
BAB II**PERENCANAAN PERHITUNGAN MOTOR INDUK
DAN MOTOR BANTU****2.1. Motor Induk/ Penggerak Kapal****2.1.1. Data Kapal**

- Loa	: 158	m
- Lwl	: 153	m
- Lpp	: 150	m
- B	: 27,7	m
- H	: 12	m
- T	: 6,875	m
- Cb	: 0,759	
- Vs	: 13	Knot
- DWT	: 17.781	Ton
- Klasifikasi	: BKI/ LR	
- Bendera	: PANAMA	
- Jarak Pelayaran	: 12.000	mil
- Daerah Operasi	: OCEAN GOING	

2.1.2. Koefisien-Koefisien Kapal**- Displacement (Δ)**

$$\begin{aligned}\Delta &= Lpp \times B \times T \times Cb \times \gamma \\ &= 150 \times 27,7 \times 6,875 \times 0,759 \times 1,025 \\ &= 22.223,342 \text{ ton.}\end{aligned}$$

- **Midship Area Coefficient (C_m)**

$$\begin{aligned} C_m &= 0,9 + 0,1 \times \sqrt{C_b} \\ &= 0,9 + 0,1 \times \sqrt{0,759} \\ &= 0,987 \end{aligned}$$

- **Luas Midship (A_m)**

$$\begin{aligned} A_m &= B \times T \times C_m \\ &= 27,7 \times 6,875 \times 0,987 \\ &= 187,962 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

- **Coefficient of Waterline (C_w)**

$$\begin{aligned} C_w &= (0,70 \times C_b) + 0,30 \\ &= (0,70 \times 0,759) + 0,30 \\ &= 0,831 \end{aligned}$$

- **Luas Garis Air (A_{wl})**

$$\begin{aligned} A_{wl} &= L_{wl} \times B \times C_w \\ &= 153 \times 27,7 \times 0,831 \\ &= 3.521,861 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

- **Coefficient Prismatic (C_p)**

$$\begin{aligned} C_p &= C_b / C_m \\ &= 0,759 / 0,987 \\ &= 0,769 \end{aligned}$$

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

$$S = 1,025 \times L_{pp} (C_b L_{pp} \times B + 1,7 T)$$

(Berdasarkan Referensi N0.1, hal.133)

Dimana :

$$C_b L_{pp} = C_b \times L_{oa} / L_{wl}$$

$$= 0,759 \times (158 / 153)$$

$$= 0,784$$

$$S = 1,025 \times 150 (0,784 \times 27,7 + 1,7 \times 6,875)$$

$$= 5.135,911 \text{ m}^2$$

Luas permukaan bidang basah (S_1) sepanjang L_{wl} :

$$S_1 = 1,025 \times 153 (0,784 \times 27,7 + 1,7 \times 6,875)$$

$$= 5.238,629 \text{ m}^2$$

Sehingga Ratio S/S_1 :

$$= 5.135,911 / 5.238,629$$

$$= 0,98$$

- **L displ**

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

$$= \frac{153 + 150}{2}$$

$$= 151,5 \text{ m}$$

- **Volume displacement (V_{displ})**

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

Dimana:

$$d = d_{wl}$$

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

$$L_{wl}$$

$$= \frac{150}{153} \times 0,759$$

$$= 0,744$$

$$V_{\text{displ}} = 150 \times 27,7 \times 6,875 \times 0,744$$

$$= 21.252,825 \text{ m}^3$$

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

$$Q \text{ displ} = \frac{L_{pp}}{L \text{ displ}} \times C_p$$

$$= \frac{150}{151,5} \times 0,769$$

$$= 0,761$$

- **Perbandingan lebar dan sarat kapal**

$$B/T = 27,7 / 6,875$$

$$= 4,029$$

- **Ratio antara Am dan S₁**

$$Am/S_1 = 187,962 / 5.238,629$$

$$= 0,036$$

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-rumus pendekatan, seperti Metode SV.Aa.Harvald.

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 rumus :

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

Dalam hal ini koefisien tahanan totalnya adalah :

$$C_T = C_R + C_F + C_A$$

Dimana :

C_R = 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 13 knot adalah sebagai berikut :

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

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

V_s = Kecepatan kapal (m/dtk)

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

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

g = percepatan gravitasi

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

L = panjang kapal (L_{pp}) = 150 m

$$F_n = \frac{6,6872}{\sqrt{9,81 \times 150}}$$

$$= 0,174$$

b) $V_s = 13$ knot

c) $V_s = 6,6872$ m / dtk

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

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

Dimana :

ρ = massa density (Kg./ m³) = 104,49 Kg./ m³.

