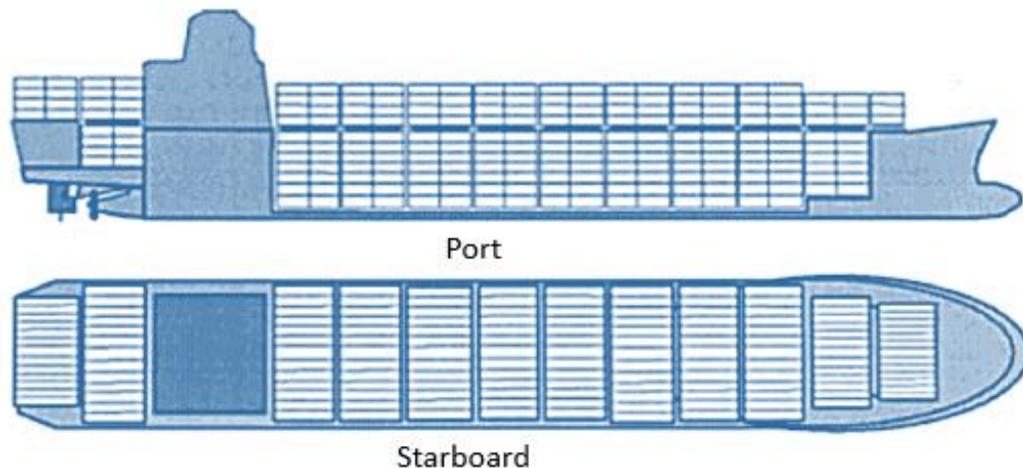


Gambar 2. Skema tahanan pada kapal

Sehingga perlunya penelitian yang mengangkat perbandingan dan pembuktian adanya korelasi antara perhitungan tahanan total dengan melibatkan tahanan gesek terhadap air, udara , dalam suatu perencanaan kapal terhadap perencanaan sistem propulsi dari kapal, gambar 2. Tujuan dari penelitian ini untuk mendapatkan hasil analisa terhadap perhitungan hambatan total, daya serta spesifikasi mesin induk kapal kontainer 100 teus jarak pelayaran 556 *nautical mill*. Sehingga luarannya dapat menjadi referensi dalam analisa perhitungan daya mesin induk serta pemilihan spesifikasi mesin induk kapal kontainer 100 teus yang tepat untuk rute pelayaran Makassar menuju Tarakan (556 *nautical mill*) guna pembuatan kapal proyek TOL LAUT selanjutnya dengan cara *sister ship*. Adapun batasan permasalahan dari penelitian ini adalah pemilihan desain kapal pada kapal kontainer 100 teus, kondisi perairan seperti pada perairan laut dalam Indonesia, variabel jenis mesin induk yang digunakan terdapat 3 tipe, pelayaran percobaan pada daerah laut jawa utara.

## 2. Material dan metodologi

Kapal kontainer 100 teus memiliki ukuran utama yang cukup ideal untuk pelayaran di perairan dalam laut Indonesia, disamping tingkat keamana barang bawaanya yang sudah terjamin oleh peti kemas. Kapal ini dirancang memiliki kamar mesin berada di belakang ( *aft engine room* ), sebagai simulasi desain kapal kontainer lihat gambar 3. Dari gambar tersebut dapat diketahui penempatan ruang muat sangat dioptimalkan dan letak kamar mesin berada di buritan sehingga tipe kapal barang kontainer ini cukup fleksibel untuk area bongkar muat dan *loading* muatan .



**Gambar 3.** Layout kapal kontainer

Adapun ukuran utama kapal kontainer sesuai dengan pembagunan di galangan kapal kota Semarang. Lihat tabel 1.

