

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 hambat (*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*)

Hambatan 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 hambatan 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 hambatan inilah yang merupakan hambatan 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 hambatan dari udara. Hambatan 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 di ambil dari diagram L/∇^k

C_F = Koefisien hambatan gesek

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

Atau dapat di ambil dari diagram menurut *ITTC 1957* dalam buku *Tahanan dan Propulsi Kapal* oleh *Sv. Aa. Harvald* terjemahan *Ir. Jusuf Sutomo, M.Sc* (1992 Hal.192), dimana koefisien tahanan gesek C_F sebagai fungsi panjang kapal L dan kecepatan V .

Penambahan hambatan tersebut harus dicari dengan mengalikan penyimpangan LCB dari harga LCB_{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 hambatan 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 memanjang nya 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 hambatan 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 $LCB_{standar}$ di anggap 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 hambatan yang diperoleh berdasarkan diagram $L/\nabla^{1/3}$ dan ITTC - 57 dalam buku *Tahanan dan Propulsi Kapal* (hal. 120 - 129) di anggap 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{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 :

$$C'_R = C_R \frac{S_1}{S}$$

Dimana : S = Luas permukaan basah badan kapal.

S_1 = Permukaan basah badan dan anggota badan kapal.

• **Koreksi Hambatan Udara dan Kemudi**

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

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

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

Hambatan dan daya efektif yang dihitung dengan memakai diagram yang diberikan disini berlaku untuk kapal dalam kondisi pelayaran perobaan, 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 hambatan 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 *margin* atau *service margin*) untuk hambatan atau daya efektif adalah 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	LOA	=	108,00	m
Panjang antara garis tegak kapal	L_{pp}	=	102,00	m
Panjang antara garis air	L_{wl}	=	104,04	m
Lebar kapal	B	=	19,20	m
Tinggi kapal	H	=	9,30	m
Sarat air kapal	T	=	6,00	m
Kecepatan	V_s	=	12,00	knot
Displasemen	Δ	=	8852,457	Ton
Volume displasemen	∇	=	8636,544	m^3
Koefisien blok	C_b	=	0,735	
Koefisien penampang tengah	C_m	=	0,985	
Koefisien prismatic	C_p	=	0,746	
Koefisien garis air	C_w	=	0,814	

- 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 instalasi mesin seluruhnya memenuhi peraturan BKI.

- Bendera kebangsaan kapal

Kapal ini dalam pengoperasiannya, berbendera kebangsaan "Indonesia".

1.4. Perhitungan Koefisien-koefisien Kapal

Displacement (Δ)

$$\begin{aligned}\Delta &= L_{pp} \times B \times T \times C_b \times \gamma && \text{(ref. 9, hal 77)} \\ &= 102,00 \times 19,20 \times 6 \times 0,73 \times 1,025 \\ \Delta &= 8852,457 \text{ ton}\end{aligned}$$

Midship Section Area Coefficient (C_m)

$$\begin{aligned}C_m &\approx 0,9 + 0,08 \times C_b \\ &= 0,93 + 0,08 \times 0,735 \\ C_m &= 0,985\end{aligned}$$

Midship Section Area (A_m)

$$\begin{aligned}A_m &= B \times T \times C_m && \text{(ref. 9, hal 7)} \\ &= 19,20 \times 6 \times 0,985 \\ A_m &= 113,472 \text{ m}^2\end{aligned}$$

Prismatic Coefficient (C_p)

$$\begin{aligned}C_p &= \frac{C_b}{C_m} && \text{(ref. 9, hal 77)} \\ &= \frac{0,735}{0,985} \\ C_p &= 0,746\end{aligned}$$

Water-plane Area Coefficient (C_w)

$$\begin{aligned}C_w &= 0,18 + (0,86 \times C_p) \\ &= 0,18 + (0,86 \times 0,746) \\ C_w &= 0,821\end{aligned}$$

Water-plane Area (A_w)

$$\begin{aligned}A_w &= L_{pp} \times B \times C_w && \text{(ref. 9, hal 5)} \\ &= 102,00 \times 19,20 \times 0,821 \\ A_w &= 1607,846 \text{ m}^2\end{aligned}$$

