



ISSN 2338-0322

# JURNAL TEKNIK PERKAPALAN

Jurnal Hasil Karya Ilmiah Lulusan S1 Teknik Perkapalan Universitas Diponegoro

## Analisis Perbandingan Engine Propeller Matching Antara Single Screw Propeller Dan Twin Screw Propeller Pada Kapal Tanker 6500 DWT

Niko Bayu Prasetyo<sup>1)</sup>, Untung Budiarto<sup>1)</sup>, Deddy Chrismianto<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup>Laboratorium Perencanaan Kapal Dibantu Komputer

Departemen Teknik Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

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

<sup>\*)</sup>e-mail : [nikobayuprasetyo@students.undip.ac.id](mailto:nikobayuprasetyo@students.undip.ac.id), [untungb@lecturerundip.ac.id](mailto:untungb@lecturerundip.ac.id), [deddychrismianto@yahoo.co.id](mailto:deddychrismianto@yahoo.co.id),

### Abstrak

Kapal harus memiliki sistem penggerak yang sesuai dengan bentuk lambung kapal, sehingga kinerja sistem propulsi menjadi optimal, modifikasi pada sistem propulsi banyak dilakukan demi memenuhi performa kapal. Pada penelitian ini dilakukan modifikasi sistem propulsi pada Kapal Tanker 6500 DWT dengan penambahan propeller baru, yang awalnya single screw propeller mejadi twin screw propeller. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan interaksi yang optimal antara sistem penggerak dengan bentuk lambung kapal atau biasa disebut dengan Engine Propeller Matching. Penelitian dilakukan dengan mengitung hambatan kapal menggunakan metode holtrop, validasi hambatan dilakukan menggunakan metode Computational Fluid Dynamics (CFD). Dilakukan 3 variasi jarak antara center line kapal dengan poros propeller(b) yang dicari hambatannya yaitu, 0.2B, 0.175B, dan 0.15B. Setelah didapatkan hambatan kapal dilakukan perhitungan daya main engine yang akan digunakan, dihasilkan main engine dengan daya 2x1100 HP. Kemudian menghitung thrust dan torque untuk mendapatkan karakteristik tiap propeller, dilakukan validasi thrust dan torque menggunakan metode CFD. Penelitian ini terdapat 3 jenis propeller yang dicari karakteristiknya yaitu, propeller B-series, Kaplan, dan AU. Kemudian dilakukan analisis engine propeller matching dimana didapatkan titik matching terbaik pada propeller jenis AU dengan presentase 90% rated power dan 90% rated speed. Sehingga dipilih propeller AU sebagai propeller baru untuk kapal tanker twin screw propeller.

Kata Kunci : Hambatan, Thrust, Torque, Matching Engine Propeller, CFD

### 1. PENDAHULUAN

Kapal adalah suatu konstruksi yang digunakan sebagai alat transportasi laut maupun sungai. Saat melaju kapal mendapatkan gaya penahan yang dinamakan hambatan. Hambatan ini harus dilawan oleh gaya dorong yang dihasilkan sistem penggerak kapal. Kapal harus memiliki sistem penggerak yang sesuai dengan bentuk lambung kapal sehingga dapat mengakibatkan optimalnya interaksi antara keduanya, sehingga kinerja sistem propulsi kapal menjadi optimal.

Berdasarkan jumlahnya, propeller terbagi menjadi beberapa jenis antara lain, baling-baling tunggal (*single screw propeller*) dan baling-baling ganda (*twin screw propeller*). Baling-baling ganda biasanya digunakan karena mempertimbangkan adanya dua mesin yang sejenis (memiliki kapasitas

yang sama) tetapi lebih kecil dari mesin tunggal sehingga dapat menghemat penggunaan ruang mesin. Dengan adanya dua mesin jika salah satu mesin gagal beroperasi maka kapal tetap berjalan meski dengan kemampuan yang lebih rendah [1].

Pada penelitian yang dilakukan Asiando Wijaya pada kapal *twin screw propeller*, *engine propeller matching* dilakukan untuk mencari kesesuaian antara daya dan kecepatan pada *main engine* dan *propeller*. Dari penelitian didapatkan *main engine* dan *propeller* baru yang memiliki match point terbaik [2]. Selain itu pada penelitian Adhi Paska, dilakukan *engine propeller matching* dengan melakukan perubahan bentuk lambung kapal, sehingga menghasilkan *main engine* dan *propeller* baru yang dinilai dapat menghasilkan kinerja sistem penggerak menjadi optimal [3].

Dari beberapa penelitian yang telah dijelaskan diatas, penulis ingin melakukan penelitian lebih lanjut mengenai *engine propeller matching* dengan melakukan perubahan bentuk buritan kapal yang awalnya menggunakan baling-baling tunggal (*single screw propeller*) akan diubah menjadi baling-baling ganda (*twin screw propeller*).

Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan sistem penggerak yang optimal pada Kapal Tanker 6500 DWT tipe baling-baling ganda (*twin screw propeller*), yaitu dengan membuat desain kapal tanker bentuk lambung twin sciew propeller dan mendapatkan gaya hambatnya, melakukan perhitungan *main engine* dan propeller baru, menganalisis *engine propeller matching* untuk kapal tanker *twin screw propeller*.

