

BAB II

PERENCANAAN PERHITUNGAN MOTOR INDUK DAN MOTOR BANTU

2.1. Motor Induk/ Penggerak Kapal

2.1.1. Data Kapal

- Loa	: 90,00 m
- Lwl	: 85,68 m
- Lpp	: 84,00 m
- B	: 15,00 m
- H	: 7,00 m
- T	: 5,00 m
- Cb	: 0,571
- Vs	: 16 Knot
- DWT	: 3.500 Ton
- Klasifikasi	: BKI/ LR
- Bendera	: Panama
- Jarak Pelayaran	: 11.000 mil laut
- Daerah Operasi	: OCEAN GOING

2.1.2. Koefisien-Koefisien Kapal

- *Displacement* (Δ)

$$\begin{aligned}\Delta &= Lpp \times B \times T \times Cb \times \gamma \\ &= 84 \times 15 \times 5 \times 0,571 \times 1,025 \\ &= 3.687,233 \text{ ton.}\end{aligned}$$

- *Midship Area Coefficient (Cm)*

$$\begin{aligned} C_m &= 0,9 + (0,1 \times \sqrt{C_b}) \\ &= 0,9 + (0,1 \times \sqrt{0,571}) \\ &= 0,976 \end{aligned}$$

- *Luas Midship (Am)*

$$\begin{aligned} A_m &= B \times T \times C_m \\ &= 15 \times 5 \times 0,976 \\ &= 73,2 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

- *Coefficient of Waterline (Cw)*

$$\begin{aligned} C_w &= (0,70 \times C_b) + 0,30 \\ &= (0,70 \times 0,571) + 0,30 \\ &= 0,7 \end{aligned}$$

- *Luas Garis Air (Awl)*

$$\begin{aligned} A_{wl} &= L_{wl} \times B \times C_w \\ &= 85,68 \times 15 \times 0,7 \\ &= 899,64 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

- *Coefficient Prismatic (Cp)*

$$\begin{aligned} C_p &= C_b / C_m \\ &= 0,571 / 0,976 \\ &= 0,585 \end{aligned}$$

- *Luas Bidang Permukaan Basah Kapal (S)*

$$\begin{aligned} S &= 1,025 \times L_{pp} (C_b L_{pp} \times B + 1,7 T) \\ &\text{(Referensi N0.1, hal.133)} \end{aligned}$$

Dimana :

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

$$= 0,571 \times (90 / 85,68)$$

$$= 0,6$$

$$S = 1,025 \times 84 (0,6 \times 15 + 1,7 \times 5)$$

$$= 1.506,75 \text{ m}^2$$

Luas Bidang Permukaan Basah sepanjang Lwl (S_1) :

$$S_1 = 1,025 \times 85,68 (0,6 \times 15 + 1,7 \times 5)$$

$$= 1.536,885 \text{ m}^2$$

Sehingga Ratio S / S_1 :

$$= 1.506,75 / 1.536,885$$

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

- L_{displ}

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

$$= \frac{85,68 + 84}{2}$$

$$= 84,84 \text{ m}$$

- $Volume\ displacement\ (V_{displ})$

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

Dimana:

$$d = d_{wl}$$

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

$$= \frac{84}{85,68}$$

$$= \frac{84}{85,68} \times 0,571$$

$$= 0,6$$

$$V_{displ} = 84 \times 15 \times 5 \times 0,6$$

$$= 3.780 \text{ m}^3$$

- *Coefficient Prismatic displacement (Q displ)*

$$\begin{aligned} Q \text{ displ} &= \frac{L_{pp}}{L \text{ displ}} \times C_p \\ &= \frac{84}{84,84} \times 0,585 \\ &= 0,579 \end{aligned}$$

- **Perbandingan lebar dan sarat kapal**

$$\begin{aligned} B/T &= 15 / 5 \\ &= 3 \text{ m} \end{aligned}$$

- *Ratio antara Am dan S₁*

$$\begin{aligned} Am/S_1 &= 73,2 / 1.536,885 \\ &= 0,048 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

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 :

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

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 16 knot adalah sebagai berikut :

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

$$Fn = \frac{Vs}{\sqrt{gxL}}$$

dimana :

V_s = Kecepatan kapal (m/dtk)

= 16 knot x 0,5144

= 8,2304 m / dtk

g = percepatan gravitasi

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

L = panjang kapal (L_{pp}) = 84 m

$$F_n = \frac{8,2304}{\sqrt{9,81 \times 84}}$$

$$= 0,287$$

b) $V_s = 16 \text{ knot}$

c) $V_s = 8,2304 \text{ m / dtk}$

d) $V_s^2 = (8,2304)^2 = 67,739 (\text{ m / dtk })^2$

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

Dimana :