S = luas permukaan basah (m²) = 5.135,911 m²

V^2 = kecepatan (m/ dtk)².

$$\frac{1}{2} \times \rho \times S \times V^2 = 0,5 \times 104,49 \times 5.135,911 \times 44,719$$

$$= 11.999.255,65 \text{ kg}$$

f) Residuary Coefficient (10³ CR)

Sesuai Ref. 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 :

$L_{pp} = 150$ m

$V_{displ} = 21.252,825$ m³

$$L / V^{1/3} = 150 / (21.252,825)^{1/3}$$

$$= 5,415$$

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

$$L / V^{1/3} = 5,0 \quad F_n = 0,174 \quad 10^3 CR = 0,87$$

$$L / V^{1/3} = 5,5 \quad F_n = 0,174 \quad 10^3 CR = 0,795$$

$$L / V^{1/3} = 5,415 \quad F_n = 0,174 \quad 10^3 CR =$$

$$10^3 CR = 0,87 + \frac{(5,415 - 5)}{(5,5 - 5)} \times (0,795 - 0,87)$$

$$= 0,808$$

$$CR = 0,808 \times 10^{-3}$$

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 :

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

$$B/T = 27,7 / 6,875$$

$$= 4,029$$

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

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

$$= 10^{-3} \times \{ 0,16 (4,029 - 2,5) \}$$

$$= 0,245 \times 10^{-3}$$

h) Koreksi LCB

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

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

dimana :

$$LCB_{standar} = 1,786 \% L \text{ (didapat dari gambar 5.5.15)}$$

$$LCB = \frac{LCBs \tan \alpha \times L_{pp}}{100}$$

$$LCB = \frac{1,786\% \times 150}{100}$$

$$= 2,679 \% L$$

$$\Delta LCB = 2,679 \% - 1,786 \%$$

$$= 0,893\%$$

$$= 0,00893$$

Koreksi LCB :

$$= \delta \times 10^3 CR \times \Delta LCB$$

$$\delta LCB$$

$$= 0,0286 \times 0,00893$$

$$= 0,000255$$

i) Koreksi Garis Penampang Bentuk Depan dan Belakang

Berdasarkan Referensi No.1, hal, 131, harga koreksi CR = 0
(bentuk standar)

j) Koreksi Bentuk Haluan

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

k) Koreksi Anggota Badan Kapal

Berdasarkan Referensi No.1,hal.132:

$$\begin{aligned} - \text{Boss \& Poros baling-baling} &= (5\% + 8\%) \times CR \\ &= 13\% \times 0,808 \times 10^{-3} \\ &= 0,105 \cdot 10^{-3} \end{aligned}$$

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

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

l) Resultan $10^3 CR$

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

$$= 0,808 + 0,245 + 0,255 + 0 + 0 + 0,105$$

$$= 1,413 \cdot 10^{-3}$$

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:

$$L = 150 \text{ m} \quad V = 6 \text{ m/dtk} \quad 10^3CF = 1,581$$

$$L = 150 \text{ m} \quad V = 8 \text{ m/dtk} \quad 10^3CF = 1,525$$

$$L = 150 \text{ m} \quad V = 6,6872 \text{ m/dtk} \quad 10^3CF =$$

$$10^3CF = 1,581 + \frac{(6,6872 - 6)}{(8 - 6)} (1,525 - 1,581)$$

$$= 1,562$$

n) Koreksi CF

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

$$10^3CF = S1/S \times 10^3CF$$

$$= \frac{4.759,191}{4.665,874} \times 1,579$$

$$CF = 1,611 \cdot 10^{-3}$$

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 :

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

$$CAA = 0,07 \cdot 10^{-3}$$

q) Tahanan Kemudi ($10^3 CAS$)

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

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

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

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

$$10^3 CT = CR + CF + CA + CAA + CAS$$

$$= 1,566 + 1,611 + 0,4 + 0,07 + 0,04$$

$$= 3,687$$

s) RT (Hambatan Total)

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

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

$$= 3,687 \cdot 10^{-3} \times 10.901.087,45 \text{ kg}$$

$$= 40.192,309 \text{ kg.}$$

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

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

$$\begin{aligned} EHP &= \frac{V_s \times RT}{75} \\ &= \frac{6,6872 \times 40.192,309}{75} \\ &= 3.583,653 \text{ HP} \end{aligned}$$

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

$$w = -0,05 + (0,5 \times C_b)$$

$$= -0,05 + (0,5 \times 0,8)$$

$$= 0,35$$

2. Perhitungan Advance Velocity (V_a)

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

$$= (1 - 0,35) \times 13$$

$$= 8,45 \text{ knot}$$

3. Thrust Deduction Factor (t) (Schoenher)

$$t = k \times w$$

dimana $k = 0,7 - 0,9$ diambil $k = 0,7$

$$t = 0,7 \times 0,35$$

$$= 0,245$$

4. Hull Efficiency (η_h)

$$\eta_h = \frac{1-t}{1-w}$$

$$= \frac{1-0,245}{1-0,35}$$

$$= 1,162$$

5. Propulsive Coefficient (PC)

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

Dimana :

η_p = efisiensi propeller, diasumsikan = 0,6

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

diambil 1,02

$$PC = 1,162 \times 1,02 \times 0,6$$

$$= 0,711$$

6. Brake Horse Power (BHP)

$$\begin{aligned} \text{BHP} &= \frac{\text{EHP}}{\text{PC}} \\ &= \frac{3.583,653}{0,711} \\ &= 5.040,3 \text{ HP} \end{aligned}$$

7. Penentuan BHP Total

Untuk mendapatkan besarnya daya mesin, digunakan pendekatan :

3% koreksi letak kamar mesin

15% penambahan sea margin.

$$\begin{aligned} \text{BHP total} &= \{ (3\% + 15\%) \times \text{BHP} \} + \text{BHP} \\ &= (0,18 \times 5.040,3) + 5.040,3 \\ &= 5.947,554 \text{ HP} \times 0,7355 \\ &= 4.374,426 \text{ kW.} \end{aligned}$$