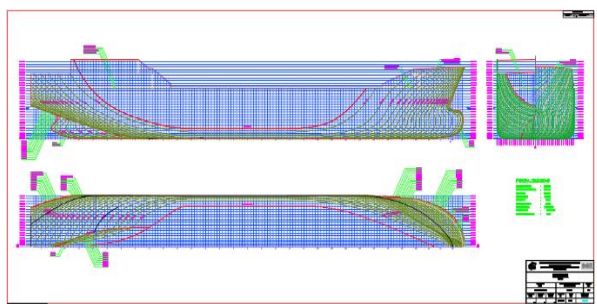
Manfaat dari penelitian yang dilakukan yaitu sebagai referensi dalam memberikan informasi berkaitan dengan pengaruh perubahan sistem penggerak kapal dari baling-baling tunggal (*single screw propeller*) menjadi baling-baling ganda (*twin screw propeller*) bagi pihak yang membutuhkan

## 2. METODE

Perolehan data dari penelitian ini didapatkan dengan cara yaitu studi literatur dan juga studi lapangan, sehingga diperoleh data sebagai berikut :

- *Length Over All (LOA)* : 108 m
- *Length Between Perpindicular (LPP)* : 102 m
- *Bredth (B)* : 19,20 m
- *Draught (T)* : 6 m
- *Height (H)* : 9,30 m
- *Service Speed (Vs)* : 12 knot

Selain itu juga didapatkan data lines plan dari Kapal Tanker 6500 DWT pada gambar 1 :



Gambar 1. Lines Plan Kapal Tanker 6500 DWT

Kapal Tanker 6500 DWT ini menggunakan main engine tipe Wartsila, sedangkan propeller menggunakan tipe *B-Series* dengan spesifikasi *main engine* dan *propeller* yang digunakan sebagai berikut :

- Tipe *Main Engine* : Wartsila 6L32
- Daya : 2760 Kw

- RPM : 750 RPM
- Tipe Propeller : B-Series
- Jumlah Daun : 5
- Diameter : 3450 mm
- Direction of Rotation : Right-Handed

Penulis melakukan penelitian untuk mendapatkan nilai hambatan, *thrust*, dan *torque* menggunakan metode *Computational Fluid Dynamics (CFD)* di laboratorium perencanaan kapal dibantu komputer yang terletak di Gedung B, Gedung Kuliah Bersama Departemen Teknik Perkapalan, Universitas Diponegoro.

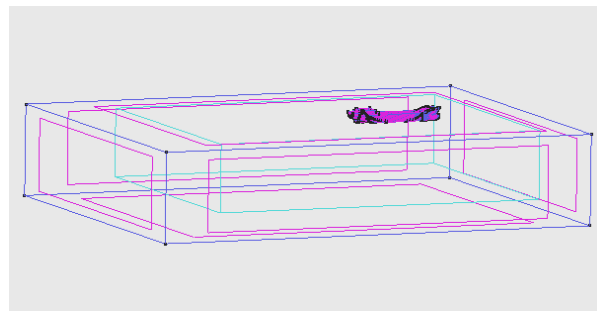
Data yang diperoleh dari pengolahan data tersebut kemudian dilakukan analisis untuk mendapatkan hasil yang diinginkan. Metode yang digunakan dalam penelitian ini meliputi :

### 2.1. Pembuatan Model dan Analisis

Dalam menentukan besarnya hambatan kapal dimodelkan kapal dari data *lines plan* menggunakan software *Computational Fluid Dynamics (CFD)* yang kemudian divalidasi menggunakan perhitungan metode holtrop.

Perhitungan hambatan pada penelitian ini dilakukan menggunakan software Maxsurf Resistance yang kemudian divalidasi dengan nilai hambatan yang diperoleh dari perhitungan software CFD Tdyn 15.1.0.

Untuk pembuatan kolam kapal pada software CFD dapat dilihat pada gambar 2.

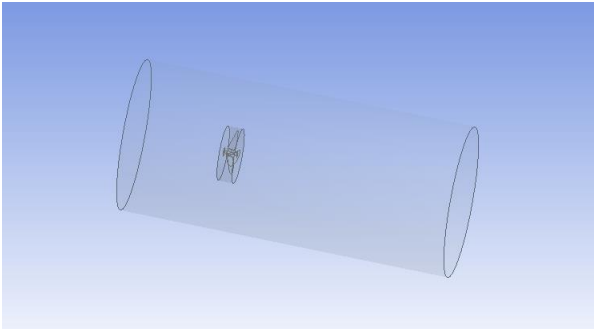


Gambar 2. Ukuran Kolam Kapal

Untuk ukuran kolam kapal yaitu sepanjang 1 panjang kapal (*L*) untuk depan kapal, 3*L* untuk belakang kapal, 2*L* untuk samping kanan kapal, 2*L* untuk samping kiri kapal, dan 1*L* untuk bawah kapal, dengan boundary condition yang digunakan pada simulasi yaitu : *Inlet*, *Outlet*, *Wall*, *Free Surface*, dan *Bottom* seperti pada gambar 2 [4].

Sedangkan untuk mengetahui nilai *thrust* dan *torque* dilakukan pemodelan *propeller* menggunakan software *Computational Fluid Dynamics (CFD)* yang kemudian divalidasi dengan perhitungan manual.

Kemudian untuk pembuatan kolam propeller pada software CFD dapat dilihat pada gambar 3.



