

**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  $V/\sqrt{gL}$  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> = 0.07

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 Tanker 6500 DWT adalah :

Panjang keseluruhan kapal	$L_{OA}$	=	105,00 m
Panjang antara garis tegak kapal	$L_{PP}$	=	99,30 m
Panjang antara garis air	$L_{WL}$	=	101,30 m
Lebar kapal	$B$	=	18,80 m
Tinggi kapal	$H$	=	9,50 m
Sarat air kapal	$T$	=	6,00 m
Kecepatan	$V_s$	=	12,00 knot
Displasemen	$\Delta$	=	8381,178 Ton
Volume displasemen	$\nabla$	=	8176,75 m <sup>3</sup>
Koefisien blok	$C_b$	=	0,73
Koefisien penampang tengah	$C_m$	=	0,98
Koefisien prismatik	$C_p$	=	0,74
Koefisien garis air	$C_w$	=	0,81
Bendera		=	Indonesia
Jarak pelayaran		=	Antar pulau
Daerah operasi		=	Interinsuler
A.B.K		=	26 orang

- Biro Klasifikasi

Kapal ini di design dengan menggunakan peraturan Biro Klasifikasi Indonesia ( BKI )

- Tanda class klasifikasi instalasi mesin

Tanda class pada kapal tanker ini adalah dengan tanda :

( SM ), artinya mesin seluruhnya memenuhi peraturan BKI.

- Bendera kebangsaan kapal

Kapal ini dalam pengoperasiannya, berbendera kebangsaan ” Indonesia”.

#### 1.4. Perhitungan Koefisien-koefisien Kapal

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

$$\begin{aligned}\Delta &= L_{pp} \times B \times T \times C_b \times \gamma \quad (\text{Ref. 11, hal 77}) \\ &= 99,30 \times 18,80 \times 6 \times 0,73 \times 1,025 \\ \Delta &= 8381,178 \text{ ton}\end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned}C_m &= 0,93 + 0,08 \times C_b \\ &= 0,93 + 0,08 \times 0,73 \\ C_m &= 0,98\end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned}A_m &= B \times T \times C_m \quad (\text{Ref. 11, hal 7}) \\ &= 18,80 \times 6 \times 0,98 \\ A_m &= 110,54 \text{ m}^2\end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned}C_p &= \frac{C_b}{C_m} \quad (\text{Ref. 11, hal 77}) \\ &= \frac{0,73}{0,98} \\ C_p &= 0,74\end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned}C_w &= 0,18 + (0,86 \times C_p) \\ &= 0,18 + (0,86 \times 0,74) \\ C_w &= 0,81\end{aligned}$$

##### Water-plane Area ( $A_{wl}$ )

$$\begin{aligned}A_{wl} &= L_{pp} \times B \times C_w \quad (\text{Ref. 11, hal 5}) \\ &= 99,30 \times 18,80 \times 0,81 \\ A_{wl} &= 1512,14 \text{ m}^2\end{aligned}$$



Luas Permukaan Basah Kapal ( S )

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

Dimana :

$$\begin{aligned} \delta_{PP} &= \frac{C_b \times LOA}{L_{WL}} \\ &= \frac{0,73 \times 105,00}{101,30} \end{aligned}$$

$$\delta_{PP} = 0,75$$

$$S = 1,025 \times 99,30 (0,75 \times 18,80 + 1,7 \times 6)$$

$$S = 2473,31 \text{ m}^2$$

Luas Permukaan Basah sepanjang garis air ( S' )

$$\begin{aligned} S' &= 1,025 \times L_{WL} (\delta_{PP} \times B + 1,7 \times T) \\ &= 1,025 \times 101,30 (0,75 \times 18,80 + 1,7 \times 6) \end{aligned}$$

$$S' = 2523,12 \text{ m}^2$$

Ratio S/S'

$$\begin{aligned} \frac{S}{S'} &= \frac{2473,31}{2523,12} \\ &= 0,98 \end{aligned}$$

Volume Displacement ( ∇Displ )

$$\begin{aligned} \nabla \text{ Displ} &= L_{PP} \times B \times T \times C_b \quad (\text{Ref. 11, hal 5}) \\ &= 99,30 \times 18,80 \times 6 \times 0,73 \\ &= 8176,75 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Perbandingan lebar dan sarat kapal ( B/T )

$$\begin{aligned} B/T &= \frac{18,80}{6} \\ &= 3,1 \end{aligned}$$

## 1.5. Perhitungan Tahanan Kapal Pada Kecepatan 12 Knot

### 1. Froude Number (Fn)

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

Dimana :

$$\begin{aligned} V_s &= \text{Kecepatan kapal dalam m/det} \\ &= 12 \times 0,5144 \text{ m/det} \\ &= 6,173 \text{ m/det} \end{aligned}$$

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

Maka :

$$\begin{aligned} F_n &= \frac{6,173}{\sqrt{(9,81 \times 101,30)}} \\ &= 0,195 \end{aligned}$$

2.  $V_s = 12 \text{ knot}$

3.  $V_s = 12 \times 0,5144 \text{ m/det}$   
 $= 6,173 \text{ m/det}$

4.  $V_s^2 = 38,106 \text{ m}^2/\text{det}^2$

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

Dimana :

