
BAB II
PERENCANAAN PERHITUNGAN MOTOR INDUK
DAN PROPELLER

2.1. Motor Induk/ Penggerak Kapal

2.1.1. Data Kapal

- Loa	: 105	m
- Lwl	: 100,98	m
- Lpp	: 99	m
- B	: 18,8	m
- H	: 9,5	m
- T	: 6	m
- Cb	: 0,692	
- Vs	: 13	Knot
- DWT	: 7.000	Ton
- Klasifikasi	: BKI	
- Bendera	: Indonesia	
- Jarak Pelayaran	: 11.000	mil laut (diasumsikan)
- Daerah Operasi	: Ocean Going	

2.1.2. Koefisien-Koefisien Kapal

- *Displacement (Δ)*

$$\begin{aligned}\Delta &= Lpp \times B \times T \times Cb \times \gamma \\ &= 99 \times 18,8 \times 6 \times 0,692 \times 1,025 \\ &= 7.920,895 \text{ ton.}\end{aligned}$$

- *Midship Area Coefficient (C_m)*

$$\begin{aligned}C_m &= 0,9 + (0,1 \times \sqrt{Cb}) \\ &= 0,9 + (0,1 \times \sqrt{0,692}) \\ &= 0,983\end{aligned}$$

- Luas *Midship* (A_m)

$$\begin{aligned} A_m &= B \times T \times C_m \\ &= 18,8 \times 6 \times 0,983 \\ &= 110,882 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

- *Coefficient of Waterline* (C_w)

$$\begin{aligned} C_w &= (0,7 \times C_b) + 0,3 \\ &= (0,7 \times 0,692) + 0,3 \\ &= 0,784 \end{aligned}$$

- Luas Garis Air (A_{wl})

$$\begin{aligned} A_{wl} &= L_{wl} \times B \times C_w \\ &= 100,98 \times 18,8 \times 0,784 \\ &= 1,488,364 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

- *Coefficient Prismatic* (C_p)

$$\begin{aligned} C_p &= C_b / C_m \\ &= 0,692 / 0,983 \\ &= 0,704 \end{aligned}$$

- Luas Bidang Permukaan Basah Kapal (S)

$$\begin{aligned} S &= 1,025 \times L_{pp} (C_b L_{pp} \times B + 1,7 T) \\ &\quad (\text{Ref. No.1, hal.133}) \end{aligned}$$

Dimana :

$$\begin{aligned} C_b L_{pp} &= C_b \times L_{oa} / L_{wl} \\ &= 0,692 \times (105 / 100,98) \\ &= 0,72 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S &= 1,025 \times 99 (0,72 \times 18,8 + 1,7 \times 6) \\ &= 2.408,611 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Luas Bidang Permukaan Basah sepanjang L_{wl} (S_1) :

$$\begin{aligned} S_1 &= 1,025 \times 100,98 (0,72 \times 18,8 + 1,7 \times 6) \\ &= 2.456,783 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Sehingga Ratio S / S_1 :

$$= 2.408,611 / 2.456,783$$

$$= 0,98 \text{ m}^2$$

- L_{displ}

$$L_{displ} = \frac{L_{wl} + L_{pp}}{2}$$

2

$$= \frac{100,98 + 99}{2}$$

$$= 99,99 \text{ m}$$

- *Volume displacement (V_{displ})*

$$V_{displ} = L \times B \times T \times d$$

Dimana:

$$d = d_{wl}$$

$$d_{wl} = \frac{L_{pp}}{L_{wl}} \times C_b$$

L_{wl}

$$= \frac{99}{100,98} \times 0,692$$

$$= 0,678$$

$$V_{displ} = 99 \times 18,8 \times 6 \times 0,678$$

$$= 7.576,179 \text{ m}^3$$

- *Coefficient Prismatic displacement (Q_{displ})*

$$Q_{displ} = \frac{L_{pp}}{L_{displ}} \times C_p$$

L_{displ}

$$= \frac{99}{99,99} \times 0,704$$

$$= 0,697$$

- *Perbandingan lebar dan sarat kapal*

$$B / T = 18,8 / 6$$

$$= 3,133 \text{ m}$$

- *Ratio* antara A_m dan S_1

$$\begin{aligned} A_m/S_1 &= 110,882 / 2.456,783 \\ &= 0,045 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

2. 1. 3. Perhitungan Tahanan Kapal dan Daya Motor 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 itu 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 dipergunakan berbagai cara, misalnya dengan percobaan memakai model *Towing Tank* atau dengan cara pendekatan. Cara pendekatan adalah cara perhitungan dengan menggunakan 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, dengan menggunakan rumus :

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

Dalam hal ini koefisien tahanan totalnya adalah :

$$CT = CR + CF + CA$$

Dimana :

CR = Koefisien tahanan sisa untuk bentuk standar.

CF = Koefisien tahanan gesek, didapat dari kurva ITTC-57.

CA = Koefisien tahanan tambahan.