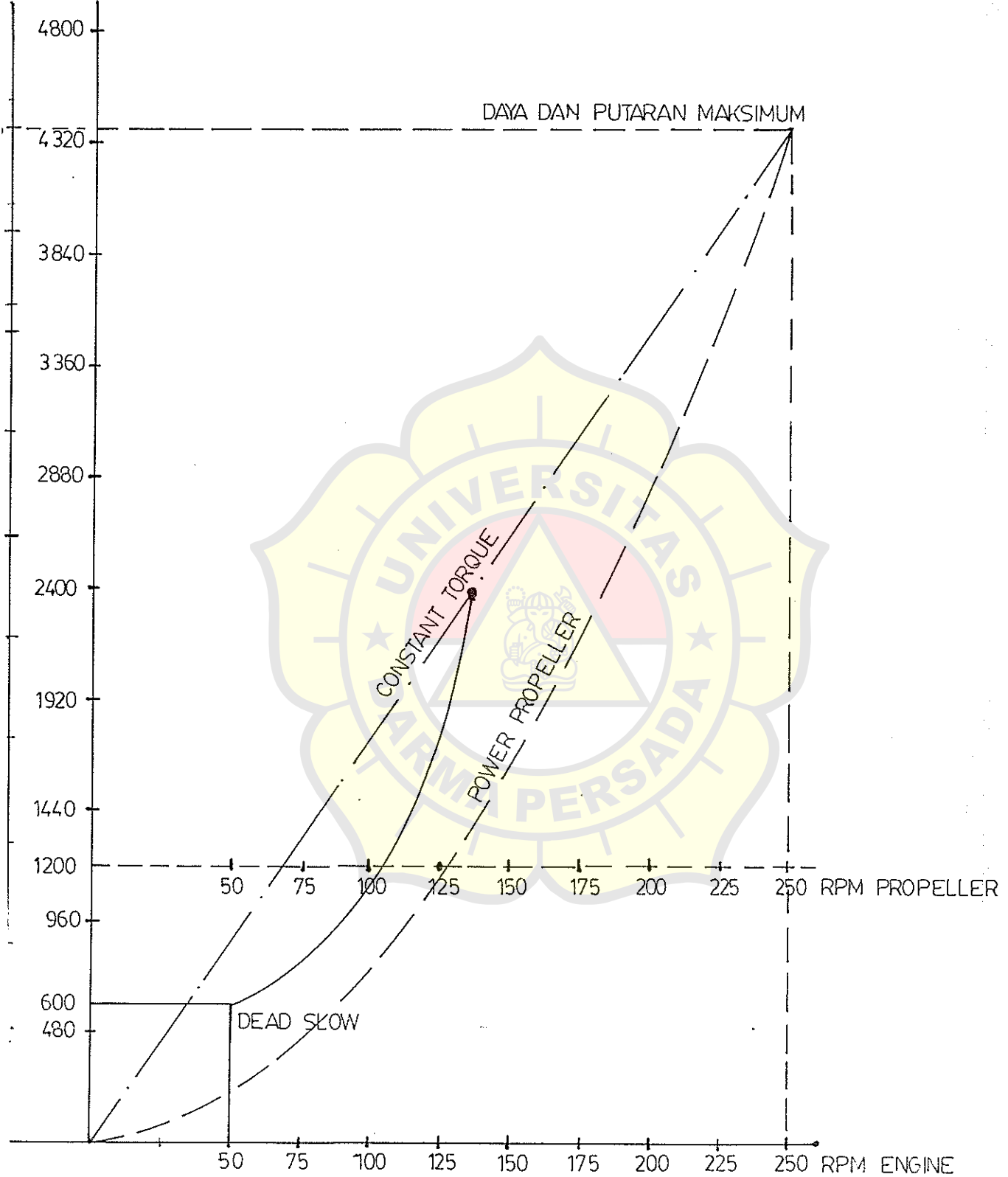
TABEL – 1. PERHITUNGAN HAMBATAN KAPAL

No	RUMUS	SUMBER RUMUS	SATUAN	V (KNOT)					
				11	12	13	14	15	
1	$F_n = \frac{v_s}{\sqrt{g \cdot L}}$			0,15	0,161	0,174	0,188	0,2	
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	32,0175	38,1034	44,719	51,863	59,5366	
5	$\frac{1}{2} \cdot \rho \cdot S \cdot V^2$		Kg	8.918.820,463	10.419.134,92	11.999.255,65	13.639.230,88	15.352.595,15	
6	$10^3 \text{CR} (L / V^{1,3})$	Gambar 5.5.6 & 5.5.7		0,763	0,763	0,808	0,848	0,763	
7	Koreksi B/T	Gambar 5.5.17		0,245	0,245	0,245	0,245	0,245	
8	Koreksi LCB	Gambar 5.5.15 & 5.5.16		0,181	0,16	0,255	0,184	0,203	
9	Koreksi Garis Penampang Bentuk Depan & Belakang	Gambar 5.5.20		0	0	0	0	0	
10	Koreksi Bentuk Haluan	Gambar 5.5.21		0	0	0	0	0	
11	Koreksi Anggota Badan	Gambar 5.5.22		0,099	0,099	0,105	0,11	0,099	
12	Resultan 10^3CR	6+7+8+9+10+11		1,288	1,267	1,413	1,387	1,31	
13	10^3CF (Grafik ITTC-57)	Gambar 5.5.14		1,602	1,583	1,562	1,55	1,534	
14	10^3CF	$\frac{S1}{S} \times (13)$		1,634	1,615	1,593	1,581	1,565	

