

BAB II

PERENCANAAN PERHITUNGAN MOTOR INDUK DAN BALING-BALING KAPAL

II.1. PERHITUNGAN DAYA MESIN MOTOR INDUK

1.1. Tahanan Kapal

Kapal yang berlayar di ibaratkan seperti sebuah benda yang bergerak melalui media air dan udara, ini berarti bahwa benda itu mengalami gaya tahan (Resistance force) dari media yang dilaluinya.

Tahanan-tahanan yang di alami sebuah kapal yang bergerak melalui air dan udara itu dapat di uraikan atas :

- Tahanan Gesek (Frictional Resistance)
- Tahanan Gelombang (Wave Making Resistance)
- Tahanan Tekanan (Pressure Resistance)
- Tahanan Udara (Air Resistance)
- Tahanan Tambahan (Appendage Resistance)

Secara teori dapat diurai menjadi beberapa komponen tahanan dan biasanya dipilih menjadi 4 komponen tahanan sbb :

a. Tahanan Gesek (Frictional Resistance)

Tahanan gesek ini terjadi karena adanya suatu lapisan atau volume air yang melekat pada bagian kapal yang terbentuk pada permukaan bidang basah kapal yang sedang bergerak dan biasa disebut lapisan batas (Boundary Layer). Didalam daerah lapisan batas tersebut kecepatan gerak dari partikel-partikel zat cair dalam hal ini air laut, bervariasi dari 0 (nol) pada permukaan kulit kapal menjadi maksimum sama dengan besarnya kecepatan gerak aliran zat cair pada tepi dari lintasan batas tersebut. Perubahan atau variasi kecepatan partikel-partikel zat cair inilah yang mencerminkan adanya pengaruh intensif gaya-gaya viskositas pada lapisan batas yang menyebabkan timbulnya tahanan gesek pada kapal tersebut.

b. Tahanan Gelombang (Wave Making Resistance)

Kapal yang bergerak dalam air akan mengalami tahanan sehingga menimbulkan gelombang yang terbentuk akibat terjadinya variasi tekanan air terhadap lambung kapal pada saat kapal bergerak dengan suatu kecepatan tertentu. Ada tiga jenis gelombang yang biasanya terbentuk

pada saat kapal bergerak, yaitu *gelombang haluan, gelombang melintang pada kiri dan kanan lambung kapal serta gelombang buritan.*

c. Tahanan Tekanan (Pressure Resistance)

Partikel-partikel air yang bergerak melintasi lambung kapal akan terpecah dan membentuk volume air tertentu dimana partikel-partikel air tadi bergerak dalam satuan pusaran. Karena terjadinya pusaran ini, maka tekanan air pada buritan kapal akan berkurang dan timbullah satu gaya yang melawan arah gerak maju dari kapal. Gaya tahanan inilah yang merupakan tahanan tekanan yang di alami oleh gerak maju kapal.

d. Tahanan Udara (Air Resistance)

Kapal yang sedang berlayar, pada bagian atasnya (sebagian lambung dan bangunan atasnya) akan mengalami gaya tahanan dari udara. Tahanan udara ini juga terdiri dari komponen-komponen gesek dan komponen bentuk. Tekanan udara yang di alami kapal berkisar antara 2 s/d 4 % dari tahanan total yang di alaminya. Untuk menghitung besarnya tahanan-tahanan kapal tersebut, dapat dipergunakan berbagai cara misalnya dengan percobaan memakai model *Towing Tank* atau dengan cara pendekatan lainnya. Yang dimaksud dengan cara pendekatan adalah cara perhitungan dengan menggunakan rumus pendekatan.

Dalam tugas merancang mesin kapal ini, perhitungan tahanan yang digunakan adalah perhitungan yang terdapat dalam *Sv. Aa. Harvald* terjemahan *Ir. Jusuf Sutomo, M.sc* (1992 : 95 – 134).

1.2. Diagram *Guldhammer* dan *Harvald*

Tahanan (R) dan daya efektif (P_E) untuk kapal dapat dihitung dengan menggunakan rumus :

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

$$P_E = R \times V_s \quad (kW)$$

Dalam hal ini koefisien tahanan totalnya adalah :

$$C_T = C_R + C_F + C_A$$

Dimana :

C_R = Koefisien tahanan sisa untuk bentuk badan kapal standar, dapat diambil dari diagram $L/\nabla^{1/3}$

C_F = Koefisien tahanan gesek

$$C_F = \frac{0,075}{(\log_{10} Rn - 2)^2}$$

Atau dapat diambil dari diagram menurut *ITTC 1957* dalam buku *Tahanan dan Propulsi Kapal* oleh *Sv. Aa. Harvald* terjemahan *Ir. Jusuf Sutomo, M.Sc* (1992, hal.129), dimana koefisien tahanan gesek C_F sebagai fungsi panjang kapal L dan kecepatan V .

Penambahan tahanan tersebut harus dicari dengan mengalikan penyimpangan LCB dari harga $LCB_{standar}$ yaitu :

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

dengan faktor $\partial 10^3 C_R / \partial LCB$, dari grafik koreksi koefisien tahanan sisa dalam buku *Tahanan dan Propulsi Kapal Oleh Sv. Aa. Harvald* terjemahan *Ir. Jusuf Sutomo, M.sc* (1992, hal.130) dan ini hanya berlaku untuk LCB yang berada didepan $LCB_{standar}$. Mengenai LCB yang berada dibelakang $LCB_{standar}$, semua sumber yang ada mempunyai pendapat yang saling bertentangan, namun demikian karena kecenderungannya kecil maka pengabaian koreksi dalam hal ini tidak akan memberi kesalahan yang berarti. Karena kapal pada umumnya berbeda dengan standar yang ada dengan perbedaan tertentu, lebih besar maupun lebih kecil maka harus dilakukan koreksi, adapun koreksi tersebut adalah sebagai berikut :

• Koreksi LCB

Semua kurva C_R tersebut dimaksudkan untuk kapal yang letak titik benam memanjangnya dekat dengan letak yang saat ini dipandang sebagai letak yang terbaik dan memungkinkan. Letak LCB yang optimum merupakan kuantitas yang masih agak meragukan dan semua kepustakaan yang ada menunjukkan pendapat yang berbeda sehingga memberikan gambaran yang membingungkan, namun demikian ketergantungan tahanan kapal pada LCB nampak jelas pada kecepatan tinggi.

Sebagai upaya untuk mengatasi kerancuan tersebut maka semua informasi yang ada dikumpulkan dan diringkas dalam diagram $LCB_{standar}$ dalam buku *Tahanan dan Propulsi Kapal*. Sebagaimana disebutkan sebelumnya, karena letak $LCB_{standar}$ dianggap merupakan letak yang memberikan hambatan yang paling kecil maka letak yang lain pada prinsipnya akan memberikan hambatan yang lebih besar. Adapun nilai koreksi tersebut adalah :

$$10^3 C_R = 10^3 C_{R(standar)} + \frac{\partial 10^3 C_R}{\partial LCB} |\Delta LCB|$$

• Koreksi B/T

Karena diagram tersebut dibuat berdasarkan ratio lebar/sarat (B/T) = 2,5 maka harga C_R untuk kapal yang mempunyai ratio B/T lebih besar atau lebih kecil dari pada harga tersebut harus dikoreksi.

Berdasarkan hasil pemeriksaan materi pengujian yang ada saat ini disarankan memakai rumus koreksi berikut ini :

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

Hasil koreksi ini dapat mempunyai harga yang negatif atau positif.

• **Koreksi Bentuk Penampang Melintang**

Sebagaimana disebutkan sebelumnya, kurva tahanan yang diperoleh berdasarkan diagram $L/\nabla^{1/2}$ dan ITTC – 57 dalam buku *Tahanan dan Propulsi Kapal* (hal. 120 – 128) dianggap berlaku untuk kapal yang mempunyai bentuk “standar”, yaitu penampangnya bukan benar-benar berbentuk [U] ataupun [V]. Karenanya dalam menghitung daya efektif untuk perancangan awal umumnya tidak diperlukan koreksi untuk bentuk penampang badan kapal.