Gambar 3. Ukuran Kolam Propeller

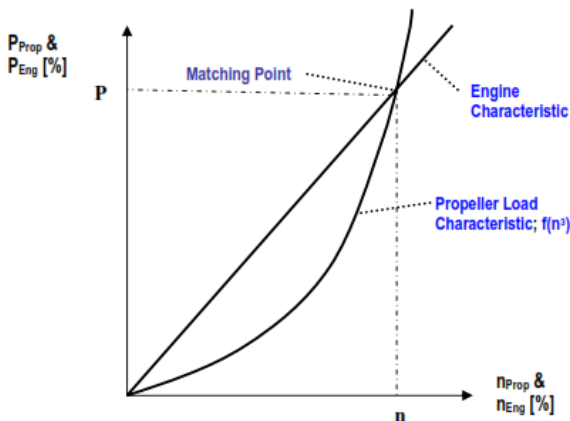
Untuk ukuran kolam propeller pada *software CFD* yaitu sepanjang 2 diameter (D) untuk belakang propeller, 5D untuk depan propeller, dan 3D untuk radius kolam propeller, dengan *boundary condition* yang digunakan pada simulasi yaitu : *inlet*, *wall (opening)*, dan *outlet*.

Dalam penelitian ini dilakukan 3 variasi jenis propeller yang akan dianalisis yaitu propeller B-Series, Kaplan, dan AU.

## 2.2. Pendefinisian *Matching Point*

*Matching point* adalah suatu titik dimana nilai dari putaran *main engine (engine speed)* sama tepat (*match*) dengan karakter baling-baling, yaitu titik operasi putaran motor dimana *power* yang di-absorb oleh *propeller* sama dengan *power produced* oleh *main engine*, sehingga dapat menghasilkan kecepatan servis kapal sama persis (mendekati) dengan kecepatan yang telah direncanakan [5].

Karakteristik *Propeller* adalah seperti yang telah ditunjukkan untuk dapat menyamakan kedua trendline tersebut ke dalam satu sarana *plotting* yang sama, sehingga terlebih dahulu harga dari kedua *trendline* dijadikan dalam persen (%) seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4. [5] :



Gambar 4. Matching Point Engine dan Propeller

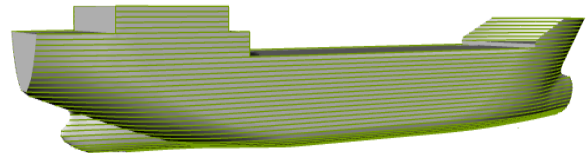
Pada putaran *main engine*, *n*, yang sesuai dengan kondisi beban *propeller*, sebab, daya

yang dihasilkan oleh *main engine* adalah sama dengan daya yang *diabsorb* oleh *propeller*, *P*. Sehingga hal tersebut akan memberikan dampak yang optimal terhadap kebutuhan bahan bakar dari *main engine* kapal terhadap kecepatan servis kapal yang telah direncanakan [5].

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

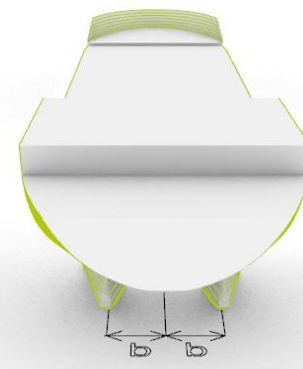
### 3.1. Permodelan 3D Kapal

Untuk dapat melakukan analisa hambatan kapal diperlukan model 3D kapal. Permodelan Kapal Tanker 6500 DWT tipe baling-baling tunggal (*single screw propeller*) dibuat berdasarkan *lines plan* pada gambar 1. Sehingga menghasilkan model 3D kapal tanker *single screw propeller* seperti pada gambar 5.



Gambar 5. Model Kapal Single Screw Propeller

Kemudian dalam pembuatan Kapal Tanker 6500 DWT tipe baling-baling ganda (*twin screw propeller*) dilakukan variasi buritan, yaitu jarak dari *center line* ke poros *propeller (b)* seperti pada gambar 6.



Gambar 6. Model Kapal Twin Screw Propeller Variasi jarak *center line* ke poros *propeller (b)*

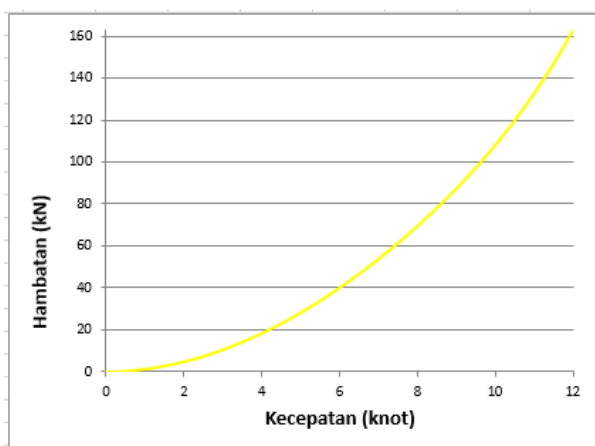
Pada penelitian ini dilakukan variasi buritan berupa jarak *center line* ke poros *propeller (b)* yaitu :

- $b = 0,2 B$  (*Breadth*)
- $b = 0,175 B$  (*Breadth*)
- $b = 0,15 B$  (*Breadth*)

### 3.2. Perhitungan Hambatan Kapal

Dalam menghitung nilai hambatan kapal, penulis menggunakan metode Holtrop kemudian divalidasi keakuratan nilai hambatannya menggunakan metode *Computational Fluid Dynamics (CFD)*.