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 :

$$\delta_{pp} = \frac{C_b \times L_{OA}}{L_{wl}}$$
$$= \frac{0,735 \times 108,00}{104,04}$$

$$\delta_{pp} = 0,762$$

$$S = 1,025 \times 102,00 (0,762 \times 19,20 + 1,7 \times 6)$$

$$S = 2596,018 \text{ m}^2$$

Luas Permukaan Basah sepanjang A_w (S')

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

$$= 1,025 \times 104,04 (0,762 \times 19,20 + 1,7 \times 6)$$

$$S' = 2647,938 \text{ m}^2$$

Ratio S/S'

$$\frac{S}{S'} = \frac{2956,018}{2647,938}$$
$$= 0,980$$

Volume Displacement (V_{Displ})

$$V_{Displ} = L_{pp} \times B \times T \times C_b \quad (\text{ref. 9, hal 5})$$

$$= 102,00 \times 19,20 \times 6 \times 0,735$$

$$= 8636,544 \text{ m}^3$$

Perbandingan lebar dan sarat kapal (B/T)

$$B/T = \frac{19,20}{6}$$

$$= 3,2$$

1.5. Perhitungan Tabanan Kapal Pada Kecepatan 12 Knot

1.5. Perhitungan Tahanan Kapal Pada Kecepatan 12 Knot

1. Froude Number (F_n)

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

Dimana :

V_s = Kecepatan kapal dalam m/det

$$= 12 \times 0,5144 \text{ m/det}$$

$$= 6,173 \text{ m/det}$$

g = Gaya grafitasi

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

Maka :

$$F_n = \frac{6,173}{\sqrt{(9,81 \times 104,04)}} \\ = 0,193$$

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. $1/2 \cdot \rho \cdot S \cdot V_s^2$

Dimana :

ρ = Massa jenis ($\text{kg} \cdot \text{det}^2/\text{m}^4$)

$$= 104,49 \text{ kg} \cdot \text{det}^2/\text{m}^4$$

S = Luas permukaan basah kapal

$$= 2596,018 \text{ m}^2$$

Maka :

$$1/2 \cdot \rho \cdot S \cdot V_s^2 = 0,5 \times 104,49 \times 2596,018 \times 38,106 \\ = 4923984,19 \text{ kg} \cdot 5168277,165 : 0,1019716 \\ = 50683485,91 \text{ N}$$

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 :

$$L_{wl} = 104,04 \text{ m}$$

$$\nabla = 8636,544 \text{ m}^3$$

$$L/\nabla^{1/3} = 5,072$$

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

$$L/\nabla^{1/3} = 5,00 \quad F_n = 0,193 \quad 10^3 C_R = 1$$

$$L/\nabla^{1/3} = 5,50 \quad F_n = 0,193 \quad 10^3 C_R = 0,9$$

$$L/\nabla^{1/3} = 5,072 \quad F_n = 0,193 \quad 10^3 C_R = \dots$$

$$10^3 C_R = 1 + \left[\frac{(5,072 - 5)}{(5,5 - 5)} \right] \times (0,9 - 1)$$

$$10^3 C_R = 1,014$$

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 :

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

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

$$= 0,112$$

8. Koreksi LCB

Koreksi lain untuk tahanan sisa adalah :

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

Dimana :

$$LCB_{\text{standar}} = 0,98\% \text{ (Berdasarkan gbr 5.5.15)} \quad (\text{Ref. 3, hal 130})$$

$$\begin{aligned} LCB &= \frac{LCB \times L_{RF}}{100} \\ &= \frac{0,98 \times 102,00}{100} \end{aligned}$$

$$LCB = 0,99\%$$

$$\begin{aligned} LCB &= 0,99\% - 0,98\% \\ &= 0,01\% \end{aligned}$$

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

$$\frac{\delta 10^3 C_R}{\delta} = 0,05 \text{ (Berdasarkan gbr 5.5.16)} \quad (\text{Ref. 3, hal. 130})$$

$$\begin{aligned} \text{Koreksi terhadap } 10^3 C_R &= \frac{\delta 10^3 C_R}{\delta LCB} \times \Delta LCB \\ &= 0,05 \times 0,01 \\ &= 0,0005 \end{aligned}$$

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%

$$= 1,014 \times 5\%$$

$$= 0,050$$

d. Shaft Propeller

= Harga C_R dinaikkan 5%-8%

$$= 1,014 \times 8\%$$

$$\text{Shaft Propeller} = 0,081$$

Jadi, koreksi anggota badan kapal

$$\begin{aligned} 10^3 C_R &= (0) + (0) + (0,050) + (0,081) \\ &= 0,132 \end{aligned}$$

