



ISSN 2338-0322

# JURNAL TEKNIK PERKAPALAN

Jurnal Hasil Karya Ilmiah Lulusan S1 Teknik Perkapalan Universitas Diponegoro

## ANALISIS ENGINE PROPELLER MATCHING PADA KAPAL KONTAINER 100 TEU

Gede Tresna Jaya Prawira<sup>1)</sup>, Untung Budiarto<sup>2)</sup>, Hartono Yudo<sup>3)</sup>

<sup>1)</sup>Laboratorium Sistem dan Permesinan Kapal

Departemen Teknik Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro  
Jl. Prof. Soedarto, SH, Kampus Undip Tembalang, Semarang, Indonesia 50275

<sup>\*)</sup>e-mail :gedetresnajayaprawir@students.undip.ac.id

### Abstrak

Transportasi laut berperan penting dalam mendukung distribusi logistik, sehingga diperlukan sistem propulsi yang mampu memenuhi kebutuhan operasi kapal secara efektif. Salah satu faktor yang memengaruhi kinerja sistem propulsi adalah kesesuaian antara mesin induk dan propeller (engine-propeller matching). Penelitian ini bertujuan menganalisis kesesuaian mesin dan propeller pada kapal kontainer 100 TEU menggunakan metode Engine-Propeller Matching (EPM). Analisis dilakukan melalui pemodelan kapal menggunakan perangkat lunak Maxsurf untuk memperoleh hambatan kapal, dilanjutkan dengan perhitungan kebutuhan daya mesin, pemilihan gearbox, evaluasi beberapa alternatif propeller Wageningen B-Series, analisis kavitas, serta penentuan titik operasi (matching point) berdasarkan karakteristik open-water propeller dan engine envelope. Hasil analisis menunjukkan bahwa pada kecepatan rencana 12 knot diperoleh hambatan total kapal sebesar 121,7 kN. Karena kapal menggunakan konfigurasi twin screw, kebutuhan propulsi dibagi menjadi dua sistem propulsi yang identik. Berdasarkan hasil evaluasi karakteristik propeller, dipilih propeller Wageningen B4-55 dengan diameter 2,40 m dan rasio P/D 0,694 untuk proses engine-propeller matching. Selanjutnya dipilih mesin induk MaK 6M20C berdaya 1.020 kW dengan gearbox ZF 8355. Berdasarkan analisis engine envelope, titik operasi diperoleh pada putaran sekitar 900 rpm, dengan kebutuhan daya sekitar 80,26% BHP dari daya maksimum mesin. Berdasarkan hasil penelitian, kombinasi mesin MaK 6M20C, gearbox ZF 8355, dan propeller Wageningen B4-55 memenuhi kebutuhan sistem propulsi kapal pada kondisi operasi rencana 12 knot berdasarkan metode Engine-Propeller Matching yang digunakan dalam penelitian ini.

Kata Kunci : Engine Propeller Matching, Kapal Kontainer 100 TEU, Hambatan, Propulsi Kapal

### 1. PENDAHULUAN

Transportasi laut memegang peran penting dalam perdagangan global dan distribusi logistik nasional. Kapal kontainer, sebagai moda utama angkutan peti kemas, mendukung konektivitas antarpulau di Indonesia maupun jalur perdagangan internasional. Efisiensi kapal kontainer sangat bergantung pada sistem propulsi, karena konsumsi bahan bakar menyumbang lebih dari 50% biaya operasional. Oleh karena itu, kesesuaian antara mesin induk dan propeller (engine-propeller matching / EPM) menjadi kunci untuk mencapai kecepatan rencana dengan penggunaan energi yang optimal [1].

Sebagian Permasalahan ini juga muncul pada kapal dengan karakteristik khusus. Penelitian pada kapal rescue boat menunjukkan bahwa pemilihan propeller yang sesuai sangat menentukan performa kecepatan tinggi dalam operasi darurat [2].

Pada KRI X dengan sistem CODAD, titik operasi optimum hanya tercapai pada 85% beban mesin dengan kecepatan 17,86 knot, menegaskan bahwa EPM relevan tidak hanya untuk kapal niaga, tetapi juga kapal militer yang membutuhkan performa manuver presisi [3].

Selain itu, penelitian pada kapal perikanan menunjukkan bahwa variasi pitch propeller memengaruhi efisiensi propulsi hingga 32%, dengan hasil terbaik pada pitch 14,75 inci [4].

Penelitian lanjutan juga membuktikan bahwa jumlah daun propeller memengaruhi performa. Pada kapal LNG mini, propeller tipe B6.40 dengan enam daun menghasilkan efisiensi tertinggi pada kecepatan 10 knot [5].

Di sisi lain, pendekatan multi-kriteria pada kapal perikanan 30 GT menambahkan faktor-faktor baru dalam pemilihan mesin-propeller, termasuk konsumsi bahan bakar spesifik (SFOC), kebisingan, dan ketersediaan ruang mesin, sehingga menghasilkan keputusan yang lebih komprehensif. Studi-studi ini memperkuat bukti bahwa variabel desain propeller dan pemilihan mesin tidak bisa dipisahkan dalam analisis EPM [6].

