

**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 :

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

$$P_E = R \times V_s \quad (\text{kW})$$

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  $LCB_{\text{standar}}$  yaitu :

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

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  $LCB_{\text{standar}}$ . Mengenai  $LCB$  yang berada dibelakang  $LCB_{\text{standar}}$ , 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  $L/\nabla^{1/3}$  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 :

<b>Haluan</b>	<b>Ekstrim U</b>	<b>Ekstrim V</b>
	- 0,1	+ 0,1
<b>Buritan</b>	<b>Ekstrim U</b>	<b>Ekstrim V</b>
	+ 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  $C_{FS}$  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<sub>1</sub> = Permukaan basah badan dan anggota badan kapal.

• **Koreksi Tahanan Udara dan Kemudi**

Koreksi tahanan udara = 10<sup>3</sup>C<sub>AA</sub> = 0.13

Koreksi tahanan kemudi = 10<sup>3</sup>C<sub>AS</sub> = 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 821,76 GRT adalah :

Panjang keseluruhan kapal	$L_{OA}$	=	88,47	m
Panjang antara garis tegak kapal	$L_{PP}$	=	81,00	m
Panjang antara garis air	$L_{WL}$	=	85,05	m
Lebar kapal	$B$	=	15,60	m
Tinggi kapal	$H$	=	5,00	m
Sarat air kapal	$T$	=	3,75	m
Kecepatan	$V_s$	=	16,00	knot
Displasemen	$\Delta$	=	2817,076	Ton
Volume displasemen	$\nabla$	=	2748,33	$m^3$
Koefisien blok	$C_b$	=	0,58	
Koefisien penampang tengah	$C_m$	=	0,97	
Koefisien prismatic	$C_p$	=	0,60	
Koefisien garis air	$C_w$	=	0,70	

A.B.K = 28 orang

#### Penumpang :

Penumpang Eksekutif = 175 orang

Penumpang Ekonomi = 548 orang

Jumlah Penumpang = 723 orang

#### Kendaraan

Truck 12 m = 18 unit

Truck 8 m = 4 unit

Sedan = 2 unit

( Additional ) = 17 unit

#### 1.4. Perhitungan Koefisien-koefisien Kapal

##### Displacement ( $\Delta$ )

$$\begin{aligned}\Delta &= L_{pp} \times B \times T \times C_b \times \gamma \quad (\text{Ref. 11, hal 77}) \\ &= 81,00 \times 15,60 \times 3,75 \times 0,58 \times 1,025 \\ \Delta &= 2817,038 \text{ ton}\end{aligned}$$

##### Midship Section Area Coefficient ( $C_m$ )

$$\begin{aligned}C_m &= 0,93 + 0,08 \times C_b \\ &= 0,93 + 0,08 \times 0,58 \\ C_m &= 0,97\end{aligned}$$

##### Midship Section Area ( $A_m$ )

$$\begin{aligned}A_m &= B \times T \times C_m \quad (\text{Ref. 11, hal 7}) \\ &= 15,60 \times 3,75 \times 0,97 \\ A_m &= 56,745 \text{ m}^2\end{aligned}$$

##### Prismatic Coefficient ( $C_p$ )

$$\begin{aligned}C_p &= \frac{C_b}{C_m} \quad (\text{Ref. 11, hal 77}) \\ &= \frac{0,58}{0,97} \\ C_p &= 0,60\end{aligned}$$

##### Water-plane Coefficient ( $C_w$ )

$$\begin{aligned}C_w &= 0,18 + (0,86 \times C_p) \\ &= 0,18 + (0,86 \times 0,60) \\ C_w &= 0,70\end{aligned}$$

##### Water-plane Area ( $A_w$ )

$$\begin{aligned}A_w &= L_{pp} \times B \times C_w \quad (\text{Ref. 11, hal 5}) \\ &= 81,00 \times 15,60 \times 0,70 \\ A_w &= 884,52 \text{ m}^2\end{aligned}$$



Luas Permukaan Basah Kapal ( S )

$$S = 1,025 \times L_{PP} (\delta_{PP} \times B + 1,7 \times T) \quad (\text{Ref. 3, hal 133})$$

Dimana :

$$\begin{aligned} \delta_{PP} &= \frac{C_b \times L_{OA}}{L_{WL}} \\ &= \frac{0,58 \times 88,47}{85,05} \end{aligned}$$

$$\delta_{PP} = 0,603$$

$$S = 1,025 \times 81,00 (0,603 \times 15,60 + 1,7 \times 3,75)$$

$$S = 1310,284 \text{ m}^2 \quad \checkmark$$

Luas Permukaan Basah sepanjang garis air ( S' )

$$\begin{aligned} S' &= 1,025 \times L_{WL} (\delta_{PP} \times B + 1,7 \times T) \\ &= 1,025 \times 85,055 (0,603 \times 15,60 + 1,7 \times 3,75) \end{aligned}$$

$$S' = 1375,798 \text{ m}^2$$

Ratio S/S'

$$\begin{aligned} \frac{S}{S'} &= \frac{1310,284}{1375,798} \\ &= 0,95 \end{aligned}$$

Volume Displacement (  $\nabla$ Displ )

$$\begin{aligned} \nabla \text{ Displ} &= L_{PP} \times B \times T \times C_b \quad (\text{Ref. 11, hal 5}) \\ &= 81,00 \times 15,60 \times 3,75 \times 0,58 \\ &= 2748,33 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Perbandingan lebar dan sarat kapal ( B/T )

$$\begin{aligned} B/T &= \frac{15,60}{3,75} \\ &= 4,16 \end{aligned}$$

## 1.5. Perhitungan Tahanan Kapal Pada Kecepatan 16 Knot

### 1. Froude Number (Fn)

$$F_n = \frac{V_s}{\sqrt{g \times Lwl}} \quad (\text{Ref. 3, Hal 118})$$

Dimana :

$$\begin{aligned} V_s &= \text{Kecepatan kapal dalam m/det} \\ &= 16 \times 0,5144 \text{ m/det} \\ &= 8,23 \text{ m/det} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} g &= \text{Gaya grafitasi} \\ &= 9,81 \text{ m/det}^2 \end{aligned}$$

Maka :

$$\begin{aligned} F_n &= \frac{8,23}{\sqrt{(9,81 \times 85,05)}} \\ &= 0,28 \end{aligned}$$