ρ = massa jenis (kg / m^3)

S = luas bidang permukaan basah (m^2)

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

$$\begin{aligned} \frac{1}{2} \times \rho \times S \times V^2 &= 0,5 \times 104,49 \times 1.506,75 \times 67,739 \\ &= 5.332.424,495 \text{ kg} \end{aligned}$$

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 :

$$L_{pp} = 84 \text{ m}$$

$$V_{\text{displ}} = 3.780 \text{ m}^3$$

$$\begin{aligned} L / V^{1/3} &= 84 / (3.780)^{1/3} \\ &= 5,392 \end{aligned}$$

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

$$L / V^{1/3} = 5 \quad F_n = 0,287 \quad 10^3 CR = 2,233$$

$$L / V^{1/3} = 5,5 \quad F_n = 0,287 \quad 10^3 CR = 1,867$$

$$L / V^{1/3} = 5,392 \quad F_n = 0,287 \quad 10^3 CR = ?$$

$$10^3 CR = 2,233 + \frac{(5,392 - 5)}{(5,5 - 5)} \times (1,867 - 2,233)$$

$$= 1,946$$

$$CR = 1,946 \times 10^{-3}$$

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 :

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

$$B/T = 15 / 5$$

$$= 3$$

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

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

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

$$= 0,08 \times 10^{-3}$$

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 :

$$LCB \text{ standar} = 0,906 \% L \quad (\text{didapat dari gambar 5.5.15})$$

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

$$LCB = \frac{0,906 \times 84}{100}$$

$$= 0,761 \% L$$

$$\Delta LCB = 0,761 \% - (0,906 \%)$$

$$= -0,145 \% = -0,00145$$

Koreksi LCB :

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

$$\delta LCB$$

$$= 0,2086 \times -0,00145 = -0,302 \times 10^{-3}$$

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 = -0,3 x 10⁻³

k) Koreksi Anggota Badan Kapal

Berdasarkan Referensi No.1,hal.132:

$$- \text{Boss \& Poros baling-baling} = (5\% + 8\%) \times CR$$

$$= 13\% \times 1,946 \times 10^{-3}$$

$$= 0,253 \cdot 10^{-3}$$

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

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

l) Resultan 10³CR

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

$$= 1,946 + 0,08 + (-0,302) + 0,2 - 0,3 + 0,253$$

$$= 1,877 \times 10^{-3}$$

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 $V = 16 \text{ knot}$ dirubah dalam satuan m/dtk. Jadi $V = 16 \times 0,5144 = 8,2304 \text{ m/dtk}$ (berada diantara kecepatan 8 m/dtk dan 10 m/dtk). Nilai $10^3 C_F$ didapat dengan menggunakan rumus interpolasi, sbb:

$$L = 84 \text{ m} \quad V = 8 \text{ m/dtk} \quad 10^3 C_F = 1,65$$

$$L = 84 \text{ m} \quad V = 10 \text{ m/dtk} \quad 10^3 C_F = 1,6$$

$$L = 84 \text{ m} \quad V = 8,2304 \text{ m/dtk} \quad 10^3 C_F =$$

$$10^3 C_F = 1,65 + \frac{(8,2304 - 8)}{(10 - 8)} (1,6 - 1,65)$$

$$= 1,644$$

n) Koreksi C_F

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

$$\begin{aligned} 10^3 C_F &= S_1 / S \times 10^3 C_F \\ &= \frac{1.536,885}{1.506,75} \times 1,644 \end{aligned}$$

$$C_F = 1,677 \times 10^{-3}$$

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

Berdasarkan Referensi No.1, 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 No.1, hal.132, harga $10^3 C_{AA}$ adalah :

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

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

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 ($10^3 CT$)

$$\begin{aligned} 10^3 CT &= CR + CF - CA + CAA + CAS \\ &= 1,877 + 1,677 + 0,4 + 0,07 + 0,04 \\ &= 4,064 \end{aligned}$$

s) RT (Hambatan Total)

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

$$\begin{aligned} R_T &= CT \left(\frac{1}{2} \cdot \rho \cdot S \cdot V^2 \right) \\ &= 4,064 \cdot 10^{-3} \times 5.332.424,495 \text{ kg} \\ &= 21.670,973 \text{ kg.} \end{aligned}$$