Pada kapal tipe baling-baling tunggal (*single screw propeller*) memiliki kecepatan *service* 12 *knot*, perhitungan hambatan dengan metode Holtrop dilakukan dengan *software*. Hasil perhitungan hambatan ditampilkan berupa grafik pada gambar 7.



Gambar 7. Hambatan Kapal *Single Screw Propeller*

Pada kecepatan 12 *knot* didapatkan hambatan kapal sebesar 162,9 *kN* dengan *froude number* 0,193.

Kemudian perhitungan hambatan Kapal Tanker 6500 DWT tipe baling-baling ganda (*twin screw propeller*) yang dilakukan variasi buritan, yaitu jarak dari *center line* ke poros *propeller* pada table 1:

Tabel 1. Hambatan Metode Holtrop Kapal Twin Screw Propeller Variasi b

Speed (kn)	0,15 B	0,175 B	0,2 B
0	0	0	0
2	5,4	5,4	5,3
4	20,7	20,7	20,7
6	45,1	45,2	45,1
8	78,2	78,4	78,3
10	122,8	123,1	122,8
12	167	167,4	166,8

Pada perhitungan hambatan dengan metode holtrop didapatkan hasil hambatan terkecil pada kapal tanker twin screw propeller variasi 0,2B yaitu sebesar 166,8 *kN* pada kecepatan 12 *knot*.

### 3.3. Validasi Hambatan

Validasi dilakukan untuk mengetahui keakuratan dari sebuah metode yang digunakan, dengan cara membandingkan hasil antara keduanya.

Perhitungan hambatan dengan metode CFD menggunakan *software*, permodelan dan *meshing* kapal harus dilakukan dengan sebaik mungkin sehingga dapat menghindari kesalahan yang mungkin terjadi dalam perhitungan. Pembuatan model dilakukan dengan skala 0,03 agar proses running dapat berjalan lebih cepat, untuk konversi nilai hambatan menggunakan koefisien drag ( $C_t$ ) dan konversi kecepatan menggunakan bilangan *Froude* dengan rumus berikut [6] :

$$Fr = \frac{v}{\sqrt{gL}} \quad (m/s) \quad (1)$$

$$C_T = \frac{R_T}{1/2 v^2 \rho WSA} \quad (2)$$

$$= \frac{162,9}{0,5 \times 1025 \times 2670,793 \times 6,173^2}$$

$$= 0,0031$$

Setelah dilakukan perhitungan hambatan menggunakan metode CFD dengan model yang telah diskala didapatkan hasil hambatan seperti pada tabel 2.

Tabel 2. Validasi Hambatan

Type Propeller	Hambatan Holtrop	Hambatan CFD	Selisih
Tunggal	4,34 N	4,35 N	0,22%
Ganda 0,2B	4,44 N	4,45 N	0,22%
Ganda 0,175 B	4,43 N	4,47 N	0,89%
Ganda 0,15 B	4,42 N	4,48 N	1,33%

Nilai koreksi validasi hambatan memenuhi ketentuan yaitu berada dibawah 5% [7]. Hal ini menunjukkan bahwa kedua metode yang digunakan dinyatakan valid. Selanjutnya dipilih model Kapal Tanker tipe baling-baling ganda (*twin screw propeller*) 0,2 B karena memiliki nilai selisih terkecil yaitu 0,22%. Kemudian akan dilakukan perhitungan daya mesin yang dibutuhkan.

### 3.4. Perhitungan Daya Mesin Kapal

Kapal Tanker 6500 DWT yang baru (*twin screw propeller*) menggunakan mesin ganda, maka perhitungan hambatan dibagi menjadi 2, kemudian dibebankan kepada setiap mesin dengan beban yang sama [2]. Sehingga dilakukan perhitungan daya mesin kapal sebagai berikut [8] :

Perhitungan EHP (*Effective Horse Power*)

$$EHP = R_t \times V_t \quad (3)$$

$$\begin{aligned}
 &= 83,4 \times 6,173 \\
 &= 514,82 \text{ kW} \\
 &= 699,97 \text{ HP}
 \end{aligned}$$

Perhitungan SHP (*Shaft Horse Power*) menggunakan nilai  $P_c$  seperti berikut [9]

$$\begin{aligned}
 SHP &= \frac{EHP}{P_c} & (4) \\
 &= \frac{699,97}{0,7859} \\
 &= 890,66 \text{ HP}
 \end{aligned}$$

Perhitungan DHP (*Delivery Horse Power*)

$$\begin{aligned}
 DHP &= SHP \times \eta_s & (5) \\
 &= 890,66 \times 0,98 \\
 &= 872,84 \text{ HP}
 \end{aligned}$$

Perhitungan BHP (*Brake Horse Power*) dipengaruhi system transmisi roda gigi ( $\eta_G$ )

$$\begin{aligned}
 BHP_{scr} &= \frac{SHP}{\eta_G} & (6) \\
 &= \frac{890}{0,98} \\
 &= 908,83 \text{ HP}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 BHP_{mcr} &= \frac{BHP_{scr}}{0,85} & (7) \\
 &= \frac{908,83}{0,85} \\
 &= 1069 \text{ HP} \sim 110 \text{ HP}
 \end{aligned}$$

### 3.5. Perhitungan Propeller

Variasi propeller dilakukan untuk menentukan tipe propeller yang akan digunakan pada Kapal Tanker *twin screw propeller* yaitu :