2.  $V_s = 16 \text{ knot}$

3.  $V_s = 16 \times 0,5144 \text{ m/det}$   
 $= 8,23 \text{ m/det}$

4.  $V_s^2 = 67,73 \text{ m}^2/\text{det}^2$

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

Dimana :

$$\begin{aligned} P &= \text{Massa jenis ( kg.det}^2/\text{m}^4) \\ &= 104,49 \text{ kg.det}^2/\text{m}^4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S &= \text{Luas permukaan basah kapal} \\ &= 1310,284 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Maka :

$$\begin{aligned} \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot S \cdot V_s^2 &= 0,5 \times 104,49 \times 1310,284 \times 67,73 \\ &= 4636510,493 \text{ kg} \\ &= 45484167,94 \text{ N} \end{aligned}$$

## 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 :

$$\begin{aligned} L_{WL} &= 85,05 \text{ m} \\ \nabla &= 2748,33 \text{ m}^3 \\ L/\nabla^{1/3} &= 6,07 \end{aligned}$$

Nilai  $C_R$  untuk kapal standar didapat dari gambar 5.5.7 dan 5.5.8 ( Ref. 3, hal 122-123 )

$$\begin{aligned} L/\nabla^{1/3} = 6,00 & \quad F_n = 0,28 & \quad 10^3 C_R = 1,56 \\ L/\nabla^{1/3} = 6,50 & \quad F_n = 0,28 & \quad 10^3 C_R = 1,24 \\ L/\nabla^{1/3} = 6,07 & \quad F_n = 0,28 & \quad 10^3 C_R = \dots \end{aligned}$$

$$10^3 C_R = 1,56 + \left[ \frac{(6,07 - 6)}{(6,5 - 6)} \right] \times (1,24 - 1,56)$$

$$10^3 C_R = 1,50$$

$$C_R = 1,5 \cdot 10^{-3}$$

## 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 :

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

Harga koreksi tersebut dapat positif dan negative.

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

$$\begin{aligned} 10^3 C_R &= 0,16 (B/T - 2,5) \\ 10^3 C_R &= 0,16 (4,16 - 2,5) \\ &= 0,26 \end{aligned}$$

Sehingga koreksi harga  $C_R$  dikarenakan adanya perbedaan  $B/T = 0,26 \cdot 10^{-3}$

## 8. Koreksi LCB

Koreksi lain untuk tahanan sisa adalah :

$$\Delta LCB = LCB - LCB_{\text{standar}} \text{ ( LCB dalam \% Lpp )} \quad (\text{Ref. 3, hal 130})$$

Dimana :

$$LCB_{\text{standar}} = 2,9 \% \text{ ( Berdasarkan gbr 5.5.15 )}$$

$$\begin{aligned} LCB &= \frac{LCB \times L_{pp}}{100} \\ &= \frac{2,9 \times 81}{100} \end{aligned}$$

$$LCB = 2,35 \%$$

$$\begin{aligned} \Delta LCB &= 2,35 \% - 2,9 \% \\ &= -0,55 \% \end{aligned}$$

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

$$\frac{\delta 10^3 C_R}{\delta} = 0,28 \text{ ( Berdasarkan gbr 5.5.16 )} \quad (\text{Ref. 3, hal 130})$$

$$\begin{aligned} \text{Koreksi terhadap } 10^3 C_R &= \frac{\delta 10^3 C_R}{\delta LCB} \times \Delta LCB \\ &= 0,28 \times (-0,55) \\ &= 0,15 \end{aligned}$$

Sehingga koreksi harga  $C_R$  akibat ada perbedaan LCB =  $0,95 \cdot 10^{-3}$

## 9. Koreksi Bentuk Penampang Depan dan Belakang

$$\text{Koreksi } C_R = 0 \text{ ( bentuk standart )} \quad (\text{Ref. 3, hal 131})$$

## 10. Koreksi Bentuk Haluan

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

## 11. Koreksi anggota badan kapal ( Ref. 3 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%  
 =  $1,5 \times 5\%$   
 = 0,075

Sehingga koreksinya menjadi  $0,125 \cdot 10^{-3}$

d. Shaft Propeller = Harga  $C_R$  dinaikkan 5%-8%  
 =  $1,5 \times 8\%$   
 = 0,12

Sehingga koreksinya menjadi  $0,2 \cdot 10^{-3}$

Jadi, koreksi anggota badan kapal

$$10^3 C_R = (0) + (0) + (0,075) + (0,12)$$

$$= 0,195$$

Sehingga koreksi  $C_R$  menjadi  $0,195 \cdot 10^{-3}$

12. Resultan  $10^3 C_R$

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

$$= 1,5 + 0,26 + 0,15 + 0 + 0 + 0,195$$

$$= 2,105$$

Jadi harga  $C_R$  menjadi  $2,105 \cdot 10^{-3}$

13. Reynolds Number ( $R_n$ )

$$R_n = \frac{V_s \times Lwl}{\nu}$$

$$= \frac{8,23 \times 85,05}{1,1883 \times 10^{-6}}$$

$$= 589,044 \times 10^6$$

14. Koefisien tahanan gesek ( $C_F$ )

Koefisien tahanan gesek dapat dihitung dengan memakai.

$$C_F = \frac{0,075}{(\log_{10} Rn - 2)^2} \quad (\text{Ref. 3, hal 119})$$

$$= \frac{0,075}{(\log 589,044 \times 10^6 - 2)^2}$$

$$= 1,64 \cdot 10^{-3}$$

Atau dapat diperoleh dari gambar 5.5.14 ( Ref. 3, hal. 129 ) yang merupakan fungsi dari panjang kapal (  $L_{WL}$  ) dan Kecepatan (  $V_S$  ).

$$L_{WL} = 85,05 \text{ m} \quad V_S = 8,00 \text{ m/dt} \quad 10^3 C_F = 1,65$$

$$L_{WL} = 85,05 \text{ m} \quad V_S = 8,00 \text{ m/dt} \quad 10^3 C_F = 1,62$$

$$L_{WL} = 85,05 \text{ m} \quad V_S = 8,23 \text{ m/dt} \quad 10^3 C_F = \dots$$

$$10^3 C_F = 1,65 + \left[ \frac{(8,23 - 8,00)}{(9,00 - 8,00)} \right] \times (1,62 - 1,65)$$

$$10^3 C_F = 1,64$$

Sehingga  $C_F$  menjadi  $1,64 \cdot 10^{-3}$

#### 15. Koreksi $C_F$

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

$$= \frac{1375,789}{1310,284} \times 1,64$$

$$10^3 C_F = 1,72$$

#### 16. Tahanan Tambahan ( $C_A$ )

Untuk kapal  $L \leq 100 \text{ m}$  ( Ref. 3, hal 132 )