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

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

$$\begin{aligned} EHP &= \frac{V_s x R_T}{75} \\ &= \frac{8,2304 \times 21.670,973}{75} \\ &= 2.378,144 \text{ HP} \end{aligned}$$

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

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

$$= -0,05 + (0,5 \times 0,571)$$

$$= 0,2355$$

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

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

$$= (1 - 0,2355) \times 16$$

$$= 12,232 \text{ knot}$$

3. *Thrust Deduction Factor* (t) (Schoenher)

$$t = k \times w$$

dimana :

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

$$t = 0,7 \times 0,2355$$

$$= 0,165$$

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

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

$$= \frac{1-0,165}{1-0,2355}$$

$$= 1,092$$

5. *Propulsive Coefficient* (PC)

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

Dimana :

$$\eta_p = \text{efisiensi propeller, diasumsikan} = 0,6$$

$$\eta_{rr} = \text{untuk single screw propeller (1,02 - 1,05)}$$

diambil 1,05

$$PC = 1,092 \times 1,05 \times 0,6$$

$$= 0,688$$

6. Brake Horse Power (BHP)

$$\begin{aligned} \text{BHP} &= \frac{IHP}{PC} \\ &= \frac{2.378,144}{0,688} \\ &= 3.456,605 \text{ HP} \end{aligned}$$

7. Penentuan BHP Total

Untuk mendapatkan besarnya daya mesin, digunakan pendekatan :

3% koreksi letak kamar mesin

15% penambahan *sea margin*.

$$\begin{aligned} \text{BHP total} &= \{ (3\% + 15\%) \times \text{BHP} \} + \text{BHP} \\ &= (0,18 \times 3.456,605) + 3.456,605 \\ &= 4.078,794 \text{ HP} \times 0,7355 \\ &= 2.999,953 \text{ kW.} \end{aligned}$$