12. Resultan $10^3 C_R$

$$\begin{aligned} 10^3 C_R &= \text{No. 6} + \text{No. 7} + \text{No. 8} + \text{No. 9} + \text{No. 10} + \text{No. 11} \\ &= 1,014 + 0,112 + 0,0005 + 0 + 0 + 0,132 \\ &= 1,258 \end{aligned}$$

13. Reynolds Number (R_n)

$$\begin{aligned} R_n &= \frac{V_S \times L_{wl}}{\nu} \\ &= \frac{6,173 \times 104,04}{1,1883 \times 10^{-6}} \\ &= 540,469 \times 10^6 \end{aligned}$$

14. Koefisien tahanan gesek (C_F)

Dapat diperoleh dari gambar 5.5.14 (Ref. 3, hal. 129) yang merupakan fungsi dari panjang kapal (L_{pp}) dan Kecepatan (V_S).

$L_{wl} = 104,04 \text{ m}$	$V_S = 5,00 \text{ m/dt}$	$10^3 C_F = 1,64$
$L_{wl} = 104,04 \text{ m}$	$V_S = 7,00 \text{ m/dt}$	$10^3 C_F = 1,58$
$L_{wl} = 104,04 \text{ m}$	$V_S = 6,173 \text{ m/dt}$	$10^3 C_F = \dots$

$$10^3 C_F = 1,64 + \left[\frac{(6,173 - 5,00)}{(7,00 - 5,00)} \right] \times (1,58 - 1,64)$$

$$10^3 C_F = 1,604$$

15. Koreksi C_F

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

$$= \frac{2647,938}{2596,018} \times 1,604$$

$$10^3 C_F = 1,636$$

16. Tahanan Tambahan (C_A)

Untuk kapal $L \geq 150$ m

(Ref. 3, hal 132)

$$10^3 C_A = 0.2$$

17. Tahanan Udara (C_{AA})

$$10^3 C_{AA} = 0.07$$

(Ref. 3, hal 132)

18. Tahanan Kemudi (C_{AS})

$$10^3 C_{AS} = 0.04$$

(Ref. 3, hal 132)

19. Koefisien Tahanan Total (C_T)

$$\begin{aligned} 10^3 C_T &= C_R + C_F + C_A + C_{AA} + C_{AS} \\ &= 1,258 + 1,604 + 0,2 + 0,07 + 0,04 \\ &= 3,172 \end{aligned}$$

20. Tahanan total (R_T)

$$\begin{aligned} R_T &= C_T (1/2 \cdot \rho \cdot S \cdot V_s^2) && \text{(Ref. 3, hal 133)} \\ &= 3,172 \times 10^{-3} \times 5168277,165 \text{ kg} \\ R_T &= 16393,775 \text{ kg} \\ &= 160768,047 \text{ N} \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} \text{EHP} &= \frac{V_s \times R_T}{75} \\ &= \frac{6,173 \times 16393,775}{75} \\ &= 1349,316 \text{ HP} \end{aligned}$$

2. Shaft Horse Power (SHP)

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

Dimana :

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

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

η_H = Efisiensi Lambung Kapal

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

Dimana :

- Faktor arus ikut (w) menurut *Taylor* untuk kapal berbaling-baling tunggal (single screw)

$$\begin{aligned}w &= -0,05 + (0,50 \times C_b) \\ &= -0,05 + (0,55 \times 0,735) \\ &= 0,317\end{aligned}$$

- Faktor pengisapan (t), menurut *Taylor* untuk kapal berbaling-baling tunggal

$$t = k w$$

koefisien = 0,55-0,70, diambil 0,70

$$t = 0,70 \times 0,317 = 0,221$$

$$\begin{aligned}h_H &= \frac{(1 - t)}{(1 - w)} \\ &= \frac{(1 - 0,221)}{(1 - 0,317)} \\ &= 1,140\end{aligned}$$

Maka :

$$\begin{aligned}P.C &= \eta_H \times \eta_{rr} \times \eta_o \\ &= 1,140 \times 1,07 \times 0,6 \\ &= 0,731 \approx 731\%\end{aligned}$$