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

$$\begin{aligned} S &= \text{Luas permukaan basah kapal} \\ &= 2473,31 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Maka :

$$\begin{aligned} \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot S \cdot V_s^2 &= 0,5 \times 104,49 \times 2473,31 \times 38,106 \\ &= 4923984,19 \text{ kg} \\ &= 5024473,66 \text{ N} \end{aligned}$$

## 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 :

$$L_{WL} = 101,30 \text{ m}$$

$$\nabla = 8176,75 \text{ m}^3$$

$$L/\nabla^{1/3} = 5,043$$

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

$$L/\nabla^{1/3} = 5,00 \quad F_n = 0,195 \quad 10^3 C_R = 1,22$$

$$L/\nabla^{1/3} = 5,50 \quad F_n = 0,195 \quad 10^3 C_R = 0,97$$

$$L/\nabla^{1/3} = 5,043 \quad F_n = 0,195 \quad 10^3 C_R = \dots$$

$$10^3 C_R = 1,22 + \left[ \frac{(5,043 - 5)}{(5,5 - 5)} \right] \times (1,22 - 0,97)$$

$$10^3 C_R = 1,23$$

$$C_R = 1,23 \cdot 10^{-3}$$

## 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  $B/T = 6$ , maka koreksi sebagai berikut :

$$10^3 C_R = 0,16 (B/T - 2,5)$$

$$10^3 C_R = 0,16 (3,1 - 2,5)$$

$$= 0,096$$

Sehingga koreksi harga  $C_R$  dikarenakan adanya perbedaan  $B/T = 0,096 \cdot 10^{-3}$

## 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 :

$$LCB_{\text{standar}} = 0,96\% \text{ ( Berdasarkan gbr 5.5.15 )}$$

$$\begin{aligned} LCB &= \frac{LCB \times L_{pp}}{100} \\ &= \frac{0,96 \times 99,30}{100} \end{aligned}$$

$$LCB = 0,95\%$$

$$\begin{aligned} \Delta LCB &= 0,96\% - 0,95\% \\ &= 0,001\% \end{aligned}$$

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

$$\frac{\delta 10^3 C_R}{\delta} = 0,37 \text{ ( Berdasarkan gbr 5.5.16 )} \quad (\text{Ref. 3, hal 130})$$

$$\begin{aligned} \text{Koreksi terhadap } 10^3 C_R &= \frac{\delta 10^3 C_R}{\delta LCB} \times \Delta LCB \\ &= 0,08 \times 0,001 \\ &= 0,0008 \end{aligned}$$

Sehingga koreksi harga  $C_R$  akibat ada perbedaan LCB =  $0,0008 \cdot 10^{-3}$

## 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%  
 $= 1,23 \times 5\%$   
 $= 0,061$

Sehingga koreksinya menjadi  $0,061 \cdot 10^{-3}$

d. Shaft Propeller = Harga  $C_R$  dinaikkan 5%-8%  
 $= 1,23 \times 8\%$   
 $= 0,098$

Sehingga koreksinya menjadi  $0,098 \cdot 10^{-3}$

Jadi, koreksi anggota badan kapal

$$10^3 C_R = (0) + (0) + (0,061) + (0,098)$$

$$= 0,160$$

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

12. Resultan  $10^3 C_R$

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

$$= 1,23 + 0,096 + 0,0008 + 0 + 0 + 0,160$$

$$= 1,5$$

Jadi harga  $C_R$  menjadi  $1,5 \cdot 10^{-3}$

13. Reynolds Number ( $R_n$ )

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

$$= \frac{6,173 \times 101,30}{1,1883 \times 10^{-6}}$$

$$= 526,234 \times 10^6$$

14. Koefisien tahanan gesek ( $C_F$ )

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

$L_{WL} = 101,30 \text{ m}$	$V_s = 6,00 \text{ m/dt}$	$10^3 C_F = 1,68$
$L_{WL} = 101,30 \text{ m}$	$V_s = 7,00 \text{ m/dt}$	$10^3 C_F = 1,64$
$L_{WL} = 101,30 \text{ m}$	$V_s = 6,173 \text{ m/dt}$	$10^3 C_F = \dots$

$$10^3 C_F = 1,68 + \left[ \frac{(6,173 - 6,00)}{(7,00 - 6,00)} \right] \times (1,64 - 1,68)$$

$$10^3 C_F = 1,67$$

Sehingga  $C_F$  menjadi  $1,67 \cdot 10^{-3}$

15. Koreksi  $C_F$

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

$$= \frac{2523,12}{2473,31} \times 1,67$$

$$10^3 C_F = 1,70$$

16. Tahanan Tambahan ( $C_A$ )

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

$$C_A = 0,2 \cdot 10^{-3}$$

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 ( $C_T$ )

$$\begin{aligned} 10^3 C_T &= C_R + C_F + C_A + C_{AA} + C_{AS} \\ &= 1,5 + 1,70 + 0,2 + 0,07 + 0,04 \\ &= 3,51 \end{aligned}$$

Sehingga  $C_T$  menjadi  $6,8 \cdot 10^{-3}$

20. Tahanan total ( $R_T$ )

$$\begin{aligned} R_T &= C_T \left( \frac{1}{2} \rho \cdot S \cdot V_s^2 \right) \quad (\text{Ref. 3, hal 133}) \\ &= 3,51 \cdot 10^{-3} \times 4923984,19 \text{ kg} \\ &= 17283,18 \text{ kg} \\ &= 17635,89 \text{ N} \end{aligned}$$