**Tabel 1.**Ukuran utama kapal

Nama Kapal	: MV. Kendhaga Nusantara 6
Panjang (LOA)	: 74,05 m
Lebar (B)	: 14,7 m
Sarat (D)	: 3,5 m
Tinggi (H)	: 4,9 m
CB	: 0,65
WSA	: 117 m <sup>2</sup>
Speed	: 12 knot

Ukuran kapal yang direncanakan tersebut memiliki kapasitas 100 Teus, Pendekatan perhitungan hambatan total kapal dapat disajikan dengan menggunakan metode Guldamer-Harvard dimana parameter yang digunakan adalah daerah luas permukaan basah kapal. Alur dari penelitian ini dapat dilanjutkan untuk perhitungan kecepatan kapal dan perhitungan lebih lanjut lainnya, lihat gambar 4. Adapaun pendekatan yang digunakan adalah :

$$RT = 0,5 \cdot \rho \cdot S \cdot Vs^2 \cdot CT \quad (1)$$

Dimana  $RT$  adalah nilai tahanan total (KN) dan  $\rho$  adalah berat jenis air laut (  $\text{kg/m}^3$ ),  $S$  adalah luas badan kapal yang tercelup air (  $\text{m}^2$  ), sedangkan  $Vs$  adalah kecepatan dinas kapal yang digunakan untuk operasional dalam proses pelayaran (knot), dan  $CT$  adalah koefisien tahanan Total . Nilai  $CT$  dapat diasumsikan dari beberapa koefisien yang bekerja pada kapal [14], yaitu :

$$CT = Cr + Cf + Ca + Caa + Cas \quad (2)$$

Dimana  $CT$  adalah koefisien total dari kapal,  $Cr$  adalah koefisien tahanan bentuk kapal ,  $Ca$  adalah tahanan tambahan kapal ,  $Caa$  adalah tahanan udara kapal dan  $Csa$  adalah tahanan sekitar daun kemudi kapal. Sedangkan untuk daya kapal menggunakan pendekatan :

$$BHP = DHP + 35 \% DHP \quad (3)$$

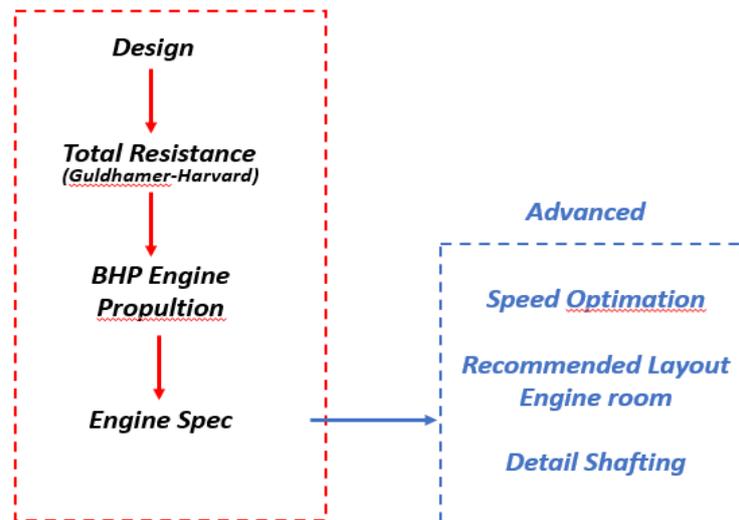
DHP ( *delivery horsepower* ) didapatkan dari, pendekatan :

$$DHP = EHP \cdot \frac{1}{\mu} \quad (4)$$

Sedangkan EHP ( *effective horsepower* ) merupakan pendekatan untuk perhitungan daya efektif berdasarkan data hambatan total pada kapal. Dan nilai  $Vs$  didapatkan dari kecepatan dinas kapal.