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

#### 17. Tahanan Udara ( $C_{AA}$ )

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

#### 18. Tahanan Kemudi ( $C_{AS}$ )

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

#### 19. Koefisien Tahanan Total ( $C_T$ )

$$\begin{aligned} 10^3 C_T &= C_R + C_F + C_A + C_{AA} + C_{AS} \\ &= 2,105 + 1,72 + 0,4 + 0,07 + 0,04 \\ &= 4,335 \end{aligned}$$

Sehingga  $C_T$  menjadi  $4,335 \cdot 10^{-3}$

20. Tahanan total ( $R_T$ )

$$\begin{aligned} R_T &= C_T \left( \frac{1}{2} \rho S V_s^2 \right) \quad (\text{Ref. 3, hal 133}) \\ &= 4,335 \cdot 10^{-3} \times 4636510,493 \text{ kg} \\ &= 20099,273 \text{ kg} \\ &= 197173,868 \text{ N} \end{aligned}$$

## 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

$$\begin{aligned} \text{EHP} &= \frac{V_s \times R_T}{75} \quad (\text{Ref. 8, hal 52}) \\ &= \frac{8,23 \times 20099,273}{75} \\ &= 2205,560 \text{ HP} \end{aligned}$$

### 2. Shaft Horse Power ( SHP )

$$\text{SHP} = \frac{1}{2} \times \frac{1}{\text{P.C}} \times \text{EHP} \quad (\text{Ref. 8, hal 78})$$

$$\text{P.C} = \eta_H \times \eta_{tr} \times \eta_o \quad (\text{Ref. 8, hal 79})$$

Dimana :

$$\begin{aligned} \eta_o &= \text{Efisiensi baling-baling dari percobaan model ( 0,50-0,65 )} \\ &= 0,55 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \eta_{tr} &= \text{Efisiensi rotari relative ( twin screw } < 1,00 \approx \pm 0,985 \text{ )} \\ &= 0,985 \end{aligned}$$

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

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

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

$$\begin{aligned} w &= -0,20 + (0,55 \times C_b) \\ &= -0,20 + (0,55 \times 0,58) \\ &= 0,119 \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned}\eta_H &= \frac{(1-t)}{(1-w)} \\ &= \frac{1-0,119}{1-0,199} \\ &= 1\end{aligned}$$

Jadi :

$$\begin{aligned}P.C &= \eta_H \times \eta_{\pi} \times \eta_o \\ &= 1 \times 0,985 \times 0,65 \\ &= 0,64 \approx 64\%\end{aligned}$$

Maka, Shaft Horse Power ( SHP )

$$\begin{aligned}SHP &= \frac{1}{2} \times \frac{1}{P.C} \times EHP \\ &= \frac{1}{2} \times \frac{1}{0,64} \times 2205,56 HP \\ &= 1723,09 HP\end{aligned}$$

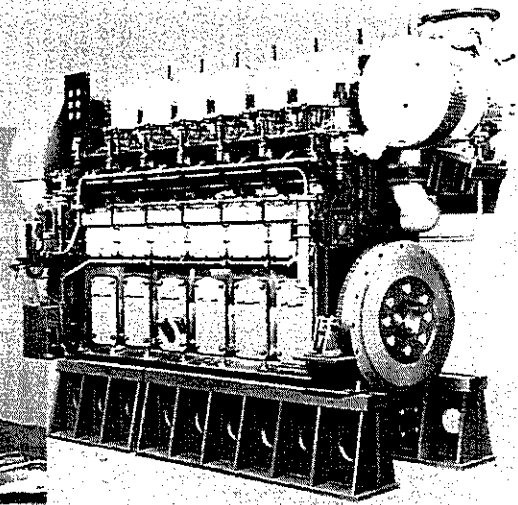
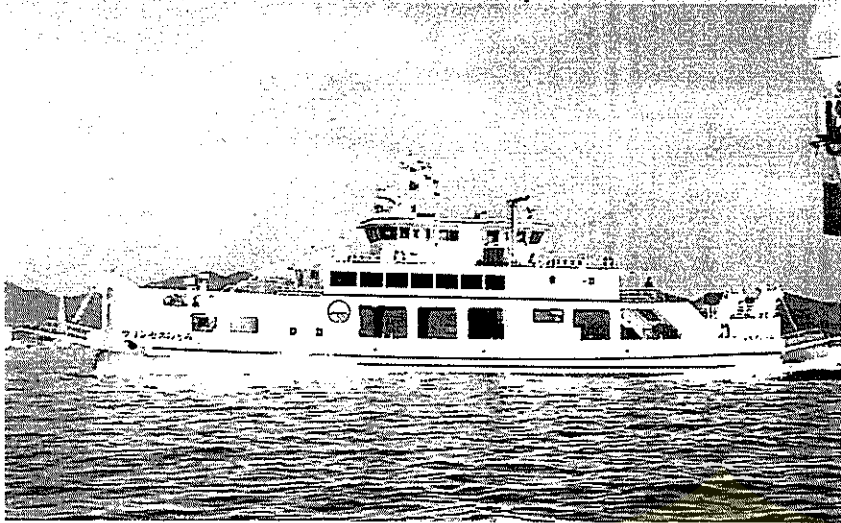
### 3. Brake Horse Power ( BHP ) ( Ref. 8 , hal 79 )

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

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

$$\begin{aligned}BHP &= SHP + (\text{gear box} + \text{letak kamar mesin} + \text{sea margin})\% \\ &= 1723,09 + (3 + 3 + 15)\% \\ &= 2119,40 HP \\ &= 1559,88 KW\end{aligned}$$