Jadi, Shaft Horse Power (SHP)

$$\begin{aligned} \text{SHP} &= \frac{1}{\text{P.C}} \times \text{EHP} \\ &= \frac{1}{0,731} \times 1349,316 \text{ HP} \\ &= 1845,849 \text{ HP} \end{aligned}$$

3. Brake Horse Power (BHP)

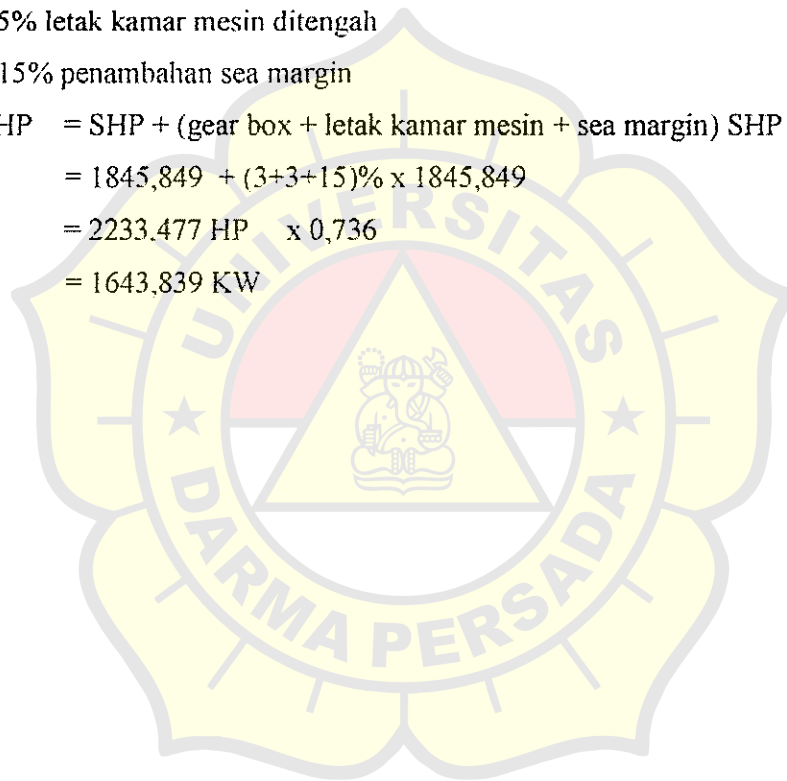
Daya yang diperlukan mesin induk yang digunakan sebagai penggerak kapal, biasanya diambil ketentuan kerugian daya karena ada gesekan – gesekan pada :