## 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

$$\begin{aligned} \text{EHP} &= \frac{V_s \times R_T}{75} \quad (\text{Ref. 8, hal 52}) \\ &= \frac{6,173 \times 17283,18}{75} \\ &= 1422,52 \text{ HP} \end{aligned}$$

### 2. Shaft Horse Power ( SHP )

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

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

Dimana :

$$\begin{aligned} \eta_o &= \text{Efisiensi baling-baling dari percobaan model ( 0,50-0,65 )} \\ &= 0,6 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \eta_{rr} &= \text{Efisiensi rotari relative ( twin screw } < 1,00 \sim 1,07 \approx \pm 1,02 \text{ )} \\ &= 1,07 \end{aligned}$$

$\eta_H$  = Efisiensi Lambung Kapal

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

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

$$\begin{aligned} w &= -0,05 + (0,50 \times C_b) \\ &= -0,20 + (0,50 \times 0,73) \\ &= 0,315 \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} \eta_H &= \frac{(1 - t)}{(1 - w)} \\ &= \frac{(1 - 0,22)}{(1 - 0,315)} \\ &= 1,138 \end{aligned}$$

Jadi :

$$\begin{aligned}
 P.C &= \eta_H \times \eta_{tr} \times \eta_o \\
 &= 1,138 \times 1,07 \times 0,6 \\
 &= 0,73 \approx 73\%
 \end{aligned}$$

Maka, Shaft Horse Power ( SHP )

$$\begin{aligned}
 SHP &= \frac{1}{P.C} \times EHP \\
 &= \frac{1}{0,73} \times 1422,52 \text{ HP} \\
 &= 1948,66 \text{ HP}
 \end{aligned}$$

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

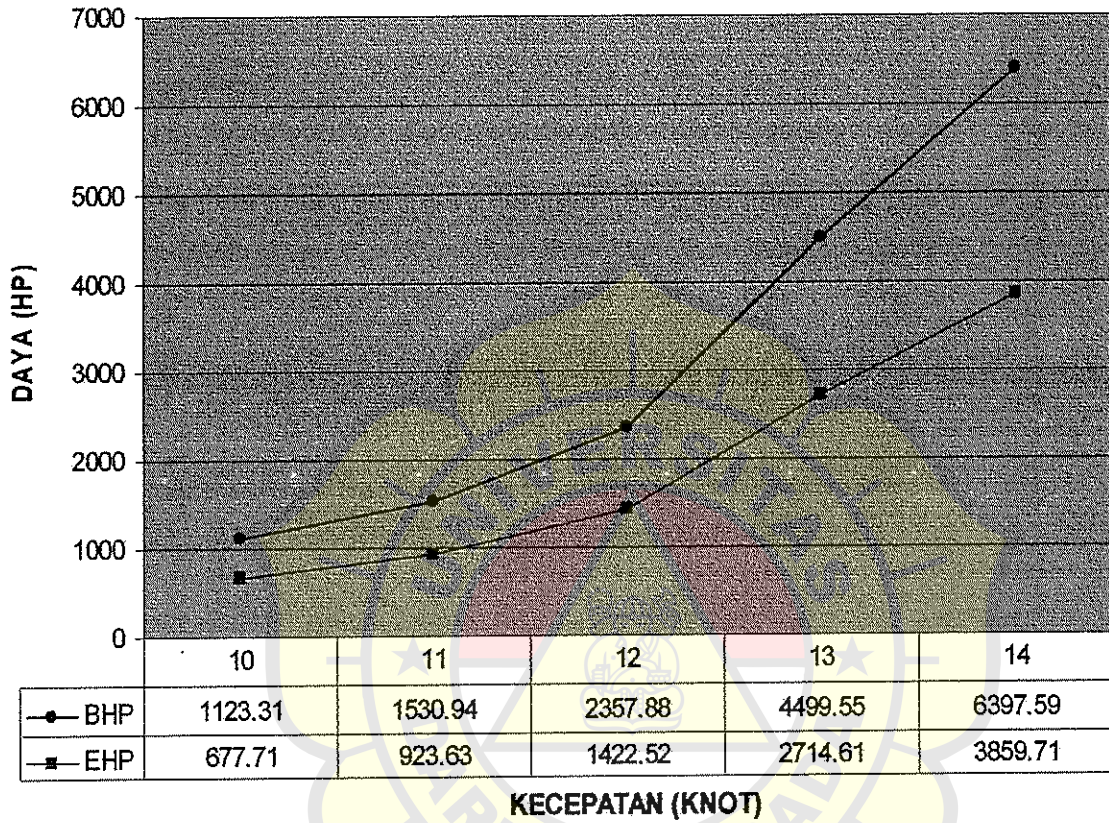
Daya yang diperlukan mesin induk yang digunakan sebagai penggerak kapal, biasanya diambil ketentuan kerugian daya karena ada gesekan-gesekan pada :

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

$$\begin{aligned}
 BHP &= SHP + (\text{gear box} + \text{letak kamar mesin} + \text{sea margin})\% \times SHP \\
 &= 1948,66 + (3 + 3 + 15)\% \times 1948,66 \\
 &= 2357,88 \text{ HP} \\
 &= 1735,40 \text{ KW}
 \end{aligned}$$



## KURVA DAYA (BHP) DAN KECEPATAN



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 tipe "B" Wageningen sedangkan perencanaannya memakai  $B_p$ - $\delta$  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 :

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

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 3%

Rpm = Putaran mesin utama kapal rancangan  
= 900 rpm

Reduction gear yang dipilih 1 : 6

$$N_{\text{baling2}} = \frac{900}{6}$$
$$= 150 \text{ rpm.}$$

$$N_K = 0.97 \times 150 \text{ (koreksi scale effect 3\%)}$$
$$= 145 \text{ rpm.}$$

Dari perhitungan diatas ditetapkan harga  $N = 145$  rpm.

