

BAB II

PERENCANAAN PERHITUNGAN MESIN INDUK DAN MOTOR BANTU

I.1 Motor Induk / Penggerak Kapal

Data Kapal

- Type Kapal : Tanker Oil Ship
- Loa : 66 m
- Lwl : 64 m
- Lpp : 62 m
- Lebar (B) : 13,8 m
- Tinggi (H) : 5,5 m
- Draft (T) : 4,5 m
- Coeficient Blok (Cb) : 0,599
- Kecepatan (Vs) : 12 Knots
- Dwt : 1500 Ton

2 Koefisien – koefisien Kapal

- **Displacement (Δ)**

$$\begin{aligned}\Delta &= L_{pp} \times B \times T \times C_b \times \gamma \\ &= 62 \times 13,8 \times 4,5 \times 0,599 \times 1,025 \\ &= 2363,93 \text{ ton}\end{aligned}$$

- **Midship Area Coefficient (C_m)**

$$\begin{aligned}C_m &= 0,9 + 0,1 \times \sqrt{C_b} \\ &= 0,9 + 0,1 \times \sqrt{0,599} \\ &= 0,977\end{aligned}$$

- **Luas Midship (A_m)**

$$\begin{aligned}A_m &= B \times T \times C_m \\ &= 13 \times 4,5 \times 0,977 \\ &= 60,672 \text{ m}^2\end{aligned}$$

- **Coefficient of Water Line**

$$\begin{aligned}C_w &= (0,70 \times C_b) + 0,30 \\ &= (0,70 \times 0,599) + 0,30\end{aligned}$$

$$= 0,719$$

- **Luas Garis Air (Awl)**

$$\begin{aligned}Awl &= Lwl \times B \times Cw \\ &= 64 \times 13,8 \times 0,719 \\ &= 635,021 \text{ m}^2\end{aligned}$$

- **Coefficient Prismatic (Cp)**

$$\begin{aligned}Cp &= Cb / Cm \\ &= 0,599 / 0,977 \\ &= 0,613 \text{ m}^2\end{aligned}$$

- **Luas Bidang Permukaan Basah Kapal (S)**

$$\begin{aligned}S &= 1,025 \times Lpp (Cb Lpp \times B + 1,7 T) \\ &\text{(Berdasarkan Referensi No 1, hal; 133)}\end{aligned}$$

Dimana :

$$\begin{aligned}Cb Lpp &= Cb \times Loa / Lwl \\ &= 0,599 \times (66 / 64) \\ &= 0,618\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}S &= 1,025 \times 62 (0,618 \times 13,8 + 1,7 \times 4,5) \\ &= 1028,137 \text{ m}^2\end{aligned}$$

- **Luas Bidang Permukaan Basah (S₁) Sepanjang Lwl :**

$$\begin{aligned}S_1 &= 1,025 \times 64 (0,618 \times 13,8 + 1,7 \times 4,5) \\ &= 1061,30 \text{ m}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Sehingga Ratio } S / S_1 & \\ &= 1028,137 / 1061,30 \\ &= 0,969\end{aligned}$$

- **L Displacement**

$$\begin{aligned}L \text{ displ} &= \frac{Lwl + Lpp}{2} \\ &= \frac{64 + 62}{2} \\ &= 63 \text{ m}\end{aligned}$$

- **Volume Displacement (V displ)**

$$V \text{ disp} = Lpp \times B \times T \times d$$

Dimana :

$$d = d_{wl}$$

$$d_{wl} = \frac{L_{pp}}{L_{wl}} \times C_b = \frac{62}{64} \times 0,599$$
$$= 0,58$$

$$V_{displ} = 62 \times 13,8 \times 4,5 \times 0,58$$
$$= 2233,12$$

- **Coefficient Prismatic Displacement (Q displ)**

$$Q_{displ} = \frac{L_{pp}}{L_{displ}} \times C_p$$
$$= \frac{62}{63} \times 0,613$$
$$= 0,603$$

- **Perbandingan Lebar dan sarat Kapal**

$$B / T = 13,8 / 4,5$$
$$= 3,067$$

- **Ratio antara Am dan S₁**

$$Am / S_1 = 60,672 / 1061,30$$
$$= 0,057$$

1.3. Perhitungan Tahanan Kapal dan Mesin Induk

Kapal yang berlayar diibaratkan seperti sebuah benda yang bergerak melalui media air dan udara, ini berarti bahwa benda itu akan mengalami gaya hambat / tahanan (*Resistance Force*) dari media yang dilaluinya.

Tahanan – tahanan yang dialami sebuah kapal yang bergerak melalui air dan udara dapat diuraikan atas

- Tahanan Gelombang (*Wave Making Resistance*)
- Tahanan Gesek (*Frictional Resistance*)
- Tahanan Bentuk (*Eddy Making Resistance*)
- Tahanan Udara (*Air Resistance*)

Untuk menghitung besarnya tahanan – tahanan kapal tersebut dapat digunakan berbagai cara dengan percobaan memakai model Towing Tank atau dengan cara pendekatan. Cara pendekatan adalah cara perhitungan dengan menggunakan rumus – rumus pendekatan (Ref. No 1, hal; 96)

Tahanan – tahanan lain yang mempengaruhi adalah :

- Tahanan udara / angin.
- Tahanan penonjolan badan.
- Dan tahanan lainnya.

Perhitungan tahanan kapal ini dilakukan dengan menggunakan Referensi No. 1, hal; 119 yaitu dengan menggunakan rumus :

$$R = C_T \times \left(\frac{1}{2} \times \rho \times V^2 \right)$$

Dalam hal ini Coefficient tahanan totalnya adalah :

$$C_T = C_R + C_F + C_A$$

Dimana :

C_T = Koefisien tahanan sisa untuk bentuk standar.

C_F = Koefisien tahanan gesek, didapat dari kurva ITTC – 57.

C_A = Koefisien tahanan tambahan.