$$EHP = RT \cdot Vs \quad (5)$$

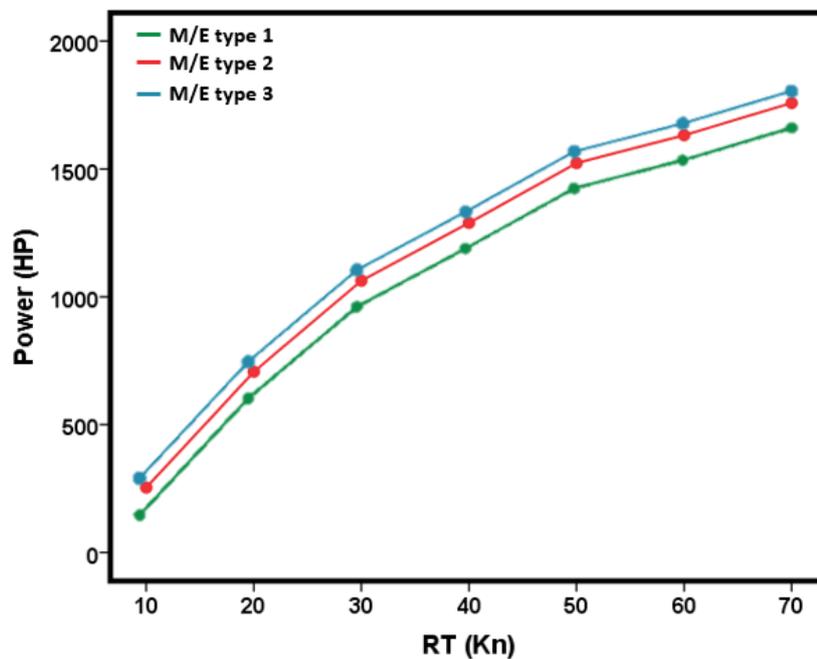
Pada gambar 4, menunjukkan alur metode penelitian, dimana tahap awal dari gambar desain yang telah ada kemudian dilakukan perhitungan hambatan totalnya. Meliputi tahanan laut, angin , dan bentuk bangunan kapal itu sendiri, dari tahanan total yang terbentuk maka didapatkan total hambatan yang diperlukan. Total hambatan tersebut sebagai acuan untuk menentukan daya mesin induk kapal (BHP) *Brake Horsepower*. Sehingga dalam penentuan spesifikasi mesin dapat diarahkan dan dicari perbandingannya untuk uji performa sebagai pendekatan dalam perencanaan mesin induk kapal. Daerah berwarna merah merupakan alur penelitian utama sedangkan untuk daerah yang berwarna biru merupakan output luaran yang dapat diteruskan untuk penelitian selanjutnya. Selanjutnya data hasil perhitungan untuk daya kapal pada setiap parameter pemilihan mesin induk kapal dilakukan perbandingan untuk analisa penelitian.



Gambar 4. Metode penelitian

### 3. Hasil dan Pembahasan

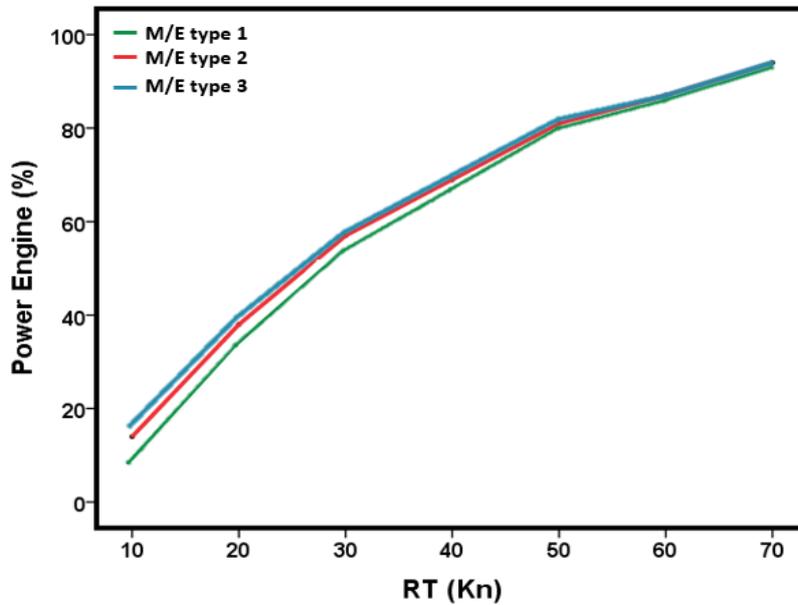
Dari hasil perhitungan maka didapatkan nilai tahanan total RT adalah 62,31 KN sehingga jika dibandingkan dengan tiga tipe mesin yang paling mendekati adalah mesin induk dengan spesifikasi antara 1250 – 1800 HP. Pada gambar 5 menunjukkan perbandingan antara 3 tipe mesin kapal.