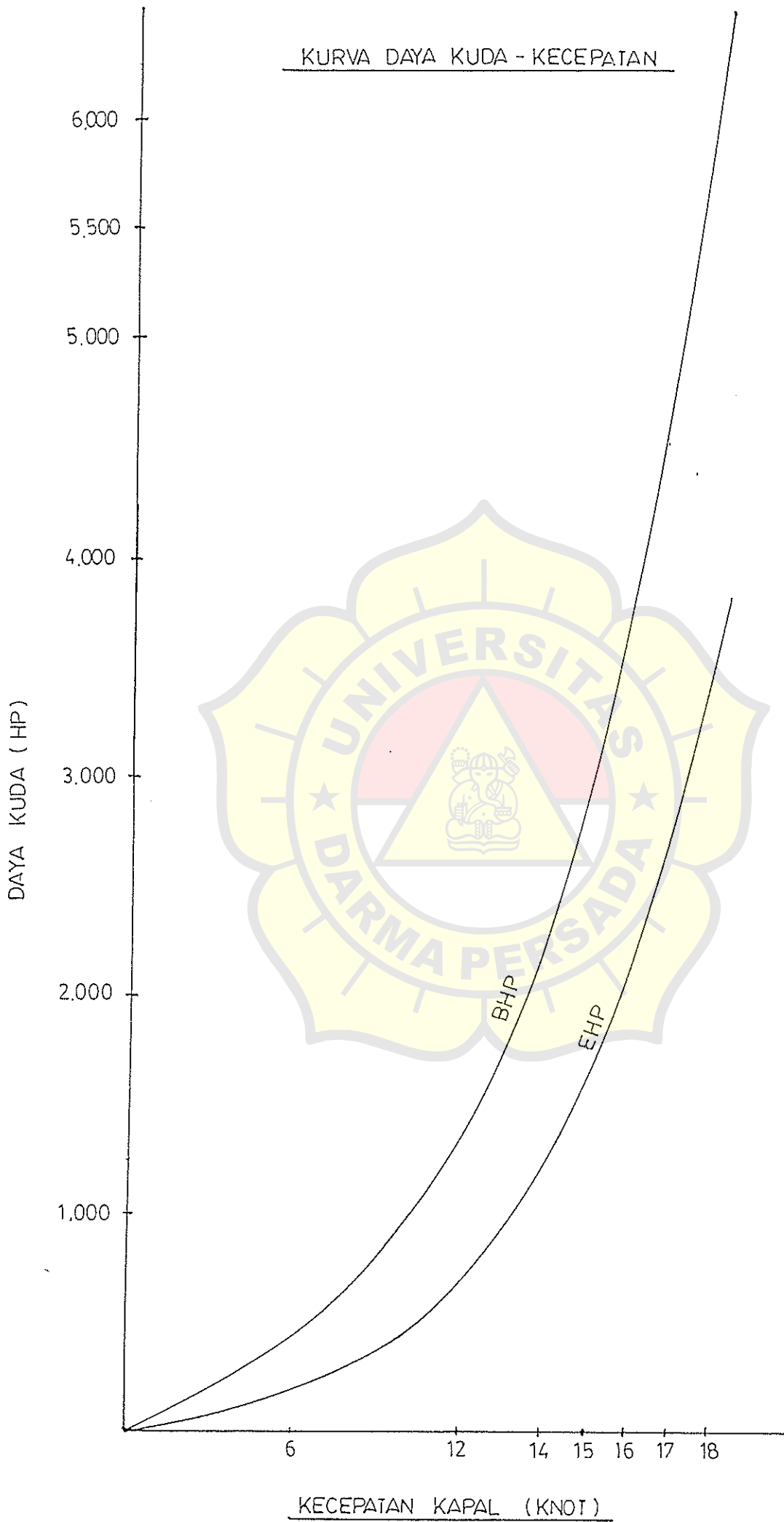
TABEL – 1.PERHITUNGAN HAMBATAN KAPAL

No	RUMUS	SUMBER RUMUS	SATUAN	V (KNOT)				
				14	15	16	17	18
1	$F_n = \frac{vs}{\sqrt{gxL}}$			0,2509	0,2688	0,287	0,3046	0,3226
2	V		Knot	14	15	16	17	18
3	V		m/dtk	7,2016	7,716	8,2304	8,7448	9,2592
4	V ²		(m/dtk) ²	51,863	59,5366	67,739	76,472	85,733
5	$\frac{1}{2} \cdot \rho \cdot S \cdot V^2$		Kg	4.303.128,509	4.811.264,981	5.332.424,495	5.859.932,581	6.384.475,774
6	$10^3 CR (L / \nabla^{1/3})$	Gambar 5.5.6 & 5.5.7		1,365	1,64	1,946	1,897	2,259
7	Koreksi B/T	Gambar 5.5.17		0,08	0,08	0,08	0,08	0,08
8	Koreksi LCB	Gambar 5.5.15 & 5.5.16		-0,211	-0,994	-0,302	-0,792	-0,777
9	Koreksi Garis Penampang Bentuk Depan & Belakang	Gambar 5.5.20		0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
10	Koreksi Bentuk Haluan	Gambar 5.5.21		-0,2	-0,2	-0,3	-0,3	-0,3
11	Koreksi Anggota Badan	Gambar 5.5.22		0,177	0,213	0,253	0,247	0,294
12	Resultan 10 ³ CR	6+7+8+9+10+11		1,411	0,939	1,877	1,332	1,756
13	10 ³ CF (Grafik ITTC-57)	Gambar 5.5.14		1,675	1,659	1,644	1,631	1,619
14	10 ³ CF	$\frac{S1}{S} \times (13)$		1,709	1,692	1,677	1,664	1,651

TABEL – 1. PERHITUNGAN HAMBATAN KAPAL

No	RUMUS	SUMBER RUMUS	SATUAN	V (KNOT)				
				14	15	16	17	18
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		3,63	3,141	4,064	3,506	3,917
19	$RT = C_T \times (5)$		Kg	15.620,356	15.112,183	21.670,973	20.544,924	25.007,992
20	$EHP = \frac{V \times RT}{75}$		HP	1.499,887	1.554,741	2.378,144	2.395,483	3.087,387
21	PC			0,678	0,673	0,688	0,664	0,66
22	$BHP = \frac{EHP}{PC}$		HP	2.212,223	2.310,165	3.456,605	3.607,655	4.677,859
23	$\eta_m = 3\%$			66,367	69,305	103,698	108,23	140,336
24	Sea margin = 15%			331,833	346,525	518,491	541,148	701,679
25	BHP Total		HP	2.610,423	2.725,995	4.078,794	4.257,033	5.519,874
26	BHP Total		Kw	1.919,966	2.004,969	2.999,953	3.131,048	4.059,867

KURVA DAYA KUDA - KECEPATAN



KECEPATAN KAPAL (KNOT)

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.
- Vibrasi.
- 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.
- 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 :

1. Merk : YANMAR.
2. Type : 8N330-SN.
3. Daya : 4.300 HP / 3.163 KW.
4. Putaran Mesin : 620 RPM.
5. Bore x Stroke : 330 x 440 (mm)
6. Jumlah Silinder : 8.
7. Berat : 43 Ton.
8. Cycle : 4 Langkah
9. Dimensi : 5.233,5 mm (L)
1.690 mm (W)
3.539 mm (H)
10. Jumlah : 1 unit.