### 1.2 *Advance Speed of Propeller* ( $V_a$ ) ( Ref. 9, 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*

$$= 0,315 \text{ ( lihat hal 19 )}$$

$V_s$  = Kecepatan kapal rancangan.

$$= 12,3 \text{ knot ( lihat hal 22 )}$$

Maka :

$$V_a = 12,3 ( 1 - 0,315 )$$
$$= 8,42 \text{ Knot.}$$

Dari perhitungan diatas ditetapkan harga  $Va = 8,42$  Knot.

Maka :

$$\begin{aligned} Bp &= \frac{N_{\kappa} \times \sqrt{SHP}}{Va^{2.5}} \\ &= \frac{145 \times \sqrt{2398,3}}{8,42^{2.5}} \\ &= 34,51 \end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas ditetapkan harga  $Bp = 34,51$

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

Untuk menentukan Diameter Optimum ( Do ) digunakan rumus :

$$Do = \frac{\delta_{\kappa} \times Va}{N_{\kappa}}$$

Dimana :

- Do = Diam. Optimum.
- $\delta_{\kappa}$  = Koreksi *Advance Coefficient*.
- Va = *Advance Speed* dari *propeller*.  
= 8,42 knot. ( lihat hal 25 )
- $N_{\kappa}$  = Koreksi Putaran baling-baling  
= 145 rpm. ( lihat hal 24 )

- Maka Diameter Optimumnya ( Do ) adalah :

### - Untuk B4-40

Untuk menentukan harga  $\delta$  dari  $Bp = 34,51$  maka dapat diperoleh dari  $Bp-\delta$  diagram pada gbr. 115 ( Ref. 12, hal 414 ) :

$$\delta = 245,50$$

Koreksi dari Open Condition menjadi Behind Condition sebesar 3%

$$\delta = 238,30$$

Hasil dari diagram  $Bp-\delta$  diagram :

$$\eta_p \text{ ( efisiensi propeller ) } = 59,6\%$$

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

Maka :

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

$$Do = \frac{238,30 \times 8,42}{145} = 13,83 \text{ feet dijadikan m} = \times 0,3048$$

$$= 4,2 \text{ m}$$

- Untuk B4-55

Untuk menentukan harga  $\delta$  dari  $Bp = 34,51$  maka dapat diperoleh dari  $Bp-\delta$  diagram pada gbr. 116 ( Ref. 12, hal 414 ) :

$$\delta = 243$$

Koreksi dari Open Condition menjadi Behind Condition sebesar 3%

$$\delta = 235,71$$

Hasil dari diagram  $Bp-\delta$  diagram :

$$\eta_p \text{ (efisiensi propeller)} = 57,9 \%$$

$$Ho/D \text{ (Pitc ratio)} = 0,72$$

Maka :

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

$$Do = \frac{235,71 \times 8,42}{145} = 13,68 \text{ feet dijadikan m} = \times 0,3048$$

$$= 4,1 \text{ m}$$

- Untuk B4-70

Untuk menentukan harga  $\delta$  dari  $Bp = 34,51$  maka dapat diperoleh dari  $Bp-\delta$  diagram pada gbr. 117 ( Ref. 12, hal 415 ) :

$$\delta = 236$$

Koreksi dari Open Condition menjadi Behind Condition sebesar 3%

$$\delta = 228,84$$

Hasil dari diagram  $Bp-\delta$  diagram :

$$\eta_p \text{ ( efisiensi propeller )} = 55,4 \%$$

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

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

$$Do = \frac{228,84 \times 8,42}{145} = 13,28 \text{ feet dijadikan m} = \times 0,3048 \\ = 4,0 \text{ m}$$

- Untuk B4-85

Untuk menentukan harga  $\delta$  dari  $Bp = 34,51$  maka dapat diperoleh dari  $Bp-\delta$  diagram pada gbr. 118.( Ref. 12, hal 415 ) :

$$\delta = 230$$

Koreksi dari Open Condition menjadi Behind Condition sebesar 3%

$$\delta = 223,18$$

Hasil dari diagram  $Bp-\delta$  diagram :

$$\eta_p \text{ ( efisiensi propeller )} = 53,6 \%$$

$$Ho/D \text{ ( Pite ratio )} = 0,78$$

Maka :

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

$$Do = \frac{223,18 \times 8,42}{145} = 12,95 \text{ feet dijadikan m} = \times 0,3048 \\ = 3,9 \text{ m}$$

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

No	Item	D	H/D	Hp
1	B4-40	4,2	0,67	59,6%
2	B4-55	4,1	0,72	57,9%
3	B4-70	4,0	0,76	55,4%
4	B4-85	3,9	0,78	53,6%

## 2.2 Perhitungan Kavitasasi

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

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

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

## 2.3 Konstanta Kavitasasi

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

$$\sigma_{0,7} = \frac{(p_0 - e) - (0,7R \times \gamma)}{1/2 \cdot \rho \cdot \underbrace{(Va^2 + (2\pi \cdot 0,7R \cdot n)^2)}_{v^2}} \quad (\text{Ref. 3, hal 199})$$

Dimana :

$p_0$  = 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.  
 = 8,42 Knot. ( lihat hal 25 )  
 $n$  = Koreksi putaran baling-baling perdetik  
 = 8,49 Rps.