- Tipe *B-Series*
- Tipe *Kaplan*
- Tipe *AU*

Perhitungan propeller dilakukan untuk mendapatkan propeller yang tepat, berikut perhitungan propeller yang dilakukan :

a) Diameter Propeller

Penentuan diameter propeller dilakukan dengan cara sebagai berikut [10] :

Tabel 3. Perhitungan Diameter propeller

Code	Aperture
A	$D \times 0,06$
B	$D \times 0,08$

$$x = D + a + b \quad (8)$$

x = Tinggi linggi diatas propeller terhadap base line

$$\begin{aligned}
 3,6 &= D + (0,06 \times D) + (0,08 + D) \\
 3,6 &= (1 + 0,06 + 0,08) D \\
 3,6 &= 1,14 D
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 D &= 3,6 / 1,14 \\
 D &= 3,157 \text{ m}
 \end{aligned}$$

b) Blade Area Ratio ( $A_e/A_o$ )

Untuk menghasilkan daya dorong propeller yang besar saat berlayar nilai ( $A_e/A_o$ ) biasanya berkisar antara 0,30 – 1,05, nilai ( $A_e/A_o$ ) dipilih 0,50 [11].

c) *Pitch Ratio* ( $P/D$ )

Nilai *Pitch Ratio* berkisar antara 0,50 sampai 1,4, dipilih nilai ( $P/D$ ) 0,8 [11].

d) Jumlah Daun Propeller

Dipilih jumlah daun propeller 3 (tiga) karena untuk kapal berukuran sedang, jika menggunakan baling-baling ganda (*twin screw propeller*) kebanyakan menggunakan propeller berdaun 3 (tiga) [11].

e)  $V_a$  (*Speed of Advance*)

Pada kapal *twin screw propeller*, biasanya penempatan propeller diluar daerah lapisan gesek (*friction belt/boundary layers*) sehingga nilai  $w$  akan lebih rendah [12].

$$\begin{aligned}
 w &= 0,55 \times C_b - 0,2 & (9) \\
 &= 0,55 \times 0,779 - 0,2 \\
 &= 0,2284
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_a &= (1 - w) V_s & (10) \\
 &= (1 - 0,2284) \times 1,73 \\
 &= 4,76 \text{ m/s}
 \end{aligned}$$

f) *Koefisien advance* ( $J$ ) [5]

$$\begin{aligned}
 J &= \frac{V_a}{n D} & (11) \\
 &= \frac{4,76}{2,80 \times 3,157} \\
 &= 0,538
 \end{aligned}$$

Setelah dilakukan perhitungan propeller didapatkan propeller dengan tipe B3-50. Kemudian dilakukan perhitungan nilai  $k_q$  menggunakan Grafik wageningen B-series didapatkan nilai  $k_q$  seperti pada tabel 4 [13].

Tabel 4. Perhitungan Diameter Wageningen B-Series

B-Series			
$J$	0,538		
P/D	kt	kq	eff
0,8	0,178	0,019	0,615

Dari table 4 diketahui nilai  $k_q$  sebesar 0,019 yang kemudian dapat digunakan untuk menghitung *propeller torque*

### 3.6. Pemilihan Propeller

Setelah diketahui karakteristik propeller dilakukan perhitungan nilai *thrust* propeller sebagai berikut [11] :



$$T = \frac{Rt}{(1-t)} \quad (12)$$

$$= \frac{83,4}{(1-0,2284)}$$

$$= 104,905 \text{ N}$$

Dalam mengembangkan 'trend' karakteristik *propeller*, variable yang terlibat adalah *propeller speed* dan *propeller torque*, yang kemudian dikembangkan menjadi persamaan seperti berikut [14]:

$$Q_{prop} = Kq \times \rho \times n^2 \times D^5 \quad (13)$$

$$= 0,0198 \times 1,025 \times 2,80^2 \times 3,157^5$$

$$= 49,897$$

Setelah itu dilakukan perhitungan menggunakan metode CFD untuk mendapatkan nilai *thrust* dan *torque* seperti pada tabel 5 dan 6.

Table 5. Validasi Thrust

Tipe Propeller	Thrust Perhitungan	Thrust CFD	Validasi
B-Series	104905 N	109048 N	0,037

Tabel 6. Validasi Torque

Tipe Propeller	Torque Perhitungan	Torque CFD	Validasi
B-Series	49897 Nm	49502 Nm	0,0079

Hasil perhitungan *thrust* dan *torque* menggunakan diagram B-series telah divalidasi dengan perhitungan menggunakan metode CFD dengan koreksi 0,037 untuk perhitungan *thrust* dan 0,0079 untuk perhitungan *torque*, sehingga *setup* pada CFD dikatakan valid dan dapat digunakan untuk menghitung propeller lainnya

Kemudian didapatkan hasil nilai perhitungan *thrust* dan *torque* propeller seperti yang ditampilkan pada table 7.