TABEL – 1.PERHITUNGAN HAMBATAN KAPAL

No	RUMUS	SUMBER RUMUS	SATUAN	V (KNOT)					
				11	12	13	14	15	
15	$10^3 CA$	Gbr.5.5.24		0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
16	$10^3 CAA$	Gbr.5.5.28		0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07
17	$10^3 CAS$	Gbr.5.5.27		0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
18	$10^3 CT =$ CR+CF+CA+CAA+CAS	12+14+15+16+17		3,232	3,192	3,316	3,278	3,185	3,185
19	$RT = CT \times (5)$		Kg	28.825,628	33.257,879	39.789,532	44.709,399	48.898,016	48.898,016
20	$EHP = \frac{V \times RT}{75}$		HP	2.174,759	2.737,256	3.547,741	4.293,056	5.030,628	5.030,628
21	PC			0,664	0,663	0,661	0,66	0,658	0,658
22	$BHP = \frac{EHP}{PC}$		HP	3.275,239	4.128,591	5.367,233	6.504,63	7.645,331	7.645,331
23	$\eta m = 3\%$			98,257	123,858	161,017	195,139	229,360	229,360
24	Sea margin = 15%			491,286	619,289	805,085	975,695	1.146,8	1.146,8
25	BHP Total		HP	3.864,782	4.871,737	5.947,554	7.675,463	9.021,491	9.021,491
26	BHP Total		kW	2.842,547	3.583,163	4.374,426	5.645,303	6.635,306	6.635,306

OPPELLER KW ENGINE



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 :

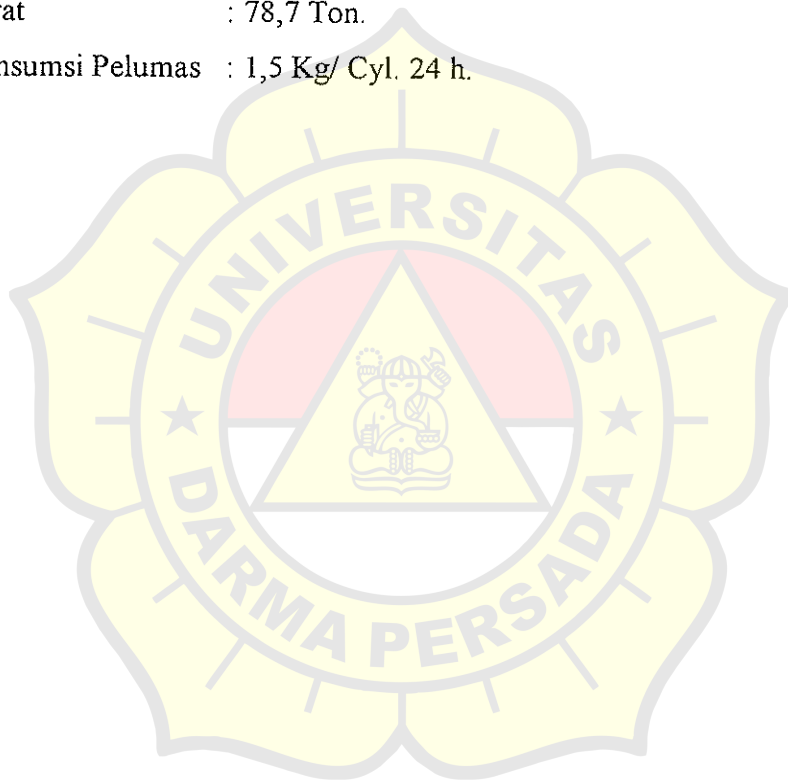
- Berat dan Ukuran
- Berat merupakan pertimbangan yang paling penting, dimana berat mesin induk seringan mungkin. Ukuran panjang dan lebar dari mesin induk dipilih sependek mungkin dari tipe mesin yang tersedia.
- Tinggi
Tinggi dari mesin harus diperhatikan, apakah sudah memenuhi persyaratan minimal dari ruang mesin.
- Tinggi titik pusat poros
Tinggi titik pusat poros ditentukan oleh propeller.
- Biaya pemakaian bahan bakar.
- Specific fuel consumption yang kecil.
- Biaya pemakaian minyak pelumas.
- Volume ruang kamar mesin yang tersedia.
- Putaran motor sehubungan dengan putaran propeller yang telah disediakan.
- Sistem pipa-pipa yang dikondisikan untuk kamar mesin.
- Ruang 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 :

Spesifikasi Main Engine :

1. Merk : MAN B & W.
2. Type : S26MC.
3. Daya : 6.540 HP / 4.800 kW.
4. Putaran Mesin : 250 RPM.
5. Bore x Stroke : 260 x 980.
6. Bahan Bakar : 132 g/ BHP_h
7. Jumlah Silinder : 12.
8. Berat : 78,7 Ton.
9. Konsumsi Pelumas : 1,5 Kg/ Cyl. 24 h.



$$\begin{aligned} &= 6.494,352 - (4,963\% \times 6.494,352) \\ &= 6.172,037 \text{ HP.} \end{aligned}$$