Gambar 5. Perbandingan Tahanan total dengan Daya Mesin

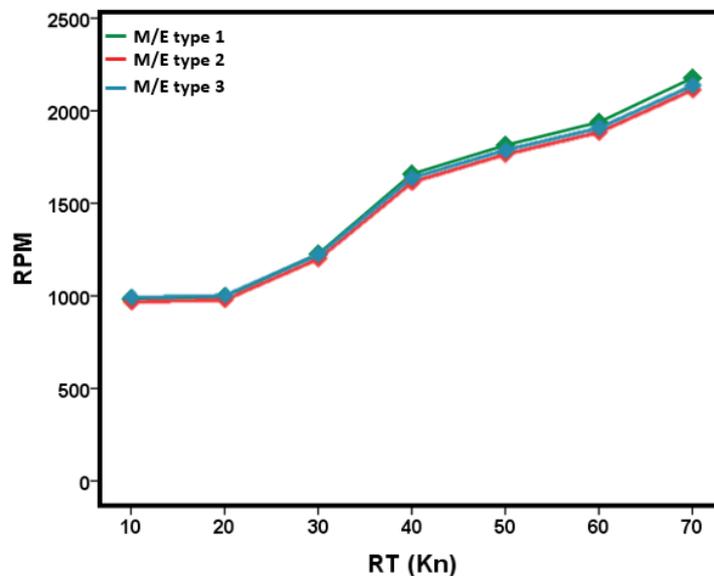
Dari hasil perhitungan tersebut menunjukkan nilai HP pada tahanan total kapal, baik pada mesin tipe 1, 2, 3 masing-masing memiliki perbedaan 0,8 %. Tipe mesin ke 3 memiliki nilai daya tertinggi dari tipe ke 1 dan ke 2. Untuk nilai than total dari hasil perhitungan RT adalah 61,31 KN dengan kapasitas kapal 100 teus, sehingga jika dilanjutkan dengan perhitungan menggunakan pendekatan (3-5) maka mendapatkan kebutuhan daya 1767 HP. Tidak ada peredaan pada tipe mesin hanya terdapat dari tenaga yang dihasilkan dikarenakan desain dan ratio pembakaran yang berbeda pada mesin

dengan kapasitas daya sesuai dengan range hasil perhitungan tersebut. Hal tersebut juga senada jika dipresentasikan maka mendapatkan hasil lihat gambar 6. Dari hasil tersebut dapat diketahui ke tiga tipe mesin memiliki prosentase daya yang signifikan hampir mendekati pada tahanan penuh kapal, berbeda pada bagian awal tahanan masing-masing memiliki *trend* perubahan masing-masing dengan selisih 3 % .