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 (ψ)

$$\begin{aligned}\psi &= 0,5 \times C_b - 0,05 \\ &= (0,5 \times 0,571) - 0,05 \\ &= 0,2355\end{aligned}$$

2. Faktor Pengisapan (υ)

$$\upsilon = k \times \psi$$

$$\begin{aligned}\text{Dimana ; } k &= 0,7 - 0,9, \text{ diambil } k = 0,7 \\ &= 0,7 \times 0,2355 \\ &= 0,165\end{aligned}$$

3. Besarnya Hambatan

Menurut Newman, untuk mempertahankan kecepatan sebesar 16 knot, perlu adanya cadangan hambatan sebesar 20% dari hambatan hasil perhitungan, maka :

$$\begin{aligned}RT &= (20\% \times RT) + RT \\ &= (0,2 \times 21.670,973) + 21.670,973 \\ &= 26.005,168 \text{ kg.}\end{aligned}$$

4. Tenaga yang diberikan propeller (P)

- Letak kamar mesin

Kamar mesin dibelakang, koreksi = - 3%.

- Koreksi daya ke metric

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

- Koreksi air tawar ke air laut

Sebesar = - (1/1,025) x 100% = - 0,976%.

$$\begin{aligned}P &= \text{BHP} - \text{Harga Koreksi} \\ &= 4.078,794 - (3\% + 0,987\% + 0,976\%) \\ &= 4.078,794 - (4,963\% \times 4.078,794) \\ &= 3.876,363 \text{ HP.}\end{aligned}$$

5. Penentuan Angka Sorong (S)

$$\begin{aligned}S &= \frac{RT}{(1-\psi)} \\ &= \frac{21.670,973}{(1-0,165)} \\ &= 25.953,261 \text{ kg.}\end{aligned}$$

6. Kecepatan Air Masuk ke Propeller (v_e)

$$\begin{aligned}v_e &= (1 - \psi) \times V_s \\ &= (1 - 0,2355) \times 8,2304 \\ &= 6,292 \text{ m/ s.}\end{aligned}$$

7. Diameter Propeller Tentative (D)

$$\begin{aligned} D &= 0,7 \times T \\ &= 0,7 \times 5 \\ &= 3,5 \text{ m.} \end{aligned}$$

8. Advance Speed of Propeller (V_a)

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

Dimana :

$$\begin{aligned} V_s &= \text{kecepatan kapal (knot)} = 16 \text{ knot} \\ V_a &= (1 - 0,2355) \times 16 \\ &= 12,232 \text{ knot.} \end{aligned}$$

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 = 3,5 m.
- ρ = masa jenis air laut = 104,49 kg./m³.
- S = gaya dorong propeller = 25.953,261 kg.
- v_e = kecepatan air masuk ke propeller = 6,292 m/ s.

$$\begin{aligned} K'd &= 3,5 \times 6,292 \sqrt{104,49 / 25.953,261} \\ &= 1,349. \end{aligned}$$

$K'd = 1,349$ ($K'd < 2$; 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

- $V_a = 12,232$ knot

- P = tenaga tempat propeller melekat 3.876,363 HP.

$$B_p = \frac{250 \times (3.876,363)^{0.5}}{(12,232)^{2.5}}$$

$$= 29,745.$$

Dari diagram B_p - δ series, untuk nilai $B_p = 29,745$ dapat diperoleh advanced coefficient (δ) pada beberapa tingkat pembebanan, yaitu :

Untuk series B 4-40 ; $\delta = 215,833.$

Untuk series B 4-55 ; $\delta = 215.$

Untuk series B 4-70 ; $\delta = 205.$

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

Untuk series B 4-40 ; $\delta_k = 215,833 - 2\% = 211,516$

Untuk series B 4-55 ; $\delta_k = 215 - 2\% = 210,7$

Untuk series B 4-70 ; $\delta_k = 205 - 2\% = 200,9$

b. Diameter Optimum (D_o)

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

Untuk series B 4-40 ; $D_o = 10,669$ feet = 3,252 m

Untuk series B 4-55 ; $D_o = 10,628$ feet = 3,239 m

Untuk series B 4-70 ; $D_o = 10,134$ feet = 3,089 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 = 0,69

Untuk series B 4-55 ; Ho/ D = 0,736

Untuk series B 4-70 ; Ho/ D = 0,8

d. Propeller Efficiency (η_p)

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

Untuk series B 4-40 ; $\eta_p = 60,143$

Untuk series B 4-55 ; $\eta_p = 56,643$

Untuk series B 4-70 ; $\eta_p = 56,214$.