Jadi perhitungan tahanan kapal untuk kecepatan 12 knots adalah sebagai berikut :

a) Froude Number (F_n) (Referensi No.1, hal; 118)

$$\begin{aligned} F_n &= \frac{V}{\sqrt{g \times L}} \\ &= \frac{6,172}{\sqrt{9,81 \times 62}} \\ &= 0,250 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_s &= \text{Kecepatan Kapal (m/sec)} \\ &= 12 \text{ knots} \times 0,1544 \\ &= 6,172 \text{ m/sec.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} g &= \text{gravitasi} \\ &= 9,81 \text{ m/sec}^2 \end{aligned}$$

L = Panjang kapal (Lpp)

b) Vs = 12 Knots

c) Vs = 6,172 m/sec²

d) Vs² = 38,093 m/sec²

e) $\frac{1}{2} \times \rho \times Vs^2$

Dimana :

ρ = massa density (kg / m³) = 104,49 kg / m³

S = Luas permukaan basah (m²) = 1028,137 m²

V² = kecepatan (m/sec²)

$$\begin{aligned} \frac{1}{2} \times \rho \times Vs^2 &= 0,5 \times 104,49 \times 1028,137 \times 38,093 \\ &= 2046.166, 16 \text{ kg} \end{aligned}$$

f) **Residuary Coefficient (10³ C_R)**

Sesuai Referensi Harvald hal ; 121 dan 122, residuary Coefficient atau tahanan sisa diperoleh dari grafik yang merupakan fungsi dari perbandingan panjang volume (L/V^{1/3}) dan bilangan Froude (Fn).

Diketahui :

Lpp = 62

V displ = 2233,12 m³

L/V^{1/3} = 62 / 12,139

= 4,87

Nilai C_R untuk kapal standar didapat dari gambar 5.5.6 dan 5.5.7

L/V^{1/3} = 4,5 Fn = 0,250 10³C_R = 1,68

L/V^{1/3} = 5 Fn = 0,250 10³C_R = 1,48

L/V^{1/3} = 4,87 Fn = 0,250 10³C_R =

$$10^3 C_R = 1,68 + \frac{(4,87-4,5)}{(5-4,5)} \times (1,45-1,68)$$

= 1,51

C_R = 1,51 x 10⁻³

g) Koreksi B / T

Berdasarkan Referensi Harvald hal; 119 grafik harga C_R untuk kapal yang mempunyai rasio lebar sarat kapal lebih besar atau lebih kecil dari $B / T = 2,5$ harus dikoreksi dengan rumus sebagai berikut :

$$C_R = 10^{-3} \{ 0,16 (B/T - 2,5) \}$$

$$\begin{aligned} B/T &= 13,8 / 4,5 \\ &= 3,066 \end{aligned}$$

Koreksi C_R untuk $B/T > 2,5$ adalah :

$$\begin{aligned} &= 10^{-3} \{ 0,16 (B/T - 2,5) \} \\ &= 10^{-3} \{ 0,16 (3,066 - 2,5) \} \\ &= 0,09 \times 10^{-3} \end{aligned}$$

h) Koreksi LCB

Berdasarkan referensi Harvald hal; 119 harga koreksi lain untuk koefisien tahanan sisa adalah :

LCB Standar = -1,8 % (didapat dari gambar 5.5.15)

$$LCB = -1,8\%$$

$$\begin{aligned} \Delta LCB &= \frac{LCB\% - (-1,8\%)}{100} \\ &= \frac{-1,426\% - (-1,8\%)}{100} \end{aligned}$$

$$= -0,374 \%$$

$$= -0,0374$$

maka koreksi LCB :

$$= \frac{\delta \times 10^3 C_R}{\delta LCB} \times \Delta LCB$$

$$= 0,17 \times -0,0374$$

$$= -0,636 \times 10^{-3}$$

i) Koreksi Garis Penampang Bentuk Depan dan Bentuk Belakang

Berdasarkan Referensi harvald hal; 131 harga koreksi $C_R = 0$

(bentuk standar)

j) Koreksi Bentuk Haluan

Berdasarkan Referensi Harvald hal; 131 $C_R = -0,2$

k) Koreksi Anggota Badan Kapal

Berdasarkan Referensi Harvald hal; 131 :

- Boss baling – baling = (3 % - 5 %)

$$\begin{aligned} 5 \% \times C_R &= 5 \% \times 0,09 \\ &= 0,045 \end{aligned}$$

- Shaft Braket = 5 % - 8 %

$$\begin{aligned} 8 \% \times C_R &= 8 \% \times 0,09 \\ &= 0,072 \end{aligned}$$

- Lunas Bilga = 0 % (tidak ada koreksi)

- Daun Kemudi = 0 % (tidak ada koreksi)

l) Resultan $10^3 C_R$

$$\begin{aligned} \text{Resultan } 10^3 C_R &= f + g + h + i + j + k \\ &= 1,51 + 3,066 + (- 0,636) + 0 + (-0,2) + (0,045 + \\ &0,072) \end{aligned}$$

$$= 15,129$$

$$10^6 R_N = \frac{10^6 (V \times L)}{v}$$

$$= \frac{10^6 (6,172 \times 62)}{0,867 \times 10^6}$$

$$= 441,37$$

$$L_1 = \frac{1,188}{0,867} \times 62$$

$$= 84,955$$

m) Koefesien Tahanan Gesek (C_R)

Berdasarkan referensi Harvald hal 132; harga koefesien tahanan gesek diperoleh dari grafik ITTC – 57 yang merupakan fungsi dari panjang (L) dan kecepatan (V) = 12 konots, dirubah dalam satuan m/sec. Jadi V = 12 x 0,5144 = 6,178 m/sec (berada diantara kecepatan 6 m/sec dan 8 m/sec. Nilai $10^3 C_R$ didapat dengan menggunakan rumus interpolasi sebagai berikut :

$$L = 62 \quad \quad \quad = 6 \text{ m/sec} \quad \quad \quad 10^3 C_R = 1,775$$

$$L = 62 \quad \quad \quad = 8 \text{ m/sec} \quad \quad \quad 10^3 C_R = 1,720$$

$$L = 62 \quad = 6,172 \text{ m/sec} \quad 10^3 C_R =$$

.....