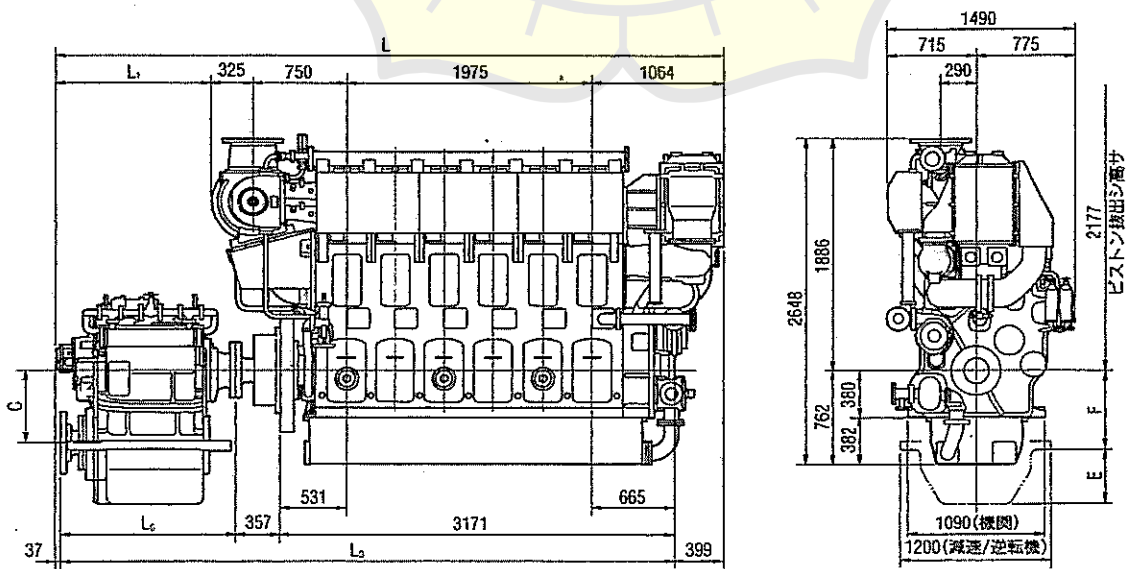


本機は仕様・オプションにより写真と異なることがあります。

機関名称	6N260-UN	6N260-SN	6N260-EN	6N260-GN
シリンダ数	6	6	6	6
シリンダ径×行程 mm	260×360	260×360	260×360	260×360
連続定格出力 PS(kW)	1600(1177)	1800(1324)	2000(1471)	2100(1545)
回転速度 min <sup>-1</sup> (rpm)	750	750	750	750
機関乾燥質量 kg	16200	16200	16200	16200

プロペラ仕様		C.P.P.用		F.P.P.用	
マリンギヤ形式		減速機		減速逆転機	
マリンギヤ名称	異芯形	YX-1800M		YX-1800	
	同芯形	YX-1800MC		YX-1800C	
減速比 (前進)	異芯形	2.15, 2.57, 2.84, 3.02		2.15, 2.57, 2.84, 3.02	
	同芯形	1.81, 2.26, 2.53, 2.84, 3.01		2.53, 2.84, 3.01	
マリンギヤ質量 kg	異芯形	4100		5100	
	同芯形	4500		5500	

機関乾燥質量は、仕様・付属品等により異なります。/ 上記質量には、弾性継手質量は含まれません。

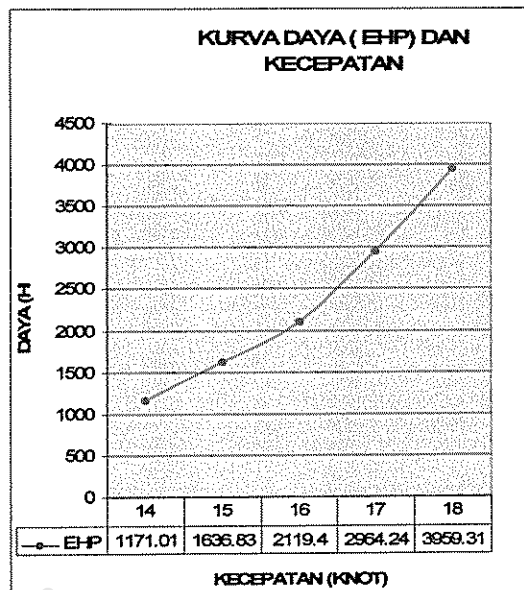
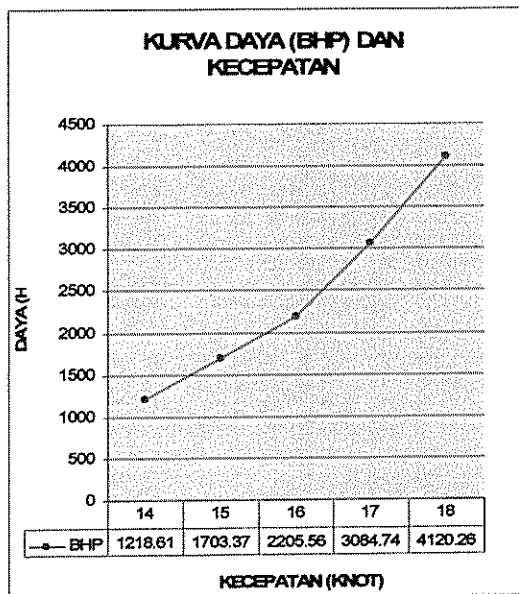


機関名称	減速/逆転機	L	L <sub>1</sub>	L <sub>2</sub>	L <sub>3</sub>	C	E	F	弾性継手
6N260-EN	YX-1800MC	5614	1500	1650	5178	0	440	60	BC56/12.5/85-12
6N260-GN	YX-1800	5384	1270	1420	4948	590	440	650	BC56/12.5/85-12