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

12. 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 = 3,5 m

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

- V_a = Advanced of speed = 12,232 Knot

- n = Putaran propeller per detik

$$= \frac{250}{60} = 4,167 \text{ rps.}$$

b. Tekanan Statik Propeller

Tekanan Statik pada sumbu adalah :

1. Draft $d = 5$ m
2. Tinggi poros propeller $h_1 = 1,6$ m
3. Tinggi gelombang ($\frac{3}{4} \% L_{pp}$) $h_2 = 0,63$ m
Tinggi tekan ($d - h_1 - h_2$) $h = 2,77$ m
4. Tekanan air ($h \times 1,025$) $= 2.839,25$ kg/m²
5. Tekanan udara $= 10.100$ kg/m²
6. Tekanan uap $= 200$ kg/m² +
7. Beda Tekanan Statik $= 13.139,25$ kg/m²

Maka $\delta_{0,7}$ untuk series B4.40 dengan $Do = 3,252$ m adalah :

$$\delta_{0,7} = \frac{(13.139,25) - (0,7 \times 3,252 / 2 \times 1.025)}{\frac{1}{2} \times 104,49 [12,232^2 + (0,7 \times 3,14 \times 3,252 \times 4,042)^2]}$$

$$= 0,255$$

Maka $\delta_{0,7}$ untuk series B4.55 dengan $Do = 3,239$ m adalah :

$$\delta_{0,7} = \frac{(13.139,25) - (0,7 \times 3,239 / 2 \times 1.025)}{\frac{1}{2} \times 104,49 [12,232^2 + (0,7 \times 3,14 \times 3,239 \times 4,042)^2]}$$

$$= 0,257$$

Maka $\delta_{0,7}$ untuk series B4.70 dengan $Do = 3,089$ m adalah :

$$\delta_{0,7} = \frac{(13.139,25) - (0,7 \times 3,089 / 2 \times 1.025)}{\frac{1}{2} \times 104,49 [12,232^2 + (0,7 \times 3,14 \times 3,089 \times 4,042)^2]}$$

$$= 0,279$$

c. Koefisien Gaya Dorong

Harga koefisien gaya dorong diperoleh dari diagram ‘ Burril ‘ untuk

series B4.40 dengan $Do = 3,252$ m, didapat $\sigma_c = 0,123$

series B4.55 dengan $Do = 3,239$ m, didapat $\sigma_c = 0,125$

series B4.70 dengan $Do = 3,089$ m, didapat $\sigma_c = 0,13$

d. Projected Blade Area sesuai perhitungan kavitasi

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

$$= \frac{25.953.261}{0,123 \times \frac{1}{2} \times 104,49 [12,232^2 + (0,7 \times 3,14 \times 3,252 \times 4,042)^2]}$$

$$F_p' = 4,065 \text{ m}^2.$$

untuk series B4.40 dengan $\sigma_c = 0,123$, didapat $F_p' = 4,103 \text{ m}^2$.

untuk series B4.55 dengan $\sigma_c = 0,125$, didapat $F_p' = 4,065 \text{ m}^2$.

untuk series B4.70 dengan $\sigma_c = 0,13$, didapat $F_p' = 4,233 \text{ m}^2$.

e. Developed Blade Area sesuai perhitungan kavitasi

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

Dengan $\text{Ho} / D = 0,69$ (untuk series B4.40)

$$F_p / F_a = 1,067 - (0,229 \times 0,69)$$

$$= 0,909$$

- 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

- Disc area of the screw

$$F = \pi/4 \times D^2.$$

$$= 3,14 / 4 \times (3,252)^2$$

$$= 8,302 \text{ m}^2.$$

- Developed Blade Area

$$F_a = 0,40 \times F$$

$$= 0,40 \times 8,302$$

$$= 3,321 \text{ m}^2$$

- Projected Blade Area

$$F_p = F_a \times (F_p / F_a)$$

$$= 3,321 \times 0,909$$

$$= 3,019 \text{ m}^2.$$

- $F_p / F_a = 1,067 - 0,229 H_o/D$
Dengan $H_o/D = 0,655$ (untuk series B4.55)
 $F_p / F_a = 1,067 - 0,229 \times 0,736$
 $= 0,898$

- 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

$$F = \pi/4 \times D^2.$$
$$= 3,14 / 4 \times (3,239)^2$$
$$= 8,236 \text{ m}^2.$$