Jika penampang tersebut merupakan penampang [U] atau [V] yang ekstrim maka untuk harga $10^3 C_R$ dapat dikoreksi sebagai berikut :

Haluan	Ekstrim U	Ekstrim V
	- 0,1	+ 0,1
Buritan	Ekstrim U	Ekstrim V
	+ 0,1	- 0,1

Koreksi ini berlaku untuk kecepatan $V/\sqrt{g.L}$ dalam rentang 0,20 ~ 0,25. Selain itu, bentuk standar harus dipandang sebagai bentuk yang mempunyai garis yang dirancang dengan baik, jika garis perancangan tersebut harus di ubah untuk menyesuaikan kebutuhan operasional kapal atau besarnya daya harus diberikan kelonggaran, maka disarankan agar C_R di naikkan sebesar 10% dan untuk garis perancangan yang tidak optimal diberikan 20%.

• **Koreksi Anggota Badan Kapal**

- Daun kemudi : Tidak ada koreksi, karena bentuk standar sudah mencakup daun kemudi.
- Lunas Bilga : Tidak ada koreksi.
- Boss Propeller : Untuk bentuk kapal penuh, $C_R = 3\% \sim 5\%$
- Bracket & poros Prop. : Untuk bentuk kapal ramping, $C_R = 5\% \sim 8\%$

• **Koreksi Tahanan Tambahan**

Pemberian koreksi pada C_{F5} untuk kapal merupakan cara yang umum dilakukan dalam praktek dan sudah bertahun-tahun lamanya diterapkan untuk memperhitungkan pengaruh

kekasaran permukaan kapal mengingat bahwa permukaan kapal tidak akan pernah semulus permukaan model.

Untuk kapal dengan ukuran	$L \leq 100 \text{ m} \rightarrow$	$10^3 C_A = 0,40$
	$L = 150 \text{ m} \rightarrow$	$10^3 C_A = 0,20$
	$L = 200 \text{ m} \rightarrow$	$10^3 C_A = 0$
	$L = 250 \text{ m} \rightarrow$	$10^3 C_A = -0,20$
	$L \geq 300 \text{ m} \rightarrow$	$10^3 C_A = -0,30$

• **Koreksi Anggota Badan Kapal**

Koreksi pada anggota badan kapal, digunakan rumus sebagai berikut :

$$C_F = C_F \frac{S_1}{S}$$

Dimana : S = Luas permukaan basah badan kapal.

S_1 = Permukaan basah badan dan anggota badan kapal.

• **Koreksi Tahanan Udara dan Kemudi**

Koreksi tahanan udara = $10^3 C_{AA} = 0.13$

Koreksi tahanan kemudi = $10^3 C_{AS} = 0.04$

• **Koreksi Pelayaran Dinas (*Sea Margin*)**

Tahanan dan daya efektif yang dihitung dengan memakai diagram yang diberikan disini berlaku untuk kapal dalam kondisi pelayaran percobaan, yaitu untuk kondisi ideal dari segi angin, gelombang, kedalaman air dan kemulusan badan kapal. Untuk kondisi rata-rata pelayaran dinas harus diberikan kelonggaran tambahan pada tahanan dan daya efektif yang disebabkan oleh angin, laut, korosi dan *fouling* pada badan kapal.

Tambahan kelonggaran ini sangat tergantung pada jalur pelayaran, kelonggaran rata-rata untuk pelayaran dinas (kadang-kadang disebut *sea margin* atau *service margin*) untuk tahanan atau daya efektif diusulkan sebagai berikut :

- Jalur pelayaran Atlantik Utara, ke Timur, untuk musim panas 15% dan musim dingin 20%.
- Jalur pelayaran Atlantik Utara, ke Barat, untuk musim panas 20% dan musim dingin 30%.
- Jalur pelayaran Pasifik, 15% ~ 30%.
- Jalur pelayaran Atlantik Selatan dan Australia, 12% ~ 18%.
- Jalur pelayaran Asia Timur, 15% ~ 20%.

1.3. Data-data Kapal

Dimensi ukuran utama kapal Ferry ro-ro 500 GRT adalah :

Panjang keseluruhan kapal	L_{OA}	=	45,05	m
Panjang antara garis tegak kapal	L_{PP}	=	40,15	m
Panjang antara garis air	L_{WL}	=	42,00	m
Lebar kapal	B	=	12,00	m
Tinggi kapal	H	=	3,20	m
Sarat air kapal	T	=	2,15	m
Kecepatan	V_s	=	11	knot
Displasemen	Δ	=	743,236	Ton
Volume displasemen	∇	=	725,109	m^3
Koefisien blok	C_b	=	0,70	
Koefisien penampang tengah	C_m	=	0,986	
Koefisien prismatic	C_p	=	0,709	
Koefisien garis air	C_w	=	0,789	
A.B.K		=	18 orang	

Penumpang :

Penumpang VIP	=	40	orang
Penumpang Ekonomi	=	149	orang
Penumpang Tatami	=	25	orang
Jumlah Penumpang	=	214	orang

Kendaraan

Truck	=	12	unit
Sedan	=	7	unit

1.4. Perhitungan Koefisien-koefisien Kapal

Displacement (Δ)

$$\begin{aligned}\Delta &= L_{PP} \times B \times T \times C_b \times \gamma \\ &= 40,15 \times 12 \times 2,15 \times 0,70 \times 1,025\end{aligned}$$

$$\Delta = 743,236 \text{ ton}$$

Midship Section Area Coefficient (C_m)

$$\begin{aligned}C_m &= 0,93 + 0,08 \times C_b \\ &= 0,93 + 0,08 \times 0,70 \\ C_m &= 0,986\end{aligned}$$

Midship Section Area (A_m)

$$\begin{aligned}A_m &= B \times T \times C_m \\ &= 12 \times 2,15 \times 0,986 \\ A_m &= 25,438 \text{ m}^2\end{aligned}$$

Prismatic Coefficient (C_p)

$$\begin{aligned}C_p &= \frac{C_b}{C_m} \\ &= \frac{0,70}{0,986} \\ C_p &= 0,709\end{aligned}$$

Water-plane Coefficient (C_w)

$$\begin{aligned}C_w &= 0,18 + (0,86 \times C_p) \\ &= 0,18 + (0,86 \times 0,709) \\ C_w &= 0,789\end{aligned}$$

Water-plane Area (A_{wl})

$$\begin{aligned}A_{wl} &= L_{pp} \times B \times C_w \\ &= 40,15 \times 12 \times 0,789 \\ A_{wl} &= 380,14 \text{ m}^2\end{aligned}$$

Luas Permukaan Basah Kapal (S)

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

Dimana :

$$\begin{aligned}\delta_{pp} &= \frac{C_b \times LOA}{L_{wl}} \\ &= \frac{0,70 \times 45,50}{42,00} \\ \delta_{pp} &= 0,758\end{aligned}$$

$$S = 1,025 \times 40,15 (0,758 \times 12 + 1,7 \times 2,15)$$

$$S = 524,751 \text{ m}^2$$

Luas Permukaan Basah sepanjang garis air (S')

$$S' = 1,025 \times L_{WL} (\delta_{pp} \times B + 1,7 \times T)$$

$$= 1,025 \times 42,00 (0,758 \times 12 + 1,7 \times 2,15)$$

$$S' = 548,93 \text{ m}^2$$

Ratio S/S'

$$\frac{S}{S'} = \frac{524,751}{548,93}$$

$$= 0,955$$

Volume Displacement (∇ Displ)

$$\nabla \text{ Displ} = L_{pp} \times B \times T \times C_b$$

$$= 40,15 \times 12 \times 2,15 \times 0,70$$

$$= 725,109 \text{ m}^3$$

Perbandingan lebar dan sarat kapal (B/T)

$$B/T = \frac{12}{2,15}$$

$$= 5,581$$

1.5. Perhitungan Tahanan Kapal Pada Kecepatan 12 Knot

1. Froude Number (Fn)

$$F_n = \frac{V_s}{\sqrt{g \times L_{wl}}}$$

Dimana :

$$V_s = \text{Kecepatan kapal dalam m/det}$$

$$= 11 \times 0,5144 \text{ m/det}$$

$$= 5,658 \text{ m/det}$$

$$g = \text{Gaya grafitasi}$$

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

Maka :

$$F_n = \frac{5,658}{\sqrt{9,81 \times 42,00}}$$

$$= 0,28$$

2. $V_s = 11$ knot

3. $V_s = 11 \times 0,5144$ m/det
 $= 5,658$ m/det

4. $V_s^2 = 32,013$ m²/det²

5. $\frac{1}{2} \cdot \rho \cdot S \cdot V_s^2$

Dimana :