仕様等に関しては、別途納入仕様書で確認してください。/ 据付けに際しては、別途機関外形図を請求してください。

**Tabel perhitungan daya mesin kapal pada 5 kecepatan**

No.	RUMUS	Satuan / Sumber Rumus	Kecepatan - Knot				
			14	15	16	17	18
1.	Vs	Knot	14	15	16	17	18
2.	Vs	m / dt	7,20	7,72	8,23	8,74	9,26
3.	Vs <sup>2</sup>	m <sup>2</sup> / dt <sup>2</sup>	51,84	59,60	67,73	76,39	85,75
4.	Fn = V / gL		0,25	0,27	0,28	0,30	0,32
5.	1/2. p. S. V <sup>2</sup>	Kg	3548748,028	4079964,940	4636510,493	5229337,613	5870083,785
6.	10 <sup>3</sup> Cr (L / V <sup>1/3</sup> )	Gbr. 5.5.9 - 5.5.10	0,90	1,28	1,50	2,09	2,50
7.	Koreksi B/T	Gbr. 5.5.17	0,26	0,26	0,26	0,26	0,26
8.	Koreksi LCB	Gbr 5.5.15 - 5.5.16	0,05	0,11	0,15	0,23	0,40
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	0,117	0,166	0,195	0,272	0,325
12.	Resultan 10 <sup>3</sup> Cr	6 + 7 + 8 + 9 + 10 + 11	1,327	1,8186	2,105	2,852	3,485
13.	10 <sup>6</sup> Rn	V.L / v	515,324	552,542	589,044	625,546	662,764
14.	10 <sup>3</sup> C <sub>F</sub> ITTC - 1957	Gbr. 5.5.14	1,66	1,65	1,64	1,62	1,61
15.	10 <sup>3</sup> C <sub>F</sub> '	S' / S x 10 <sup>3</sup> C <sub>F</sub>	1,74	1,73	1,72	1,70	1,69
16.	10 <sup>3</sup> C <sub>A</sub>	5.5.23	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
17.	10 <sup>3</sup> C <sub>AA</sub>	5.5.26	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07
18.	10 <sup>3</sup> C <sub>AS</sub>	5.5.27	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
19.	10 <sup>3</sup> C <sub>T</sub> = C <sub>R</sub> + C <sub>F</sub> + C <sub>A</sub> + C <sub>MA</sub> + C <sub>AS</sub>	12 + 15 + 16 + 17 + 18	3,577	4,056	4,335	5,062	5,685
20.	R <sub>T</sub> = C <sub>T</sub> 1/2. p. S. V <sup>2</sup>	Kg	12693,872	16548,338	20099,273	26470,907	33371,426
21.	EHP = V . R <sub>T</sub> / 75	HP	1218,61	1703,37	2205,56	3084,74	4120,26
22.	PC		0,64	0,64	0,64	0,64	0,64
23.	SHP = 1/2*EHP / PC	HP	952,04	1330,09	1723,09	2409,95	3218,95
24.	BHP	HP	1171,01	1636,83	2119,40	2964,24	3959,31



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 : 6N260-UN
- Jumlah silinder : 6
- Bore & Stroke : 260 x 360 (mm)
- Daya : 1600 HP (1177 KW)
- Putaran Mesin : 750 Rpm
- Berat mesin : 16200 Kg
- Konsumsi bahan bakar ( Sfoc ) : 189 g/kWh
- Lub. Oil Consumption : 1,4 kg/cyl.24h
- Cyl. Oil Consumption : 0,95 g/kWh
- Ukuran : Panjang x Lebar x Tinggi
- Dimensi : 5614 × 1200 × 2648 (mm)

Dengan menggunakan mesin induk diatas maka kecepatan kapal yang dicapai adalah sebesar 16,2 knot.

Berdasarkan hasil perhitungan maka dapat ditetapkan besarnya daya mesin yang digunakan kapal ini.

Dimana karakteristik mesin yang dipilih adalah sebagai berikut :

- Merk	: YANMAR DIESEL
- Type	: 6N260-UN
- Jumlah silinder	: 6
- Bore & Stroke	: 260 x 360 (mm)
- Daya	: 1600 HP (1177 KW)
- Putaran Mesin	: 750 Rpm
- Berat mesin	: 16200 Kg
- Konsumsi bahan bakar ( Sfoc )	: 189 g/kWh
- Lub. Oil Consumption	: 1,4 kg/cyl.24h
- Cyl. Oil Consumption	: 0,95 g/kWh
- Ukuran / Dimensi	: Panjang x Lebar x Tinggi : 5614 × 1200 × 2648 (mm)

Dengan menggunakan mesin induk diatas maka kecepatan kapal yang dicapai adalah sebesar 16,2 knot.

## 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  $Bp-\delta$  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 :

$$Bp = \frac{N_K \times \sqrt{SHP}}{V_a^{2.5}} \quad (\text{Ref. 9, hal 94})$$

Dimana :

$N_K$  = Putaran baling-baling setelah dikoreksi ( Nm )

SHP = Shaft Horse Power ( HP-British )

$V_a$  = Advance speed of propeller ( knot )

#### 1.1 Koreksi RPM Baling-baling ( $N_K$ )

Karena memakai  $Bp-\delta$  diagram maka dilakukan koreksi Scale effect untuk N sebesar 2%

Rpm = Putaran mesin utama kapal rancangan  
= 750 Rpm

Reduction gear yang dipilih 1 : 2,5

$$N_{\text{baling2}} = \frac{750}{2,5}$$
$$= 300 \text{ rpm.}$$

$N_K$  =  $0,98 \times 300$  (koreksi scale effect 2%)  
= 294 rpm.

Dari perhitungan diatas ditetapkan harga  $N = 294$  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 *HP British* =  $\frac{75}{76}$
- Koreksi *density* dari air tawar ke air laut =  $\frac{1.000}{1.025}$

Maka :

$$\begin{aligned} \text{SHP} &= (2200 - (3 + 3 + 15) \% ) \times \frac{75}{76} \times \frac{1.000}{1.025} \\ &= (2200 - (21) \% ) \times \frac{75}{76} \times \frac{1.000}{1.025} \\ &= 1673,29\text{HP}. \end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas ditetapkan harga  $\text{SHP} = 1673,29 \text{ HP}$ .

### 1.3 *Advance Speed of Propeller ( Va )* ( Ref. 9, hal 82 )

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

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

Dimana :

$$V_a = \text{Advance speed of propeller ( Knot ).}$$

$$\begin{aligned} w &= \text{Wake Friaction} \\ &= 0,119 \text{ ( lihat hal 19 )} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_s &= \text{Kecepatan kapal rancangan.} \\ &= 16,2 \text{ knot ( lihat hal 22 )} \end{aligned}$$

Maka :

$$\begin{aligned} V_a &= 16,2 ( 1 - 0,119 ) \\ &= 14,27 \text{ Knot.} \end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas ditetapkan harga  $V_a = 14,27 \text{ Knot}$ .