Maka :

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

- a. Sarat air kapal ( Draft )  $T = 6,00 \text{ m}$   
 b. Tinggi sumbu poros baling2 thd garis dasar kapal  $h_1 = 2,40 \text{ m} -$   
 $= 3,60 \text{ m}$   
 c. Tinggi Gelombang (  $3/4 \% L_{pp}$  )  $h_2 = 0,742 \text{ m} +$   
 Water head diatas garis/sumbu poros baling2  $= 4,342 \text{ m}$   
 d. Tekanan hydrostatis pada garis/sumbu poros  
 baling2 di air laut (  $1,42 \text{ m} \times 1025 \text{ kg/m}^3$  )  $= 4450,55 \text{ kg/m}^2$   
 e. ( tekanan atmosfer ) - ( vapour pressure = e )  $= 10100 \text{ kg/m}^2 +$   
 (Tekanan statis digaris sumbu poros baling2) - ( e )  $= 14550,5 \text{ kg/m}^2$   
 Dari perhitungan ditetapkan harga  $P_o - e = 14550,5 \text{ kg/m}^2$

Maka konstanta kavitasi adalah :

- Untuk B4-40

$$\sigma_{0,7} = \frac{14550,55 - (0,7 \times 2,1 \times 1025)}{0,5 \times 104,49 \{ 8,42^2 + (2 \times 3,14 \times 0,7 \times 2,1 \times 2,41)^2 \}}$$

$$= 0,41$$

- Untuk B4-55

$$\sigma_{0,7} = \frac{14550,55 - (0,7 \times 2,05 \times 1025)}{0,5 \times 104,49 \{ 8,42^2 + (2 \times 3,14 \times 0,7 \times 2,05 \times 2,41)^2 \}}$$

$$= 0,44$$



- Untuk B4-70

$$\sigma_{0,7} = \frac{14550,55 - (0,7 \times 2,0 \times 1025)}{0,5 \times 104,49 \left( 8,42^2 + (2 \times 3,14 \times 0,7 \times 2,0 \times 2,41)^2 \right)}$$

$$= 0,47$$

-- Untuk B4-85

$$\sigma_{0,7} = \frac{14550,55 - (0,7 \times 1,95 \times 1025)}{0,5 \times 104,49 \left( 8,42^2 + (2 \times 3,14 \times 0,7 \times 1,95 \times 2,41)^2 \right)}$$

$$= 0,50$$

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

Untuk menentukan koefisien gaya dorong ini digunakan rumus sebagai berikut :

$$\tau = \frac{T}{1,12 \cdot \rho \cdot F_p \cdot V^2}$$

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 = 2398,3 HP.

$\eta_p$  = Propulsive Efficiency.

$Va$  = Advance speed of propeller. = 8,42 knot

Maka :

- Untuk B4-40 dan  $\eta_p = 59,6\%$

$$T = \frac{2398,3 \times 0,596 \times 75}{8,42}$$

$$= 12732,06 \text{ kg}$$

- Untuk B4-55 dan  $\eta_p = 57,9\%$

$$T = \frac{2398,3 \times 0,579 \times 75}{8,42}$$
$$= 12368,90 \text{ kg}$$

- Untuk B4-70 dan  $\eta_p = 55,4\%$

$$T = \frac{2398,3 \times 0,554 \times 75}{8,42}$$
$$= 11834,84 \text{ kg}$$

- Untuk B4-85 dan  $\eta_p = 53,6\%$

$$T = \frac{2398,3 \times 0,536 \times 75}{8,42}$$
$$= 11450,31 \text{ kg}$$

- 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

Developed Blade Ratio

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

Disc Area of The Screw ( F )

$$F = \frac{\pi}{4} \cdot D^2$$
$$= \frac{3,14}{4} \times (4,2)^2$$
$$= 13,84$$

Developed Blade Area (  $F_a$  )

$$F_a = 0,40 \times 13,84 = 5,538$$

Jadi :

$$\begin{aligned} F_p &= (1,067 - (0,229 \times 0,67)) \times 5,538 \\ &= 5,05 \end{aligned}$$

**- Untuk B4-55**

Developed Blade Ratio

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

Disc Area of The Screw ( F )

$$\begin{aligned} F &= \frac{\pi}{4} \cdot D^2 \\ &= \frac{3,14}{4} \times (4,1)^2 \\ &= 13,19 \end{aligned}$$

Developed Blade Area ( Fa )

$$F_a = 0,55 \times 13,19 = 7,25$$

Jadi :

$$\begin{aligned} F_p &= (1,067 - (0,229 \times 0,72)) \times 7,25 \\ &= 6,54 \end{aligned}$$