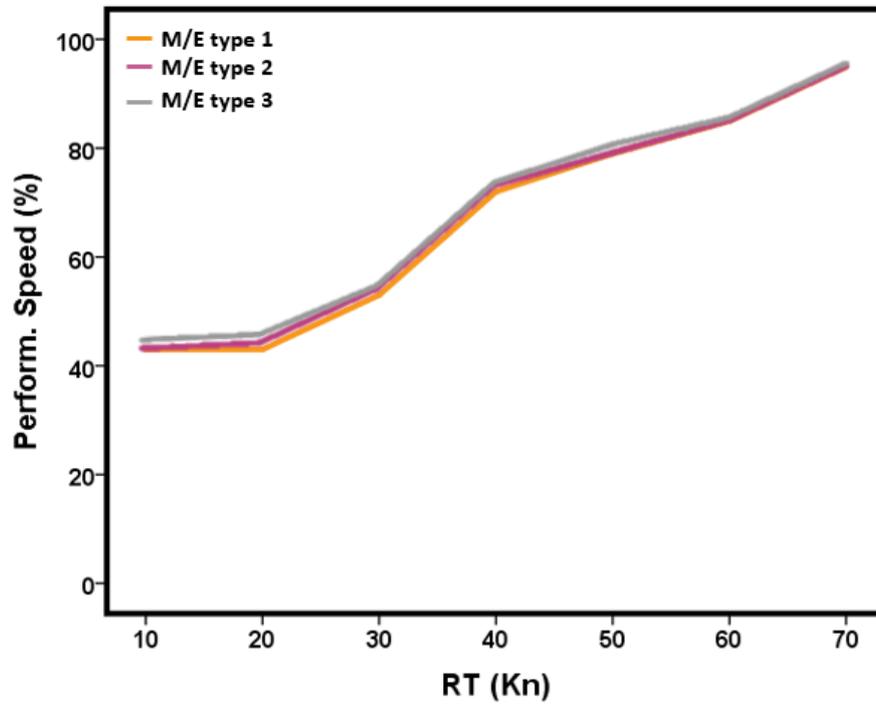
**Gambar 6.** Perbandingan Tahanan total dengan Persentase Daya Mesin Induk Kapal

Dari ketiga tipe mesin ,tipe mesin ke 3 masih mendominasi daya tertinggi dari kebutuhan tahanan total yang di perlukan. Nilai persentase tertinggi adalah 94 % dengan tahanan total 70 KN. Hal tersebut juga berpengaruh terhadap konsumsi dan tingkat proses penggunaan sistem pendinginan mesin. Sehingga jika dilakukan perbandingan dari beberapa faktor tersebut maka perlu dilakukan analisa kembali dan dibandingkan dengan baik dari ke tiga model mesin dengan spesifikasinya masing-masing yang tepat dan paling ideal.



**Gambar 7.** Perbandingan Tahanan total dengan Putaran Mesin Induk Kapal

Dari gambar 7, dapat terlihat performa putaran mesin untuk setiap model mesin tipe 1, 2, 3. Putaran mesin semakin tinggi maka memiliki daya mesin yang rendah dibandingkan dengan mesin yang memiliki putaran rendah maka memiliki daya yang lebih tinggi. Hal tersebut dikarenakan sistem pembakaran ruang bakar yang didesain sesuai dengan modifikasi dan kondisi masing-masing model tipe mesin.