Penelitian pada kapal tunda menunjukkan bahwa perbedaan metode perhitungan tahanan menghasilkan variasi hasil yang signifikan, sehingga pemilihan metode analisis sangat krusial [7].

Selain itu, penelitian lain membuktikan bahwa posisi dan diameter propeller berpengaruh langsung terhadap efisiensi propulsi, menegaskan bahwa aspek desain geometri propeller merupakan bagian integral dari EPM [8].

Berdasarkan penelitian terdahulu mengenai konsumsi bahan bakar kapal niaga menunjukkan bahwa faktor operasional, seperti draft, kondisi cuaca, serta tingkat kekasaran lambung dan baling-baling, memiliki pengaruh signifikan terhadap performa kapal. Analisis terhadap 418 laporan operasi kapal menemukan bahwa perubahan kecepatan sekecil apapun dapat menimbulkan lonjakan konsumsi bahan bakar yang besar. Sebagai contoh, peningkatan kecepatan hanya satu knot dapat menambah penggunaan bahan bakar harian beberapa ton, sehingga berimplikasi langsung pada efisiensi biaya pelayaran. Namun, fokus utama penelitian tersebut masih terbatas pada estimasi kurva konsumsi secara umum, tanpa meninjau secara spesifik aspek engine-propeller matching [9].

Berdasarkan landasan tersebut, penelitian ini dilaksanakan pada kapal kontainer KM. X berukuran  $\pm 100$  TEU dengan tujuan memperoleh kesesuaian antara mesin dan propeller yang digunakan, sehingga mampu mendapatkan kecepatan yang diharapkan. Analisis ini mencakup perancangan bentuk kapal, menghitung tenaga mesin, perhitungan propeller, serta penentuan *matching point* antara mesin dan propeller guna mewujudkan sistem propulsi yang optimal dan konsumsi bahan bakar yang efisien.

## 2. METODE

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis serta mengoptimalkan kesesuaian antara mesin penggerak dan propeller (*engine-propeller matching*) pada kapal kontainer 100 TEU. Proses pengolahan data meliputi

- Membuat rancangan model kapal kontainer dengan memanfaatkan perangkat lunak maxsurf
- Melakukan perhitungan hambatan dan analisis kecepatan kapal menggunakan fitur resistance pada software maxsurf
- Menentukan kebutuhan daya mesin yang paling efisien untuk kapal kontainer berdasarkan hasil analisis hambatan
- Menentukan ukuran dan spesifikasi propeller yang ideal bagi kapal kontainer
- Analisis kecocokan antara mesin dan propeller *engine-propeller matching* dengan data mesin yang diperoleh dari hasil perhitungan hambatan kapal

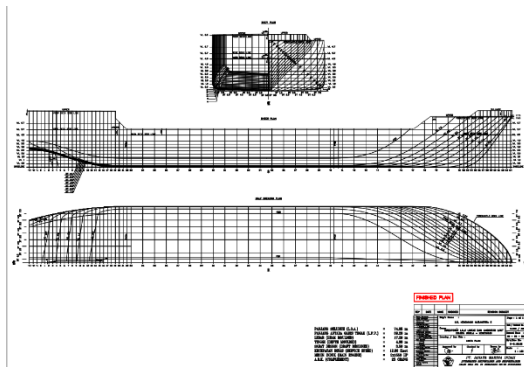
Validasi :

- Menganalisis karakteristik kurva performa mesin utama, meliputi daya maksimum (MCR), torsi, serta melakukan validasi titik kesesuaian antara mesin dan propeller melalui kurva propeller (*KQ-J diagram*).
- Mesin beroperasi dalam rentang 75–85% dari Maximum Continuous Rating (MCR).
- Menentukan titik kesesuaian (*matching point*) mesin pada kondisi operasi.

### 2.1. Objek Penelitian

Penelitian ini menggunakan kapal kontainer 100 TEU sebagai objek kajian. Data teknis yang dianalisis mencakup ukuran utama kapal dan *lines plan* yang diperoleh dari galangan PT.X. Untuk mendukung penelitian ini, digunakan sejumlah data utama, di antaranya ukuran utama kapal sebagai berikut:

- Loa : 74,05 M
- Lpp : 69,20 M
- B : 17,20 M
- H : 4,90 M
- T : 3,50 M



Gambar 1 linesplan kapal kontainer 100 TEU

## 2.2. Parameter Penelitian

### • Hambatan Kapal

Hambatan kapal dalam dinamika fluida adalah gaya resistif yang timbul akibat interaksi antara kapal dan medium fluida pada kecepatan tertentu. [10] Gaya ini bekerja searah dengan arah gerakan kapal. Standar ITTC menetapkan bahwa pada kondisi perairan tenang, hambatan kapal dapat dipisahkan menjadi hambatan gelombang yang terkait dengan bilangan Froude dan hambatan viskos yang berkaitan dengan bilangan Reynolds. [11] Hambatan kapal dapat dihitung menggunakan persamaan 1.