**- Untuk B4-70**

Developed Blade Ratio

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

Disc Area of The Screw ( F )

$$\begin{aligned} F &= \frac{\pi}{4} \cdot D^2 \\ &= \frac{3,14}{4} \times (4,0)^2 \\ &= 12,56 \end{aligned}$$

Developed Blade Area ( Fa )

$$F_a = 0,70 \times 12,56 = 8,79$$

Jadi :

$$F_p = (1,067 - (0,229 \times 0,76)) \times 8,79 \\ = 7,84$$

- Untuk B4-85

Developed Blade Ratio

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

Disc Area of The Screw ( F )

$$F = \frac{\pi}{4} \cdot D^2 \\ = \frac{3,14}{4} \times (3,9)^2 \\ = 11,93$$

Developed Blade Area ( Fa )

$$F_a = 0,85 \times 11,93 = 10,14$$

Jadi:

$$F_p = (1,067 - (0,229 \times 0,78)) \times 10,14 \\ = 9,00$$

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

- Untuk B4-40

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

$$\tau = \frac{1273206}{0,5 \times 104,49 \times 5,05 (2 \times 3,14 \times 0,7 \times 2,1 \times 2,41)^2} \\ = 0,098$$

- Untuk B4-55

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

$$\tau = \frac{1236890}{0,5 \times 104,49 \times 6,54 (2 \times 3,14 \times 0,7 \times 2,05 \times 2,41)^2}$$

$$= 0,076$$

- Untuk B4-70

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

$$\tau = \frac{1183484}{0,5 \times 104,49 \times 7,84 (2 \times 3,14 \times 0,7 \times 2,0 \times 2,41)^2}$$

$$= 0,064$$

- Untuk B4-85

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

$$\tau = \frac{1145031}{0,5 \times 104,49 \times 9 (2 \times 3,14 \times 0,7 \times 1,95 \times 2,41)^2}$$

$$= 0,057$$

## 2.5 Tabel Perhitungan Kavitasasi

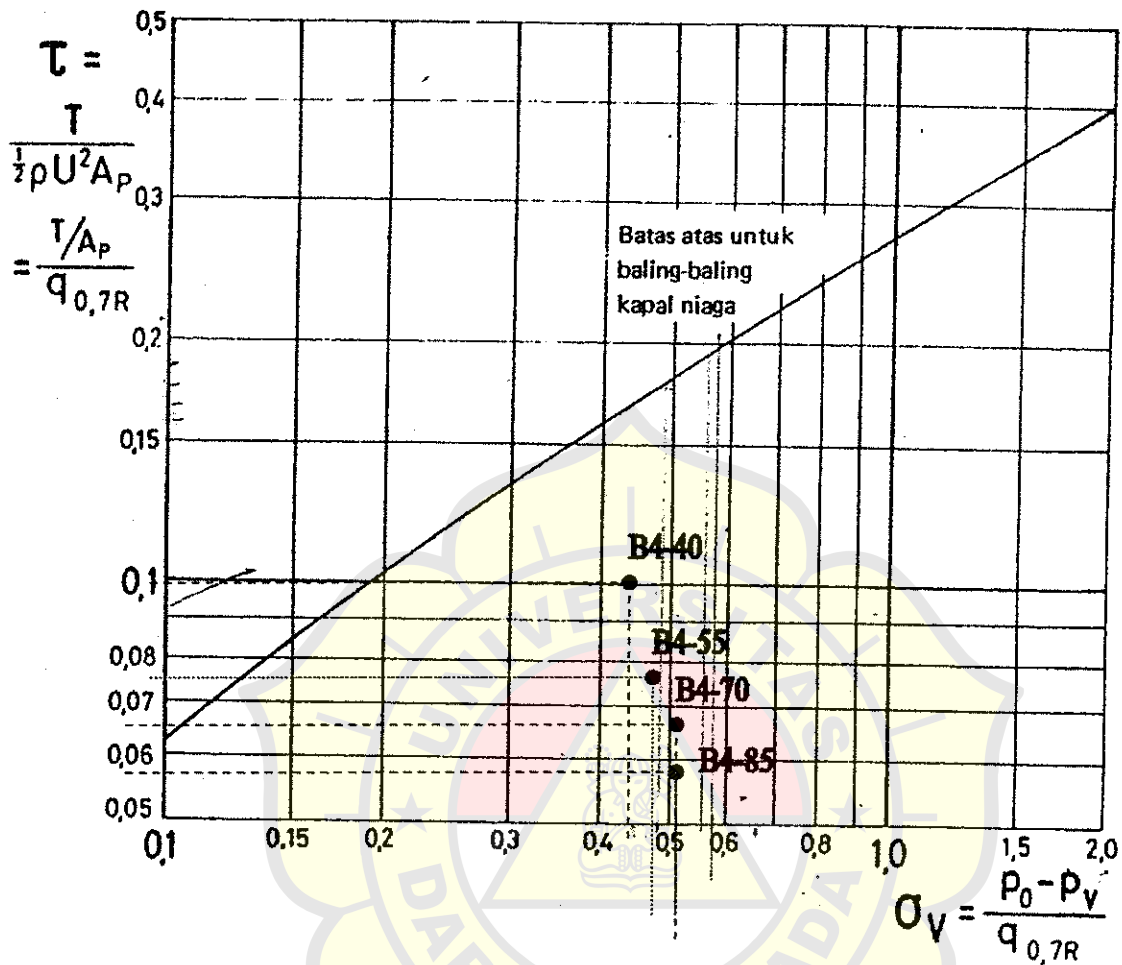
Setelah didapat dilakukan perhitungan kavitasasi diatas, langkah selanjutnya adalah untuk melakukan penggambaran grafik rancangan baling-baling. Berikut dibawah ini adalah tabel hasil perhitungan kavitasasi.