**Gambar 8.** Perbandingan Tahanan total dengan Persentase Kecepatan putaran RPM Mesin Induk Kapal

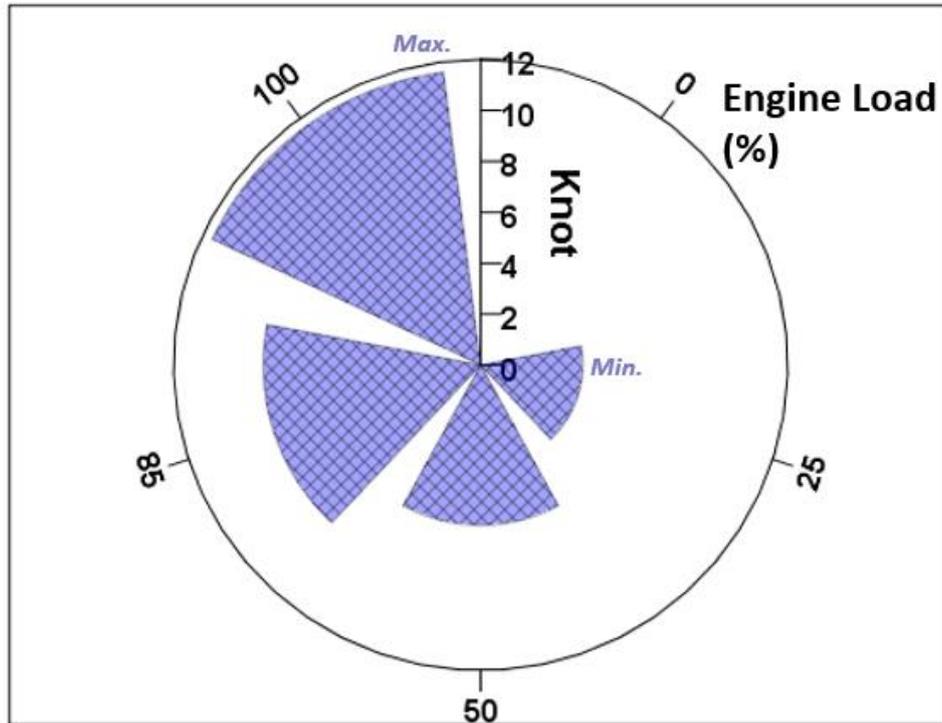
Dari gambar 8 dapat diketahui setiap model tipe mesin memiliki karakteristik dari putaran mesin. Nilai persentase tertinggi memiliki nilai yang sama yaitu 95 % sedangkan untuk persentase paling kecil terdapat pada nilai 43 % yang terdapat pada mesin dengan model tipe pertama. Berdasarkan hasil perbandingan perhitungan tahanan dan analissi tersebut, maka didapatkan spesifikasi mesin tipe ke 2 adalah sebagai berikut:

**Tabel 2.**Spesifikasi mesin kapal

No	Spesification	Remark
1	Model	: 12 Cyl, diesel engine
2	Type	: V Tipe
3	Lub. System	: Wet sump system
4	Output	: 1656 Hp / 1900 rpm (at fly wheel)
5	Emission	: IMO Tier II
6	Fuel conump	: 217 gr/KW
7	Cooling system	: Constant Hight Tempt cooling

Sehingga data percobaan laut /sea trial di laut utara pulau Jawa , sesuai dengan kondisi perairan dalam Indonesia didapatkan hasil, performa kecepatan maksimum pada kapal container 100 Teus ini adalah 11,2 Knot. Dengan beban

load mesin pada performa maksimum 100 % . Kenaikan secara bertahap beban kerja mesin dapat diketahui dari peningkatan temperatur pendinginan mesin, serta temperatur pelumasan yang menunjukkan nilai maksimum.



**Gambar 8.** Grafik percobaan *sea trial* tipe model mesin Induk

Dari gambar 8 dapat diketahui, nilai beban mesin terendah 25 % dengan kecepatan 4 knot. Hal tersebut memiliki peningkatan 2,3 knot pada beban mesin 50 %, peningkatan 2,2 knot pada kenaikan beban mesin 75 %, dan peningkatan 3,1 knot pada kenaikan beban mesin menjadi 100 % . Pemilihan model mesin pada tipe ke 2 berdasarkan kepada pendekatan perhitungan dan perbandingan nilai dari masing-masing tipe mesin.

#### 4. Kesimpulan

Pada perhitungan daya mesin untuk pelayaran terbatas dapat ini dapat menjadi referensi dalam perumusan tahanan total kapal yang nantinya dapat dijadikan acuan dalam penentuan spesifikasi model tipe mesin yang diperlukan sesuai tipe kapal yang hampir serupa. Dari ukuran kapal kontainer 100 Teus ini memiliki kriteria bentuk lambung kapal yang memiliki kapasitas muat cukup besar berdasarkan perhitungan perbandingan ukuran utama kapal. Berdasarkan analisis di lapangan, mesin dengan tipe rpm tinggi dan daya yang lebih rendah efektif untuk kapal dengan tipe muatan barang. Luaran tipe model mesin ini banyak dijumpai di pasaran sesuai dengan spesifikasi dan kebutuhan daya dari masing-masing tipe kapal. Percobaan *sea trial* menunjukkan perbandingan yang selaras dengan perencanaan tipe mesin, kelajuan maksimum dapat diperoleh berdasarkan model lambung kapal yang menghasilkan tahanan kapal yang ideal.