$$R_t = C_t \times \frac{1}{2} \times \rho \times V_s^2 \times S \quad (1)$$

### • Effective Horse Power (EHP)

Effective Horse Power merupakan tenaga minimum yang harus dimiliki kapal untuk menangani hambatan total pada lambungnya agar dapat bergerak dengan kecepatan tertentu. Daya ini tidak bergantung pada mekanisme penggerak, tetapi sepenuhnya ditentukan oleh besarnya hambatan kapal di perairan tenang serta kecepatan kapal saat berlayar. [10] Effective Horse Power dirumuskan dengan persamaan 2.

$$EHP = R_t (\text{dinas}) \times V_s \quad (2)$$

### • Wake Fraction (w) dan Thrust Deduction Factor (t)

Wake Fraction (w) dan Thrust Deduction Factor (t) merupakan dua parameter utama dalam analisis interaksi antara badan kapal (hull) dan propeller dalam kajian hidrodinamika kapal. [12] Maka wake fraction dan thrust deduction factor dapat dihitung menggunakan persamaan 3 dan 4.

$$W = (0,5 \times C_b) - 0,05 \quad (3)$$

$$t = k \times w \quad (4)$$

### • Efisiensi Lambung ( $\eta_H$ )

Efisiensi Lambung ( $\eta_H$ ) merupakan parameter penting dalam analisis performa propulsi kapal yang merepresentasikan efektivitas interaksi antara badan kapal dan propeller. [13] Efisiensi lambung sendiri dapat dihitung menggunakan persamaan 5.

$$\eta_H = (1 - t) / (1 - w) \quad (5)$$

### • Thrust Horse Power (THP)

Thrust Horse Power (THP) atau gaya dorong adalah tenaga yang dihasilkan propeler setelah menerima daya yang disalurkan melalui poros. Energi ini kemudian diubah menjadi gaya aksial yang mendorong kapal maju. [14] Thrust horse power dapat dihiung menggunakan persamaan 6.

$$THP = EHP / \eta_H \quad (6)$$

### • Speed of Advance ( $V_a$ )

Speed of Advance ( $V_a$ ) merupakan parameter penting dalam analisis kinerja propeller karena berpengaruh langsung terhadap karakteristik thrust, torque, dan efisiensi melalui advance coefficient. [13] Speed of advance sendiri dapat dicari menggunakan persamaan 7.

$$V_a = (1 - w) \times V_s \quad (7)$$

### • Delivery Horse Power (DHP)

Delivery Horse Power menggambarkan besarnya energi yang ditransmisikan dari mesin penggerak utama ke propeler. Energi ini merupakan hasil konversi dari daya efektif kapal yang kemudian dipengaruhi oleh faktor efisiensi propulsi. Dengan kata lain, DHP menunjukkan seberapa besar energi mesin yang benar-benar dapat digunakan propeler untuk menghasilkan dorongan. [14] Perhitungan Delivery Horse Power dapat dihitung menggunakan persamaan 8..

$$DHP = EHP / P_c \quad (8)$$

### • Daya Poros Baling-baling (SHP)

Shaft Horse Power menggambarkan energi mekanis yang ditransmisikan melalui poros menuju propeler. Nilai ini diukur pada titik sebelum propeler menerima putaran, yaitu di depan bantalan buritan. SHP sering digunakan dalam analisis performa kapal berbasis turbin karena menunjukkan hubungan langsung

antara daya mesin dan daya dorong. [14] SHP sendiri dirumuskan menggunakan persamaan 9.

$$SHP = DHP / \eta_{snb} \quad (9)$$

- **Daya Penggerak Utama (BHP)**

*Brake Horse Power* merupakan tenaga yang diperoleh oleh mesin utama kapal (misalnya mesin diesel atau turbin gas) sebelum dikompensasi oleh sistem transmisi. BHP menggambarkan kapasitas aktual mesin untuk menghasilkan energi yang kemudian dialokasikan ke sistem propulsi. Dalam operasionalnya, daya dorong yang dibutuhkan harus mampu mengimbangi hambatan yang bekerja pada kapal. [14] Daya penggerak utama (BHP) sendiri didapatkan dengan menggunakan persamaan 10 dan 11.

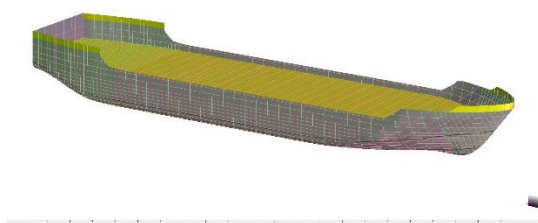
$$BHP_{scr} = SHP / \eta_G \quad (10)$$

$$BHP_{mcr} = BHP_{scr} / 0,85 \quad (11)$$

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1. Model Lambung

Berdasarkan data yang telah dikompilasi, dilakukan proses pemodelan menggunakan perangkat lunak Maxsurf Modeler. Hasil dari proses tersebut berupa model tiga dimensi (3D) yang dikembangkan berdasarkan data lines plan, dengan rincian sebagai berikut.