Tabel 7. Hasil Perhitungan Thrust dan Torque dengan Metode CFD

Tipe Propeller	Torque CFD	Thrust CFD
B-Series	49897 Nm	104905 N
Kaplan	51528 Nm	116488 N
AU	51980 Nm	114281 N

Dari table 7 dapat diketahui bahwa nilai *thrust* terbesar dimiliki oleh Propeller Kaplan dengan nilai *thrust* 116488 N, sedangkan nilai *torque* terbesar dimiliki oleh Propeller AU dengan nilai *torque* 51980 Nm

### 3.7. Engine Propeller Matching

Kemudian dilakukan perhitungan daya propeller (P) agar dapat dilakukan analisis *engine propeller matching* untuk masing-masing propeller menggunakan rumus persamaan 14 [15].

$$P_{prop} = Q_{prop} \times \text{Speed Propeller} \quad (14)$$

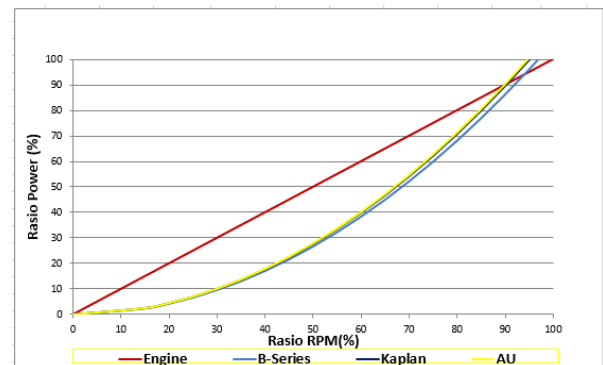
Dari perhitungan daya variasi propeller didapatkan hasil seperti pada table 8.

Tabel 8. Hasil Perhitungan Daya (P) Propeller B-Series, Kaplan, dan AU

Tipe Propeller	Daya (P)
B-Series	1167 HP
Kaplan	1215 HP
AU	1255 HP

Dari hasil perhitungan daya propeller didapatkan daya propeller tersebar dimiliki oleh propeller tipe AU yaitu dengan daya 1255 HP.

Kemudian dilakukan perhitungan daya dan kecepatan pada *main engine* dan juga propeller variasi dengan merubah dalam bentuk persen (%) agar dapat dilakukan analisa *engine propeller matching* seperti pada gambar 8.



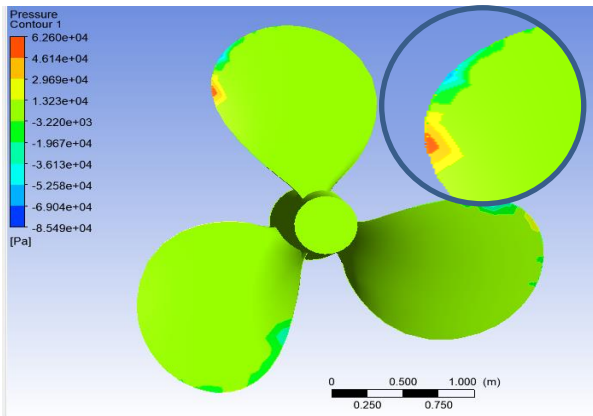
Gambar 8. Grafik Matching Propeller B-Series, Kaplan, dan AU

Berdasarkan gambar 8 diketahui propeller tipe B-Series memiliki *matching point* antara karakter mesin dan karakter propeller berkisar pada 95% rated power dan 95% rated speed

Kemudian untuk tipe propeller Kaplan memiliki *matching point* antara karakter mesin dan karakter propeller berkisar pada 91% rated power dan 91% rated speed.

Sedangkan propeller tipe AU memiliki *matching point* antara karakter mesin dan karakter propeller berkisar pada 90% rated power dan 90% rated speed.

Sehingga propeller jenis AU dipilih sebagai propeller baru untuk Kapal Tanker dengan baling-baling ganda (twin screw propeller) karena memiliki nilai *match point* terbaik. [5].



Gambar 9. Pressure Distribution Propeller AU

Pada gambar 9 dapat diketahui persebaran tekanan pada propeller AU, dimana propeller AU memiliki nilai *pressure* maksimal yaitu sebesar 62602 Pa.

Kemudian propeller yang dipilih haruslah memiliki Efisiensi yang besar agar dapat mengoptimalkan putaran propeller [2]. Maka dilakukan perhitungan efisiensi propeller AU sebagai berikut [16]:

$$\begin{aligned}
 Eff &= \frac{T \times Va}{Q \times Angular \ Speed} & (15) \\
 &= \frac{114,281 \times 4,76}{51,980 \times 2 \times 3,14 \times 168 / 60} \\
 &= \frac{543,977}{914,016} \\
 &= 0,59
 \end{aligned}$$

### 3.8. Identifikasi Karakteristik Single Screw Propeller

Dalam mengembangkan ‘trend’ karakteristik propeller, variable yang terlibat adalah *propeller speed* dan *propeller torque*, yang kemudian dikembangkan menjadi persamaan seperti berikut :

Thrust deduction factor dapat diketahui dengan persamaan berikut [11] :

$$\begin{aligned}
 t &= 0,9 \times w & (16) \\
 &= 0,9 \times 0,337 \\
 &= 0,3033
 \end{aligned}$$

Sehingga diketahui thrust untuk Kapal Tanker *single screw propeller* sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 T &= \frac{Rt}{(1-t)} & (12) \\
 &= \frac{162,9}{(1-0,3033)} \\
 &= 236,086
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Q_{prop} &= Kq \times \rho \times n^2 \times D^5 & (13) \\
 &= 0,022 \times 1,025 \times 3,15^2 \times 3,450^5 \\
 &= 109,361
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Eff &= \frac{T \times Va}{Q \times Angular \ Speed} & (15) \\
 &= \frac{236,086 \times 4,09}{107,319 \times 2 \times 3,14 \times 190 / 60} \\
 &= \frac{1008,84}{2134,21} \\
 &= 0,47
 \end{aligned}$$