Jadi perhitungan tahanan kapal untuk kecepatan 13 knot adalah sebagai berikut :

a) *Froude Number* (F_n) (Refensi No.1, hal.118)

$$F_n = \frac{V_s}{\sqrt{g \times L}}$$

dimana :

V_s = Kecepatan kapal (m/dtk)

$$= 13 \text{ knot} \times 0,5144$$

$$= 6,6872 \text{ m / dtk}$$

g = gravitasi

$$= 9,81 \text{ m/dtk}^2$$

L = panjang kapal (L_{pp}) = 99 m

$$F_n = \frac{6,6872}{\sqrt{9,81 \times 99}}$$

$$= 0,214$$

b) $V_s = 13 \text{ knot}$

c) $V_s = 6,6872 \text{ m / dtk}$

d) $V_s^2 = (6,6872)^2 = 44,719 (\text{ m / dtk })^2$

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

Dimana :

ρ = massa jenis air laut (kg. s / m^3)

S = luas bidang permukaan basah (m^2)

V^2 = kecepatan ($\text{m/ dtk})^2$

$$\frac{1}{2} \times \rho \times S \times V^2 = 0,5 \times 104,49 \times 2.408,611 \times 44,719$$

$$= 5.627.344,231 \text{ kg}$$

f) *Residuary Coefficient* ($10^3 CR$)

Sesuai Referensi No.1, 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 (F_n).

Diketahui :

$$\begin{aligned}L_{pp} &= 99 \text{ m} \\V_{\text{displ}} &= 7.576,179 \text{ m}^3 \\L / V^{1/3} &= 99 / (7.576,179)^{1/3} \\&= 5,041\end{aligned}$$

(Nilai CR untuk kapal standar didapat dari gambar 5.5.6 dan 5.5.7)

$$\begin{array}{lll}L / V^{1/3} = 5 & F_n = 0,214 & 10^3 CR = 1,067 \\L / V^{1/3} = 5,5 & F_n = 0,214 & 10^3 CR = 1 \\L / V^{1/3} = 5,041 & F_n = 0,214 & 10^3 CR = ?\end{array}$$

$$\begin{aligned}10^3 CR &= 1 + \frac{(5,041 - 5)}{(5,5 - 5)} \times (1 - 1,067) \\&= 1 + 0,082 \times (-0,067) \\&= 0,945\end{aligned}$$

g) **Koreksi B / T**

Berdasarkan Referensi No.1, hal.119, grafik harga CR untuk kapal yang mempunyai rasio lebar-sarat kapal lebih besar atau lebih kecil dari $B / T = 2,5$, harus dikoreksi dengan rumus sebagai berikut :

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

$$B/T = 18,8 / 6$$

$$= 3,133$$

$$\text{Koreksi : } C_R = 10^{-3} \{ 0,16 (3,133 - 2,5) \}$$

$$= 0,101$$

h) **Koreksi LCB**

Berdasarkan Referensi No.1, hal.119, harga koreksi lain untuk koefisien tahanan sisa adalah :

$$\Delta LCB = LCB - LCB \text{ standar (LCB dalam \%L)}$$

dimana :

$$\text{LCB standar} = 0,286 \% L \quad (\text{didapat dari gambar 5.5.15})$$

$$\text{LCB} = \frac{\text{LCB}_{\text{standar}} \times L_{pp}}{100}$$

$$\begin{aligned} \text{LCB} &= \frac{0,286 \times 99}{100} \\ &= 0,283 \% L \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta \text{LCB} &= 0,283 \% - (0,286 \%) \\ &= -0,003\% \end{aligned}$$

Koreksi LCB :

$$= \delta \times 10^3 \text{CR} \times \Delta \text{LCB}$$

δ LCB

$$= 0,071 \times (-0,00003) = -0,00213 \times 10^{-3}$$

i) Koreksi Garis Penampang Bentuk Depan dan Belakang

Berdasarkan Referensi No.1, hal, 131, harga koreksi CR = $0,2 \times 10^{-3}$

j) Koreksi Bentuk Haluan

Berdasarkan Referensi No.1, hal,131, CR = 0

k) Koreksi Anggota Badan Kapal

Berdasarkan Referensi No.1,hal.132:

$$\begin{aligned} - \text{Boss \& Poros baling-baling} &= (5\% + 8\%) \times \text{CR} \\ &= 13\% \times 0,945 \times 10^{-3} \\ &= 0,123 \cdot 10^{-3} \end{aligned}$$

$$- \text{Luras Bilga} = 0\% \quad (\text{tidak ada koreksi})$$

$$- \text{Daun Kemudi} = 0\% \quad (\text{tidak ada koreksi})$$

l) *Resultan* 10^3CR

$$\text{Resultan } 10^3 \text{CR} = f + g + h + i + j + k$$

$$= 0,945 + 0,101 + (-0,00213) + 0,2 + 0 + 0,123$$

$$= 1,367 \times 10^{-3}$$

m) Koefisien Tahanan Gesek (CF)

Berdasarkan Referensi No.1, hal.132, harga koefisien tahanan gesek diperoleh dari grafik ITTC-57, yang merupakan fungsi dari panjang (L) dan kecepatan (V). Untuk kecepatan $V = 13$ knot dirubah dalam satuan m/dtk. Jadi $V = 13 \times 0,5144 = 6,6872$ m/ dtk (berada diantara kecepatan 6 m/dtk dan 8 m/dtk). Nilai 10^3CF didapat dengan menggunakan rumus interpolasi, sbb:

$$L = 99 \text{ m} \quad V = 6 \text{ m/dtk} \quad 10^3CF = 1,675$$

$$L = 99 \text{ m} \quad V = 8 \text{ m/dtk} \quad 10^3CF = 1,612$$

$$L = 99 \text{ m} \quad V = 6,6872 \text{ m/dtk} \quad 10^3CF =$$

$$\begin{aligned} 10^3CF &= 1,675 + \frac{(6,6872 - 6)}{(8 - 6)} \times (1,612 - 1,675) \\ &= 1,675 + (0,3436) \times (-0,063) \\ &= 1,653 \end{aligned}$$

n) Koreksi CF

Berdasarkan Referensi No.1,hal.132, harga 10^3CF adalah :

$$\begin{aligned} 10^3CF &= S_1 / S \times 10^3CF \\ &= \frac{2.456,78}{2.408,611} \times 1,653 \end{aligned}$$

$$CF = 1,686 \times 10^{-3}$$

o) Tahanan Tambahan (10^3CA)