3% kerugian daya di gear box

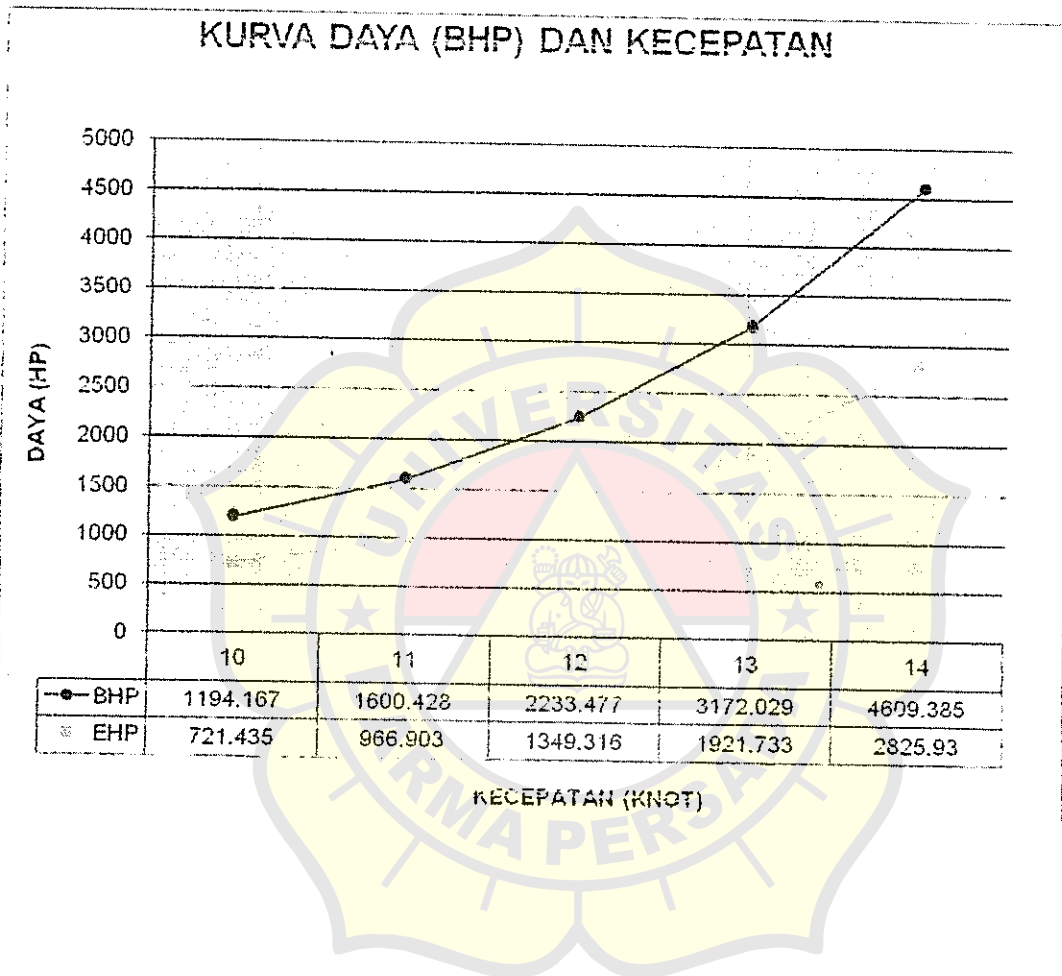
5% letak kamar mesin ditengah

15% penambahan sea margin

$$\begin{aligned} \text{BHP} &= \text{SHP} + (\text{gear box} + \text{letak kamar mesin} + \text{sea margin}) \text{ SHP} \\ &= 1845,849 + (3+3+15)\% \times 1845,849 \\ &= 2233,477 \text{ HP} \quad \times 0,736 \\ &= 1643,839 \text{ KW} \end{aligned}$$



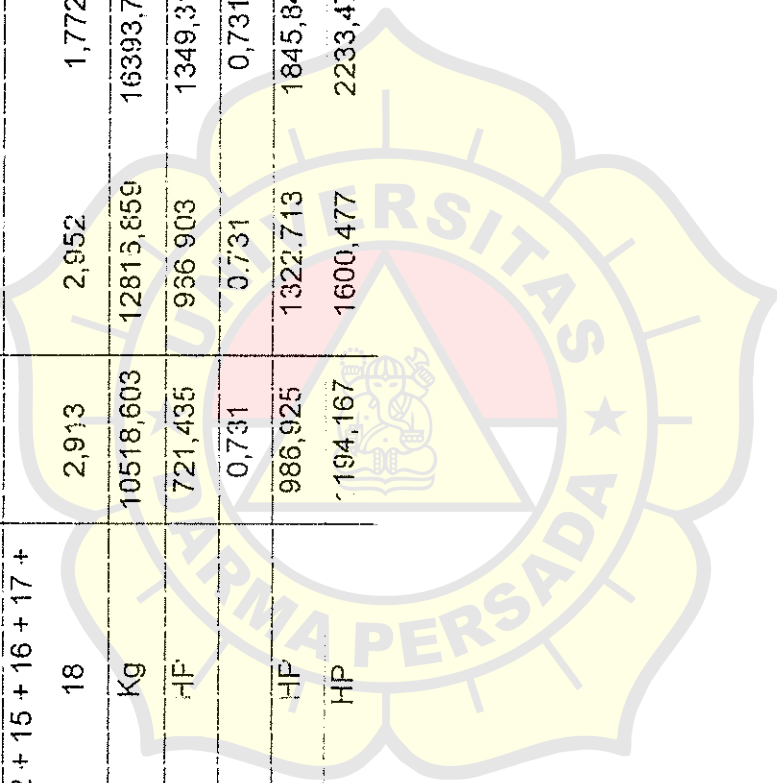
KECEPATAN	DAYA	
	BHP	EHP
0	0	0
10	1194,167	721,435
11	1600,428	966,903
12	2233,477	1349,316
13	3172,029	1921,733
14	4609,385	2825,93