Maka :

$$\begin{aligned} B_p &= \frac{N_K \times \sqrt{SHP}}{V_a^{2.5}} \\ &= \frac{290 \times \sqrt{1216,94}}{14,27^{2.5}} \\ &= 14,99 \end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas ditetapkan harga  $B_p = 14,99$

## 2. Diameter Optimum ( Do ) ( Ref. 9, hal 94 )

Untuk menentukan Diameter Optimum ( Do ) digunakan rumus :

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

Dimana :

- Do = Diameter Optimum.
- $\delta_k$  = Koreksi *Advance Coefficient*.
- Va = *Advance Speed* dari *propeller*.  
= 14,27 knot. ( lihat hal 25 )
- $N_K$  = Koreksi Putaran baling-baling  
= 282 rpm. ( lihat hal 24 )

- Maka Diameter Optimumnya ( Do ) adalah :

### - Untuk B4-40

Untuk menentukan harga  $\delta$  dari  $B_p = 14,99$  maka dapat diperoleh dari  $B_p$ - $\delta$  diagram pada gbr. 115 ( Ref. 12, hal 414 ) :

$$\delta = 157$$

Koreksi dari Open Condition menjadi Behind Condition sebesar 3%

$$\delta = 152,29$$

Hasil dari diagram  $B_p$ - $\delta$  diagram :

$$\eta_p \text{ ( efisiensi propeller )} = 69\%$$

$$H_o/D \text{ ( Pite ratio )} = 0,88$$



Maka :

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

$$D_o = \frac{152,29 \times 14,27}{282} = 7,706 \text{ feet dijadikan m} = \times 0,3048 \\ = 2,35 \text{ m}$$

- Untuk B4-55

Untuk menentukan harga  $\delta$  dari  $B_p = 14,99$  maka dapat diperoleh dari  $B_p$ - $\delta$  diagram pada gbr. 116 ( Ref. 12, hal 414 ) :

$$\delta = 153$$

Koreksi dari Open Condition menjadi Behind Condition sebesar 3%

$$\delta = 148,41$$

Hasil dari diagram  $B_p$ - $\delta$  diagram :

$$\eta_p \text{ ( efisiensi propeller ) } = 67,5 \%$$

$$H_o/D \text{ ( Pitc ratio ) } = 0,94$$

Maka :

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

$$D_o = \frac{148,41 \times 14,27}{282} = 7,509 \text{ feet dijadikan m} = \times 0,3048 \\ = 2,29 \text{ m}$$

- Untuk B4-70

Untuk menentukan harga  $\delta$  dari  $B_p = 14,99$  maka dapat diperoleh dari  $B_p$ - $\delta$  diagram pada gbr. 117 ( Ref. 12, hal 415 ) :

$$\delta = 151$$

Koreksi dari Open Condition menjadi Behind Condition sebesar 3%

$$\delta = 146,47$$

Hasil dari diagram  $B_p$ - $\delta$  diagram :

$$\eta_p \text{ ( efisiensi propeller ) } = 66,4 \%$$

$$H_o/D \text{ ( Pitc ratio ) } = 0,96$$

Maka :

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

$$D_o = \frac{146,47 \times 14,27}{282} = 7,412 \text{ feet dijadikan m} = \times 0,3048 \\ = 2,26 \text{ m}$$

- Untuk B4-85

Untuk menentukan harga  $\delta$  dari  $B_p = 14,99$  maka dapat diperoleh dari  $B_p$ - $\delta$  diagram pada gbr. 118 ( Ref. 12, hal 415 ) :

$$\delta = 152$$

Koreksi dari Open Condition menjadi Behind Condition sebesar 3%

$$\delta = 147,44$$

Hasil dari diagram  $B_p$ - $\delta$  diagram :

$$\eta_p \text{ ( efisiensi propeller )} = 63,8 \%$$

$$H_o/D \text{ ( Pite ratio )} = 0,95$$

Maka :

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

$$D_o = \frac{147,44 \times 14,27}{282} = 7,461 \text{ feet dijadikan m} = \times 0,3048 \\ = 2,27 \text{ m}$$

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  $B_p$ - $\delta$  diagram itu didapatkan untuk harga  $B_p = 28,79$  adalah sebagai berikut :

No	Item	D	H/D	$\eta_p$
1	B4-40	2,35	0,88	69%
2	B4-55	2,29	0,94	67,5%
3	B4-70	2,26	0,96	66,4%
4	B4-85	2,27	0,95	63,8%

## 2.2 Perhitungan Kavitas

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

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

Kavitas 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 kavitas maka akan menimbulkan suara berisik dan getaran pada baling-baling yang mengurangi unjuk kerjanya secara optimum. Pemilihan ukuran baling-baling dengan resiko kavitas terkecil dengan memakai diagram kavitas (*Burrill*).

### 2.1 Konstanta Kavitas

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

$$\sigma_{0,7} = \frac{(P_o - e) - (0,7R \times \gamma)}{1/2 \cdot \rho \cdot \underbrace{(V_a^2 + (2\pi \cdot 0,7R \cdot n)^2)}_{v^2}} \quad (\text{Ref. 3, hal 199})$$

Dimana :

$P_o$  = Beda tekanan statik pada sumbu *propeller*.

$\rho$  = Kerapatan air laut.

= 104,49 Kg.det<sup>2</sup>/m<sup>4</sup>.

$V_a$  = *Advance Speed* dari *propeller*.

= 14,27 Knot. ( lihat hal 25 )

$n$  = Koreksi putaran baling-baling perdetik

= 4,70 Rps.

Maka :

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

- a. Sarat air kapal ( Draft )  $T = 3,75 \text{ m}$
- b. Tinggi sumbu poros baling2 thd garis dasar kapal  $h_1 = 1,45 \text{ m} -$   
 $= 2,30 \text{ m}$
- c. Tinggi Gelombang (  $3/4 \% L_{pp}$  )  $h_2 = 0,61 \text{ m} +$   
Water head diatas garis/sumbu poros baling2  $= 2,91 \text{ m}$
- d. Tekanan hidrostatik pada garis/sumbu poros  
baling2 di air laut (  $2,91 \text{ m} \times 1025 \text{ kg/m}^3$  )  $= 2982,75 \text{ kg/m}^2$
- e. ( tekanan atmosfer ) – ( vapour pressure = e )  $= 10100 \text{ kg/m}^2 +$   
(Tekanan statis digaris sumbu poros baling2) – ( e )  $= 13082,75 \text{ kg/m}^2$

Dari perhitungan ditetapkan harga  $P_o - e = 13082,75 \text{ kg/m}^2$ .