	$\sigma_{0,7}$	$\tau$	$F_p/F_a$	$F_a/F$	$F$	$F_a$	$F_p$
B4-40	0,41	0,098	0,91	0,40	13,84	5,53	5,05
B4-55	0,44	0,076	0,90	0,55	13,19	7,25	6,54
B4-70	0,47	0,064	0,89	0,70	12,56	8,79	7,84
B4-85	0,50	0,057	0,88	0,85	11,93	10,14	9,00

Type	D	$\eta_p$	Z	$F_a/F$
<b>B4-40</b>	<b>4,2</b>	59,6%	<b>4</b>	0,40
<b>B4-55</b>	<b>4,1</b>	57,9%	<b>4</b>	0,55
<b>B4-70</b>	<b>4,0</b>	55,4%	<b>4</b>	0,70
<b>B4-85</b>	<b>3,9</b>	53,6%	<b>4</b>	0,85

Dari tabel diatas maka dapat disimpulkan Type B4-40 ini yang paling efisien, karena  $D < 0,7 T$ ,  $\eta_p$  paling besar, meskipun kavitasiya paling besar.

## 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 ) : 4,2 m
- Pitch Ratio propeller ( Ho/D ) : 0,67
- Developed Blade Ratio ( Fa/F ) : 0,40
- Effisiensi propeller (  $\eta_p$  ) : 59,6%
- Jumlah daun propeller ( Z ) : 4

Karena dalam perhitungan BHP  $\eta_p$  diasumsikan 0,60, sedangkan yang didapat  $0,596 \approx 0,60$ , sehingga perhitungan diatas sudah memenuhi / tidak perlu dikoreksi lagi.

## II.2.10 Perhitungan Poros Baling-baling

### a. Diameter poros propeller

Di dalam sistim transmisi tenaga suatu mesin kapal, poros digunakan untuk menransmisikan putaran suatu mesin ke baling-baling (*propeller*). Sehingga kapal tersebut akan mendapatkan daya dorong atau thrust. Besarnya thrust yang dihasilkan tersebut sangat tergantung dari besarnya putaran baling-baling (*propeller*). Berdasarkan peraturan BKI (*Referensi No. 2, Hal. 4-1*), minimum diameter poros baling-baling adalah :

$$D = F \times k \times \sqrt[3]{\frac{P_w}{n \times \left(1 - \frac{d_i}{d_a}\right)}} \times C_w$$

Dimana :

F = Faktor untuk instalasi propulsi  
= 100

k = Faktor tipe dari poros  
= 1,22

$P_w$  = Daya pada poros  
= 1600 kW

n = Putaran poros  
= 245 rpm

$C_w$  = Faktor material  
=  $560/R_m + 160$

$R_m$  = Kekuatan tarik material, digunakan KSF 45  
=  $400 \text{ N/mm}^2$

$C_w = \frac{560}{400} + 160$   
= 1

$1 - (d_i/d_a)^4 = 1,00$

Maka :



$$D = F \times k \times \sqrt[3]{\frac{P_w}{n \times \left(1 - \frac{d_i}{d_a}\right)}} \times C_w$$

$$= 100 \times 1,22 \times \sqrt[3]{\frac{1600}{245 \times 1,00}} \times 1$$

$$D = 228,04 \text{ mm}$$

b. Diameter poros antara

Poros antara terletak di antara mesin induk atau gear box apabila menggunakan gear box dan poros baling-baling. Salah satu kegunaan poros antara ini adalah untuk mempermudah pencabutan poros baling-baling. Minimum diameter poros antara berdasarkan dari acuan *Referensi No.2, hal. 4-1* adalah:

$$F = 100$$

$$K = 1,10$$

Maka :

$$D = F \times k \times \sqrt[3]{\frac{P_w}{n \times \left(1 - \frac{d_i}{d_a}\right)}} \times C_w$$

$$= 95 \times 1,20 \times \sqrt[3]{\frac{1600}{245 \times 1,00}} \times 1$$

$$D = 205,61 \text{ mm}$$

A. Panjang Blade Elemen Dari center Line ke Leading Edge ( $h_D$ )

$r/R$ (1)	$h_D$ (2)	$h_D$ (3)
0,2	0,116	317,840
0,3	0,129	353,460
0,4	0,136	372,640
0,5	0,137	375,380
0,6	0,132	361,680
0,7	0,118	323,320
0,8	0,092	252,080
0,9	0,051	139,740
0,95	0,020	54,800
1,00	-0,053	-145,220

B. Panjang Total Blade Elemen (C)

$r/R$ (1)	C/D (2)	C (3)
0,2	0,208	569,920
0,3	0,241	660,340
0,4	0,263	720,620
0,5	0,276	756,240
0,6	0,279	764,460
0,7	0,269	737,060
0,8	0,241	660,340
0,9	0,184	504,160
0,95	0,135	369,900
1,00	0,000	0,000