$\rho =$ Massa jenis (kg.det²/m⁴)

$= 104,49$ kg.det²/m⁴

$S =$ Luas permukaan basah kapal

$= 524,751$ m²

Maka :

$\frac{1}{2} \cdot \rho \cdot S \cdot V_s^2 = 0,5 \times 104,49 \times 524,751 \times 32,013$

$= 877656,11$ kg

$= 8609806,44$ N

6. Residual Coefficient ($10^{-3}C_R$)

Residual coefficient atau tahanan sisa (C_R) dapat diperoleh dari grafik yang merupakan fungsi dari perbandingan panjang-volume ($L/\nabla^{1/3}$) dan bilangan froude (F_n).

Diketahui :

$L_{WL} = 42,00$ m

$\nabla = 725,109$ m³

$L/\nabla^{1/3} = 4,67$

Nilai C_R untuk kapal standar didapat dari gambar 5.5.6 dan 5.5.7 (Ref. hal 121-122)

$L/\nabla^{1/3} = 4,50$ $F_n = 0,28$ $10^3 C_R = 4,21$

$L/\nabla^{1/3} = 5,00$ $F_n = 0,28$ $10^3 C_R = 3,95$

$L/\nabla^{1/3} = 4,67$ $F_n = 0,28$ $10^3 C_R = \dots$

$$10^3 C_R = 4,21 + \left[\frac{(4,67 - 4,50)}{(5,00 - 4,50)} \right] \times (3,95 - 4,21)$$

$10^3 C_R = 4,12$

$C_R = 4,12 \cdot 10^{-3}$

7. Koreksi B/T

Grafik harga C_R untuk kapal yang mempunyai rasio lebar sarat kapal lebih besar atau lebih kecil $B/T = 2,5$ harus dikoreksi dengan rumus berikut :

$$10^3 C_R = 10^3 C_{R(B/T=2,5)} + \underbrace{0,16(B/T - 2,5)}_{\text{koreksi}} \quad (\text{Ref.hal 119})$$

Harga koreksi tersebut dapat positif dan negative.

Beam draft ratio kapal B/T = 4,16, maka koreksi sebagai berikut :

$$\begin{aligned} 10^3 C_R &= 0,16 (B/T-2,5) \\ 10^3 C_R &= 0,16 (5,581-2,5) \\ &= 0,49 \end{aligned}$$

Sehingga koreksi harga C_R dikarenakan adanya perbedaan B/T = $0,49 \cdot 10^{-3}$

8. Koreksi LCB (Longitudinal Centre of Buoyancy).

Koreksi lain untuk tahanan sisa adalah :

$$\Delta LCB = LCB - LCB_{\text{standar}} \quad (\text{LCB dalam \% Lpp}) \quad (\text{Ref.hal 130})$$

Dimana :

$$LCB_{\text{standar}} = 2,8 \% \quad (\text{Berdasarkan gbr 5.5.15})$$

$$\begin{aligned} LCB &= \frac{LCB \times L_{PP}}{100} \\ &= \frac{2,8 \times 40,15}{100} \end{aligned}$$

$$LCB = 1,12 \%$$

$$\begin{aligned} \Delta LCB &= 1,12 \% - 2,8 \% \\ &= -1,68 \% \end{aligned}$$

Faktor ($\delta 10^3 C_R / \delta LCB$) untuk tiap 1% LCB didapat dari :

$$\frac{\delta 10^3 C_R}{\delta} = 0,38 \quad (\text{Berdasarkan gbr 5.5.16}) \quad (\text{Ref.hal 130})$$

$$\begin{aligned} \text{Koreksi terhadap } 10^3 C_R &= \frac{\delta 10^3 C_R}{\delta LCB} \times \Delta LCB \\ &= 0,38 \times (-1,68) \\ &= 0,64 \end{aligned}$$

Sehingga koreksi harga C_R akibat ada perbedaan LCB = $0,64 \cdot 10^{-3}$

9. Koreksi Bentuk Penampang Depan dan Belakang

$$\text{Koreksi } C_R = 0 \quad (\text{bentuk standart}) \quad (\text{Ref.hal 131})$$

10. Koreksi Bentuk Haluan

$$\text{Koreksi } C_R = 0 \quad (\text{karena kapal dengan haluan orthodox tanpa bulb})$$

11. Koreksi anggota badan kapal (Ref.hal 132)

- a. Daun kemudi = Tidak ada koreksi, karena kapal standart telah memasukkan terpasangnya daun kemudi.

- b. Lunas bilga = Tidak ada koreksi
- c. Boss baling-baling = Harga C_R dinaikkan 3%-5%
 $= 4,12 \times 5\%$
 $= 0,20$

Sehingga koreksinya menjadi $0,20 \cdot 10^{-3}$

- d. Shaft Propeller = Harga C_R dinaikkan 5%-8%
 $= 4,12 \times 8\%$
 $= 0,32$

Sehingga koreksinya menjadi $0,32 \cdot 10^{-3}$

Jadi, koreksi anggota badan kapal

$$10^3 C_R = (0) + (0) + (0,20) + (0,32)$$

$$= 0,52$$

Sehingga koreksi C_R menjadi $0,52 \cdot 10^{-3}$

12. Resultan $10^3 C_R$

$$10^3 C_R = \text{No. 6} + \text{No. 7} + \text{No. 8} + \text{No. 9} + \text{No. 10} + \text{No. 11}$$

$$= 4,12 + 0,49 + 0,67 + 0 + 0 + 0,52$$

$$= 5,8$$

Jadi harga C_R menjadi $5,8 \cdot 10^{-3}$

13. Reynolds Number (R_n)

$$R_n = \frac{V_s \times L_{WL}}{u}$$

$$= \frac{8,23 \times 42,00}{1,1883 \times 10^{-6}}$$

$$= 199,979 \times 10^6$$

14. Koefisien tahanan gesek (C_F)

Koefisien tahanan gesek dapat dihitung dengan memakai.

$$C_F = \frac{0,075}{(\log_{10} R_n - 2)^2} \quad (\text{Ref.hal 119})$$

$$= \frac{0,075}{(\log_{10} 199,979 \times 10^6 - 2)^2}$$

$$= 1,89 \cdot 10^{-3}$$

Atau dapat diperoleh dari gambar 5.5.14 (Ref.hal. 129) yang merupakan fungsi dari panjang kapal (L_{WL}) dan Kecepatan (V_s).

$$L_{WL} = 42,00 \text{ m} \quad V_s = 5,00 \text{ m/dt} \quad 10^3 C_F = 1,93$$

$$L_{WL} = 42,00 \text{ m} \quad V_s = 6,00 \text{ m/dt} \quad 10^3 C_F = 1,88$$

$$L_{WL} = 42,00 \text{ m} \quad V_s = 5,658 \text{ m/dt } 10^3 C_F = \dots$$

$$10^3 C_F = 1,93 + \left[\frac{(5,658 - 5,00)}{(6,00 - 5,00)} \right] \times (1,88 - 1,93)$$

$$10^3 C_F = 1,89$$

Sehingga C_F menjadi $1,89 \cdot 10^{-3}$

15. Koreksi C_F

$$10^3 C_F = \frac{S'}{S} \times 10^3 C_F \quad (\text{Ref.hal 132})$$

$$= \frac{548,93}{524,751} \times 1,89$$

$$10^3 C_F = 1,98$$

16. Tahanan Tambahan (C_A)

Untuk kapal $L \leq 100 \text{ m}$ (Ref.hal 132)