Berdasarkan Referensi No.1, hal.132, harga 10^3CA adalah :

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

$$CA = 0,4 \cdot 10^{-3}$$

p) Tahanan Udara (10^3CAA)

Berdasarkan Referensi No.1, hal.132, harga 10^3CAA adalah :

$$10^3CAA = 0,07$$

q) Tahanan Kemudi (10^3CAS)

Berdasarkan Referensi No.1, hal.132, harga 10^3CAS adalah :

$$10^3CAS = 0,04$$

$$CAS = 0,04 \cdot 10^{-3}$$

r) Koefisien Tahanan Total ($10^3 CT$)

$$\begin{aligned} 10^3 CT &= CR + CF + CA + CAA + CAS \\ &= 1,367 + 1,686 + 0,4 + 0,07 + 0,04 \\ &= 3,563 \end{aligned}$$

s) RT (Hambatan Total)

Berdasarkan Referensi No.1, hal.133, besarnya Hambatan Total adalah :

$$\begin{aligned} R_T &= CT \left(\frac{1}{2} \cdot \rho \cdot S \cdot V^2 \right) \\ &= 3,563 \cdot 10^{-3} \times 5.627.344,23 \text{ kg} \\ &= 20.050,227 \text{ kg.} \end{aligned}$$

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

Besarnya EHP dari motor induk sesuai tahanan spesifik, pada *trial condition* adalah :

$$\begin{aligned} EHP &= \frac{V_s \times R_T}{75} \\ &= \frac{6,6872 \times 20.050,227}{75} \\ &= 1.787,732 \text{ HP} \end{aligned}$$

1. Perhitungan faktor arus ikut/ *wake friction* (w) (Taylor)

$$\begin{aligned} w &= -0,05 + (0,5 \times C_b) \\ &= -0,05 + (0,5 \times 0,692) \\ &= 0,296 \end{aligned}$$

2. Perhitungan *Advance Velocity* (V_a) (Ref, No. 1, hal. 259).

$$\begin{aligned} V_a &= (1 - w) \times V_s \\ &= (1 - 0,296) \times 13 \\ &= 9,152 \text{ knot} \end{aligned}$$

3. Thrust Deduction Factor (t) (Schoenher)

$$t = k \times w$$

dimana :

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

$$t = 0,9 \times 0,296 \\ = 0,266$$

4. Hull Efficiency (η_h), (Ref, no. 1, hal 188).

$$\eta_h = \frac{1-t}{1-w} \\ = \frac{1-0,266}{1-0,296} \\ = 1,043$$

5. Propulsive Coefficient (PC)

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

Dimana :

η_p : efisiensi propeller 0,45 - 0,6 (diambil 0,6) (ref. No.1,hal.143)

η_{rr} : untuk single screw propeller (1,02 - 1,05) diambil 1,05

$$PC = 1,043 \times 1,05 \times 0,6 \\ = 0,66$$

6. Brake Horse Power (BHP)

$$BHP = \frac{EHP}{PC} \\ = \frac{1.787,732}{0,66} \\ = 2.708,684 \text{ HP}$$

7. Penentuan BHP Total

Untuk mendapatkan besarnya daya mesin, digunakan pendekatan :

3% koreksi letak kamar mesin

15% penambahan *sea margin*.

$$\begin{aligned} \text{BHP total} &= \{ (3\% + 15\%) \times \text{BHP} \} + \text{BHP} \\ &= (0,18 \times 2.708,684) + 2.708,684 \\ &= 3.196,247 \text{ HP} \times 0,7355 \\ &= 2.350,84 \text{ kW.} \end{aligned}$$



TABEL. 1. PERHITUNGAN HAMBATAN KAPAL

No	RUMUS	SUMBER RUMUS	SATUAN	V (KNOT)				
				11	12	13	14	15
1	$F_n = \frac{V^3}{\sqrt{g \times L}}$			0,182	0,198	0,214	0,23	0,248
2	V		Knot	11	12	13	14	15
3	V		m/ dtk	5,6584	6,1728	6,6872	7,2016	7,716
4	V ²		(m/ dtk) ²	32,017	38,103	44,719	51,863	59,537
5	$\frac{1}{2} \cdot \rho \cdot S \cdot V^2$		Kg	4.210.843,92	4.901.135,57	5.627.344,231	6.371.255,236	7.147.835,079
6	$10^3 C_R (L / V^{1/3})$	Gbr. 5.5.6 & 5.5.7		1,25	1,056	0,945	1,256	1,436
7	Koreksi B / T	Gbr. 5.5.17		0,101	0,101	0,101	0,101	0,101
8	Koreksi LCB	Gbr. 5.5.15 & 5.5.16		-0,0122	-0,00449	-0,00213	-0,008725	-0,0233
9	Koreksi Garis Penamp. Bentuk Depan & Belakang	Gbr. 5.5.20		0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
10	Koreksi Bentuk Haluan	Gbr. 5.5.21		0	0	0	0	0
11	Koreksi Anggota Badan	Gbr. 5.5.22		0,1625	0,1373	0,123	0,1633	0,187
12	Resultan $10^3 C_R$	6+7+8+9+10+11		1,5013	1,2898	1,367	1,512	1,7
13	$10^3 C_F$ (Grafik ITTC-57)	Gbr. 5.5.14		1,688	1,6696	1,653	1,637	1,621
14	$10^3 C_F$	$S_1/S \times (13)$		1,7216	1,703	1,686	1,67	1,653
15	$10^3 C_A$	Gbr.5.5.24		0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
16	$10^3 C_{AA}$	Gbr.5.5.28		0,07	0,07	0,07	0,07	0,07
17	$10^3 C_{AS}$	Gbr.5.5.27		0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
18	$10^3 C_T = C_R + C_F + C_A + C_{AA} + C_{AS}$	12+14+15+16+17		3,7329	3,503	3,563	3,691	3,863
19	$R_T = C_T \times (5)$		Kg	15.718,659	17.167,698	20.050,227	23.517,577	27.614,946
20	$EHP = \frac{V \times R_T}{75}$		HP	1.185.899	1.412,97	1.787,732	2.258,189	2.841,026
21	PC			0,66	0,66	0,66	0,66	0,66