TABEL PERHITUNGAN DAYA MESIN KAPAL PADA 5 KEECEPATAN

No.	RUMUS	Satuan / Sumber	Kecepatan -				
			10	11	12	13	14
1.	V/S	Knot*	10	11	12	13	14
2.	V/S	m/dt	10	11	12	13	14
3.	V/S ²	m ² /dt ²	26.460	32.012	38.106	44.715	51.354
4.	$F_n = V / gL$		0.161	0.177	0.193	0.209	0.225
5.	$1/2 \rho \cdot S \cdot V^2$	Kg	3496455,9	4341754,281	50683485,91	6064648,965	7032904,113
6.	$10^3 C_z (L / V^{1/3})$	Gbr. 5.5.9 - 5.5.10	0.880	0.763	1.014	1.154	1.679
7.	Koreks B/T	Gbr 5.5.17	0.112	0.112	0.112	0.112	0.112
8.	Koreks LCB	Gbr 5.5.15 - 5.5.16	0.000025	0.00096	0.0305	0.01	0,05
9.	Koreks. Grs. Penampang	5.5.20	0	0	0	0	0
10.	Koreks. Bentuk Haluan	5.5.21	0	0	0	0	0
11.	Koreks. Anggona Badan	5.5.22	0.088	0.097	0.132	0.149	0.214
12.	Resultan 10 ³ CR	6 + 7 + 8 + 9 + 10 +	0.880	0.924	1.263	1.574	2.222
13.	10 ⁶ P _n	V/L/S	450.357	497.774	540.439	585.471	630.473
14.	10 ³ C _r TTC - 1957	Gbr.5.5.14	1.704	1.685	1.604	1.638	1.621

15.	$10^3 C_F$		$S_1 / S \times 10^3 C_F$	2,931	1,718	1,636	1,670	1,653
16.	$10^3 C_A$		5.5.23	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
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
	$10^3 C_T = C_R + C_F + C_A + C_{AA}$		$12 + 15 + 16 + 17 +$					
19.	$- C_{AS}$		18	2,913	2,952	1,772	1,564	2,224
20.	$R_T = C_T / 2 \cdot p \cdot S \cdot V^2$		Kg	10518,603	12815,859	16393,775	21553,752	29432,703
21.	$EHP = V \cdot R_T / 75$		HP	721,435	966,903	1349,316	1921,733	2625,93
22.	PC			0,731	0,731	0,731	0,731	0,731
23.	$SHIP = EHP / P$		HP	986,925	1322,713	1845,849	2621,512	3839,495
24.	BHP		HP	1194,167	1600,477	2233,477	3172,029	4639,365



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
- Type : 6N280
- Jumlah silinder : 6
- Bore & Stroke : 280 x 380 (mm)
- Daya : 2500 HP (1839 KW)
- Putaran Mesin : 720 Rpm
- Berat mesin : 19 Ton
- Konsumsi bahan bakar (Sfoc) : 189 g/kwh
- Dimensi : 6131 × 1380 × 3089 (mm)

Dengan menggunakan mesin induk diatas maka kecepatan kapal yang dicapai adalah sebesar 12,1 knot.

Alasan saya memilih spek mesin merk YANMAR adalah :

- Spare partnya mudah didapat
- Harganya ekonomis dan efisien
- Dimensinya lebih kecil sesuai dengan rung mesin
- SFOC rendah dilihat masih dengan BHP yang sama

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.

apal 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 ujuk 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 baling-baling yang dipilih adalah baling-baling yang memakai tipe "B" Wageningen sedangkan perencanaannya memakai Bp- δ diagram dari baling-baling tipe "B-4" hasil dari Open Water Test di Nederland Ship model Basim(NSMB) sekarang berganti nama Maritime Research Institute Of (MARIN). perencanaannya sebagai berikut :

1. Diameter Optimum, Pitch Ratio dan Propeller Efficiency

Koefisien Baling-Baling

Untuk Menentukan koefisien baling-baling menggunakan rumus, yaitu :

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

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 $Bp-\delta$ diagram maka dilakukan koreksi Scale effect untuk Nsebesar 3%

Rpm = Putaran mesin utama kapal rancangan
= 720 rpm

Reduction gear yang dipilih 1 : 5,5

$$N_{\text{baling2}} = \frac{720}{5,5}$$
$$= 130,91 \text{ rpm.}$$
$$= 130 \text{ rpm}$$

N_k = $0,97 \times 130,91$ (koreksi scale effect 2%)
= 127 rpm.