Selanjutnya dilakukan perhitungan menggunakan metode CFD untuk mengetahui nilai *thrust* dan *torque*. Kemudian dilakukan validasi perhitungan seperti yang ditampilkan pada table 10 dan table 11

Table 10. Validasi Thrust Single Screw Propeller

Tipe Propeller	Thrust Perhitungan	Thrust CFD	Validasi
B-Series	236086 N	246662 N	0,0428

Table 11. Validasi Torque Single Screw Propeller

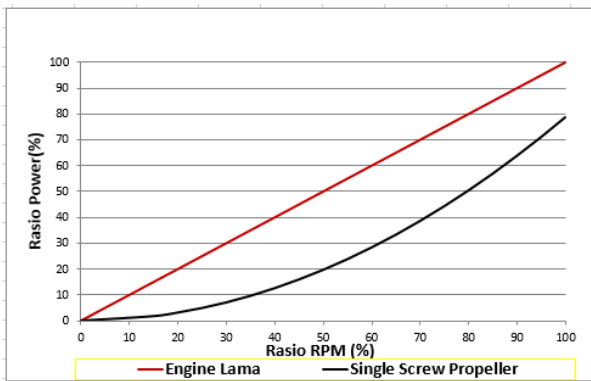
Tipe Propeller	Torque Perhitungan	Torque CFD	Validasi
B-Series	109361 Nm	107319Nm	0,0186

Hasil perhitungan *thrust* dan *torque single screw propeller* telah divalidasi dengan perhitungan menggunakan metode CFD dengan koreksi 0,0428 untuk perhitungan *thrust*, dan 0,0186 untuk perhitungan *torque*.

Kemudian dilakukan perhitungan daya propeller (P) agar dapat dilakukan analisa *engine propeller matching* untuk *single screw propeller* [15].

$$\begin{aligned}
 Prop &= Q_{prop} \times Speed \ Propeller & (14) \\
 &= (109,361) \times 190 \times 2 \times 3,14 / 60 \\
 &= 2174 \text{ kW} \\
 &= 2916,44 \text{ HP}
 \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan daya *single screw propeller* didapatkan daya propeller yaitu 2916,44 HP. Kemudian dilakukan perhitungan daya dan kecepatan pada *main engine* dan juga propeller dengan merubah dalam bentuk persen (%) agar dapat dilakukan analisa *engine propeller matching* seperti pada gambar 10.



Gambar 10. Grafik Matching Single Screw Propeller

Berdasarkan gambar 10. Dapat diketahuibahwa karakter mesin dan karakter propeller tidak memiliki *match point*.

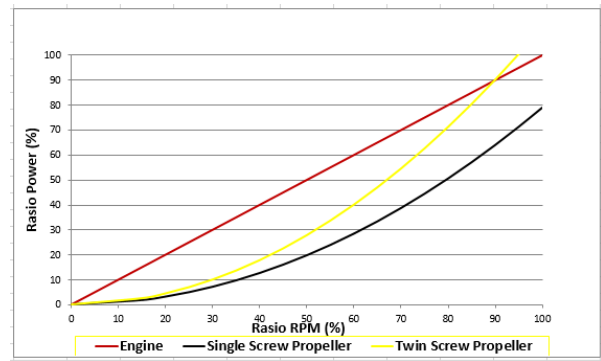
### 3.9. Perbandingan Engine Propeller Matching Kapal Single Screw Propeller dan Twin Screw Propeller

Analisa *engine propeller matching* telah dilakukan untuk kapal *single screw propeller* dan kapal *twin screw propeller*. Perbandingan karakteristik propeller yang digunakan kedua kapal tersebut serta perbedaan *match point* ditampilkan pada table 13 :

Tabel 13. Perbandingan karakteristik Propeller Single Screw Propeller dan Twin Screw Propeller

Karakteristik	Single Screw Propeller	Twin Screw Propeller
Diameter	3,45 m	3,15 m
P/D	0,70	0,80
Ae/Ao	0,65	0,50
Efficiency	0,47	0,59
RPM	190	168
Va	4,09 m/s	4,76 m/s
Thrust	236086 N	114281 N
Torque	109361 Nm	51980 Nm
Daya	2916 HP	1255 HP

Adapun perbandingan grafik *engine propeller matching* antara Kapal Tanker *single screw propeller* dengan Kapal Tanker *twin screw propeller* ditampilkan pada gambar 11 :



Gambar 11. Grafik Perbedaan Matching Point Single Screw Propeller dan Twin Screw Propeller

Berdasarkan hasil perbandingan *matching point* yang ditunjukkan gambar 11, Kapal Tanker *twin screw propeller* lebih baik dibandingkan dengan Kapal Tanker *single screw propeller*. Kapal Tanker *single screw propeller* tidak memiliki *matching point* antara mesin dan propeller yang menyebabkan tidak dapat menghasilkan kecepatan yang sesuai. Sedangkan pada Kapal Tanker *twin screw propeller* memiliki *matching point* antara karakter *main engine* dan karakter *propeller* berkisar pada 90% *rated power* dan 90% *rated speed*.