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

17. Tahanan Udara (C_{AA})

$$C_{AA} = 0,07 \cdot 10^{-3} \quad (\text{Ref.hal 132})$$

18. Tahanan Kemudi (C_{AS})

$$C_{AS} = 0,04 \cdot 10^{-3} \quad (\text{Ref.hal 132})$$

19. Koefisien Tahanan Total (C_T)

$$\begin{aligned} 10^3 C_T &= C_R + C_F + C_A + C_{AA} + C_{AS} \\ &= 5,77 + 1,98 + 0,4 + 0,07 + 0,04 \\ &= 8,26 \end{aligned}$$

Sehingga C_T menjadi $8,26 \cdot 10^{-3}$

20. Tahanan total (R_T)

$$\begin{aligned} R_T &= C_T \left(\frac{1}{2} \rho \cdot S \cdot V_s^2 \right) \quad (\text{Ref.hal 133}) \\ &= 8,26 \cdot 10^{-3} \times 877656,11 \text{ kg} \\ &= 7249,44 \text{ kg} \\ &= 71117,01 \text{ N} \end{aligned}$$

1.6. Perhitungan Daya-daya Mesin dan Pemilihan Penggerak Kapal

1. Efektif Horse Power (EHP)

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

$$EHP = \frac{V_s \times R_T}{75} \quad (\text{Ref.hal 52})$$

$$= \frac{5,658 \times 7249,44}{75}$$

$$= 546,90 \text{ HP}$$

2. Shaft Horse Power (SHP)

$$\text{SHP} = \frac{1}{2} \times \frac{1}{\text{P.C}} \times \text{EHP} \quad (\text{Ref.hal 78})$$

$$\text{P.C} = \eta_H \times \eta_{rr} \times \eta_o \quad (\text{Ref.hal 79})$$

Dimana :

$$\eta_o = \text{Efisiensi baling-baling dari percobaan model (0,50-0,65)}$$

$$= 0,65$$

$$\eta_{rr} = \text{Efisiensi rotari relative (twin screw } < 1,00 \approx \pm 0,985 \text{)}$$

$$= 0,985$$

$$\eta_H = \text{Efisiensi Lambung Kapal}$$

$$\eta_H = \frac{(1-t)}{(1-w)}$$

- Faktor arus ikut (w) menurut *Taylor* untuk kapal berbaling-baling ganda (twin screw)

$$w = -0,20 + (0,55 \times C_b)$$

$$= -0,20 + (0,55 \times 0,70)$$

$$= 0,185$$

- Faktor pengisapan (t), rumus pendekatan *Taylor*, $t \approx w$

$$\eta_H = \frac{(1-t)}{(1-w)}$$

$$= \frac{(1-0,185)}{(1-0,185)}$$

$$= 1$$

Jadi :

$$\text{P.C} = \eta_H \times \eta_{rr} \times \eta_o$$

$$= 1 \times 0,985 \times 0,65$$

$$= 0,64 \approx 64\%$$

Maka, Shaft Horse Power (SHP)

$$\text{SHP} = \frac{1}{2} \times \frac{1}{\text{P.C}} \times \text{EHP}$$

$$= \frac{1}{2} \times \frac{1}{0,64} \times 546,90 \text{ HP}$$

$$= 427,26 \text{ HP}$$

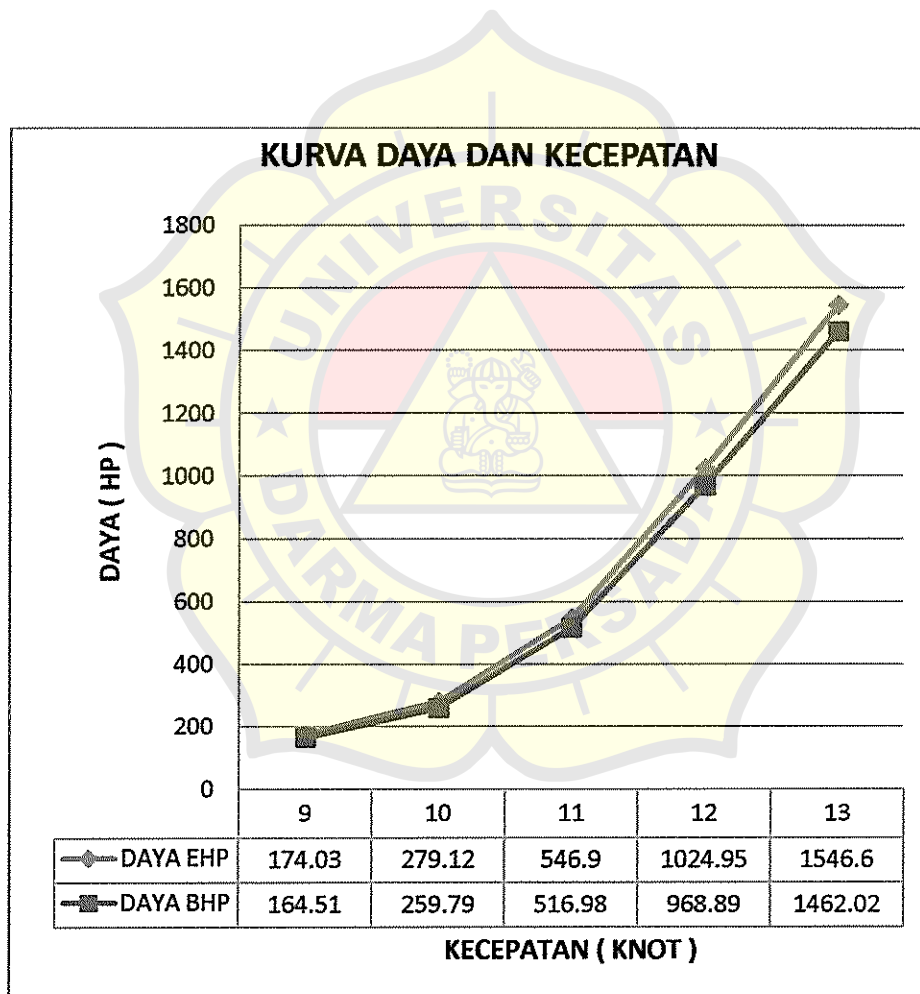
3. Brake Horse Power (BHP)

(Ref.hal 79)

Daya yang diperlukan mesin induk yang digunakan sebagai penggerak kapal, biasanya diambil ketentuan kerugian daya karena ada gesekan-gesakan pada :

- 3% kerugian daya di gear box
- 3% letak kamar mesin di belakang
- 15% penambahan sea margin

$$\begin{aligned} \text{BHP} &= \text{SHP} + (\text{gear box} + \text{kerugian daya poros} + \text{sea margin})\% \\ &= 427,26 + (3 + 3 + 15)\% \\ &= 516,98 \text{ HP} \\ &= 380,24 \text{ KW} \end{aligned}$$