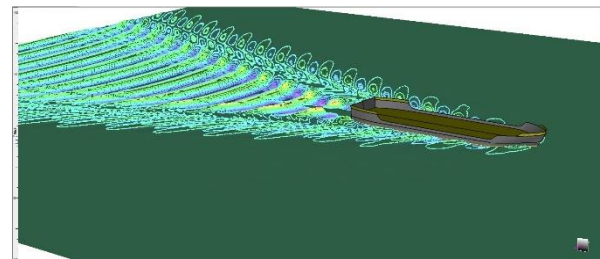
Gambar 2 Model kapal container 100 TEU

Gambar 2 menampilkan model yang digunakan sebagai tahap awal dalam menganalisis hambatan yang dialami kapal selama bergerak di perairan.

#### 3.2. Hambatan

Setelah hull form dimodelkan, tahap selanjutnya adalah menentukan nilai hambatan kapal dengan menggunakan perangkat lunak Maxsurf Resistance. Perangkat ini menerapkan pendekatan numerik untuk menghitung berbagai komponen hambatan, termasuk hambatan gesek

akibat interaksi antara permukaan lambung dan air, serta komponen hambatan lainnya. Besarnya hambatan tersebut berpengaruh langsung terhadap efisiensi operasional kapal dan keberlanjutan layanan transportasi laut.



Gambar 3 visualisasi aliran fluida

Analisis hambatan dilakukan pada kapal kontainer 100 TEU dengan variasi kecepatan hingga 12 knot. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa pada kecepatan 12 knot diperoleh hambatan sebesar 121,7 kN

#### 3.3. Perhitungan Daya Mesin Kapal

Kapal yang diteliti menggunakan sistem propulsi twin screw, sehingga beban propulsi diasumsikan terbagi sama pada masing-masing mesin induk. Oleh karena itu, sebelum dilakukan perhitungan kebutuhan daya, hambatan total kapal dibagi menjadi dua dan digunakan sebagai dasar perhitungan daya untuk satu mesin induk. Selanjutnya, perhitungan Effective Horse Power (EHP), Delivered Horse Power (DHP), dan Brake Horse Power (BHP) dilakukan berdasarkan nilai hambatan tersebut untuk menentukan spesifikasi mesin induk yang sesuai..

##### 3.3.1. Effective Horse Power (EHP)

Daya efektif (Effective Horse Power / EHP) yang diperlukan oleh kapal dapat ditentukan melalui perhitungan berdasarkan nilai hambatan total yang diperoleh, dengan mengacu pada persamaan 2.

$$\begin{aligned} \text{EHP} &= R_t (\text{dinas}) \times V_s (\text{m/s}) \\ &= 60,85 \times 6,1773 \\ &= 375,647 \text{ kW} \\ &= 503,54 \text{ HP} \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan, diperoleh nilai Effective Horse Power (EHP) sebesar 375,647 kW atau setara dengan 375,647 HP. Nilai ini menunjukkan bahwa daya yang dihasilkan oleh mesin utama telah terkonversi menjadi gaya dorong efektif untuk menggerakkan kapal. Besarnya EHP tersebut dipengaruhi oleh berbagai

faktor, baik yang berasal dari karakteristik kapal maupun kondisi operasional yang dihadapi.

### 3.3.2. Wake Fraction (*w*) dan Thrust Deduction Factor (*t*)

Wake fraction didefinisikan sebagai rasio antara kecepatan kapal dan kecepatan aliran fluida yang memasuki propeller. Nilai parameter ini ditentukan menggunakan formulasi yang dikembangkan oleh Taylor, sebagaimana dinyatakan pada Persamaan 3 dan 4.

$$w = 0,5 \times c_b - 0,05 \\ = 0,328$$

Thrust Deduction Faktor (*t*)

$$k = 0,7 - 0,9 \\ k \text{ diambil} = 0,7 \\ t = 0,7 \times 0,328 \\ = 0,2296$$

### 3.3.3. Delivered Horse Power dan Shaft Horse Power

Dalam analisis perhitungan *Shaft Horse Power* (SHP) dan *Delivered Horse Power* (DHP), aspek efisiensi propulsi serta *propulsive coefficient* (pc) menjadi faktor utama yang diperhitungkan. Nilai SHP ditentukan berdasarkan kebutuhan daya untuk mengatasi hambatan kapal (*Effective Horse Power* / EHP) dengan mempertimbangkan efisiensi propulsi. Sementara itu, DHP diperoleh melalui perhitungan yang melibatkan nilai pc sebagaimana dirumuskan pada Persamaan 8 dan 9.

$$P_c = \eta_{rr} \times \eta_p \times \eta_H \\ = 0,608$$

#### Delivered Horse Power

$$DHP = EHP / P_c \\ = 503,54 / 0,608 \\ = 828,740 \text{ HP} \\ = 604,980 \text{ kW}$$