$$10^3 C_R = 1,775 + \left(\frac{6,172 - 6}{8 - 6} \right) (1,720 - 1,775)$$

$$= 1,770$$

n) Koreksi C_F

Berdasarkan Referensi harvald hal; 132 harga $10^3 C_F$ adalah :

$$10^3 C_F = S_1 / S \times 10^3 C_R$$

$$= 1,03 \times 1,770$$

$$= 1,823 \times 10^3$$

o) Tahanan Tambahan ($10^3 C_A$)

Berdasarkan Referensi Harvald hal; 132, harga $10^3 C_A$ adalah :

$$10^3 C_A = 0,4$$

$$C_A = 0,4 \cdot 10^3$$

p) Tahanan Udara ($10^3 C_{AA}$)

Berdasarkan Referensi Harvald hal; 132, harga $10^3 C_{AA}$ adalah :

$$10^3 C_{AA} = 0,07$$

$$C_{AA} = 0,07 \cdot 10^3$$

q) Tahanan Kemudi ($10^3 C_{AS}$)

Berdasarkan Referensi Harvald hal; 132, harga $10^3 C_{AS}$ adalah :

$$10^3 C_{AS} = 0,04$$

$$C_{AS} = 0,04 \cdot 10^3$$

r) Koefesien Tahanan Total ($10^3 C_T$)

$$10^3 C_T = C_R + C_F + C_A + C_{AA} + C_{AS}$$

$$= 1,770 + 1,803 + 0,4 + 0,07 + 0,04$$

$$= 4,103$$

s) RT (Hambatan Total)

$$R_T = C_T \times \left(\frac{1}{2} \times \rho \times V_s^2 \right)$$

$$= 4,103 \cdot 10^{-3} \times 2054682,09 \text{ kg}$$

$$= 8430,361 \text{ kg}$$

$$= 8,430 \text{ ton}$$

1.4. Perhitungan Effective Horse Power (EHP) Motor Penggerak Utama Kapal

Besarnya EHP dari motor Induk sesuai dengan tahanan spesifik, pada Trial Condition adalah :

$$\begin{aligned} \text{EHP} &= \frac{V_s \times RT}{75} \\ &= \frac{12 \times 8430,361}{75} \\ &= 1348,858 \text{ HP} = 992,759 \text{ kW} \end{aligned}$$

1. Perhitungan Factor Arus Ikut (wake fraction = w) (Taylor)

$$\begin{aligned} w &= -0,05 + (0,5 \times C_b) \\ &= -0,05 + (0,5 \times 0,599) \\ &= 0,249 \end{aligned}$$

2. Perhitungan Advance Velocity (Va)

$$\begin{aligned} V_a &= (1 - w) \times V_s \\ &= (1 - 0,249) \times 12 \text{ knots} \\ &= 9,012 \text{ knots} \end{aligned}$$

3. Thrust Deduction Faktor (t) (Schoenler)

$$t = k \times w$$

dimana :

$$k = 0,7 - 0,9, \text{ diambil } k = 0,9$$

$$\begin{aligned} t &= 0,9 \times 0,249 \\ &= 0,224 \end{aligned}$$

4. Hull Efficiency (η_h)

$$\begin{aligned} \eta_h &= \frac{1-t}{1-w} \\ &= \frac{1-0,224}{1-0,249} \\ &= 1,035 \end{aligned}$$

5. Propulsive Coefficient (PC)

$$\text{PC} = \eta_h \times \eta_{rr} \times \eta_p$$

Dimana ;

η_p = Efisiensi propeller, diasumsikan (0,5 – 0,9) diambil 0,6

η_{rr} = Untuk single screw propeller (1,02 – 1,05) diambil 1,05

PC = $1,035 \times 0,6 \times 1,05$
= 0,651

6. Brake Horse Power (BHP)

$$\begin{aligned} \text{BHP} &= \frac{EHP}{PC} \\ &= \frac{1348,858}{0.651} \\ &= 2071,978 \text{ HP} \\ &= 1524,975 \text{ kW} \end{aligned}$$

7. Penentuan BHP total

Untuk mendapatkan besarnya daya mesin, digunakan pendekatan :

3 % Koreksi pemakaian Gear Box.

3 % Koreksi letak kamar mesin.

15 % Penambahan Sea Margin.

$$\begin{aligned} \text{BHP Total} &= (3 + 3 + 15 \times \text{SHP}) \% \times \text{SHP} \\ &= (21 \% \times 2071,978) + 2071,978 \\ &= 2507,093 \text{ HP} \\ &= 1845,220 \text{ kW} \end{aligned}$$