Dari perhitungan diatas ditetapkan harga $N = 127$ 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 :

$$\begin{aligned} \text{SHP} &= (\text{BHP} - (3 + 3)\%) \times \frac{75}{76} \times \frac{1.000}{1.025} \\ &= (2500 - (6)\%) \times \frac{75}{76} \times \frac{1.000}{1.025} \\ &= 2262,52 \text{ HP.} \end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas ditetapkan harga SHP = 2262,52 HP.

1.3 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 Friction

= 0,317 (lihat hal 19)

V_s = Kecepatan kapal rancangan.

= 12,2 knot (lihat hal 22)

Maka :

$$\begin{aligned} V_a &= (1 - 0,317) \times 12,2 \\ &= 8,33 \text{ Knot.} \end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas ditetapkan harga $V_a = 8,33$ Knot.

Maka :

$$\begin{aligned} B_p &= \frac{N_p \times \sqrt{\text{SHP}}}{V_a^{2.5}} \\ &= \frac{127 \times \sqrt{2262,52}}{8,33^{2.5}} \\ &= 30,16 \end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas ditetapkan harga $B_p = 30,16$

2. Diameter Optimum (D_o) (Ref 9, hal 94)

Untuk menentukan Diameter Optimum (D_o) digunakan rumus :

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

Dimana :

- D_o = Diameter Optimum.
- δ_k = Koreksi *Advance Coefficient*.
- Va = *Advance Speed* dari *propeller*.
= 10,93 knot. (lihat hal 25)
- N_k = Koreksi Putaran baling-baling
= 509,6 rpm. (lihat hal 24)

- Maka Diameter Optimumnya (D_o) adalah :

- Untuk B4-40

δ diagram untuk B4 – 40 $\delta = 22$ (Ref. 12, hal 414)

Koreksi dari Open Condition menjadi Behind Condition sebesar 5%

Dengan harga δ sudah di koreksi = 209,95

Hasil dari diagram Bp- δ diagram :

η_p (efisiensi propeller) = 61,4%

Ho/D (Pite ratio) = 0,72

Maka :

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

$$D_o = \frac{209,95 \times 8,33}{127} = 13,77 \text{ feet dijadikan m} = \times 0,3048$$

$$= 4,19 \text{ m}$$

- Untuk B4-55

δ diagram untuk B4 - 55 $\delta = 216$ (Ref. 12, hal 414)

Koreksi dari Open Condition menjadi Behind Condition sebesar 5%

Dengan harga δ sudah di koreksi = 205,2

Hasil dari diagram Bp- δ diagram :

$$\eta_p \text{ (efisiensi propeller) } = 59,8 \%$$

$$Ho/D \text{ (Pite ratio) } = 0,74$$

Maka :

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

$$D_o = \frac{205,2 \times 8,33}{127} = 12,96 \text{ feet dijadikan m } = \times 0,3048$$

$$= 4,09 \text{ m}$$

- Untuk B4-70

δ diagram Untuk B4 - 70 $\delta = 209$ (Ref. 12, hal 415)

Koreksi dari Open Condition menjadi Behind Condition sebesar 5%

Dengan harga δ sudah di koreksi = 198,55

Hasil dari diagram Bp- δ diagram :

$$\eta_p \text{ (efisiensi propeller) } = 57,6 \%$$

$$Ho/D \text{ (Pite ratio) } = 0,82$$

Maka :

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

$$D_o = \frac{198,55 \times 8,33}{127} = 13,02 \text{ feet dijadikan m } = \times 0,3048$$

$$= 3,96 \text{ m}$$

- Untuk B4-85

δ Untuk diagram B4 – 85 $\delta = 208$ (Ref. 12, hal 415)

Koreksi dari Open Condition menjadi Behind Condition sebesar 5%

Dengan harga δ sudah di koreksi = 197,6

Hasil dari diagram Bp- δ diagram :

η_p (efisiensi propeller) = 57,2 %

Ho/D (Pite ratio) = 0,82

Maka :

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

$$D_o = \frac{197,6 \times 8,33}{127} = 12,96 \text{ feet dijadikan m} \times 0,3048$$

$$= 3,95 \text{ m}$$

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 = 28.79 adalah sebagai berikut :