#### Shaft Horse Power (SHP)

Disini kapal memiliki kamar mesin di bagian belakang, sehingga losses nya sebesar 2%

$$SHP = DHP / \eta_{sb} \\ = 828,740 / 0,98 \\ = 845,653 \text{ HP} \\ = 617,325 \text{ kW}$$

### 3.3.4. BHP (Brake Horse Power)

Efisiensi transmisi roda gigi ( $\eta_G$ ), turut memengaruhi kinerja sistem propulsi. Pada penelitian ini digunakan sistem single reduction gear (roda gigi reduksi tunggal) dengan asumsi kehilangan daya (power loss) sebesar 2% pada kondisi operasi maju (*ahead*). Berdasarkan asumsi tersebut, nilai efisiensi transmisi yang digunakan adalah sebesar 98%.

$$BHP_{scr} = SHP / \eta_G \\ = 845,653 / 0,98 \\ = 862,911 \text{ HP} \\ = 629,925 \text{ kW}$$

$$BHP_{mcr} = BHP_{scr} / 0,85 \\ = 862,911 / 0,85 \\ = 1015,189 \text{ HP} \\ = 741,088 \text{ kW}$$

Pada Karena kapal yang diteliti menggunakan sistem propulsi twin screw, maka perhitungan kebutuhan daya mesin dilakukan untuk masing-masing mesin induk. Oleh karena itu hasil perhitungan daya mesin berikut merupakan kebutuhan daya untuk satu mesin induk.

Berdasarkan hasil perhitungan diperoleh kebutuhan daya untuk setiap mesin induk sebesar 741,088 kW (1.015,189 HP). Selanjutnya dipilih mesin induk MaK 6M20C dengan daya keluaran 1.020 kW (1.367,840 HP) untuk setiap mesin. Dengan demikian, mesin yang dipilih telah memenuhi kebutuhan daya hasil perhitungan serta memiliki cadangan daya (power reserve) dari daya terpasang pada setiap mesin.

Nilai daya tersebut selanjutnya dijadikan sebagai dasar dalam pemilihan mesin induk kapal.

- Merk mesin : MaK
- Type mesin : 6M20C
- Daya mesin : 1020 kW
- RPM : 900 RPM
- Berat mesin : 7,800 kg
- Panjang : 4049 mm
- Lebar : 1558 mm
- Tinggi : 3026 mm

Berdasarkan data teknis kapal, pemilihan gearbox dilakukan dengan mempertimbangkan daya mesin guna menjamin kinerja sistem propulsi yang optimal. Adapun spesifikasi gearbox yang digunakan telah disesuaikan dengan karakteristik mesin sebagai berikut:

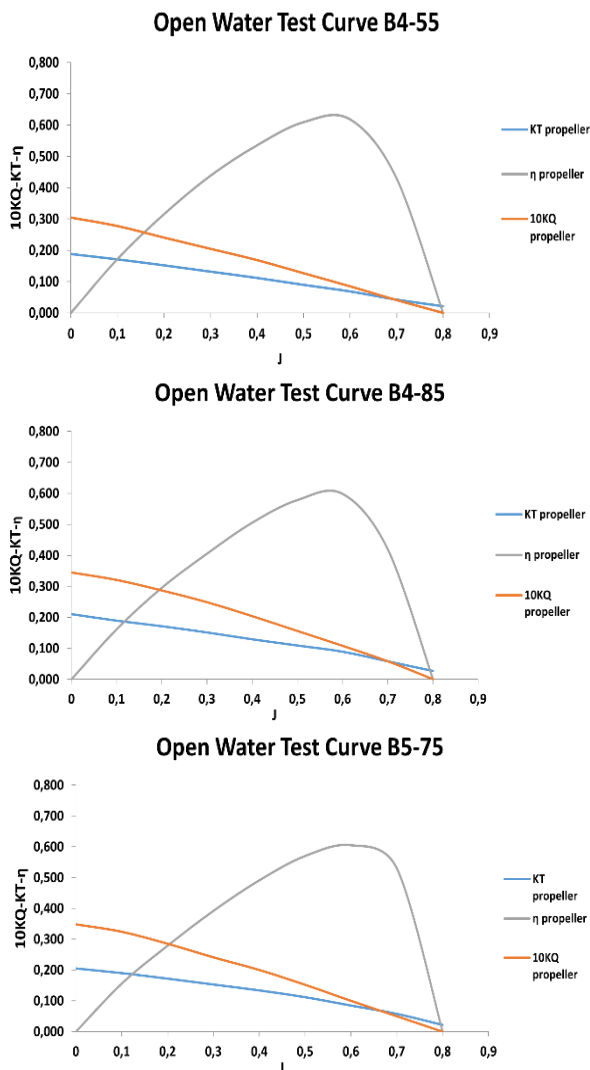
- Type : ZF 8355
- BHP : 1382 kW
- Reduction ratio : 3,538
- Power faktor (kW/rpm) : 1,1518
- Maximum RPM input : 1200

Tabel 1. Variasi tipe propeller

| Jenis Propeler | B4-55 | B4-85 | B5-75 |
|----------------|-------|-------|-------|
| Db (m)         | 2,40  | 2,33  | 2,34  |
| P/D            | 0,694 | 0,755 | 0,775 |
| $\eta$         | 0,521 | 0,497 | 0,508 |

### 3.4. Pemilihan Propeller

Penentuan tipe dan spesifikasi propeller dilakukan melalui diagram Bp (B-series). Hasil analisis memberikan parameter utama propeller yang meliputi diameter, pitch, dan efisiensi optimal tanpa terjadinya kavitasi.