TABEL. 1. PERHITUNGAN HAMBATAN KAPAL

No	RUMUS	SUMBER RUMUS	SATUAN	V (KNOT)				
				11	12	13	14	15
22	BHP = EHP / PC		HP	1.718,694	2.056,725	2.708,684	3.320,866	4.196,493
23	η m = 3%			51,561	61,702	81,261	99,626	125,895
24	Sea margin = 15%			257,804	308,509	406,303	498,13	629,474
25	BHP Total		HP	2.079,62	2.488,637	3.196,247	4.018,248	5.077,757
26	BHP Total		kW	1.550,98	1.856,026	2.350,84	2.996,809	3.786,991



2.1.5. Pemilihan Motor Penggerak Utama Kapal

Pemilihan mesin induk berdasarkan tenaga yang dibutuhkan 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 tipe mesin yang tersedia.
- ❖ Tinggi dari mesin harus diperhatikan, apakah memenuhi persyaratan minimal dari ruang mesin.
- ❖ Tinggi titik pusat poros yang ditentukan oleh propeller.
- ❖ Biaya pemakaian minyak lumas dan bahan bakarnya.
- ❖ Specific Fuel Oil Consumption yang kecil.
- ❖ Volume ruang kamar mesin yang tersedia.
- ❖ Putaran motor sehubungan dengan putaran propeller yang telah disediakan.
- ❖ Sistem pipa-pipa yang dikondisikan untuk kamar 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 yang dipilih adalah sebagai berikut :

1. Merk : MAN B&W
2. Type : S26MC
3. Daya : 3.270 HP / 2.400 kW
4. Putaran mesin : 250 rpm
5. Stroke x Bore : 980 mm X 260 mm
6. Jumlah silinder : 6
7. Cycle : 2 langkah
8. Berat : 39.900 kg
9. Dimensi : 5.107 mm (L) x 1.880 mm (W) x 4.500 mm (H)

10. Jumlah	: 1.
11. SFOC	: 132 g/ BHP. jam
12. SLOC	: 1,5 kg/ cyl 24. jam

2.1.6. Perencanaan Propeller Kapal

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

1. Faktor Arus Ikut (ω)

$$\begin{aligned}\omega &= 0,5 \times C_b - 0,05 \\ &= 0,5 \times (0,692) - 0,05 \\ &= 0,296\end{aligned}$$

2. Faktor Pengisapan (ν)

$$\begin{aligned}\nu &= k \times \omega \\ \text{dimana : } k &= 0,7 - 0,9 \text{ (diambil } k = 0,9 \text{)} \\ \nu &= 0,9 \times 0,296 \\ &= 0,266\end{aligned}$$

3. Besarnya Hambatan

Menurut Newman, untuk mempertahankan kecepatan sebesar 13 knot, perlu adanya cadangan hambatan sebesar 20% dari hambatan hasil perhitungan, maka :

$$\begin{aligned}R_T &= (20\% \times R_T) + R_T \\ &= (0,2 \times 20.050,227) + 20.050,227 \\ &= 24.060,272 \text{ kg.}\end{aligned}$$

4. Tenaga yang diberikan propeller (P)

- ❖ Letak kamar mesin

Kamar mesin terletak dibelakang, koreksi = -3%

- ❖ Koreksi daya ke metric

Koreksi HP ke metric = - (75/76) x 100% = - 0,987%

❖ Koreksi air tawar ke air laut

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

$$\begin{aligned} P &= \text{BHP} - \text{Harga koreksi} \\ &= 3.270 - (3\% + 0,987\% + 0,976\%) \\ &= 3.270 - (4,963\% \times 3.270) \\ &= 3.107,71 \text{ HP} \end{aligned}$$

5. Penentuan angka sorong (S)

$$\begin{aligned} S &= \frac{R_r}{(1 - \nu)} \\ &= \frac{20.050,227}{(1 - 0,266)} \\ &= 27.316,386 \text{ kg} \end{aligned}$$

6. Kecepatan air masuk ke propeller (ν_e)

$$\begin{aligned} \nu_e &= (1 - \omega) \times V_s \\ &= (1 - 0,296) \times 6,6872 \\ &= 4,708 \text{ m/ dtk} \end{aligned}$$