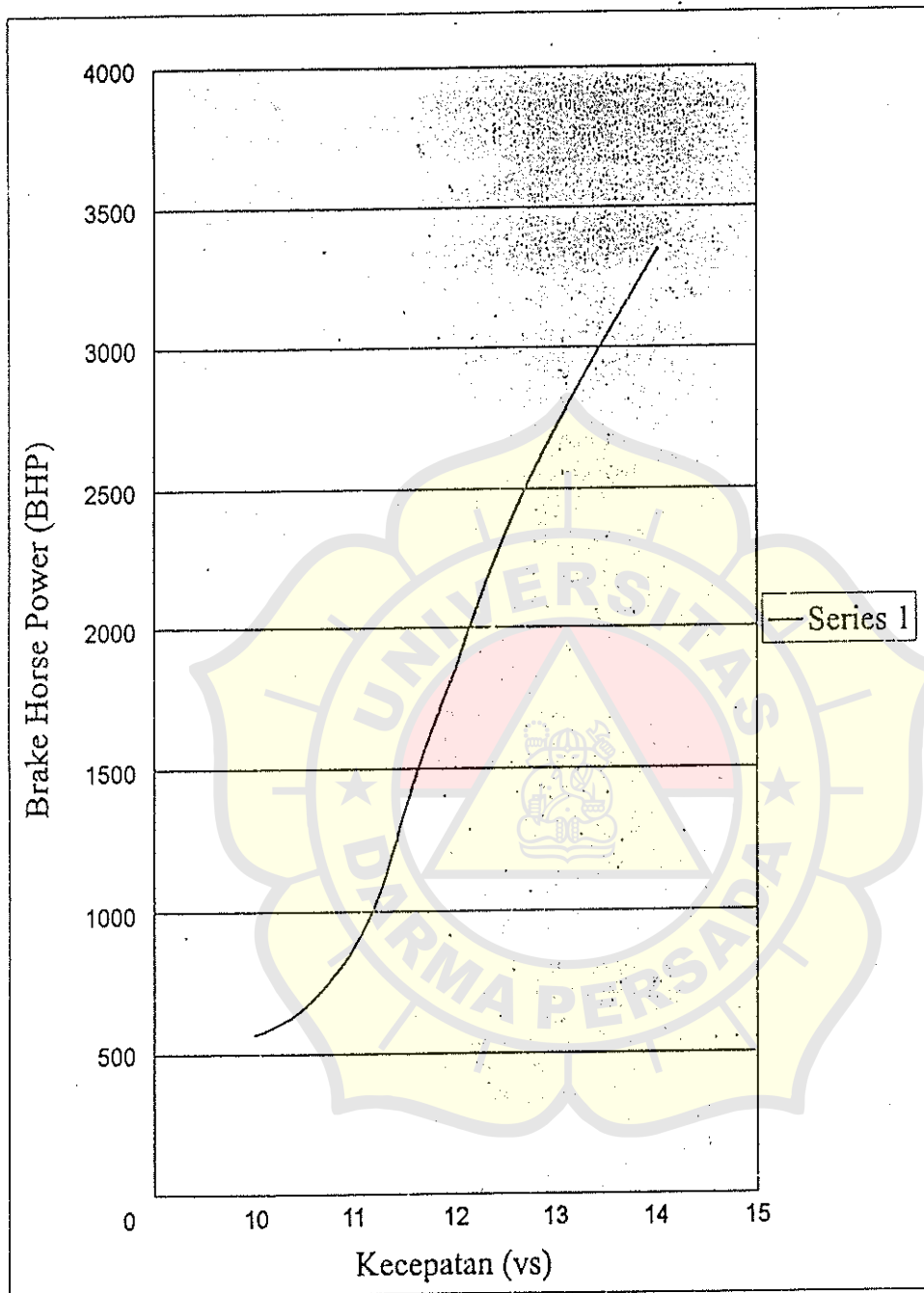
PERHITUNGAN LIMA KECEPATAN

No.	RUMUS	Satuan / Sumber Rumus	Kecepatan - Knot				
			10	11	12	13	14
1.	V_s	Knot	10	11	12	13	14
2.	V_s	m / dt	5.144	5.658	6.173	6.687	7.202
3.	V_s^2	m^2 / dt^2	26.461	32.017	38.103	44.719	51.863
4.	$F_n = V / gL$		0.208	0.229	0.167	0.270	0.291
5.	$1/2 \cdot \rho \cdot S \cdot V^2$	Kg	1359141.601	1644561.337	2046.166,16	229649.306	2663917.538
6.	$10^3 C_R (L / V^{1/3})$	Gbr. 5.5.9 – 5.5.10	0.935	1.692	1.770	2.022	4.474
7.	Koreksi B/T	Gbr. 5.5.17	0.152	0.161	0.161	0.161	0.161
8.	Koreksi LCB	Gbr. 5.5.15 - 5.5.16	0.000	0.061	-0.002	-0.007	-0.008
9.	Koreksi Grs. Penampang	5.5.20	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
10.	Koreksi Bentuk Haluan	5.5.21	-0.200	-0.200	-0.200	-0.200	-0.200
11.	Koreksi Anggota Badan	5.5.22	0.0748	0.1140	0.1105	0.1905	0.1718
12.	Resultan $10^3 C_R$	6 + 7 + 8 + 9 + 10 + 11	0.762	1.013	0.919	1.610	1.446
13.	$10^6 R_n$	V.L / \square	370.226	913.698	996.761	1079.825	1162.888
14.	$10^3 C_F$ ITTC - 1957	Gbr. 5.5.14	1.863	1.549	1.535	1.521	1.507
15.	$10^3 C_F'$	$S / S \times 10^3 C_F$	1.881	1.481	1.823	1.775	1.802
16.	$10^3 C_A$	5.5.23	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
17.	$10^3 C_{AA}$	5.5.26	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07
18.	$10^3 C_{AS}$	5.5.27	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
19.	$10^3 C_T = C_R + C_F + C_A + C_{AA} + C_{AS}$	12 + 15 + 16 + 17 + 18	3.153	3.573	4.103	6.600	6.627

PERHITUNGAN LIMA KECEPATAN

20.	$R_r = C_r \cdot 1/2 \cdot D \cdot S \cdot V^2$	Kg	4285.996	5876.511	8430.361	15160.840	18453.520
21.	$EHP = V \cdot R_r / 75$	HP	293.962	443.355	992.759	1351.781	1771.932
22.	PC		0.627	0.699	0.699	0.699	0.699
23.	$SHP = EHP / PC$	HP	469.014	707.370	1524.975	2156.756	2827.103
24.	Koreksi Gear Box = 3%		14.070	21.221	92.910	64.703	84.813
25.	Koreksi Letak Kamar Mesin = 3 %		14.070	21.221	92.910	64.703	84.813
26.	Sea Margin		70.352	371.792	464.549	737.733	952.150
27.	BHP MCR	HP	567.507	855.918	1845.220	2609.675	3420.795

Kurva Daya Kecepatan



1.5. Pemilihan Motor Penggerak Kapal

Pemilihan motor induk berdasarkan tenaga yang di butuhkan untuk kecepatan kapal. Beberapa dasar pertimbangan untuk pemilihan mesin adalah :

- Berat dan Ukuran
- Berat merupakan pertimbangan yang paling penting, dimana berat mesin induk seringan mungkin. Ukuran panjang dan lebar dari mesin induk dipilih sependek mungkin dari type mesin yang tersedia.
- Tinggi
Tinggi dari mesin harus diperhatikan, apakah sudah memenuhi persyaratan minimal dari ruang mesin.
- Tinggi titik poros.
Tinggi titik poros ditentukan oleh propeller.
- Biaya pemakaian bahan bakar.
- Specific Fuel Consumption yang kecil.
- Biaya pemakaian minyak pelumas.
- Volume ruang mesin yang tersedia.
- Putaran motor sehubungan dengan putaran propeller yang telah disediakan.
- Sistim pipa – pipa yang dikondisikan untuk kamar mesin.
- Ruangan yang cukup sehingga memudahkan untuk perawatan dan pengoperasian instalasi mesin.