Sehingga titik operasi putaran *main engine* dimana *power* yang di-absorb oleh propeller sama dengan *power produced* oleh *main engine* sehingga dapat menghasilkan kecepatan kapal yang mendekati (sama persis) dengan kecepatan servis kapal yang telah direncanakan

## 4. KESIMPULAN

Bersadaskan analisa perbandingan *engine propeller matching* antara *single screw propeller* dan *twin screw propeller* pada kapal tanker 6500 DWT yang telah dilakukan penelitian maka didapatkan kesimpulan bahwa desain kapal tanker tipe *twin screw propeller* dengan jarak poros propeller ke *center line* sebesar 0,2B ( Breadth) memiliki hambatan sebesar 166,8 kN merupakan bentuk lambung baru yang terbaik, kemudian dilakukan perhitungan *main engine* yang didapatkan *main engine* dengan daya 2x1100 HP untuk dapat mengatasi gaya hambat kapal, Setelah itu dilakukan *engine propeller matching* pada propeller tipe B-Series, Kaplan, dan AU. Didapatkan nilai *match point* terbaik pada propeller AU yaitu 90% *rated power* dan 90% *rated speed*, sehingga Propeler AU dipilih sebagai propeller yang digunakan untuk Kapal Tanker tipe *twin screw propeller*.



## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Allah SWT atas nikmat yang selalu diberikan kepada penulis, sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitiannya., dan juga kepada dosen pembimbing 1 dan dosen pembimbing 2 yang telah membantu penulis dalam penelitian ini.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. Mardi, J. Eko, And Others, "Analisa Pengaruh Variasi Bentuk Buritan Kapal Terhadap Hambatan Total Pada Kapal Twin Screw Propeller Menggunakan Metode Cfd," In *Proceedings Conference On Marine Engineering And Its Application*, 2018, Vol. 1, No. 1, Pp. 73–78.
- [2] A. Wijaya, U. Budiarto, And B. A. Adietya, "Analisa Engine-Propeller Matching Pada Kapal Perintis 500 Dwt," *J. Tek. Perkapalan*, Vol. 6, No. 4, 2018.
- [3] A. Paska, E. S. Hadi, And K. Kiryanto, "Analisa Engine Propeller Matching Pada Kapal Perintis Baru Type 200 Dwt Untuk Medapatkan Sistem Propulsi Yang Optimal," *J. Tek. Perkapalan*, Vol. 4, No. 3, 2016.
- [4] S. Samuel, M. Iqbal, And I. Utama, "An Investigation Into The Resistance Components Of Converting A Traditional Monohull Fishing Vessel Into Catamaran Form," *Int. J. Technol.*, Vol. 6, No. 3, Pp. 432–441, 2015.
- [5] S. W. Adji, "Engine Propeller Matching," *Available Oc. Its. Ac. Id/Ambilfile. Php*, 2005.
- [6] A. Munazid And B. Suwasono, "Pengembangan Foil Naca Seri 2412 Sebagai Sistem Penyelaman Model Kapal Selam," *Kapal J. Ilmu Pengetah. Dan Teknol. Kelaut.*, Vol. 12, No. 2, Pp. 88–96, 2015.
- [7] Y. Nohan, U. Budiarto, And M. Iqbal, "Estimasi Hambatan Total Kapal Tanker Kvlcc2m Dengan Menggunakan Cfd," *J. Tek. Perkapalan*, Vol. 3, No. 4, 2015.
- [8] E. V Lewis, "Principles Of Naval Architecture Second Revision," *Jersey: Sname*, Vol. 2, 1988.
- [9] S. Harvald, "Aa. 1983 Resistance And Propulsion Of Ships," *Wileyinterscience, New York, Usa*, 1983.
- [10] R. Radhiya, H. Yudo, And K. Kiryanto, "Kajian Teknis & Ekonomis Perubahan Kapal Ikan Alat Tangkap Cantrang Menjadi Alat Tangkap Gill Nett Ditinjau Dari Sistem Penggerak Kapal (Studi Kasus Km. Rojokoyosamudro 70 Gt)," *J. Tek. Perkapalan*, Vol. 4, No. 2, 2016.
- [11] P. Manik, "Buku Ajar Propulsi Kapal," *Lemb. Pengemb. Dan Penjaminan Mutu Pendidik. Univ. Diponegoro. Semarang*, 2008.
- [12] M. Ridwan And Others, "Parameter Design Propeller Kapal," *Kapal J. Ilmu Pengetah. Dan Teknol. Kelaut.*, Vol. 5, No. 3, Pp. 206–211.
- [13] M. M. Barnitsas, D. Ray, And P. Kinley, "Kt, Kq And Efficiency Curves For The Wageningen B-Series Propellers," 1981.
- [14] G. Dubbioso, R. Muscari, And A. Di Mascio, "Cfd Analysis Of Propeller Performance In Oblique Flow," In *Third International Symposium On Marine Propulsors, Smp*, 2013, Vol. 13, Pp. 298–305.
- [15] J. Andersson, A. Eslamdoost, A. C. Patrao, M. Hyensjö, And R. E. Bensow, "Energy Balance Analysis Of A Propeller In Open Water," *Ocean Eng.*, Vol. 158, Pp. 162–170, 2018.
- [16] H. Yudo, "Engine Matching Propeller Pada Kapal Untuk Mendapatkan Optimalisasi Pemakaian Mesin Penggerak Kapal Dan Baling--Baling Sebagai Alat Pendorong Kapal," *Kapal J. Ilmu Pengetah. Dan Teknol. Kelaut.*, Vol. 4, No. 1, Pp. 15–18.