7. Advance Speed of Propeller (V_a)

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

Dimana :

$$V_s = \text{kecepatan kapal (knot)} = 13 \text{ knot}$$

$$\begin{aligned} V_a &= (1 - 0,296) \times 13 \\ &= 9,152 \text{ knot.} \end{aligned}$$

8. Koreksi RPM

Akibat adanya wake friction, thrust deduction, gesekan pada bantalan poros dan penempatan dari mesin induk akan mengurangi putaran mesin yang sampai ke propeller. Untuk itu dilakukan koreksi sebesar 3% dari putaran mesin induk.

$$\begin{aligned} N &= 250 - (3\% \times 250) \\ &= 242,5 \text{ rpm.} \end{aligned}$$

9. Penentuan 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 :

$$K'd = D \times v_e \times \sqrt{\rho / S}$$

Dimana :

- D = diameter propeller 3,247 m.
- ρ = masa jenis air laut = 104,49 kg.s/m³.
- S = gaya dorong propeller = 27.316,386 kg.
- v_e = kecepatan air masuk ke propeller = 4,708 m/s.

$$K'd = 3,247 \times 4,708 \sqrt{104,49 / 27.316,386} \\ = 0,945.$$

$K'd = 0,945$ ($K'd < 2$; disarankan memilih jumlah propeller berdaun 4).

10. Diameter Optimum, Pitch Ratio dan Propeller Efficiency

a. Koefisien propeller

$$B_p = \frac{N \times P^{0,5}}{V_a^{2,5}}$$

Dimana :

- N = putaran propeller = N (Koreksi) = 242,5 rpm
- V_a = 9,152 knot
- P = tenaga tempat propeller melekat 3.107,71 HP.

$$B_p = \frac{242,5 \times (3.107,71)^{0,5}}{(9,152)^{2,5}} \\ = 53,35.$$

Dari diagram B_p - δ series, untuk nilai $B_p = 53,35$ dapat diperoleh advanced coefficient (δ) pada beberapa tingkat pembebanan, yaitu :

Untuk series B 4-40 ; $\delta = 288$.

Untuk series B 4-55 ; $\delta = 281$.

Untuk series B 4-70 ; $\delta = 267$.

Untuk perencanaan propeller tunggal (single screw propeller) ini, dikoreksi sekitar 2%, maka :

Untuk series B 4-40 ; $\delta k = 288 - 2\% = 282,24$

Untuk series B 4-55 ; $\delta k = 281 - 2\% = 275,38$

Untuk series B 4-70 ; $\delta k = 267 - 2\% = 261,66$

b. Diameter Optimum (Do)

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

N

Untuk series B 4-40 ; $Do = 10,652 \text{ feet} = 3,247 \text{ m}$

Untuk series B 4-55 ; $Do = 10,393 \text{ feet} = 3,168 \text{ m}$

Untuk series B 4-70 ; $Do = 9,875 \text{ feet} = 3,010 \text{ m}$

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 B 4-40 ; $Ho/D = 0,568$

Untuk series B 4-55 ; $Ho/D = 0,605$

Untuk series B 4-70 ; $Ho/D = 0,7$

d. Propeller Efficiency (η_p)

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

Untuk series B 4-40 ; $\eta_p = 52$,

Untuk series B 4-55 ; $\eta_p = 48,833$

Untuk series B 4-70 ; $\eta_p = 48,773$.

Untuk menentukan diameter propeller yang optimal, bebas kavitasasi serta mempunyai efisiensi yang cukup baik, maka harus diadakan perhitungan-perhitungan untuk penentuan diameter propeller, yaitu sbb :

II. Kavitas Propeller

a. Konstanta Kavitas

$$\delta_{0,7} = \frac{(P - P_v) - (0,7 \times D/2 \times \gamma)}{\frac{1}{2} \times \rho [V_a^2 + (0,7 \times \pi \times D \times n)^2]}$$

Dimana :

- $(P - P_v)$ = Beda tekanan statik

- D = Diameter propeller

- ρ = Kerapatan air laut 104,49 kg.s / m³.

- V_a = Advanced of speed 9,152 Knot

- n = Putaran propeller per detik

$$= \frac{242,5 \text{ rpm}}{60} = 4,042 \text{ rps.}$$

b. Tekanan Statik Propeller

Tekanan Statik pada sumbu adalah :

- | | | |
|---|---------------|---------------------|
| 1. Draft | $d = 6$ | m |
| 2. Tinggi poros propeller | $h_1 = 2,4$ | m |
| 3. Tinggi gelombang ($\frac{3}{4} \% L_{pp}$) | $h_2 = 0,743$ | m |
| Tinggi tekan ($d - h_1 - h_2$) | $h = 2,857$ | m |
| 4. Tekanan air ($h \times 1,025$) | $= 2.928$ | kg/m ² |
| 5. Tekanan udara | $= 10.100$ | kg/m ² |
| 6. Tekanan uap | $= 200$ | kg/m ² + |
| 7. Beda Tekanan Statik | $= 13.228$ | kg/m ² |

Maka $\delta_{0,7}$ untuk series B4.40 dengan $D_o = 3,247$ m adalah :

$$\delta_{0,7} = \frac{(13.228) - (0,7 \times (3,247/2) \times 1.025)}{\frac{1}{2} \times 104,49 [(9,152)^2 + (0,7 \times 3,14 \times 3,247 \times 4,042)^2]}$$
$$= 0,276$$