Berdasarkan Tabel – 1 perhitungan hambatan kapal dengan menggunakan metode Harvald, maka dapat ditentukan besarnya daya mesin yang digunakan Kapal Tanker ini.

Dimana besarnya daya mesin dan dimensi mesin yang dipilih adalah sebagai berikut :

- Merk : MAN B&W
- Type : S26 MC
- Daya : 2610 HP / 1920 kW
- Putaran Mesin : 250 RPM

- Bore x Stroke : 260 x 970 mm
- Cycle : 2 Langkah
- Jumlah Silinder : 6
- Dimensi : 3955 mm (L) x 1880 mm (W)
4500 mm (H)
- Jumlah : 1 (satu) Unit
- SFOC : 174 g/kWh
- SLOC : 1,2 g/kWh

1.6. Perencanaan Propeller Kapal

Perencanaan penentuan dimensi propeller akan sangat menentukan terhadap hasil kerja yang direncanakan. Adapun perencanaan propeller tersebut adalah :

1. Factor Arus Ikut (ψ)

$$\begin{aligned}\psi &= - 0,05 + (0,55 \times C_b) \\ &= - 0,2 + (0,55 \times 0,599) \\ &= 0,129\end{aligned}$$

2. Faktor Pengisapan (u)

$$u = k \times \psi$$

dimana :

$$\begin{aligned}k &= 0,7 - 0,9 \text{ diambil } k = 0,9 \\ &= 0,9 \times 0,129 \\ &= 0,116\end{aligned}$$

3. Besarnya Hambatan

Menurut Newman, untuk mempertahankan kecepatan sebesar 12 knots, perlu adanya cadangan hambatan sebesar 20% dari hasil perhitungan, maka :

$$\begin{aligned}R_T &= (20\% \times R_T) + R_T \\ &= (0,2 \times 8430,361) + 8430,361 \\ &= 10116,43 \text{ kg}\end{aligned}$$

4. Tenaga yang diberikan propeller (P)

- Letak Kamar Mesin

Letak kamar mesin dibelakang, dikoreksi = -3 %

- Koreksi Daya Metric

$$\text{Koreksi HP ke metric} = (75 / 76) \times 100\% = - 0,98 \%$$

- Koreksi Air Tawar ke Air Laut

$$\text{Sebesar} = - (1 / 1,025) \times 100\% = - 0,976 \%$$

$$\begin{aligned} P &= \text{BHP} - \text{Harga Koreksi} \\ &= 2610 - (4,963 \% \times 2610) \\ &= 2480,465 \text{ HP} = 1825,622 \end{aligned}$$

5. Penentuan Angka Sorong

$$\begin{aligned} S &= \frac{RT}{(1-\nu)} \\ &= \frac{10.116,43}{1-0,116} \\ &= 11.500,49 \text{ kg} \end{aligned}$$

6. Kecepatan Air Masuk ke Propeller (u_e)

$$\begin{aligned} u_e &= (1 - \psi) \times V_s \\ &= (1 - 0,129) \times 6,172 \\ &= 5,376 \text{ m/sec} \end{aligned}$$

7. Diameter Propeller Tentative (D)

$$\begin{aligned} D &= 0,7 \times T \\ &= 0,7 \times 4,5 \\ &= 3,15 \end{aligned}$$

8. Advance Speed of Propeller (V_a)

$$V_a = (1 - \psi) \times V_s$$

Dimana :

$$V_s = \text{Kecepatan kapal; 12 knots}$$

$$\begin{aligned} V_a &= (1 - 0,192) \times 12 \\ &= 10,452 \text{ knots} \end{aligned}$$

9. Perencanaan Jumlah Daun Propeller

- Bila harga koefisien $K' d \geq 2$ atau $K' n \geq 1,0$ maka disarankan memilih jumlah daun : $Z = 3$

- Bila harga koefisien $K'd \leq 2$ atau $K'n \leq 1,0$ maka disarankan memilih jumlah daun : $Z = 4$

Untuk kapal rancangan :

$$K'd = D \times u_e \times \sqrt{\frac{\rho}{S}}$$

Dimana :

- D = Diameter Propeller Tentative = 3,15 m
- ρ = Massa Jenis Air Laut = 104,49 kg/m³
- S = Gaya Dorong Propeller = 11.453,360 kg
- u_e = Kecepatan Air Masuk ke Propeller = 5,376 m/sec

$$K'd = 3,15 \times 5,376 \times \sqrt{\frac{104,49}{11.453,360}}$$

$$= 1,617$$

10. Diameter Optimum, Pitch Rasio dan Propeller Efficiency.

a. Koefisien Propeller

$$B_p = \frac{N \times P^{0.5}}{V_a^{2.5}}$$

Dimana :

- N = Putaran Propeller
- N = N (koreksi) / reduction gear
- = 250 / 0,99
- = 247,5 Rpm
- = 247,5 / 60 = 4,125 Rps
- V_a = Advance Speed of Propeller = 10.452 knots
- P = Tenaga Tempak Propeller Melekat
- = 2480,465 HP

$$B_p = \frac{247,5 \times 2480,465^{0.5}}{10,452^{2.5}}$$

$$= 34,901 \longrightarrow 35$$

Dari diagram $B_p - \delta$, untuk $B_p = 35$ dapat diperoleh Advance Coefficient (δ) pada beberapa tingkat yaitu :

Untuk series B4-40 : $\delta = 237$

Untuk series B4-55 : $\delta = 235$

Untuk series B4-70 : $\delta = 225$

Dalam perencanaan baling – baling Tunggal (Single Screw) δ ini dikoreksi sebesar 2%, maka :