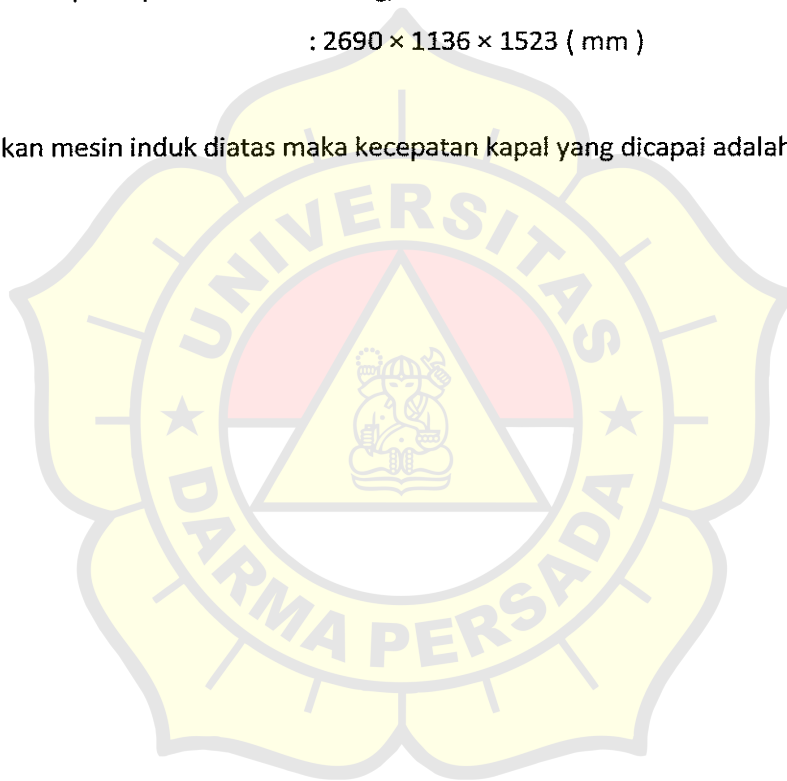


Dari kurva diatas, maka dapat ditentukan besarnya daya mesin yang digunakan untuk kapal rancangan.

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

- Merk	: YANMAR DIESEL
- Type	: 6 NY16-ST
- Jumlah silinder	: 6
- Bore & Stroke	: 160 x 200 (mm)
- Daya	: 550 HP (405 KW)
- Putaran Mesin	: 1350 Rpm
- Berat mesin	: 1350 Kg
- Konsumsi bahan bakar (Sfoc)	: 211 g/kW h
- Dimensi	: 2690 × 1136 × 1523 (mm)

Dengan menggunakan mesin induk diatas maka kecepatan kapal yang dicapai adalah sebesar 11,1 knot



Tabel Perhitungan Daya Mesin Kapal Pada 5 Kecepatan

No.	RUMUS	Satuan / Sumber Rumus	Kecepatan - Knot				
			9	10	11	12	13
1.	V_s	Knot	9	10	11	12	13
2.	V_s	m / dt	4,629	5,144	5,658	6,173	6,687
3.	V_s^2	m^2 / dt^2	21,427	26,46	32,013	38,106	44,715
4.	$F_n = V / g L$		0,23	0,25	0,28	0,30	0,33
5.	$1/2 \cdot p \cdot S \cdot V^2$	Kg	587434,40	725417,20	877656,11	1044699,46	1225689,27
6.	$10^3 C_R (L / V^{13})$	Gbr. 5.5.6 - 5.5.7	1,52	2,11	4,12	6,99	8,43
7.	Koreksi B/T	5.5.17	0,49	0,49	0,49	0,49	0,49
8.	Koreksi LCB	Gbr 5.5.15 - 5.5.16	0,06	0,23	0,64	1,06	1,80
9.	Koreksi Grs.Penampang	5.5.20	0	0	0	0	0
10.	Koreksi Bentuk Haluan	5.5.21	0	0	0	0	0
11.	Koreksi Anggota Badan	5.5.22	0,19	0,27	0,52	0,91	0,99
12.	Resultan $10^3 C_R$	$6 + 7 + 8 + 9 + 10 + 11$	2,26	3,10	5,77	9,45	11,71
13.	$10^6 R_n$	V.L / v	163,610	181,813	199,979	218,182	236,349
14.	$10^3 C_F$ ITTC - 1957	Gbr.5.5.14	1,94	1,92	1,89	1,87	1,85
15.	$10^3 C_F'$	$S' / S \times 10^3 C_F$	2,03	2,00	1,98	1,96	1,93
16.	$10^3 C_A$	5.5.23	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
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.	$10^3 C_T = C_R + C_F + C_A + C_{AA} + C_{AS}$	$12 + 15 + 16 + 17 + 18$	4,80	5,61	8,26	11,92	14,15
20.	$R_T = C_T 1/2 \cdot p \cdot S \cdot V^2$	Kg	2819,68	4069,60	7249,44	12452,82	17346,33
21.	$EHP = V \cdot R_T / 75$	HP	174,03	279,12	546,90	1024,95	1546,60
22.	PC		0,64	0,64	0,64	0,64	0,64
23.	$SHP = 1/2 \cdot EHP / PC$	HP	135,96	218,06	427,26	800,74	1208,28
24.	BHP	HP	164,51	263,85	516,98	712,62	1462,02

II.2. Penentuan Ukuran Utama Baling-Baling Kapal

Baling-baling adalah suatu alat penggerak kapal yang dapat menghasilkan daya dorong yang melebihi hambatan total kapal, sehingga kapal dapat bergerak dengan kecepatan yang direncanakan. Sebagai alat penggerak kapal, kondisi kerja baling-baling dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti ; hubungan kerjanya dengan lambung kapal, pengaruh kavitasi, bentuk dan ukuran geometris baling-baling tersebut.

Kapal yang sedang berlayar merupakan suatu benda yang bergerak di air dan udara. Pada saat kapal bergerak maka dengan sendirinya kapal tersebut akan mengalami gaya lawan (*Resisting Force*) dari media yang dilaluinya. Gaya yang menahan tersebut harus diatasi dengan gaya dorong ke depan yang diberikan oleh suatu mekanisme penghasil gaya dorong. Mekanisme demikian adalah baling-baling. Baling-baling ini menghasilkan gaya dorong searah dengan gerakan kapal. Gaya dorong ini ditimbulkan dari gaya angkat (*lift*) yang timbul pada semua bagian yang bergerak.

Sistim propulsi yang terdiri dari propulsi (baling-baling kapal), mesin penggerak dan badan kapal (*hull*) harus dirancang yang paling efisien. Yaitu, jumlah energi yang diperlukan untuk gaya dorong kapal harus sekecil mungkin. Dengan kata lain, semua elemen dalam dari sistim propulsi harus saling secocok mungkin. Sementara itu, kapal harus mempunyai kemampuan olah gerak dan menghasilkan kerja yang baik.

Adapun beberapa hal yang berpengaruh terhadap perencanaan baling-baling kapal adalah antara lain :

- Diameter baling-baling optimum.
- *Thrust Horse Power*.
- Putaran baling-baling.
- Jumlah daun baling-baling.
- Efek kavitasi terhadap baling-baling.
- Kekuatan baling-baling.

2.1 Perencanaan Baling-Baling Kapal

Perencanaan penentuan dimensi baling-baling akan sangat menentukan terhadap hasil kinerja kapal rancangan. Adapun perencanaan baling-baling yang dipilih adalah memakai baling-baling type "B" Wageningen sedangkan perencanaannya memakai B_p - δ diagram dari baling-baling tipe "B-4" hasil dari Open Water Test di Netherland Ship Model Basin (NSMB) (sekarang berganti nama Maritime Research Institute Netherland = MARIN). Langkah-langkah perencanaannya sebagai berikut :

1. Diameter Optimum, Pitch Ratio dan Propeller Efficiency

Koefisien Baling-Baling

Untuk Menentukan koefisien baling-baling menggunakan rumus, yaitu :

$$Bp = \frac{N_K \times \sqrt{SHP}}{Va^{2.5}} \quad (\text{Ref.hal 94})$$

Dimana :

N_K = Putaran baling-baling setelah dikoreksi (Nm)

SHP = Shaft Horse Power (HP-British)

Va = Advance speed of propeller (knot)

1. 1 Koreksi RPM Baling-baling (N_K)

Karena memakai Bp- δ diagram maka dilakukan koreksi Scale effect untuk N sebesar 2%

Rpm = Putaran mesin utama kapal rancangan
= 1350 rpm

Reduction gear yang dipilih 1 : 3,11

$$N_{\text{baling2}} = \frac{1350}{3,11} \\ = 434,08 \text{ rpm.}$$

N_K = 0,98 x 434,08 (koreksi scale effect 2%)
= 425,40 rpm.