C. Panjang Blade Elemen Dari Center Line ke Trailing Edge ( $h_{TE}$ )

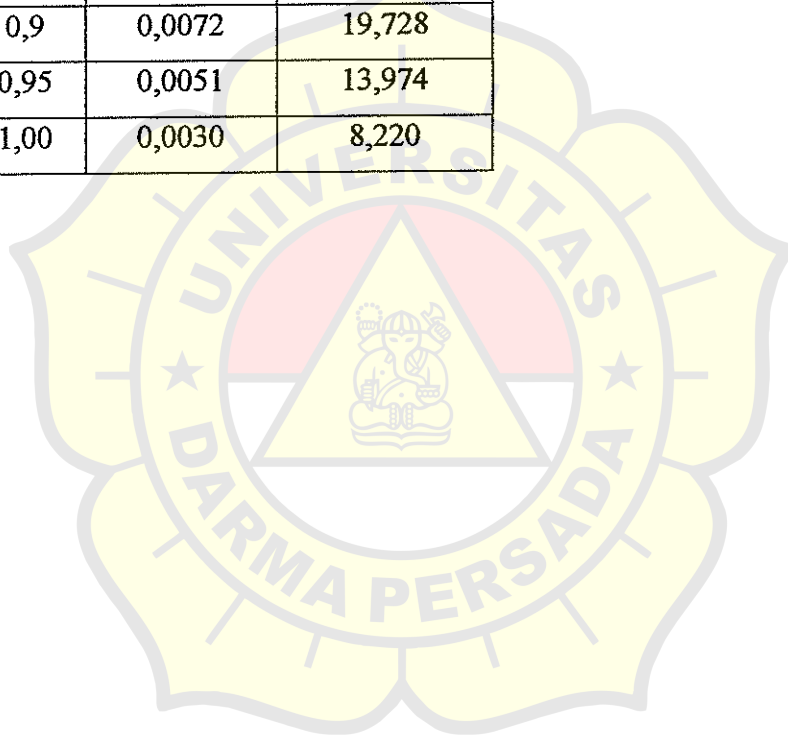
$r/R$ (1)	$h_{TE} = C-h_D$ (2)
0,2	252,080
0,3	306,880
0,4	347,980
0,5	380,860
0,6	402,780
0,7	413,740
0,8	408,260
0,9	364,420
0,95	315,100
1,00	145,220

D. Jarak Ordinate Maksimum dari Leading Edge ( $h_T$ )

$r/R$ (1)	$h_T/D$ (2)	$h_t$ (3)
0,2	0,350	199,472
0,3	0,387	255,552
0,4	0,420	302,660
0,5	0,450	340,308
0,6	0,475	363,119
0,7	0,493	363,371
0,8	0,500	330,170
0,9	0,500	252,080
0,95	0,500	184,950
1,00	0,500	0,000

E. Ketebalan Blade Maksimum Pada Ordinate (t)

r/R	t/D	t
(1)	(2)	(3)
0,2	0,3566	100,284
0,3	0,0324	88,776
0,4	0,0282	77,268
0,5	0,0240	65,760
0,6	0,0198	54,252
0,7	0,0156	42,744
0,8	0,0114	31,236
0,9	0,0072	19,728
0,95	0,0051	13,974
1,00	0,0030	8,220



F. Jarak Ordinat Belakang dan Muka dari Ordinate Maksimum

1. Ordinate Belakang

Trailing Edge

r/R	T.E	mm	80	mm	60	mm	40	mm	20	mm	y1	mm	y2	mm
0,2	0,386	38,710	0,63	63,179	0,805	80,729	0,919	92,161	0,981	98,379	0,380	38,108	0,375	37,607
0,3	0,338	30,006	0,598	53,088	0,787	69,867	0,911	80,875	0,979	86,912	0,343	30,450	0,325	28,852
0,4	0,289	22,330	0,565	43,656	0,769	59,419	0,903	69,773	0,977	75,491	0,307	23,721	0,274	21,171
0,5	0,233	15,322	0,521	34,261	0,742	48,764	0,892	58,658	0,975	64,116	0,270	17,755	0,218	14,336
0,6	0,171	9,277	0,477	25,878	0,712	38,627	0,875	47,471	0,97	52,624	0,000	0,000	0,151	8,192
0,7	0,102	4,360	0,436	18,636	0,687	29,365	0,859	36,717	0,965	41,248	0,000	0,000	0,076	3,249
0,8	0,073	2,280	0,407	12,713	0,669	20,897	0,852	26,613	0,963	30,080	0,000	0,000	0,037	1,156
0,9	0,116	2,288	0,434	8,562	0,682	13,454	0,859	16,946	0,965	19,038	0,000	0,000	0,058	1,144
0,95	0,163	2,278	0,464	6,484	0,699	9,768	0,866	12,101	0,967	13,513	0,000	0,000	0,082	1,146

Leading Edge

r/R	20	mm	40	mm	60	mm	70	mm	80	mm	85	mm	90	mm	95	mm	LE	mm
0,2	0,984	98,679	0,932	93,465	0,844	84,640	0,783	78,522	0,708	71,001	0,662	66,388	0,608	60,973	0,538	53,953	0,000	0,000
0,3	0,981	87,089	0,924	82,029	0,826	73,329	0,759	67,381	0,676	60,013	0,626	55,574	0,569	50,514	0,497	44,122	0,000	0,000