Maka $\delta_{0,7}$ untuk series B4.55 dengan $D_o = 3,168$ m adalah :

$$\delta_{0,7} = \frac{(13.228) - (0,7 \times (3,168/2) \times 1.025)}{\frac{1}{2} \times 104,49 [(9,152)^2 + (0,7 \times 3,14 \times 3,168 \times 4,042)^2]}$$
$$= 0,289$$

Maka $\delta_{0,7}$ untuk series B4.70 dengan $D_o = 3,01$ m adalah :

$$\delta_{0,7} = \frac{(13,228) - (0,7 \times (3,01/2) \times 1,025)}{\frac{1}{2} \times 104,49 [(9,152)^2 + (0,7 \times 3,14 \times 3,01 \times 4,042)^2]}$$
$$= 0,317$$

c. Koefisien Gaya Dorong

Harga koefisien gaya dorong diperoleh dari diagram 'Burril'

untuk series B4.40 dengan $D_o = 3,247$ m, didapat $\sigma_c = 0,128$

untuk series B4.55 dengan $D_o = 3,168$ m, didapat $\sigma_c = 0,133$

untuk series B4.70 dengan $D_o = 3,01$ m, didapat $\sigma_c = 0,14$

d. Projected Blade Area sesuai perhitungan kavitasi

$$F_p' = \frac{S}{\delta \times \frac{1}{2} \times \rho \times [V_a^2 + (0,7 \times \pi \times D \times n)^2]}$$
$$= \frac{27.316,386}{0,128 \times \frac{1}{2} \times 104,49 [9,152^2 + (0,7 \times 3,14 \times 3,247 \times 4,042)^2]}$$

$$F_p' = 4,46 \text{ m}^2.$$

untuk series B4.40 dengan $\sigma_c = 0,128$, didapat $F_p' = 4,460 \text{ m}^2$.

untuk series B4.55 dengan $\sigma_c = 0,133$, didapat $F_p' = 4,488 \text{ m}^2$.

untuk series B4.70 dengan $\sigma_c = 0,140$, didapat $F_p' = 4,675 \text{ m}^2$.

e. Developed Blade Area sesuai perhitungan kavitasi

$$\rightarrow F_p / F_a = 1,067 - 0,229 H_o/D$$

Dengan $H_o/D = 0,568$ (untuk series B4.40)

$$F_p / F_a = 1,067 - (0,229 \times 0,568)$$

$$= 0,937$$

\rightarrow Developed Blade Area Ratio

$$F_a / F = \frac{\text{Expanded are of the blades}}{\text{Disc area of the screw}} = 0,40$$

→ Disc area of the screw

$$\begin{aligned} F &= \frac{\pi}{4} \times D^2 \\ &= \frac{3,14}{4} \times (3,247)^2 \\ &= 8,276 \text{ m}^2. \end{aligned}$$

→ Developed Blade Area

$$\begin{aligned} F_a &= 0,40 \times F \\ &= 0,40 \times 8,276 \\ &= 3,31 \text{ m}^2. \end{aligned}$$

→ Projected Blade Area

$$\begin{aligned} F_p &= F_a \times (F_p/F_a) \\ &= 3,31 \times 0,937 \\ &= 3,102 \text{ m}^2. \end{aligned}$$

→ $F_p / F_a = 1,067 - 0,229 \text{ Ho}/D$

Dengan $\text{Ho}/D = 0,605$ (untuk series B4. 55)

$$\begin{aligned} F_p / F_a &= 1,067 - (0,229 \times 0,605) \\ &= 0,928 \end{aligned}$$

→ Developed Blade Area Ratio

$$F_a / F = \frac{\text{Expanded are of the blades}}{\text{Disc area of the screw}} = 0,55$$

→ Disc area of the screw

$$\begin{aligned} F &= \pi/4 \times D^2 \\ &= 3,14 / 4 \times (3,168)^2 \\ &= 7,878 \text{ m}^2. \end{aligned}$$

→ Developed Blade Area

$$\begin{aligned} F_a &= 0,55 \times F \\ &= 0,55 \times 7,878 \\ &= 4,333 \text{ m}^2. \end{aligned}$$

→ Projected Blade Area

$$\begin{aligned} F_p &= F_a \times (F_p/F_a) \\ &= 4,333 \times 0,928 \\ &= 4,021 \text{ m}^2. \end{aligned}$$

→ $F_p / F_a = 1,067 - 0,229 H_o/D$

Dengan $H_o/ D = 0,7$ (untuk series B4.70)

$$\begin{aligned} F_p / F_a &= 1,067 - (0,229 \times 0,7) \\ &= 0,907 \end{aligned}$$

→ Developed Blade Area Ratio

$$F_a / F = \frac{\text{Expanded are of the blades}}{\text{Disc area of the screw}} = 0,70$$

→ Disc area of the screw

$$\begin{aligned} F &= \pi/4 \times D^2 \\ &= 3,14/4 \times (3,01)^2 \\ &= 7,112 \text{ m}^2. \end{aligned}$$

→ Developed Blade Area

$$\begin{aligned} F_a &= 0,70 \times F \\ &= 0,70 \times 7,112 \\ &= 4,978 \text{ m}^2. \end{aligned}$$

→ Projected Blade Area

$$\begin{aligned} F_p &= F_a \times (F_p/F_a) \\ &= 4,978 \times 0,907 \\ &= 4,515 \text{ m}^2. \end{aligned}$$