5. Penentuan Angka Sorong (S)

$$\begin{aligned} S &= \frac{RT}{(1-\psi)} \\ &= \frac{39.789,532}{(1-0,297)} \\ &= 56.599,619 \text{ kg.} \end{aligned}$$

6. Kecepatan Air Masuk ke Propeller (v_e)

$$\begin{aligned} v_e &= (1 - \psi) \times V_s \\ &= (1 - 0,33) \times 6,6872 \\ &= 4,48 \text{ m/s.} \end{aligned}$$

7. Diameter Propeller Tentative (D)

$$\begin{aligned} D &= 0,7 \times T \\ &= 0,7 \times 6,875 \\ &= 4,8125 \text{ m.} \end{aligned}$$

8. Advance Speed of Propeller (V_a)

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

Dimana :

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

$$\begin{aligned} V_a &= (1 - 0,33) \times 13 \\ &= 8,71 \text{ knot.} \end{aligned}$$

9. Jumlah putaran propeller (N)

Akibat adanya wake friction, thrust deduction, gesekan pada bantalan poros dan penempatan dari mesin induk akan mengurangi putaran mesin yang sampai ke propeller.

$$N = 250 \text{ rpm.}$$

10. 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 tentative = 4,8125 m.
- ρ = masa jenis air laut = 104,49 kg/m³.
- S = gaya dorong propeller = 56.599,619 kg.
- v_e = kecepatan air masuk ke propeller = 4,48 m/ s.

$$K'd = 4,8125 \times 4,48 \sqrt{104,49 / 56.599,619}$$

$$= 0,926.$$

$K'd = 0,926$ ($K'd < 2$; disarankan memilih jumlah propeller berdaun 4).

11. 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 250 rpm
- V_a = 8,71 knot
- P = tenaga tempat propeller melekat 6.172,037 HP.

$$B_p = \frac{250 \times (6.172,037)^{0,5}}{(8,71)^{2,5}}$$

$$= 87,722.$$

Dari diagram B_p - δ series, untuk nilai $B_p = 87,722$ dapat diperoleh advanced coefficient (δ) pada beberapa tingkat pembebanan, yaitu :

Untuk series B 4-40 ; $\delta = 255,333$.

Untuk series B 4-55 ; $\delta = 252,5$.

Untuk series B 4-70 ; $\delta = 237,5$.

Untuk perencanaan propeller tunggal (single screw propeller) ini, dikoreksi sekitar 4 %, maka :

Untuk series B 4-40 ; $\delta_k = 255,333 - 4\% = 243,2$

Untuk series B 4-55 ; $\delta_k = 252,5 - 4\% = 242,4$

Untuk series B 4-70 ; $\delta_k = 237,5 - 4\% = 228$

b. Diameter Optimum (D_o)

$$D_o = \frac{\delta_k \times V_a}{N} \quad (\text{feet})$$

Untuk series B 4-40 ; $D_o = 15,789 \text{ feet} = 4,8125 \text{ m}$

Untuk series B 4-55 ; $D_o = 15,747 \text{ feet} = 4,7997 \text{ m}$

Untuk series B 4-70 ; $D_o = 14,838 \text{ feet} = 4,5226 \text{ m}$

c. Pitch Ratio (H_o/D)

Dari harga δ yang telah dikoreksi, dapat diperoleh harga pitch ratio pada diagram B_p - δ series, sesuai dengan pembebanan :

Untuk series B 4-40 ; $H_o/D = 0,621$

Untuk series B 4-55 ; $H_o/D = 0,650$

Untuk series B 4-70 ; $H_o/D = 0,740$

d. Propeller Efficiency (η_p)

Dari diagamam B_p - δ series dapat diperoleh efisiensi propeller kapal sebagai berikut:

Untuk series B 4-40 ; $\eta_p = 55,526$

Untuk series B 4-55 ; $\eta_p = 52,263$

Untuk series B 4-70 ; $\eta_p = 52$.

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 :

12. Kavitasasi Propeller

a. Konstanta Kavitasasi

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

Dimana :

- (P-P_v) = Beda tekanan statik
- D = Diameter propeller = 4,8125 m
- ρ = Kerapatan air laut = 104,49 kg. / m³.
- V_a = Advanced of speed = 8,71 Knot
- n = Putaran propeller per detik

$$= \frac{250}{60} = 4,16 \text{ rps.}$$

b. Tekanan Statik Propeller

Tekanan Statik pada sumbu adalah :

1. Draft d = 6,875 m
2. Tinggi poros propeller h₁ = 2,3 m
3. Tinggi gelombang (³/₄ % L_{pp}) h₂ = 1,125 m
- Tinggi tekan (d - h₁ - h₂) h = 3,45 m
4. Tekanan air (h x 1,025) = 3,536 kg/ m²
5. Tekanan udara = 10.100 kg/ m²
6. Tekanan uap = 200 kg/ m² +
7. Beda Tekanan Statik = 13.836 kg/ m²