- Developed Blade Area

$$F_a = 0,55 \times F$$
$$= 0,55 \times 8,236$$
$$= 4,53 \text{ m}^2.$$

- Projected Blade Area

$$F_p = F_a \times (F_p/F_a)$$
$$= 4,53 \times 0,898$$
$$= 4,068 \text{ m}^2.$$

- $F_p / F_a = 1,067 - 0,229 H_o/D$
Dengan $H_o/D = 0,8$ (untuk series B4.70)

$$F_p / F_a = 1,067 - (0,229 \times 0,8)$$
$$= 0,884$$

- 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

$$F = \pi/4 \times D^2.$$
$$= 3,14 / 4 \times (3,089)^2$$
$$= 7,49 \text{ m}^2.$$

- Developed Blade Area

$$\begin{aligned} F_a &= 0,70 \times F \\ &= 0,70 \times 7,49 \\ &= 5,24 \text{ m}^2. \end{aligned}$$

- Projected Blade Area

$$\begin{aligned} F_p &= F_a \times (F_p/F_a) \\ &= 5,24 \times 0,884 \\ &= 4,632 \text{ m}^2. \end{aligned}$$

f. Tabel perhitungan kavitasi

Tabel 2, perhitungan kavitasi propeller untuk berbagai pembebanan :

	Do	$\rho_{0,7}$	σ_c	Fp'	Fp/Fa
Series B4.40	3,252	0,255	0,123	4,103	0,909
Series B4.55	3,239	0,257	0,125	4,065	0,898
Series B4.70	3,089	0,279	0,13	4,233	0,884

	Fa/F	F	Fa	Fp
Series B4.40	0,40	8,302	3,321	3,019
Series B4.55	0,55	8,236	4,53	4,068
Series B4.70	0,70	7,49	5,24	4,632

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

- Type propeller : B4.40
- Diameter propeller : 3,252 m
- Pitch ratio propeller (Ho/D) : 0,69
- Jumlah daun propeller (Z) : 4 buah
- Blade area ratio (Fa/F) : 0,40
- Efisiensi propeller (π_p) : 60,143 %

13. Tabel. 3. Perhitungan Blade Elemen

a. Panjang Blade Elemen Dari Center Line ke Trailing Edge

Panjang blade elemen pada $0,6R = 0,2187 \times D = 0,2187 \times 2,938 = 642,541$ mm

r/R (1)	% 0,6 R (2)	L1 = L 0,6R x (2) mm (3)
0,2	29,180	207,532
0,3	33,320	236,976
0,4	37,300	265,282
0,5	40,780	290,032
0,6	43,920	312,364
0,7	46,680	331,994
0,8	48,350	343,871
0,9	47,000	334,270

b. Panjang Blade Elemen Dari Center Line ke Leading Edge

Panjang blade elemen pada $0,6 R = 0,2187 \times D = 0,2187 \times 2,938 = 642,541$ mm

r/R (1)	% 0,6 R (2)	L2 = L 0,6R x (2) mm (3)
0,2	46,900	333,558
0,3	52,640	374,382
0,4	56,320	400,555
0,5	57,600	409,658
0,6	56,080	398,848
0,7	51,400	365,563
0,8	41,650	296,220
0,9	25,350	180,292

c. Panjang Blade Maksimum Pada Ordinat

Panjang blade elemen pada 0,6 R = $0,2187 \times D = 0,2187 \times 2,938 = 642,541$ mm

r/R (1)	% 0,6 R (2)	L12 = L 0,6R x (2) mm (3)
0,2	76,080	541,090
0,3	85,960	611,358
0,4	93,620	665,837
0,5	98,380	699,690
0,6	100,000	711,212
0,7	98,080	697,557
0,8	90,000	640,091
0,9	72,350	514,562

d. Jarak Ordinate Maksimum dari Leading Edge

r/R (1)	% L (2)	%L x Lt mm (3)
0,2	35,000	189,382
0,3	35,000	213,975
0,4	35,000	233,043
0,5	35,500	248,390
0,6	38,900	276,661
0,7	44,300	309,018
0,8	47,900	306,604
0,9	50,000	257,281

e. Ketebalan Blade Maksimum Pada Ordinate

r/R (1)	% D (2)	D x (2) mm (3)
0,2	3,660	119,023
0,3	3,240	105,365
0,4	2,820	91,706
0,5	2,400	78,048
0,6	1,980	64,390
0,7	1,560	50,731
0,8	1,140	37,073
0,9	0,720	23,414