Untuk series B4-40 : $\delta_k = 237 - 2\% = 236,98$

Untuk series B4-55 : $\delta_k = 235 - 2\% = 234,98$

Untuk series B4-70 : $\delta_k = 225 - 2\% = 224,98$

b. Diameter Optimum (Do)

$$Do = \frac{\delta k x Va}{N} \quad (\text{feet})$$

Untuk series B4-40 : $Do = 7,070 \text{ feet} / 3,28 = 3,038 \text{ m}$

Untuk series B4-55 : $Do = 7,103 \text{ feet} / 3,28 = 3,025 \text{ m}$

Untuk series B4-70 : $Do = 6,837 \text{ feet} / 3,28 = 2,895 \text{ m}$

c. Pitch Ratio (Ho/D)

Dari harga (δ) yang telah dikoreksi, dapat diperoleh harga Pitch Ratio pada diagram Bp- δ series sesuai dengan pembebanan :

Untuk series B4-40 : $Ho/D = 0,65$

Untuk series B4-55 $Ho/D = 0,69$

Untuk series B4-70 $Ho/D = 0,78$

d. Propeller Efisiensi (η_p)

Dari diagram Bp- δ series didapat efisiensi propeller kapal sebagai berikut :

Untuk series B4-40 : $\eta_p = 57,5$

Untuk series B4-55 : $\eta_p = 54,2$

Untuk series B4-70 : $\eta_p = 53,8$

Untuk menentukan Diameter yang optimal, bebas kavitasi serta mempunyai efisiensi yang cukup baik, maka harus diadakan perhitungan – perhitungan untuk penentuan diameter propeller.

11. Perhitungan Kavitasik

a. Konstanta Kavitasik

$$s_{0,7} = \frac{(P - P_v) - (0,7 \times D_o / 2 \times g)}{0,5 \times \rho \left[V_a^2 + (0,7 \times \pi \times D_o \times n)^2 \right]}$$

dimana :

(P - P_v) = Beda tekanan statik pada sumbu baling – baling.

D_o = Diameter Optimum baling – baling (m)

ρ = Kerapatan air laut = 104,5 kg²/m⁴.

V_a = Advance of Speed Propeller. = 10,452 knots

n = Putaran baling – baling perdetik = 250 Rpm = 4,125

Rps.

b. Tekanan Statik Baling - Baling

Tekanan statik pada sumbu baling – baling adalah :

1. Draft	: T	=	4,5	m
2. Tinggi poros baling – baling	: h ₁	=	1,45	m
3. Tinggi gelombang (0,75% L _{pp})	: h ₂	=	0,468	m
Tinggi tekanan (T - h ₁ + h ₂)	: h	=	3,518	m
4. Tekanan air (h x 1,025)		=	6.780,375	kg/m ²
5. Tekanan udara		=	10.100	kg/m ²
6. Tekanan uap		=	200	kg/m ²
Tekanan statik		=	13.909,132	kg/m ²

Untuk series B4-40 : s_{0,7} = 0,307

Untuk series B4-55 : s_{0,7} = 0,309

Untuk series B4-70 : s_{0,7} = 0,333

c. Koefisien Daya Dorong (σ_c)

Harga koefisien daya dorong diperoleh dari diagram “ Burril ” adalah :

Untuk series B4-40 : D_o = 2,155 m didapat σ_c = 0,139

Untuk series B4-55 : D_o = 2,165 m didapat σ_c = 0,142

Untuk series B4-70 : D_o = 2,084 m didapat σ_c = 0,146

d. Projected Blade Area Perhitungan Kavitas

$$Fp' = \frac{S}{\sigma c x \rho [Va^2 + (0,7 x \pi x Do x n)^2]}$$

Untuk series B4-40 : $\sigma c = 0,125$ m didapat $Fp' = 0,908$ m

Untuk series B4-55 : $\sigma c = 0,130$ m didapat $Fp' = 0,896$ m

Untuk series B4-70 : $\sigma c = 0,135$ m didapat $Fp' = 0,940$ m

e. Developed Blade Area Ratio

Untuk series B4-40 :

1. Disc area of screw (F)

$$\begin{aligned} F &= (\pi / 4) \times Do^2 \\ &= (3,14 / 4) \times 3,038^2 \\ &= 7,245 \end{aligned}$$

2. Develope blade area (Fa)

$$\begin{aligned} Fa &= 0,40 \times F \\ &= 0,40 \times 7,245 \\ &= 2,898 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Fa / F &= \frac{\text{Ekspended area of the blades}}{\text{Disc are of the screw}} \\ &= 0,4 \end{aligned}$$

Untuk series B4-55 :

1. Disc area of screw (F)

$$\begin{aligned} F &= (\pi / 4) \times Do^2 \\ &= (3,14 / 4) \times 3,025^2 \\ &= 7,183 \end{aligned}$$

2. Develope blade area (Fa)

$$\begin{aligned} Fa &= 0,55 \times F \\ &= 0,55 \times 7,183 \\ &= 3,951 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Fa / F &= \frac{\text{Ekspended area of the blades}}{\text{Disc are of the screw}} \\ &= 0,55 \end{aligned}$$

Untuk series B4-70 :

1. Disc area of screw (F)

$$\begin{aligned}
 F &= (\pi / 4) \times Do^2 \\
 &= (3,14 / 4) \times 2,895^2 \\
 &= 6,579
 \end{aligned}$$

2. Develope blade area (Fa)

$$\begin{aligned}
 Fa &= 0,70 \times F \\
 &= 0,70 \times 6,579 \\
 &= 4,605 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Fa / F &= \frac{\text{Ekspended area of the blades}}{\text{Disc are of the screw}} \\
 &= 0,70
 \end{aligned}$$

- f. Projected Blade Area (Fp)

Untuk series B4-40 :

$$Fp = 1,579$$

Untuk series B4-55 :

$$Fp = 2,284$$

Untuk series B4-70 :

$$Fp = 3,010$$

- g. Tabel Perhitungan Kavitasasi

Tabel perhitungan kavitasasi propeller untuk berbagai pembebanan adalah :