Maka δ_{0,7} untuk series B4.40 dengan Do = 4,8125 m adalah :

$$\delta_{0,7} = \frac{(13.836) - (0,7 \times 4,8125 / 2 \times 1.025)}{\frac{1}{2} \times 104,49 [(8,71)^2 + (0,7 \times 3,14 \times 4,8125 \times 4,16)^2]}$$

$$= 0,417$$

Maka $\delta_{0,7}$ untuk series B4.55 dengan $D_o = 4,7997$ m adalah :

$$\delta_{0,7} = \frac{(13.836)}{\frac{1}{2} \times 104,49 [(8,71)^2 + (0,7 \times 3,14 \times 4,7997 \times 4,16)^2]} - \frac{(0,7 \times 4,7997 / 2 \times 1.025)}{\frac{1}{2} \times 104,49 [(8,71)^2 + (0,7 \times 3,14 \times 4,7997 \times 4,16)^2]}$$

$$= 0,419$$

Maka $\delta_{0,7}$ untuk series B4.70 dengan $D_o = 4,5226$ m adalah :

$$\delta_{0,7} = \frac{(13.836)}{\frac{1}{2} \times 104,49 [(8,71)^2 + (0,7 \times 3,14 \times 4,5226 \times 4,16)^2]} - \frac{(0,7 \times 4,5226 / 2 \times 1.025)}{\frac{1}{2} \times 104,49 [(8,71)^2 + (0,7 \times 3,14 \times 4,5226 \times 4,16)^2]}$$

$$= 0,467$$

c. Koefisien Gaya Dorong

Harga koefisien gaya dorong diperoleh dari diagram ‘ Burril ‘ untuk

series B4.40 dengan $D_o = 4,8125$ m, didapat $\sigma_c = 0,164$

series B4.55 dengan $D_o = 4,7997$ m, didapat $\sigma_c = 0,165$

series B4.70 dengan $D_o = 4,5226$ m, didapat $\sigma_c = 0,174$

d. Projected Blade Area sesuai perhitungan kavitasi

$$F_p' = \frac{S}{\delta \times \frac{1}{2} \times \rho \times [V_a^2 + (0,7 \times \pi \times D \times n)^2]}$$

$$= \frac{56.599,619}{0,164 \times \frac{1}{2} \times 104,49 [(8,71)^2 + (0,7 \times 3,14 \times 4,8125 \times 4,16)^2]}$$

$$F_p' = 10,4 \text{ m}^2.$$

untuk series B4.40 dengan $\sigma_c = 0,164$, didapat $F_p' = 10,4 \text{ m}^2$.

untuk series B4.55 dengan $\sigma_c = 0,165$, didapat $F_p' = 10,396 \text{ m}^2$.

untuk series B4.70 dengan $\sigma_c = 0,174$, didapat $F_p' = 10,971 \text{ m}^2$.

e. Develoved Blade Area sesuai perhitungan kavitasi

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

Dengan $H_o / D = 0,621$ (untuk series B4.40)

$$F_p / F_a = 1,067 - (0,229 \times 0,621)$$

$$= 0,925$$

- Developed Blade Area Ratio

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

Disc area of the screw

- Disc area of the screw

$$\begin{aligned} F &= \pi/4 \times D^2 \\ &= 3,14 / 4 \times (4,8125)^2 \\ &= 24,653 \text{ m}^2. \end{aligned}$$

- Developed Blade Area

$$\begin{aligned} F_a &= 0,40 \times F \\ &= 0,40 \times 24,653 \\ &= 9,861 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

- Projected Blade Area

$$\begin{aligned} F_p &= F_a \times (F_p / F_a) \\ &= 9,861 \times 0,925 \\ &= 9,121 \text{ m}^2. \end{aligned}$$

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

Dengan $\text{Ho}/D = 0,65$ (untuk series B4.55)

$$\begin{aligned} F_p / F_a &= 1,067 - (0,229 \times 0,65) \\ &= 0,918 \end{aligned}$$

- Developed Blade Area Ratio

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

Disc area of the screw

- Disc area of the screw

$$\begin{aligned} F &= \pi/4 \times D^2 \\ &= 3,14 / 4 \times (4,7997)^2 \\ &= 24,495 \text{ m}^2. \end{aligned}$$

- Developed Blade Area

$$\begin{aligned} F_a &= 0,55 \times F \\ &= 0,55 \times 24,495 \\ &= 13,472 \text{ m}^2. \end{aligned}$$

- Projected Blade Area

$$\begin{aligned} F_p &= F_a \times (F_p/F_a) \\ &= 13,472 \times 0,918 \\ &= 12,367 \text{ m}^2. \end{aligned}$$

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

Dengan $H_o/D = 0,74$ (untuk series B4.70)

$$\begin{aligned} F_p / F_a &= 1,067 - (0,229 \times 0,74) \\ &= 0,898 \end{aligned}$$

- Developed Blade Area Ratio

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

Disc area of the screw

- Disc area of the screw

$$\begin{aligned} F &= \pi/4 \times D^2 \\ &= 3,14 / 4 \times (4,5226)^2 \\ &= 21,67 \text{ m}^2. \end{aligned}$$

- Developed Blade Area

$$\begin{aligned} F_a &= 0,70 \times F \\ &= 0,70 \times 21,67 \\ &= 15,167 \text{ m}^2. \end{aligned}$$