Gambar 4 Open Water Test Curve B4-55 B4-85 B5-75

Berdasarkan hasil analisis, diperoleh parameter utama propeller yang terdiri dari diameter propeller ( $D_p$ ), rasio pitch terhadap diameter ( $P/D_p$ ), serta efisiensi propeller ( $\eta_p$ ).

Berdasarkan hasil evaluasi variasi tipe propeller pada Tabel 1, propeller tipe **B4-55** dipilih sebagai alternatif terbaik karena menunjukkan performa paling optimal. Pemilihan ini didasarkan pada kombinasi parameter teknis berupa rasio pitch terhadap diameter ( $P/D$ ) dan efisiensi propeller ( $\eta$ ).

### 3.5. Engine Propeller Matching B4-55

Perhitungan Engine Propeller Matching bertujuan untuk menentukan titik kesesuaian (matching point) antara kinerja mesin dan karakteristik propeller. Matching point merupakan kondisi operasi di mana putaran mesin penggerak kapal berada pada titik keseimbangan dengan beban propeller.

Data propeller yang digunakan sebagai berikut :

- Tipe Propeller : B4-55
- Db(m) : 2,40 m
- ( $P/D$ ) : 0,694
- $\eta$  propeller : 0,521

#### 3.5.1. Membuat Kurva Hubungan KT-J

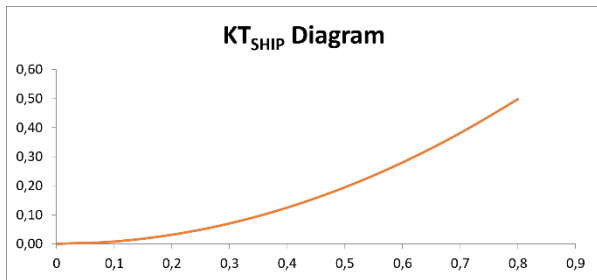
Selanjutnya dilakukan analisis terhadap kurva hubungan antara koefisien thrust ( $K_t$ ) dan advance coefficient ( $J$ ) untuk mengevaluasi karakteristik kinerja propeller. Kurva  $K_t$ - $J$  ini digunakan untuk menggambarkan kemampuan propeller dalam menghasilkan gaya dorong pada berbagai kondisi operasi, sehingga dapat ditentukan titik kerja yang sesuai dengan kebutuhan propulsi kapal.

Tabel 2. Hubungan KT-J

| J   | $J^2$ | $KT_{kapal}$ |
|-----|-------|--------------|
| 0   | 0     | 0,00         |
| 0,1 | 0,01  | 0,01         |
| 0,2 | 0,04  | 0,03         |
| 0,3 | 0,09  | 0,07         |
| 0,4 | 0,16  | 0,12         |
| 0,5 | 0,25  | 0,18         |
| 0,6 | 0,36  | 0,27         |
| 0,7 | 0,49  | 0,36         |
| 0,8 | 0,64  | 0,47         |

Sesuai pada tabel 2 di atas didapatkan kurva sebagai berikut :





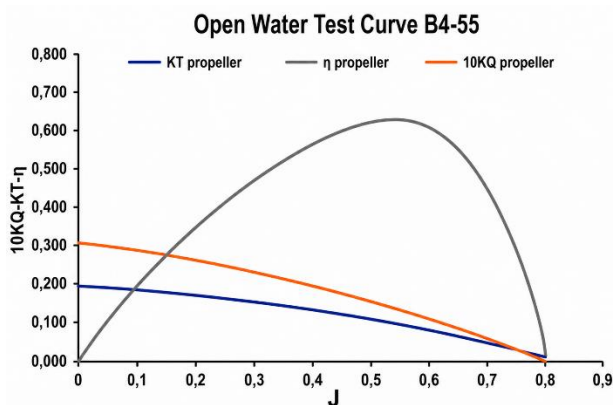
Gambar 5 Ship's KT-J Diagram

### 3.5.2. Membaca grafik $KT_{PROP} - Kq - \eta$ kurva open water test

Pembacaan kurva dilakukan sesuai dengan jenis propeller yang kita pilih yaitu B4-55. Hasil dilihat pada tabel 3.