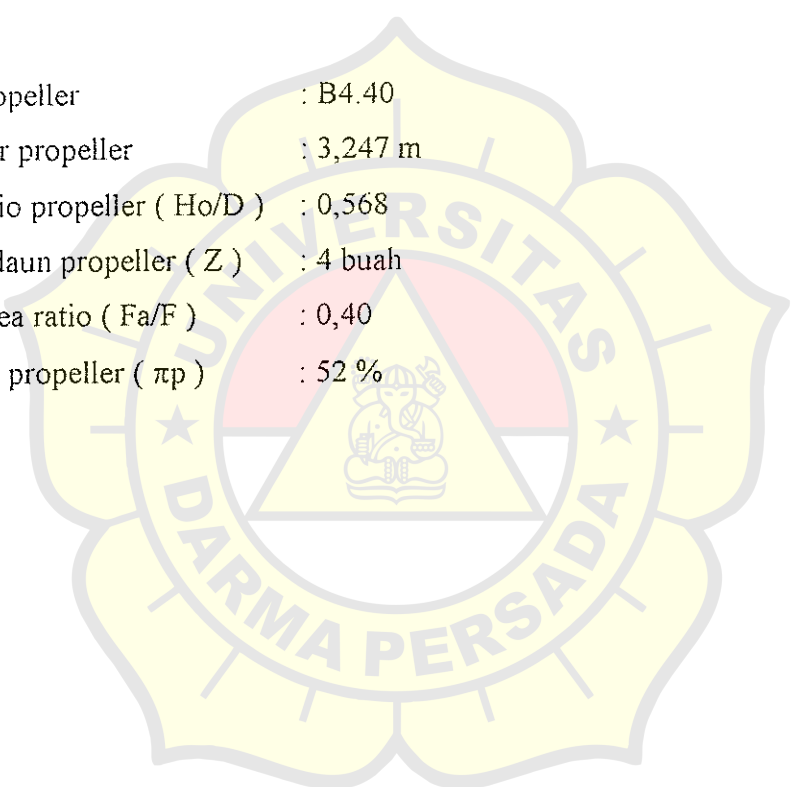
f. Tabel.2, perhitungan kavitasi propeller untuk berbagai pembebanan :

	Do	$\rho_{0,7}$	σ_c	Fp'	Fp/Fa
Series B4. 40	3,247	0,276	0,128	4,460	0,937
Series B4. 55	3,168	0,289	0,133	4,488	0,928
Series B4. 70	3,010	0,317	0,14	4,675	0,907

	Fa/F	F	Fa	Fp
Series B4. 40	0,40	8,276	3,310	3,102
Series B4. 55	0,55	7,878	4,333	4,021
Series B4. 70	0,70	7,112	4,978	4,515

Berdasarkan perhitungan rancangan propeller, maka spesifikasi propeller untuk penggerak kapal Tanker 7.000 DWT ini adalah :

- Type propeller : B4.40
- Diameter propeller : 3,247 m
- Pitch ratio propeller (Ho/D) : 0,568
- Jumlah daun propeller (Z) : 4 buah
- Blade area ratio (Fa/F) : 0,40
- Efisiensi propeller (π_p) : 52 %



12. Spesifikasi Perhitungan Blade Elemen

a. Panjang Blade Elemen Dari Center Line ke Trailing Edge

Panjang blade elemen pada $0,6 R = 0,2187 \times D = 0,2187 \times 3,247 = 710,119$ mm

Tabel. 3

r/R (1)	% 0,6 R (2)	L1 = L 0,6R x (2) mm (3)
0,2	29,180	207,213
0,3	33,320	236,612
0,4	37,300	264,874
0,5	40,780	289,587
0,6	43,920	311,884
0,7	46,680	331,484
0,8	48,350	343,343
0,9	47,000	333,756

b. Panjang Blade Elemen Dari Center Line ke Leading Edge

Panjang blade elemen pada $0,6 R = 0,2187 \times D = 0,2187 \times 3,247 = 710,119$ mm

Tabel. 4

r/R (1)	% 0,6 R (2)	L2 = L 0,6R x (2) mm (3)
0,2	46,900	333,046
0,3	52,640	373,807
0,4	56,320	399,939
0,5	57,600	409,029
0,6	56,080	398,235
0,7	51,400	365,001
0,8	41,650	295,765
0,9	25,350	180,015

c. Panjang Total Blade Elemen

Panjang blade elemen pada $0,6R = 0,2187 \times D = 0,2187 \times 3,247 = 710,119$ mm

Tabel. 5

r/R (1)	% 0,6 R (2)	L12 = L 0,6R x (2) mm (3)
0,2	76,080	540,259
0,3	85,960	610,418
0,4	93,620	664,813
0,5	98,380	698,615
0,6	100,000	710,119
0,7	98,080	696,485
0,8	90,000	639,107
0,9	72,350	513,771

d. Jarak Ordinate Maksimum dari Leading Edge

Tabel. 6

r/R (1)	% L (2)	%L x Lt mm (3)
0,2	35,000	189,091
0,3	35,000	213,646
0,4	35,000	232,685
0,5	35,500	248,008
0,6	38,900	276,236
0,7	44,300	308,543
0,8	47,900	306,132
0,9	50,000	256,886

e. Ketebalan Blade Maksimum Pada Ordinate

Tabel. 7

r/R (1)	% D (2)	D x (2) mm (3)
0,2	3,660	118,84
0,3	3,240	105,203
0,4	2,820	91,565
0,5	2,400	77,928
0,6	1,980	64,291
0,7	1,560	50,653
0,8	1,140	37,016
0,9	0,720	23,378