- Projected Blade Area

$$\begin{aligned} F_p &= F_a \times (F_p/F_a) \\ &= 15,169 \times 0,898 \\ &= 13,622 \text{ m}^2. \end{aligned}$$

f. Tabel perhitungan kavitasi

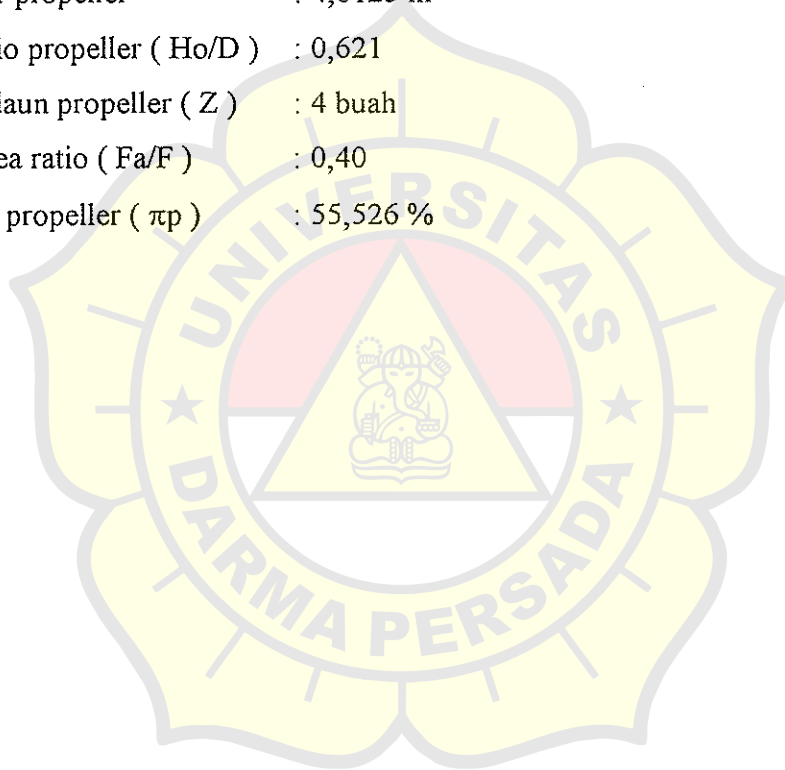
Tabel-2. Perhitungan kavitasi propeller untuk berbagai pembebanan :

	D_o	$\rho_{0,7}$	σ_c	F_p'	F_p/F_a
Series B4.40	4,8125	0,417	0,164	10,4	0,925
Series B4.55	4,7997	0,419	0,165	10,396	0,918
Series B4.70	4,5226	0,467	0,174	10,971	0,898

	Fa/F	F	Fa	Fp
Series B4.40	0,40	24,653	9,861	9,121
Series B4.55	0,55	24,495	13,472	12,367
Series B4.70	0,70	21,67	15,169	13,622

Berdasarkan perhitungan rancangan propeller, maka spesifikasi propeller untuk penggerak kapal Tanker 17.781 DWT ini adalah :

- Type propeller : B4.40
- Diameter propeller : 4,8125 m
- Pitch ratio propeller (H_0/D) : 0,621
- Jumlah daun propeller (Z) : 4 buah
- Blade area ratio (F_a/F) : 0,40
- Efisiensi propeller (π_p) : 55,526 %



13. Tabel-3. Perhitungan Blade Elemen

a. Panjang Blade Elemen Dari Center Line ke Trailing Edge

Panjang blade elemen pada 0,6 R = $0,2187 \times D = 0,2187 \times 5,604 = 1.225,595$ mm

r/R (1)	% 0,6 R (2)	L1 = L 0,6R x (2) mm (3)
0,2	29,180	357,629
0,3	33,320	408,368
0,4	37,300	457,147
0,5	40,780	499,798
0,6	43,920	538,281
0,7	46,680	572,108
0,8	48,350	592,575
0,9	47,000	576,030

b. Panjang Blade Elemen Dari Center Line ke Leading Edge

Panjang blade elemen pada 0,6 R = $0,2187 \times D = 0,2187 \times 5,604 = 1.225,595$ mm

r/R (1)	% 0,6 R (2)	L2 = L 0,6R x (2) mm (3)
0,2	46,900	574,804
0,3	52,640	645,153
0,4	56,320	690,255
0,5	57,600	705,943
0,6	56,080	687,314
0,7	51,400	629,956
0,8	41,650	510,460
0,9	25,350	310,688

c. Panjang Blade Maksimum Pada Ordinat

Panjang blade elemen pada 0,6 R = $0,2187 \times D = 0,2187 \times 5,604 = 1.225,595$ mm

r/R (1)	% 0,6 R (2)	L12 = L 0,6R x (2) mm (3)
0,2	76,080	932,433
0,3	85,960	1.053,521
0,4	93,620	1.147,402
0,5	98,380	1.205,740
0,6	100,000	1.225,595
0,7	98,080	1.202,064
0,8	90,000	1.103,036
0,9	72,350	886,718

d. Jarak Ordinate Maksimum dari Leading Edge

r/R (1)	% L (2)	%L x Lt mm (3)
0,2	35,000	326,352
0,3	35,000	368,732
0,4	35,000	401,591
0,5	35,500	428,038
0,6	38,900	476,756
0,7	44,300	532,514
0,8	47,900	528,354
0,9	50,000	443,359

e. Ketebalan Blade Maksimum Pada Ordinate

r/R (1)	% D (2)	D x (2) mm (3)
0,2	3,660	205,106
0,3	3,240	181,570
0,4	2,820	158,033
0,5	2,400	134,496
0,6	1,980	110,959
0,7	1,560	87,422
0,8	1,140	63,886
0,9	0,720	40,349