Dari perhitungan diatas ditetapkan harga N = 425,40 rpm.

1.2 Shaft Horse Power (SHP)

Untuk menentukan Shaft Horse Power (SHP) digunakan beberapa koreksi, yaitu :

- Koreksi 3% untuk gear box

- Koreksi 3 % untuk letak kamar mesin dibelakang

- Koreksi HP Metric ke HPBritish = $\frac{75}{76}$

- Koreksi density dari air tawar ke air laut = $\frac{1.000}{1.025}$

Maka :

$$\begin{aligned} \text{SHP} &= (550 - (3 + 3 + 15) \%) \times \frac{75}{76} \times \frac{1.000}{1.025} \\ &= (550 - (21) \%) \times \frac{75}{76} \times \frac{1.000}{1.025} \\ &= 418,32 \text{ HP.} \end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas ditetapkan harga SHP = 494,38 HP.

1.3 Advance Speed of Propeller (Va) (Ref.hal 82)

Untuk menentukan *advance speed of propeller* dari kapal rancangan digunakan rumus :

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

Dimana :

V_a = Advance speed of propeller (Knot).

w = Wake Friaction
= 0,185

V_s = Kecepatan kapal rancangan.
= 11,1 knot

Maka :

$$\begin{aligned} V_a &= 11,1 (1 - 0,185) \\ &= 9,05 \text{ Knot.} \end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas ditetapkan harga $V_a = 9,05$ Knot.

Maka :

$$\begin{aligned} B_p &= \frac{N_K \times \sqrt{\text{SHP}}}{V_a^{2.5}} \\ &= \frac{425,40 \times \sqrt{418,32}}{9,05^{2.5}} \\ &= 52,09 \end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas ditetapkan harga $B_p = 35,31$

2. Diameter Optimum (Do) (Ref.hal 94)

Untuk menentukan Diameter Optimum (Do) digunakan rumus :

$$D_o = \frac{\delta_k \times V_a}{N_K}$$

Dimana :

D_o = Diameter Optimum.

δ_k = Koreksi Advance Coefficient.

V_a = Advance Speed dari propeller.
= 9,05 knot.

N_k = Koreksi Putaran baling-baling
= 425,40 rpm.

- Maka Diameter Optimumnya (D_o) adalah :

- Untuk B4-40

Untuk menentukan harga δ dari $B_p = 35,31$ maka dapat diperoleh dari Bp- δ diagram pada gbr. 115 (Ref.hal 414) :

$$\delta = 236$$

Koreksi dari Open Condition menjadi Behind Condition sebesar 3%

$$\delta = 228,92$$

Hasil dari Bp- δ diagram :

$$\eta_p \text{ (efisiensi propeller)} = 57,5\%$$

$$H_o/D \text{ (Pitc ratio)} = 0,65$$

Maka :

$$D_o = \frac{\delta_k \times V_a}{N_k}$$

$$D_o = \frac{228,92 \times 9,05}{425,40} = 4,87 \text{ feet dijadikan } m = \times 0,3048$$

$$= 1,48 \text{ m}$$

- Untuk B4-55

Untuk menentukan harga δ dari $B_p = 35,31$ maka dapat diperoleh dari Bp- δ diagram pada gbr. 116 (Ref.hal 414) :

$$\delta = 234$$

Koreksi dari Open Condition menjadi Behind Condition sebesar 3%

$$\delta = 226,98$$

Hasil dari Bp- δ diagram :

$$\eta_p \text{ (efisiensi propeller)} = 56,5 \%$$

$$\text{Ho/D (Pirc ratio)} = 0,67$$

Maka :

$$D_o = \frac{\delta_k \times Va}{N_K}$$

$$D_o = \frac{226,98 \times 9,05}{425,40} = 4,83 \text{ feet dijadikan } m = \times 0,3048$$
$$= 1,47 \text{ m}$$

- Untuk B4-70

Untuk menentukan harga δ dari Bp = 52,09 maka dapat diperoleh dari Bp- δ diagram pada gbr. 117 (Ref. 12, hal 415) :

$$\delta = 223$$

Koreksi dari Open Condition menjadi Behind Condition sebesar 3%

$$\delta = 216,31$$

Hasil dari Bp- δ diagram :

$$\eta_p \text{ (efisiensi propeller)} = 53,8 \%$$

$$\text{Ho/D (Pirc ratio)} = 0,76$$

Maka :

$$D_o = \frac{\delta_k \times Va}{N_K}$$

$$D_o = \frac{216,31 \times 9,05}{425,40} = 4,60 \text{ feet dijadikan } m = \times 0,3048$$
$$= 1,40 \text{ m}$$

- Untuk B4-85

Untuk menentukan harga δ dari Bp = 35,31 maka dapat diperoleh dari Bp- δ diagram pada gbr. 118 (Ref.hal 415) :

$$\delta = 219$$

Koreksi dari Open Condition menjadi Behind Condition sebesar 3%

$$\delta = 212,43$$

Hasil dari Bp- δ diagram :

$$\eta_p \text{ (efisiensi propeller)} = 53,9 \%$$

$$Ho/D \text{ (Pitc ratio)} = 0,79$$

Maka :

$$D_o = \frac{\delta_k \times V_a}{N_K}$$

$$D_o = \frac{212,43 \times 9,05}{425,40} = 4,52 \text{ feet dijadikan } m = \times 0,3048$$

$$= 1,38 \text{ m}$$

Untuk perencanaan baling-baling ini menggunakan perbandingan dari beberapa jenis *propeller* tipe B, yaitu B4-40, B4-55, B4-70 dan B4-85. Dari grafik Bp- δ diagram itu didapatkan untuk harga Bp = 52,09 adalah sebagai berikut :

No	Item	D	H/D	η_p
1	B4-40	1,48	0,65	57,5%
2	B4-55	1,47	0,67	56,5%
3	B4-70	1,40	0,76	53,8%
4	B4-85	1,38	0,79	53,9%

2.2 Perhitungan Kavitas

Untuk mengatasi atau mengurangi resiko kerusakan pada baling-baling akibat kavitasi, maka perlu dirancang bentuk dan dimensi baling-baling yang sesuai atau baling-baling bebas kavitasi.

Oleh sebab itu untuk menentukan diameter baling-baling yang optimal, bebas kavitasi, serta mempunyai efisiensi yang cukup baik, maka harus diadakan perhitungan-perhitungan untuk penentuan diameter baling-baling.

Kavitasi sendiri terjadi karena gejala menguapnya zat cair yang sedang mengalir, karena berkurangnya suatu tekanan sampai di bawah tekanan uap jenuhnya dimana ini berlangsung saat zat cair mengalir di daerah baling-baling kapal. Bila baling-baling ini mengalami kavitasi maka akan menimbulkan suara berisik dan getaran pada baling-baling yang mengurangi unjuk kerjanya secara optimum. Pemilihan ukuran baling-baling dengan resiko kavitasi terkecil dengan memakai diagram kavitasi (*Burrill*).