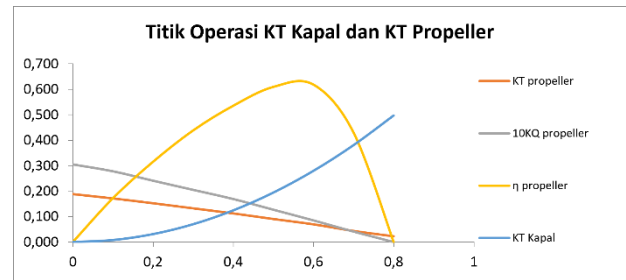
Tabel 3. Pembacaan kurva B4-55

| (P/D) 0,694 |       |       |        |
|-------------|-------|-------|--------|
| J           | KT    | 10KQ  | $\eta$ |
| 0           | 0,188 | 0,305 | 0      |
| 0,1         | 0,171 | 0,278 | 0,172  |
| 0,2         | 0,152 | 0,241 | 0,315  |
| 0,3         | 0,132 | 0,205 | 0,438  |
| 0,4         | 0,112 | 0,169 | 0,535  |
| 0,5         | 0,090 | 0,127 | 0,609  |
| 0,6         | 0,069 | 0,085 | 0,618  |
| 0,7         | 0,043 | 0,041 | 0,430  |
| 0,8         | 0,022 | 0,000 | 0,000  |



Gambar 6 Open Water Test Curve B4-55

Setelah didapatkan  $KT_{ship}$  dan  $KT_{propeller}$  maka kedua kurva tersebut dipotongkan. Perpotongan tersebut merupakan titik operasi propeller.



Gambar 7 Titik Operasi Propeller

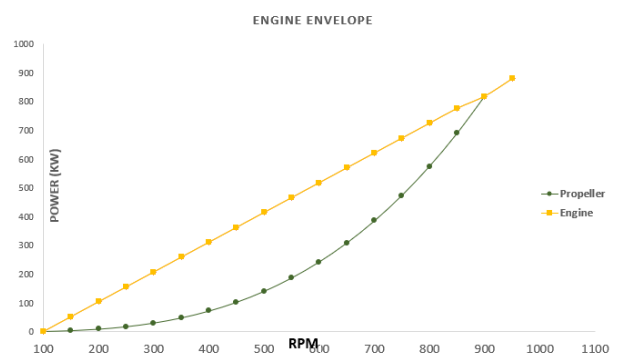
Dari kurva di atas kita dapat memotongkan KT hull dengan Kt propeller, sehingga di dapat nilai J dan dari perpotongan tersebut kita buat garis vertikal untuk mendapatkan nilai KT, 10KQ dan efisiensi pada tabel 4.

Tabel 4. Hasil perpotongan KT, KQ, J,  $\eta$

|        |       |
|--------|-------|
| KT     | 0,120 |
| KQ     | 0,018 |
| J      | 0,385 |
| $\eta$ | 0,540 |

### 3.5.3. Matching Point Engine dan Propeller

Setelah nilai advance coefficient (J) diperoleh, langkah selanjutnya adalah menentukan parameter kinerja propeller melalui kurva karakteristik. Titik nilai J tersebut diproyeksikan pada grafik hingga memotong kurva karakteristik propeller. Dari titik perpotongan tersebut kemudian ditarik garis vertikal untuk memperoleh nilai koefisien thrust ( $K_t$ ), koefisien torsi (KQ), serta efisiensi propeller ( $\eta$ ). Nilai-nilai yang diperoleh selanjutnya digunakan sebagai dasar dalam evaluasi kinerja propeller dan penentuan kesesuaian antara mesin induk dan propeller.



Gambar 8 Matching Point Engine dan Propeller

Berdasarkan Gambar 8 diatas, diagram engine envelope Daya Mesin dan Daya Propeller B4-55 memperlihatkan hubungan antara kurva daya mesin dan kurva kebutuhan daya propeller terhadap putaran mesin. Terlihat bahwa kebutuhan daya propeller meningkat seiring dengan bertambahnya putaran mesin, sedangkan daya mesin juga meningkat hingga mencapai putaran nominal. Pada putaran sekitar 900 rpm, kurva kebutuhan daya propeller berada di dalam daerah kerja (engine envelope) mesin. Pada kondisi operasi rencana dengan kecepatan 12 knot, hasil perhitungan menunjukkan bahwa kebutuhan daya mesin mencapai sekitar 818,62 BHP atau sekitar 80,26% dari daya maksimum mesin. Hal ini menunjukkan bahwa pada kondisi operasi rencana, kebutuhan daya propeller masih dapat dipenuhi oleh daya yang tersedia dari mesin berdasarkan hasil analisis engine-propeller matching.

#### 4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian menggunakan metode Engine-Propeller Matching pada kapal kontainer KM. Nusantara 100 TEU, diperoleh hambatan total kapal sebesar 121,7 kN pada kecepatan rencana 12 knot. Karena kapal menggunakan sistem propulsi twin screw, kebutuhan gaya dorong dan daya propulsi dibagi secara merata pada masing-masing sistem propulsi. Berdasarkan evaluasi karakteristik propeller Wageningen B-Series, propeller B4-55 dengan diameter 2,40 m dan rasio P/D = 0,694 dipilih untuk proses engine-propeller matching. Hasil pembacaan grafik karakteristik propeller menunjukkan titik operasi menghasilkan efisiensi propeller 0,540. Selanjutnya dipilih mesin induk MaK 6M20C berdaya 1.020 kW yang dipadukan dengan gearbox ZF 8355. Berdasarkan hasil analisis engine envelope, titik operasi diperoleh pada putaran sekitar 900 rpm, dengan kebutuhan daya mesin sekitar 80,26% BHP dari daya maksimum mesin. Hasil tersebut menunjukkan bahwa kombinasi mesin, gearbox, dan propeller yang dipilih mampu memenuhi kebutuhan sistem propulsi kapal pada kondisi operasi rencana 12 knot berdasarkan metode Engine-Propeller Matching yang digunakan dalam penelitian ini.