f. Radius Of The Nose

Tabel. 8

r/R (1)	% D (2)	D x (2) mm (3)
0,2	0,115	3,734
0,3	0,105	3,409
0,4	0,095	3,085
0,5	0,085	2,760
0,6	0,070	2,273
0,7	0,055	1,786
0,8	0,040	1,299
0,9	0,040	1,299

g. Jarak Ordinat Belakang & Muka Dari Ordinat Maksimum

1. Ordinat Belakang

Tabel. 9. Trailing Edge

r/ R	80 %	mm	60 %	mm	40 %	mm	20 %	mm
0,2	53,35	63,401	72,65	86,337	86,90	103,272	96,45	114,621
0,3	50,95	53,601	71,60	75,325	86,80	91,316	96,80	101,837
0,4	47,70	43,677	70,25	64,324	86,55	79,250	97,00	88,818
0,5	43,40	33,821	68,40	53,303	86,10	67,096	96,95	75,551
0,6	40,20	25,885	67,15	43,171	85,40	54,905	96,80	62,234
0,7	39,40	19,957	66,90	33,887	84,90	43,004	96,65	48,956
0,8	40,95	15,158	67,80	25,097	85,30	31,575	96,70	35,794
0,9	45,15	10,555	70,00	16,365	87,00	20,339	97,00	22,677

Tabel. 10. Leading Edge

r/ R	20%	mm	40%	mm	60%	mm	80%	mm	90%	mm	95%	mm
0.2	98.60	117,176	94,50	112,304	87,00	103,391	74,40	88,417	64,35	76,474	56,95	67,679
0.3	98.40	103,52	94,00	98,891	85,80	90,264	72,50	76,272	62,65	65,910	54,90	57,756
0.4	98.20	89,917	93,25	85,384	84,30	77,189	70,40	64,462	60,15	55,076	52,20	47,797
0,5	98,10	76,447	92,40	72,005	82,30	64,135	67,70	52,757	56,80	44,263	48,60	37,873
0.6	98.10	63,069	91,25	58,666	79,35	51,015	63,60	40,889	52,50	33,753	43,35	27,870
0.7	97.60	49,437	88,80	44,980	74,90	37,939	57,00	28,872	44,20	22,389	35,00	17,729
0,8	97,00	35,906	85,30	31,575	68,70	25,430	48,25	17,860	34,55	12,789	25,45	9,421
0.9	97,00	22,677	97,00	20,339	70,00	16,365	45,15	10,555	30,10	7,037	22,00	5,143

2. Ordinat Muka

Tabel . 11. Trailing Edge

r/R	100%	mm	80%	mm	60%	mm	40%	mm	20%	mm
0,2	30,00	35,652	18,20	21,629	10,90	12,954	5,45	6,477	1,55	1,842
0,3	25,35	26,669	12,20	12,835	5,80	6,102	1,70	1,788	0	0
0,4	17,85	16,344	6,20	5,677	1,50	1,373	0	0	0	0
0,5	9,70	7,559	1,75	1,364	0	0	0	0	0	0
0,6	5,10	3,279	0	0	0	0	0	0	0	0
0,7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0,8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabel. 12. Leading Edge

r/R	20%	mm	40%	mm	60%	mm	80%	mm	90%	mm	95%	mm	100%	mm
0,2	0,45	0,535	2,30	2,733	5,90	7,012	13,45	15,984	20,30	24,125	26,20	31,136	40,00	47,536
0,3	0,05	0,053	1,30	1,368	4,60	4,839	10,85	11,415	16,55	17,411	22,20	23,355	37,55	39,504
0,4	0	0	0,30	0,275	2,65	2,426	7,80	7,142	12,5	11,446	17,90	16,39	34,50	31,59
0,5	0	0	0	0	0,70	0,545	4,30	3,351	8,45	6,585	13,30	10,364	30,40	23,69
0,6	0	0	0	0	0	0	0,80	0,514	4,45	2,861	8,40	5,4	24,50	15,751
0,7	0	0	0	0	0	0	0	0	0,40	0,203	2,45	1,241	16,05	8,13
0,8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7,40	2,739

2.1.7. Perhitungan Diameter Poros Propeller

Berdasarkan Ref. No. 2, hal. 4-1, diameter minimum untuk poros utama adalah :

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

dimana :

- ♦ F = Faktor untuk type instalasi propulsi dan semua type instalasi = 100
- ♦ K = Faktor untuk type dari shaft 1,22
- ♦ P_w = Tenaga mesin induk yang dihubungkan pada sistem 3.918,067 kW
- ♦ n = Shaft speed 242,5 rpm
- ♦ C_w = Faktor bahan

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

R_m = nilai kuat tarik dari bahan poros untuk baja KSF 45 = 400 N/ mm²

$$= \frac{560}{400 + 160}$$

$$= 1$$

- ♦ $1 - \left(\frac{d_i}{d_a}\right)^4 = 1$

- ♦ Maka :

$$d = 100 \cdot 1,22 \cdot \sqrt[3]{\frac{3.918,067}{242,5 \times 1}} \times 1$$

$$= 308,423 \text{ mm}$$

Sedangkan untuk poros antara, rumus yang dipakai sama dengan rumus poros utama, hanya faktor k yang berubah, yaitu k = 1,10

$$d = 100 \times 1,10 \cdot \sqrt[3]{\frac{3.918,067}{242,5 \times 1}} \times 1$$

$$= 278,086 \text{ mm.}$$