Alur metode perhitungan daya mesin kapal 100 Teus dengan rute pelayaran 556 *nautical mill* ini dapat menjadi referensi dalam proses perhitungan tahanan kapal dalam pembangunan kapal di galangan kapal Semarang. Berdasarkan hasil percobaan *sea trial* , saat ini kapal model ini dapat menjadi salah satu alternatif kapal untuk pelayaran laut dalam

yang menuju ke daerah- daerah pedalaman. Adapun tipe mesin ini sudah memiliki standart untuk regulasi IMO dan memiliki konsumsi bahan bakar yang ideal dengan ukuran tangki bahan bakar yang terdapat pada desain kapal kontainer 100 Teus. Tipe tangki bahan bakar yang digunakan pada akhirnya juga menyesuaikan berdasarkan penggunaan model mesin yang digunakan. Tangki bahan bakar dengan pengaplikasian heater sebagai pemanas *Fuel Oil* sangat diperlukan dalam memberikan performa kinerja *ijector* mesin.

### Ucapan terima kasih

Terima kasih kepada seluruh pihak yang telah mendukung secara materi dan sumber dana untuk penulisan penelitian ini.

### Daftar Pustaka

1. Andric J, Prebeg P, Palaversa M, Zanic V. Influence of different topological variants on optimized structural scantlings of passenger ship. *Mar Struct.* 2021;78:102981.
2. Liu Y, Gong Q. Numerical investigation on the flow characteristics and hydrodynamic performance of tandem propeller. *Appl Ocean Res.* 2020;101:102292.
3. Sigmund S, el Moctar O. Numerical and experimental investigation of added resistance of different ship types in short and long waves. *Ocean Eng.* 2018;147:51–67.
4. Seok J, Park J-C. Numerical simulation of resistance performance according to surface roughness in container ships. *Int J Nav Archit Ocean Eng.* 2020;12:11–9.
5. Feng D, Yu J, He R, Zhang Z, Wang X. Improved body force propulsion model for ship propeller simulation. *Appl Ocean Res.* 2020;104:102328.
6. Kim Y-G, Kim U-K. Design and analysis of the propulsion shafting system in a ship with single stern tube bearing. *J Mar Sci Technol.* 2020;25(2):536–48.
7. Chen X, Li F, Jia B, Wu J, Gao Z, Liu R. Optimizing storage location assignment in an automotive Ro-Ro terminal. *Transp Res Part B Methodol.* 2021;143:249–81.
8. Jafaryeganeh H, Ventura M, Guedes Soares C. Application of multi-criteria decision making methods for selection of ship internal layout design from a Pareto optimal set. *Ocean Eng.* 2020;202:107151.
9. Esmailian E, Steen S. A new method for optimal ship design in real sea states using the ship power profile. *Ocean Eng.* 2022;259:111893.
10. Sharma P, Sahoo BB. An ANFIS-RSM based modeling and multi-objective optimization of syngas powered dual-fuel engine. *Int J Hydrogen Energy.* 2022;47(44):19298–318.
11. Kaidi S, Lefrançois E, Smaoui H. Numerical modelling of the muddy layer effect on Ship's resistance and squat. *Ocean Eng.* 2020;199:106939.
12. Dogrul A, Song S, Demirel YK. Scale effect on ship resistance components and form factor. *Ocean Eng.* 2020;209:107428.
13. Holt P, Nielsen UD. Preliminary assessment of increased main engine load as a consequence of added wave

resistance in the light of minimum propulsion power. *Appl Ocean Res.* 2021;108:102543.

14. Zhang F, Chen B, Liao G, E J. Performance assessment and comparative study on novel carbon dioxide based power cycles for the cascade engine waste heat recovery. *Appl Therm Eng.* 2022;214:118764.
15. Tillig F, Ringsberg JW. Design, operation and analysis of wind-assisted cargo ships. *Ocean Eng.* 2020;211:107603.