#### 5. SARAN

Dalam perhitungan tahanan kapal menggunakan variasi metode lain sebagai perbandingan dan Disarankan menggunakan type main engine dan gearbox lain untuk menambah variasi sebagai perbandingan.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan rasa syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa atas segala karunia yang senantiasa diberikan, sehingga penelitian ini dapat diselesaikan dengan baik. Selain itu, penulis juga mengucapkan terima kasih kepada dosen pembimbing I dan dosen pembimbing II atas bimbingan serta dukungan yang telah diberikan selama proses penelitian berlangsung.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] F. Laamena, L. Watimury, and A. Taihutu, "Analisa Engine Propeller Matching Km. Sunlia 490 Gt Akibat Pergantian Mesin Induk," *J. Tek. Mesin, Elektro, Inform. Kelaut. dan Sains*, vol. 3, no. 1, pp. 77–84, 2023, doi: 10.30598/metiks.2023.3.1.77-84.
- [2] M. S. Baital, A. B. Putranto, and B. S. Waluyo, "Analisa Engine Propeller Matching (Epm) Pada Kapal Rescue Boat Karena Perubahan Tahap Powering Process," *Gema Teknol.*, vol. 21, no. 1, pp. 49–55, 2020, doi: 10.14710/gt.v21i1.32266.
- [3] I. A. Fajar, M. Jannah, D. Ratna, W. Resources, D. Installation, and H. R. Development, "Technical Analysis of Engine Propeller Matching Kri X," *Int. J. Mar. Eng. Appl.*, vol. 1, no. 1, pp. 50–59, 2024.
- [4] A. W. B. Santosa, M. F. Mausulunnaji, N. Setiyobudi, D. Chrismianto, and E. S. Hadi, "Engine Propeller Matching Analysis on Fishing Vessel Using Inboard Engine," *J. Appl. Eng. Sci.*, vol. 20, no. 2, pp. 477–484, 2022, doi: 10.5937/jaes0-31979.
- [5] I. E. Sandjaja, I. M. Ariana, Erwandi, and M. Indriyanto, "Propeller selection optimization on mini LNG ship based on engine propeller matching approach," *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.*, vol. 1081, no. 1, 2022, doi: 10.1088/1755-1315/1081/1/012037.
- [6] A. H. Muhammad, A. Thariq, Z. Yusuf, H. Yudo, and M. Yasir, "The Selection of Propeller and Primary Engine Matching of A 30 GT Fishing Vessel (Case Study KM Inka Mina 759)," *Kapal J. Ilmu Pengetah. dan Teknol. Kelaut.*, vol. 19, no. 2, pp. 90–100, 2022, doi: 10.14710/kapal.v19i2.46070.
- [7] P. P. Semarang-singapura, "Jurnal teknik perkapalan," vol. 13, no. 2, pp. 1–12, 2025.
- [8] F. A. Kurniawan and E. Pranatal, "Analisa



Perhitungan Tahanan Kapal Tunda Karya Pacific 17 Dengan Menggunakan Perbandingan Antara Metode Holtrop Dan Software Maxsurf,” *Pros. Senastitan Semin. Nasion*, no. Senastitan Iv, pp. 1–6, 2024, [Online]. Available: <https://ejurnal.itats.ac.id/senastitan/article/view/5645>

- [9] N. Bialystocki and D. Konovessis, “On the estimation of ship’s fuel consumption and speed curve: A statistical approach,” *J. Ocean Eng. Sci.*, vol. 1, no. 2, pp. 157–166, 2016, doi: 10.1016/j.joes.2016.02.001.
- [10] A. F. Molland, S. R. Turnock, and D. A. Hudson, *Ship Resistance and Propulsion*. 2011. doi: 10.1017/cbo9780511974113.
- [11] S. Experiments, “ITTC – Recommended Procedures and Guidelines ITTC Quality System Manual Recommended Procedures and Guidelines Seakeeping Experiments ITTC – Recommended Procedures and Guidelines,” 2017.
- [12] E. V Lewis, *Principles of Naval Architecture Second Revision Volume II • Resistance, Propulsion and Vibration*, vol. I.
- [13] J. S. Carlton, *Marine Propellers and Propulsion, Third Edition*. 2012. doi: 10.1016/C2010-0-68327-1.
- [14] MAN Energy Solutions, “Basic principles of ship propulsion Optimisation of hull, propeller, and engine interactions for maximum efficiency,” pp. 1–78, 2023,