2.1 Konstanta Kavitasi

Untuk menentukan kavitasi pada propeller pada posisi $\sigma_{0,7}$ digunakan rumus:

$$\sigma_{0,7} = \frac{(P_o - e) - (0,7R \times \gamma)}{1/2 \cdot \rho \cdot \underbrace{(V_a^2 + (2\pi \cdot 0,7R \cdot n)^2)}_{v^2}} \quad (\text{Ref.hal 199})$$

Dimana :

- P_o = Beda tekanan statik pada sumbu *propeller*.
- ρ = Kerapatan air laut.
= 104,49 Kg.det²/m⁴.
- V_a = *Advance Speed* dari *propeller*.
= 9,05 Knot.
- n = Koreksi putaran baling-baling perdetik
= 7,09 Rps

Maka :

Beda Tekanan statik pada sumbu poros baling-baling (P_o) adalah :

- a. Sarat air kapal (Draft) $T = 2,15 \text{ m}$
- b. Tinggi sumbu poros baling² thd garis dasar kapal $\underline{h_1 = 0,75 \text{ m} -}$
= 1,40 m
- c. Tinggi Gelombang ($3/4 \% L_{pp}$) $\underline{h_2 = 0,30 \text{ m} +}$
Water head diatas garis/sumbu poros baling² = 1,70 m
- d. Tekanan hydrostatis pada garis/sumbu poros
baling² di air laut ($1,70 \text{ m} \times 1025 \text{ kg/m}^3$) = 1742,5 kg/m²
- e. (tekanan atmosfer) – (vapour pressure = e) $\underline{= 10100 \text{ kg/m}^2 +}$
(Tekanan statis digaris sumbu poros baling²) – (e) = 11842,5 kg/m²

Kavitasi sendiri terjadi karena gejala menguapnya zat cair yang sedang mengalir, karena berkurangnya suatu tekanan sampai di bawah tekanan uap jenuhnya dimana ini berlangsung saat zat cair mengalir di daerah baling-baling kapal. Bila baling-baling ini mengalami kavitasi maka akan menimbulkan suara berisik dan getaran pada baling-baling yang mengurangi unjuk kerjanya secara optimum. Pemilihan ukuran baling-baling dengan resiko kavitasi terkecil dengan memakai diagram kavitasi (*Burrill*).

2.1 Konstanta Kavitasi

Untuk menentukan kavitasi pada propeller pada posisi $\sigma_{0,7}$ digunakan rumus:

$$\sigma_{0,7} = \frac{(P_o - e) - (0,7R \times \gamma)}{1/2 \cdot \rho \cdot \underbrace{(V\alpha^2 + (2\pi \cdot 0,7Rn)^2)}_{v^2}} \quad (\text{Ref. , hal 199})$$

Dimana :

- P_o = Beda tekanan statik pada sumbu *propeller*.
- ρ = Kerapatan air laut.
= 104,49 Kg.det²/m⁴.
- $V\alpha$ = *Advance Speed* dari *propeller*.
= 9,05 Knot.
- n = Koreksi putaran baling-baling perdetik
= 7,09 Rps

Maka :

Beda Tekanan statik pada sumbu poros baling-baling (P_o) adalah :

- | | | |
|---|-------|-----------------------------------|
| a. Sarat air kapal (Draft) | T | = 2,15 m |
| b. Tinggi sumbu poros baling2 thd garis dasar kapal | h_1 | = <u>0,75 m</u> -
= 1,40 m |
| c. Tinggi Gelombang (3/4 % Lpp) | h_2 | = <u>0,30 m</u> +
= 1,70 m |
| Water head diatas garis/sumbu poros baling2 | | |
| d. Tekanan hydrostatis pada garis/sumbu poros baling2 di air laut (1,70 m x 1025 kg/m ³) | | = 1742,5 kg/m ² |
| e. (tekanan atmosfer) – (vapour pressure = e) | | = <u>10100 kg/m²</u> + |
| (Tekanan statis digaris sumbu poros baling2) – (e) | | = 11842,5 kg/m ² |

Dari perhitungan ditetapkan harga $Po-e = 11842,5 \text{ kg/m}^2$.

Maka konstanta kavitasiya adalah :

- Untuk B4-40

$$\begin{aligned}\sigma_{0,7} &= \frac{11842,5 - (0,7 \times 0,74 \times 1025)}{0,5 \times 104,49 (9,05^2 + (2 \times 3,14 \times 0,7 \times 0,74 \times 7,09)^2)} \\ &= 0,35\end{aligned}$$

- Untuk B4-55

$$\begin{aligned}\sigma_{0,7} &= \frac{11842,5 - (0,7 \times 0,735 \times 1025)}{0,5 \times 104,49 (9,05^2 + (2 \times 3,14 \times 0,7 \times 0,735 \times 7,09)^2)} \\ &= 0,36\end{aligned}$$

- Untuk B4-70

$$\begin{aligned}\sigma_{0,7} &= \frac{11842,5 - (0,7 \times 0,70 \times 1025)}{0,5 \times 104,49 (9,05^2 + (2 \times 3,14 \times 0,7 \times 0,70 \times 7,09)^2)} \\ &= 0,39\end{aligned}$$

- Untuk B4-85

$$\begin{aligned}\sigma_{0,7} &= \frac{11842,5 - (0,7 \times 0,69 \times 1025)}{0,5 \times 104,49 (9,05^2 + (2 \times 3,14 \times 0,7 \times 0,69 \times 7,09)^2)} \\ &= 0,40\end{aligned}$$

2.2 Koefisien Gaya Dorong (τ)

Untuk menentukan koefisien gaya dorong ini digunakan rumus sebagai berikut :

$$\tau = \frac{T}{1/2 \cdot \rho \cdot Fp \cdot V^2}$$

Dimana :

• Penentuan Thrust (T)

Untuk menentukan *thrust* digunakan rumus-rumus sebagai berikut :

$$THP = \frac{T \cdot Va}{75} \rightarrow T = \frac{THP \cdot 75}{Va}$$

$$\eta_p = \frac{THP}{SHP} \rightarrow THP = \eta_p \cdot SHP$$

Maka :

$$T = \frac{SHP \times \eta_p \times 75}{V_a}$$

Dimana :

T = Thrust.

SHP = Shaft Horse Power = 418,32 HP.

η_p = Propulsive Efficiency.

V_a = Advance speed of propeller. = 9,05 knot

Maka :

- Untuk B4-40 dan $\eta_p = 57,5\%$

$$\begin{aligned} T &= \frac{418,32 \times 0,575 \times 75}{9,05} \\ &= 1993,37 \text{ kg} \end{aligned}$$

- Untuk B4-55 dan $\eta_p = 56,5\%$

$$\begin{aligned} T &= \frac{418,32 \times 0,565 \times 75}{9,05} \\ &= 1958,71 \text{ kg} \end{aligned}$$

- Untuk B4-70 dan $\eta_p = 53,8\%$

$$\begin{aligned} T &= \frac{418,32 \times 0,538 \times 75}{9,05} \\ &= 1865,11 \text{ kg} \end{aligned}$$

- Untuk B4-85 dan $\eta_p = 53,9\%$

$$\begin{aligned} T &= \frac{418,32 \times 0,539 \times 75}{9,05} \\ &= 1868,57 \text{ kg} \end{aligned}$$

- **Penentuan *Project Area of The Blade* (F_p)**

Untuk menentukan *project blade area* digunakan rumus yaitu :

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

- **Untuk B4-40**

Expanded Blade Ratio

$$\frac{F_a}{F} = 0,40 \rightarrow F_a = 0,40 \cdot F$$

Disc Area of The Screw (F)

$$\begin{aligned} F &= \frac{\pi}{4} \cdot D^2 \\ &= \frac{3,14}{4} \times (1,48)^2 \\ &= 1,72 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Expanded Blade Area (F_a)

$$F_a = 0,40 \times 1,72 = 0,69 \text{ m}^2$$

Jadi :

$$\begin{aligned} F_p &= (1,067 - (0,229 \times 0,65)) \times 0,69 \\ &= 0,63 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

- **Untuk B4-55**

Expanded Blade Ratio

$$\frac{F_a}{F} = 0,55 \rightarrow F_a = 0,55 \cdot F$$

Disc Area of The Screw (F)

$$\begin{aligned} F &= \frac{\pi}{4} \cdot D^2 \\ &= \frac{3,14}{4} \times (1,47)^2 \\ &= 1,70 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Expanded Blade Area (F_a)

$$F_a = 0,55 \times 1,70 = 0,93 \text{ m}^2$$

Jadi :

$$\begin{aligned} F_p &= (1,067 - (0,229 \times 0,67)) \times 0,93 \\ &= 0,85 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