Maka konstanta kavitasinya adalah :

- Untuk B4-40

$$\sigma_{0,7} = \frac{13082,75 - (0,7 \times 1,175 \times 1025)}{0,5 \times 104,49 (14,27^2 + (2 \times 3,14 \times 0,7 \times 1,175 \times 4,70)^2)}$$
$$= 0,297$$

- Untuk B4-55

$$\sigma_{0,7} = \frac{13082,75 - (0,7 \times 1,145 \times 1025)}{0,5 \times 104,49 (14,27^2 + (2 \times 3,14 \times 0,7 \times 1,145 \times 4,70)^2)}$$
$$= 0,307$$

- Untuk B4-70

$$\sigma_{0,7} = \frac{13082,75 - (0,7 \times 1,130 \times 1025)}{0,5 \times 104,49 (14,27^2 + (2 \times 3,14 \times 0,7 \times 1,130 \times 4,70)^2)}$$
$$= 0,314$$

- Untuk B4-85

$$\sigma_{0,7} = \frac{13082,75 - (0,7 \times 1,135 \times 1025)}{0,5 \times 104,49 (14,27^2 + (2 \times 3,14 \times 0,7 \times 1,135 \times 4,70)^2)}$$
$$= 0,311$$

## 2.2 Koefisien Gaya Dorong ( $\tau$ )

Untuk menentukan koefisien gaya dorong ini digunakan rumus sebagai berikut :

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

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 :

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

Dimana :

T = *Thrust*.

SHP = *Shaft Horse Power* = 1673,29 HP.

$\eta_p$  = *Propulsive Efficiency*.

Va = *Advance speed of propeller*. = 14,27 knot

Maka :

- Untuk B4-40 dan  $\eta_p = 69\%$

$$\begin{aligned} T &= \frac{1673,29 \times 0,69 \times 75}{14,27} \\ &= 6068,17 \text{ kg} \end{aligned}$$

- Untuk B4-55 dan  $\eta_p = 67,5\%$

$$\begin{aligned} T &= \frac{1673,29 \times 0,675 \times 75}{14,27} \\ &= 5936,25 \text{ kg} \end{aligned}$$

- Untuk B4-70 dan  $\eta_p = 66,4\%$

$$T = \frac{1673,29 \times 0,664 \times 75}{14,27}$$

$$= 5839,51 \text{ kg}$$

- Untuk B4-85 dan  $\eta_p = 63,8\%$

$$T = \frac{1673,29 \times 0,638 \times 75}{14,27}$$

$$= 5610,86 \text{ kg}$$

- 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 )

$$F = \frac{\pi}{4} \cdot D^2$$

$$= \frac{3,14}{4} \times (2,35)^2$$

$$= 4,33$$

Expanded Blade Area (  $F_a$  )

$$F_a = 0,40 \times 4,33 = 1,73$$

Jadi :

$$F_p = (1,067 - ( 0,229 \times 0,88 )) \times 1,73$$

$$= 1,49$$

- Untuk B4-55

Expanded Blade Ratio

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

Disc Area of The Screw ( F )

$$\begin{aligned} F &= \frac{\pi}{4} \cdot D^2 \\ &= \frac{3,14}{4} \times (2,29)^2 \\ &= 4,12 \end{aligned}$$

Expanded Blade Area ( Fa )

$$Fa = 0,55 \times 4,12 = 2,26$$

Jadi :

$$\begin{aligned} F_p &= (1,067 - (0,229 \times 0,94)) \times 2,26 \\ &= 1,92 \end{aligned}$$

- Untuk B4-70

Expanded Blade Ratio

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

Disc Area of The Screw ( F )

$$\begin{aligned} F &= \frac{\pi}{4} \cdot D^2 \\ &= \frac{3,14}{4} \times (2,26)^2 \\ &= 4,01 \end{aligned}$$

Expanded Blade Area ( Fa )

$$Fa = 0,70 \times 4,01 = 2,81$$

Jadi :

$$\begin{aligned} F_p &= (1,067 - (0,229 \times 0,96)) \times 2,81 \\ &= 2,38 \end{aligned}$$

- Untuk B4-85

Expanded Blade Ratio

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

Disc Area of The Screw ( F )

$$\begin{aligned} F &= \frac{\pi}{4} \cdot D^2 \\ &= \frac{3,14}{4} \times (2,27)^2 \\ &= 4,04 \end{aligned}$$

Expanded Blade Area ( Fa )

$$Fa = 0,85 \times 4,04 = 3,43$$

Jadi:

$$\begin{aligned} Fp &= (1,067 - (0,229 \times 0,95)) \times 3,43 \\ &= 2,91 \end{aligned}$$

Maka koefisien gaya dorongnya (  $\tau$  ) adalah :

- Untuk B4-40

$$\begin{aligned} \tau &= \frac{T}{1 / 2 \cdot \rho \cdot Fp \cdot V^2} \\ \tau &= \frac{6068,17}{(0,5 \times 104,49 \times 1,49 (2 \times 3,14 \times 0,7 \times 1,175 \times 4,70)^2)} \\ &= 0,123 \end{aligned}$$

- Untuk B4-55

$$\begin{aligned} \tau &= \frac{T}{1 / 2 \cdot \rho \cdot Fp \cdot V^2} \\ \tau &= \frac{5936,25}{0,5 \times 104,49 \times 1,92 (2 \times 3,14 \times 0,7 \times 1,145 \times 4,70)^2} \\ &= 0,105 \end{aligned}$$



- Untuk B4-70

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

$$\tau = \frac{5839,51}{0,5 \times 104,49 \times 2,38 (2 \times 3,14 \times 0,7 \times 1,130 \times 4,70)^2}$$

$$= 0,086$$

- Untuk B4-85

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

$$\tau = \frac{5610,86}{0,5 \times 104,49 \times 2,91 (2 \times 3,14 \times 0,7 \times 1,135 \times 4,70)^2}$$