	$s_{0,7}$	σ	Fp'	Fp / Fa
Series B4-40	0,307	0,139	0.908	0,545
Series B4-55	0,309	0,142	0.896	0,578
Series B4-70	0,333	0,146	0.940	0,654

Series B4-40	0,40	7.245	2.898	1.579
Series B4-55	0,55	7.183	3.951	2.284
Series B4-70	0,70	6.579	4.605	3.010

	η_p	N	Do
Series B4-40	57.5	247.5	3.038
Series B4-55	54.2	247.5	3.025
Series B4-70	53.8	247.5	2.895

Berdasarkan perhitungan rancangan propeller, maka spesifikasi propeller untuk penggerak Kapal Tanker ini adalah :

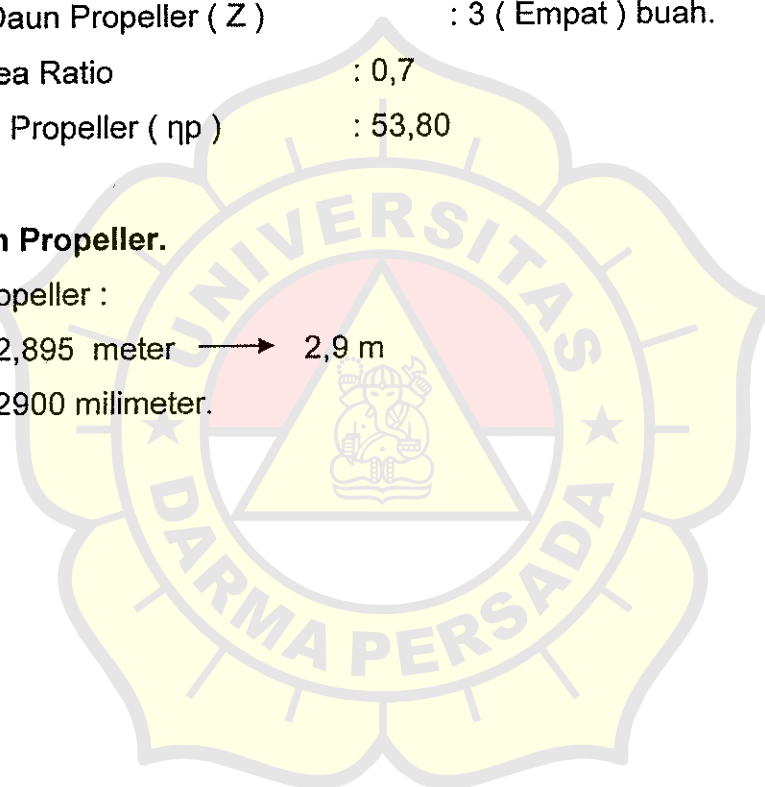
- Type Propeller : B4 – 70.
- Diameter Propeller : 2,895m
- Pitch Ratio Propeller (Ho/D) : 0,78.
- Jumlah Daun Propeller (Z) : 3 (Empat) buah.
- Blade Area Ratio : 0,7
- Efisiensi Propeller (η_p) : 53,80

II. Perhitungan Propeller.

Diameter Propeller :

$$D = 2,895 \text{ meter} \longrightarrow 2,9 \text{ m}$$

$$D = 2900 \text{ milimeter.}$$



Trailing Edge

r/R	T.E	mm	80	mm	60	mm	40	mm	20	mm	y1	mm	y2	mm
0.2	0.386	29,668	0.63	48,422	0.805	61,872	0.919	70,634	0.981	75,400	0.380	29,207	0.375	28,823
0.3	0.338	22,998	0.598	40,688	0.787	53,547	0.911	61,984	0.979	66,611	0.343	23,338	0.325	22,113
0.4	0.289	17,115	0.565	33,459	0.769	45,640	0.903	53,476	0.977	57,958	0.307	18,181	0.274	16,226
0.5	0.233	11,743	0.521	26,258	0.742	37,397	0.892	44,957	0.975	49,140	0.270	13,608	0.218	10,987
0.6	0.171	7,110	0.477	19,834	0.712	29,605	0.875	36,383	0.97	40,333	0.000	0.000	0.151	6,279
0.7	0.102	3,342	0.436	14,283	0.687	22,506	0.859	28,141	0.965	31,613	0.000	0.000	0.076	2,490
0.8	0.073	1,748	0.407	9,744	0.669	16,016	0.852	20,397	0.963	23,054	0.000	0.000	0.037	0.886
0.9	0.116	1,754	0.434	6,562	0.682	10,312	0.859	12,988	0.965	14,591	0.000	0.000	0.058	0.877
0.95	0.163	1,746	0.464	4,969	0.699	7,486	0.866	9,275	0.967	10,357	0.000	0.000	0.082	0.878

Leading Edge

r/R	20	mm	40	mm	60	mm	70	mm	80	mm	85	mm	90	mm	95	mm	LE	mm
0.2	0.984	75,630	0.932	71,634	0.844	64,870	0.783	60,181	0.708	54,417	0.682	50,881	0.608	46,731	0.538	41,351	0.000	0.000
0.3	0.981	66,747	0.924	62,869	0.826	56,201	0.759	51,642	0.676	45,995	0.626	42,593	0.569	38,715	0.497	33,816	0.000	0.000
0.4	0.979	57,976	0.915	54,186	0.804	47,613	0.732	43,349	0.637	37,723	0.582	34,466	0.523	30,972	0.444	26,294	0.000	0.000
0.5	0.978	49,291	0.900	45,360	0.774	39,010	0.692	34,877	0.591	29,786	0.531	26,762	0.463	23,335	0.377	19,001	0.000	0.000
0.6	0.975	40,541	0.881	36,632	0.737	30,644	0.647	28,902	0.530	22,037	0.465	19,335	0.386	16,050	0.298	12,391	0.171	7,110
0.7	0.968	31,712	0.866	28,370	0.698	22,866	0.590	19,328	0.465	15,233	0.390	12,776	0.305	9,992	0.210	6,880	0.102	3,342
0.8	0.963	23,054	0.852	20,397	0.669	16,016	0.548	13,071	0.407	9,744	0.361	7,900	0.249	5,961	0.163	3,902	0.073	1,748
0.9	0.965	14,591	0.859	12,988	0.682	10,312	0.567	8,573	0.434	6,562	0.361	5,458	0.284	4,294	0.202	3,054	0.116	1,754
0.95	0.967	10,357	0.866	9,275	0.699	7,486	0.590	6,319	0.464	4,969	0.395	4,230	0.322	3,449	0.245	2,624	0.163	1,746