f. Radius Of The Nose

r/R (1)	% D (2)	D x (2) mm (3)
0,2	0,115	3,740
0,3	0,105	3,415
0,4	0,095	3,089
0,5	0,085	2,764
0,6	0,070	2,276
0,7	0,055	1,789
0,8	0,040	1,301
0,9	0,040	1,301

g. 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	63,499	72,650	86,470	86,900	86,900	96,450	114,798
0,3	50,950	53,683	71,600	75,441	86,800	86,800	96,800	101,993
0,4	47,700	43,744	70,250	64,423	86,550	86,550	97,000	88,955
0,5	43,400	33,873	68,400	53,385	86,100	86,100	96,950	75,668
0,6	40,200	25,885	67,150	43,238	85,400	85,400	96,800	62,330
0,7	39,400	19,988	66,900	33,939	84,900	84,900	96,650	49,032
0,8	40,950	15,181	67,800	25,135	85,300	85,300	96,700	35,850
0,9	45,150	10,571	70,000	16,390	87,000	87,000	97,000	22,712

Leading Edge

r/R	20%	mm	40%	mm	60%	mm	80%	mm	90%	mm	95%	mm
0,2	98,600	117,357	94,500	112,477	87,000	103,55	74,400	88,553	64,350	76,591	56,950	67,784
0,3	98,400	103,679	94,000	99,043	85,800	90,403	72,500	76,390	62,650	66,011	54,900	57,845
0,4	98,200	90,055	93,250	85,516	84,300	77,308	70,400	64,561	60,150	55,161	52,200	47,871
0,5	98,100	76,565	92,400	72,116	82,300	64,224	67,700	52,838	56,800	44,331	48,600	37,931
0,6	98,100	63,167	91,250	58,756	79,350	51,093	63,600	40,952	52,500	33,805	43,350	27,913
0,7	97,600	49,513	88,800	45,049	74,900	37,998	57,000	28,917	44,200	22,423	35,000	17,756
0,8	97,000	35,961	85,300	31,623	68,700	25,469	48,250	17,888	34,550	12,809	25,450	9,435
0,9	97,000	22,712	87,000	20,370	70,000	16,390	45,150	10,571	30,100	7,048	22,000	5,151

Trailing Edge

r / R	100%	mm	80%	mm	60%	mm	40%	mm	20%	mm
0,2	30,000	35,707	18,200	21,662	10,900	12,974	5,450	6,487	1,550	1,845
0,3	25,350	26,710	12,200	12,855	5,800	6,111	1,700	1,791	-	-
0,4	17,850	16,370	6,200	5,686	1,500	1,376	-	-	-	-
0,5	9,700	7,571	1,750	1,366	-	-	-	-	-	-
0,6	5,100	3,284	-	-	-	-	-	-	-	-
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	0,536	2,300	2,738	5,900	7,022	13,450	16,009	20,300	24,162	26,200	31,184	40,000	47,609
0,3	0,050	0,053	1,300	1,370	4,600	4,847	10,850	11,432	16,550	17,438	22,200	23,391	37,550	39,565
0,4	-	-	0,300	0,275	2,650	2,430	7,800	7,153	12,500	11,463	17,900	16,415	34,500	31,639
0,5	-	-	-	-	0,700	0,546	4,300	3,356	8,450	6,595	13,300	10,380	30,400	23,727
0,6	-	-	-	-	-	-	0,800	0,515	4,450	2,865	8,400	5,409	24,500	15,776
0,7	-	-	-	-	-	-	-	-	0,400	0,203	2,450	1,243	16,050	8,142
0,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7,400	2,743

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 type instalasi propulsi dan untuk semua type instalasi = 100

- k = Faktor untuk type dari shaft = 1,22

- P_w = Tenaga mesin induk yang dihubungkan pada sistem
2.325,818 kW

- n = Shaft speed (rpm) = 250 rpm

- C_w = faktor bahan

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

R_m = Nilai kuat tarik dari bahan poros untuk Baja KSF 45

$$= 400 \text{ N/mm}^2$$

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

$$= 1$$

- $1 - (d_i / d_a)^4 = 1$

Jadi :

$$d = 100. 1,22 \sqrt[3]{\frac{2.325,818}{250 \times 0,344} \cdot 1}$$

$$d = 366,2 \text{ mm .}$$

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

$$d = 100 \cdot 1,10 \sqrt[3]{\frac{2.325,818}{250 \times 0,344} \times 1}$$

$$d = 330,181 \text{ mm}$$



PROPELLER KW ENGINE