e. Radius Of The Nose

r/R (1)	% D (2)	D x (2) mm (3)
0,2	0,115	6,445
0,3	0,105	5,884
0,4	0,095	5,324
0,5	0,085	4,763
0,6	0,070	3,923
0,7	0,055	3,082
0,8	0,040	2,242
0,9	0,040	2,242

g. Tabel-4. Jarak Ordinat Belakang & Muka dari Ordinat Maximum

1. ORDINAT BELAKANG

Trailing Edge

r/R	80%	mm	60%	mm	40%	mm	20%	mm
0,2	53,350	109,424	72,650	149,010	86,900	178,237	96,450	197,825
0,3	50,950	92,510	71,600	130,004	86,800	157,603	96,800	175,760
0,4	47,700	75,382	70,250	111,018	86,550	136,778	97,000	153,292
0,5	43,400	58,371	68,400	91,995	86,100	115,801	96,950	130,394
0,6	40,200	44,606	67,150	74,529	85,400	94,759	96,800	107,408
0,7	39,400	34,444	66,900	58,485	84,900	74,221	96,650	84,493
0,8	40,950	26,161	67,800	43,315	85,300	54,495	96,700	61,778
0,9	45,150	18,218	70,000	28,244	87,000	35,104	97,000	39,139

Leading Edge

r/R	20%	mm	40%	mm	60%	mm	80%	mm	90%	mm	95%	mm
0,2	98,600	202,235	94,500	193,825	87,000	178,442	74,400	152,599	64,350	131,986	56,950	116,808
0,3	98,400	178,665	94,000	170,676	85,800	155,787	72,500	131,638	62,650	113,754	54,900	99,682
0,4	98,200	155,188	93,250	147,366	84,300	133,222	70,400	111,255	60,150	95,057	52,200	82,493
0,5	98,100	131,941	92,400	124,274	82,300	110,690	67,700	91,054	56,800	76,394	48,600	65,365
0,6	98,100	108,851	91,250	101,250	79,350	88,046	63,600	63,600	52,500	58,253	43,350	48,101
0,7	97,600	85,324	88,800	77,631	74,900	65,479	57,000	57,000	44,200	38,641	35,000	30,598
0,8	97,000	61,969	85,300	54,495	68,700	43,890	48,250	48,250	34,550	22,073	25,450	16,259
0,9	97,000	39,139	87,000	35,104	70,000	28,244	45,150	45,150	30,100	12,145	22,000	8,877

2. ORDINAT MUKA

Trailing Edge

r / R	100%	mm	80%	mm	60%	mm	40%	mm	20%	mm
0,2	30,000	61,532	18,200	18,200	10,900	22,357	5,450	11,178	1,550	3,179
0,3	25,350	46,028	12,200	12,200	5,800	10,531	1,700	3,087	-	-
0,4	17,850	28,209	6,200	6,200	1,500	2,370	-	-	-	-
0,5	9,700	13,046	1,750	1,750	-	-	-	-	-	-
0,6	5,100	5,659	-	-	-	-	-	-	-	-
0,7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Leading Edge

r/R	20%	mm	40%	mm	60%	mm	80%	mm	90%	mm	95%	mm	100%	mm
0,2	0,450	0,923	2,300	4,717	5,900	12,101	13,450	27,587	20,300	41,637	26,200	53,738	40,000	82,042
0,3	0,050	0,091	1,300	2,360	4,600	8,352	10,850	19,700	16,550	30,050	22,200	40,309	37,550	68,180
0,4	-	-	0,300	0,474	2,650	4,188	7,800	12,327	12,500	19,754	17,900	28,288	34,500	54,521
0,5	-	-	-	-	0,700	0,941	4,300	5,783	8,450	11,365	13,300	17,888	30,400	40,887
0,6	-	-	-	-	-	-	0,800	0,888	4,450	4,938	8,400	9,321	24,500	27,185
0,7	-	-	-	-	-	-	-	-	0,400	0,350	2,450	2,142	16,050	14,031
0,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7,400	4,728

2.1.7. Perhitungan Diameter Poros Propeller

Menurut Referensi No. 2 Hal. 4-1 diameter minimum untuk Poros Utama adalah :

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

Dimana :

- F = Faktor untuk semua type instalasi yaitu 100
- k = Faktor untuk type dari shaft = 1,22
- Pw = Tenaga mesin induk yang dihubungkan pada sistem adalah
2.624,656 kW
- n = Shaft speed (rpm) = 250 rpm
- Cw = faktor bahan
= $\frac{560}{R_m + 160}$
- Rm = Nilai kuat tarik dari bahan poros untuk Baja KSF 45
= 400 N/mm²
= $\frac{560}{400 + 160}$
= 1
- $1 - (d_i / d_a)^4 = 0,344$

Jadi :

$$d = 100. 1,22 \sqrt[3]{\frac{2.624,656}{250 \times 0,344} \cdot 1}$$

$$d = 381,260 \text{ mm .}$$

Sedangkan untuk Poros Antara, rumus yang digunakan sama dengan rumus untuk poros utama, hanya faktor k yang berubah, yaitu $k = 1,10$

$$d = 100 \cdot 1,10 \sqrt[3]{\frac{2.624,656}{250 \times 0,344} \times 1}$$

$$d = 343,756 \text{ mm}$$