- Untuk B4-70

Expanded Blade Ratio

$$\frac{Fa}{F} = 0,70 \rightarrow Fa = 0,70 \cdot F$$

Disc Area of The Screw (F)

$$\begin{aligned} F &= \frac{\pi}{4} \cdot D^2 \\ &= \frac{3,14}{4} \times (1,40)^2 \\ &= 1,54 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Expanded Blade Area (Fa)

$$Fa = 0,70 \times 1,54 = 1,08 \text{ m}^2$$

Jadi :

$$\begin{aligned} F_p &= (1,067 - (0,229 \times 0,76)) \times 1,08 \\ &= 0,96 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

- Untuk B4-85

Expanded Blade Ratio

$$\frac{Fa}{F} = 0,85 \rightarrow Fa = 0,85 \cdot F$$

Disc Area of The Screw (F)

$$\begin{aligned} F &= \frac{\pi}{4} \cdot D^2 \\ &= \frac{3,14}{4} \times (1,38)^2 \\ &= 1,49 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Expanded Blade Area (Fa)

$$Fa = 0,85 \times 1,49 = 1,27 \text{ m}^2$$

Jadi:

$$\begin{aligned} F_p &= (1,067 - (0,229 \times 0,79)) \times 1,27 \\ &= 1,12 \end{aligned}$$

Maka koefisien gaya dorongnya (τ) adalah :

- Untuk B4-40

$$\begin{aligned} \tau &= \frac{T}{1/2 \cdot \rho \cdot F_p \cdot V^2} \\ \tau &= \frac{1993,37}{(0,5 \times 104,49 \times 0,63 (2 \times 3,14 \times 0,7 \times 0,74 \times 7,09)^2)} \\ &= 0,114 \end{aligned}$$

- Untuk B4-55

$$\begin{aligned} \tau &= \frac{T}{1/2 \cdot \rho \cdot F_p \cdot V^2} \\ \tau &= \frac{1958,71}{(0,5 \times 104,49 \times 0,85 (2 \times 3,14 \times 0,7 \times 0,735 \times 7,09)^2)} \\ &= 0,084 \end{aligned}$$

- Untuk B4-70

$$\begin{aligned} \tau &= \frac{T}{1/2 \cdot \rho \cdot F_p \cdot V^2} \\ \tau &= \frac{1865,11}{(0,5 \times 104,49 \times 0,96 (2 \times 3,14 \times 0,7 \times 0,70 \times 7,09)^2)} \\ &= 0,078 \end{aligned}$$

- Untuk B4-85

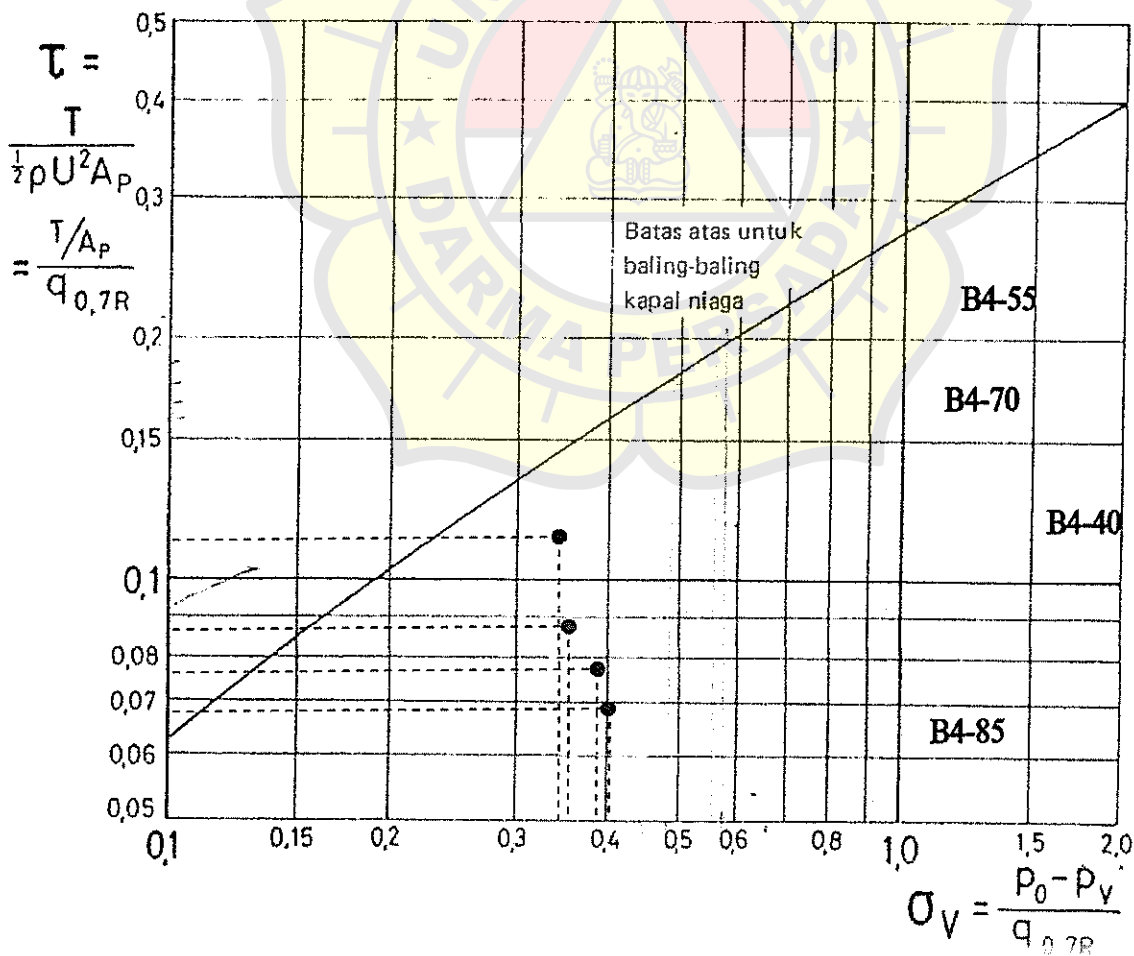
$$\begin{aligned} \tau &= \frac{T}{1/2 \cdot \rho \cdot F_p \cdot V^2} \\ \tau &= \frac{1868,57}{(0,5 \times 104,49 \times 1,12 (2 \times 3,14 \times 0,7 \times 0,69 \times 7,09)^2)} \\ &= 0,069 \end{aligned}$$

2.3 Tabel Perhitungan Kavitasasi

Setelah didapat dilakukan perhitungan kavitasasi diatas, langkah selanjutnya adalah untuk melakukan penggambaran grafik rancangan baling-baling. Berikut dibawah ini adalah tabel hasil perhitungan kavitasasi.

	$\sigma_{0,7}$	τ	F_p/F_a	F_a/F	F	F_a	F_p
B4-40	0,35	0,114	0,91	0,40	1,37	0,69	0,63
B4-55	0,36	0,084	0,91	0,55	1,27	0,93	0,85
B4-70	0,39	0,078	0,89	0,70	1,54	1,08	0,96
B4-85	0,40	0,069	0,88	0,85	1,49	1,27	1,12

Prediksi Resiko kavitasasi dengan Diagram Burrill



Dari diagram Burrill diketahui harga resiko kavitasi dari B4-40, B4-55, B4-70, dan B4-85. Direncanakan propeller yang akan Dengan demikian spesifikasi propeller yang diperlukan untuk penggerak kapal rancangan ini adalah sebagai berikut:

- Type propeller berada pada : B4- 55
- Diameter propeller (D) : 1,47 M
- Pitch Ratio propeller (H_0/D) : 0,67
- Expanded blade ratio (F_a/F) : 0,55
- Effisiensi propeller (η_p) : 52,4 %
- Jumlah daun propeller (Z) : 4