2. Ordinat Muka

Trailing Edge

r/R	T.E	mm	80	mm	60	mm	40	mm	20	mm
0.2	0.364	27,977	0.210	16,141	0.105	8,070	0.041	3,151	0.009	0.692
0.3	0.312	23,980	0.178	13,681	0.087	6,887	0.033	2,536	0.007	0.538
0.4	0.259	19,907	0.139	10,684	0.068	5,228	0.025	1,922	0.005	0.384
0.5	0.199	15,295	0.100	7,686	0.045	3,459	0.013	0.999	0.003	0.231
0.6	0.129	9,915	0.050	3,843	0.016	1,230	0.000	0.000	0.000	0.000
0.7	0.048	3,889	0.013	0.999	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
0.8	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
0.9	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
0.95	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

Leading Edge

r/R	20	mm	40	mm	60	mm	70	mm	80	mm	85	mm	90	mm	95	mm	LE	mm
0.2	0.007	0.538	0.029	2,229	0.066	5,073	0.094	7,225	0.132	10,146	0.157	12,067	0.190	14,603	0.237	18,216	0.000	0.000
0.3	0.005	0.384	0.020	1,537	0.048	3,689	0.070	5,380	0.100	7,686	0.121	9,300	0.149	11,452	0.192	14,757	0.000	0.000
0.4	0.003	0.231	0.012	0.922	0.030	2,306	0.045	3,459	0.067	5,150	0.084	6,456	0.108	8,301	0.146	11,222	0.000	0.000
0.5	0.000	0.000	0.004	0.307	0.012	0.822	0.021	1,914	0.037	2,844	0.045	3,459	0.068	5,226	0.101	7,763	0.000	0.000
0.6	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.003	0.231	0.012	0.922	0.020	1,537	0.034	2,613	0.058	4,458	0.129	9,915
0.7	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.154	0.004	0.307	0.012	0.922	0.048	3,689
0.8	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
0.9	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
0.95	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

a. Panjang Blade Elemen Dari Centre Line ke Leading Edge (h_D)

r/R (1)	hD / D (2)	hD (3)
0,2	0,116	243,600
0,3	0,129	270,900
0,4	0,136	285,600
0,5	0,137	287,700
0,6	0,132	277,200
0,7	0,118	247,800
0,8	0,092	193,200
0,9	0,051	107,100
0,95	0,020	42,000
1,00	-0,053	-111,300

d. Jarak Ordinate Maksimum dari Leading Edge (h_r)

r/R (1)	h_r / C (2)	h_r (3)
0,2	0,350	152,880
0,3	0,387	195,861
0,4	0,420	231,966
0,5	0,450	260,820
0,6	0,475	278,303
0,7	0,493	278,496
0,8	0,500	253,050
0,9	0,500	193,200
0,95	0,500	141,750
1,00	0,500	0,000

b. Panjang Total Blade Elemen (C)

r/R (1)	C / D (2)	C (3)
0,2	0,208	436,800
0,3	0,241	506,100
0,4	0,263	552,300
0,5	0,276	579,600
0,6	0,279	585,900
0,7	0,269	564,900
0,8	0,241	506,100
0,9	0,184	386,400
0,95	0,135	283,500
1,00	0,000	0,000

e. Ketebalan Blade Maksimum Pada Ordinate (t)

r/R (1)	t / D (2)	t (3)
0,2	0,0366	76,860
0,3	0,0324	68,040
0,4	0,0282	59,220
0,5	0,0240	50,400
0,6	0,0198	41,580
0,7	0,0156	32,760
0,8	0,0114	23,940
0,9	0,0072	15,120
0,95	0,0051	10,710
1,00	0,0030	6,300

c. Panjang Blade Elemen Dari Centre Line ke Trailing Edge (h_{TE})

r/R (1)	$h_{TE} = C - hD$ (2)
0,2	193,200
0,3	235,200
0,4	266,700
0,5	291,900
0,6	308,700
0,7	317,100
0,8	312,900
0,9	279,300
0,95	241,500
1,00	111,300

III. Perhitungan Diameter Propeller.

Menurut Referensi No.2 hal; 41, diameter minimum untuk poros utama adalah

$$d = F \times k \frac{\sqrt[3]{P_w \times C_w}}{n \left(1 - \left(\frac{d_1}{d_2}\right)^4\right)}$$

Dimana :

F = Faktor untuk type instalasi propulsi dan untuk semua type instalasi = 100.

k = Faktor untuk type dari shaft = 1,26

P_w = Daya pada poros = 1.524,975 kW

N = Putaran poros = 247,5 Rpm

$$C_w = \frac{560}{R_m + 160}$$

R_m = Nilai karakteristik bahan poros untuk Baja S 45 C
= 58 kg/mm² = 568,40 N/m²

$$C_w = \frac{560}{568,40 + 160}$$
$$= 0,77$$

$$1 - \left(\frac{d_1}{d_2}\right)^4 = 1$$

Jadi :

$$d = 100 \times 1,26 \sqrt[3]{\frac{1524,975}{(247,5 \times 1,00)}} \times 0,77$$
$$= 211,721 \text{ mm} \longrightarrow 212 \text{ mm}$$

Sedangkan untuk poros antara, rumus yang digunakan sama dengan rumus untuk poros utama, hanya factor k yang berubah yaitu :

$$F = 95$$

$$k = 1,15$$

$$d = 95 \times 1,15 \frac{\sqrt[3]{1524,975}}{(247,5 - 1) \times 0,77}$$
$$= 183,823 \text{ mm} = 184 \text{ mm}$$