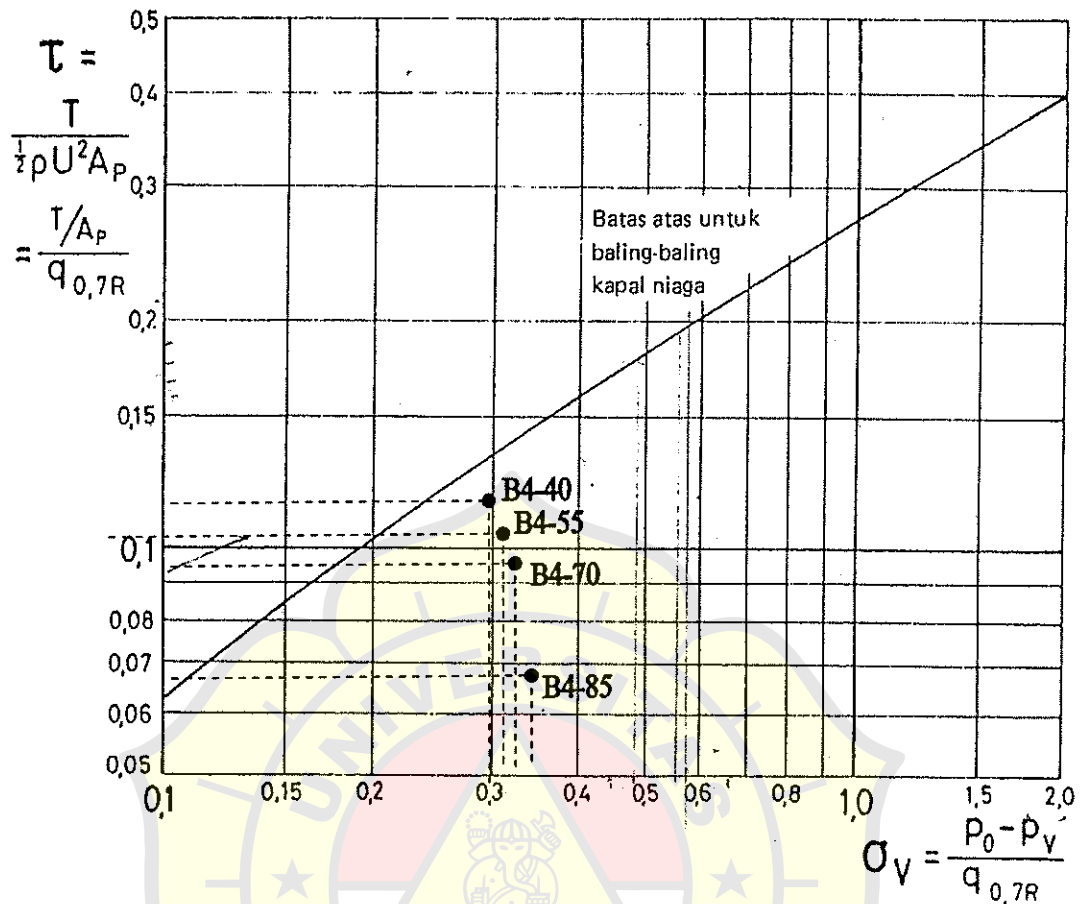
$$= 0,067$$

### 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.

	$\sigma_{0,7}$	$\tau$	$F_p/F_a$	$F_a/F$	F	$F_a$	$F_p$
B4-40	0,297	0,123	0,86	0,40	4,33	1,73	1,49
B4-55	0,307	0,105	0,85	0,55	4,12	2,26	1,92
B4-70	0,314	0,086	0,85	0,70	4,01	2,81	2,38
B4-85	0,311	0,067	0,85	0,85	4,04	3,43	2,91

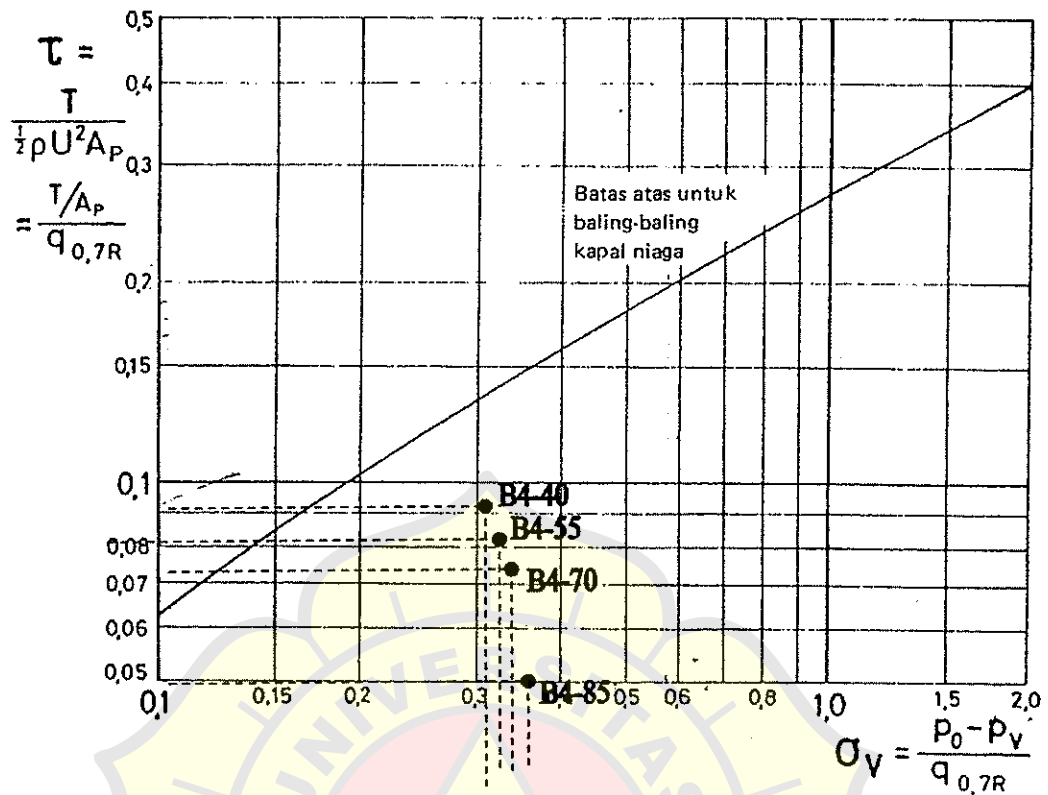
## Prediksi Resiko kavitasi dengan Diagram Burrill



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

- Type propeller berada pada : B4- 40
- Diameter propeller ( D ) : 2,35 m
- Pitch Ratio propeller ( Ho/D ) : 0,88
- Expanded blade ratio ( Fa/F ) : 0,40
- Effisiensi propeller (  $\eta_p$  ) : 69%
- Jumlah daun propeller ( Z ) : 4

## Prediksi Resiko kavitasi dengan Diagram Burrill



### 2.3 Pemilihan baling-baling

Untuk pemilihan baling-baling, maka dapat ditentukan dari hasil perhitungan dibawah ini :

Type	D	H <sub>0</sub> /D	η <sub>p</sub>	τ
B4-40	2,35	0,88	69%	0,297
B4-55	2,29	0,94	67,5%	0,307
B4-70	2,26	0,96	66,4%	0,314
B4-85	2,27	0,95	63,8%	0,311

Dari tabel diatas terlihat bahwa type B4-40 memiliki efisiensi paling besar, diameter yang masih dibawah dari batas maksimum, meskipun kavitasi paling besar tetapi juga masih dibawah limitnya.

Berdasarkan alasan tersebut maka dipilih type B4-40 yang akan digunakan sebagai propeller untuk rancangan ini.