No	Item	D	H/D	η_p
1	B4-40	4,19	0,72	61,2%
2	B4-55	4,09	0,74	59,8%
3	B4-70	3,96	0,82	57,6%
4	B4-85	3,95	0,82	57,2%

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 Kavitas

Untuk menentukan kavitas pada propeller pada posisi $\sigma_{0.7}$ digunakan rumus:

$$\sigma_{0.7} = \frac{(P_o - e) \cdot (0,7R \times \gamma)}{1/2 \cdot \rho \cdot (V_a^2 + (2\pi \cdot 0,7Rn)^2)} \quad (\text{Ref. 3, hal 199})$$

Dimana :

- P_o = Beda tekanan statik pada sumbu *propeller*.
- ρ = Kerapatan air laut.
= 104.49 Kg.det²/m⁴.
- V_a = *Advance Speed* dari *propeller*.
= 10,93 Knot. (lihat hal 25)
- n = Koreksi putaran baling-baling perdetik
= 8,49 Rps.

Maka :

Beda Tekanan statik pada sumbu poros baling-baling (P_0) adalah :

- a. Sarat air kapal (Draft) $T = 6,00 \text{ m}$
- b. Tinggi sumbu poros baling2 thd garis dasar kapal $h_1 = 2,00 \text{ m} -$
 $= 4,00 \text{ m}$
- c. Tinggi Gelombang ($3/4 \% L_{pp}$) $h_2 = 0,765 \text{ m} +$
Water head diatas garis/sumbu poros baling2 $= 4,765 \text{ m}$
- d. Tekanan hydrostatis pada garis/sumbu poros
baling2 di air laut ($1,42 \text{ m} \times 1025 \text{ kg/m}^3$) $= 4884,12 \text{ kg/m}^2$
- e. (tekanan atmosfer) - (vapour pressure - e) $= 10100 \text{ kg/m}^2 +$
(Tekanan statis digaris sumbu poros baling2) - (e) $= 14984,12 \text{ kg/m}^2$

Dari perhitungan ditetapkan harga $P_0 - e = 14984,12 \text{ kg/m}^2$.

Maka konstanta kavitasinya adalah :

- Untuk B4-40

$$\sigma_{0,7} = \frac{14984,12 - (0,7 \times 2,098 \times 1025)}{0,5 \times 104,49 (8,33^2 + (2 \times 3,14 \times 0,7 \times 2,095 \times 2,11)^2)}$$
$$= 0,57$$

- Untuk B4-55

$$\sigma_{0,7} = \frac{14984,12 - (0,7 \times 2,045 \times 1025)}{0,5 \times 104,49 (8,33^2 + (2 \times 3,14 \times 0,7 \times 2,045 \times 2,11)^2)}$$
$$= 0,60$$

- Untuk B4-70

$$\sigma_{0,7} = \frac{14984,12 - (0,7 \times 1,98 \times 1025)}{0,5 \times 104,49 (8,33^2 + (2 \times 3,14 \times 0,7 \times 1,98 \times 2,11)^2)}$$
$$= 0,63$$

- Untuk B4-85

$$\sigma_{0,7} = \frac{14984,12 - (0,7 \times 1,925 \times 1025)}{0,5 \times 104,49 (8,33^2 + (2 \times 3,14 \times 0,7 \times 1,925 \times 2,11)^2)}$$
$$= 0,67$$

2.2 Koefisien Gaya Dorong (τ)

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 = 497,75 HP.

η_p = Propulsive Efficiency.

Va = Advance speed of propeller. = 10,93 knot

Maka :

- Untuk B4-40 dan $\eta_p = 61,2\%$

$$T = \frac{2262,52 \times 0,612 \times 75}{8,33}$$
$$= 12466,946 \text{ kg}$$

- Untuk B4-55 dan $\eta_p = 59,8\%$

$$T = \frac{2262,52 \times 0,598 \times 75}{8,33}$$
$$= 12181,755 \text{ kg}$$

- Untuk B4-70 dan $\eta_p = 57,6\%$

$$T = \frac{2262,12 \times 0,576 \times 75}{8,33}$$
$$= 11733,579 \text{ kg}$$

- Untuk B4-85 dan $\eta_p = 57,2\%$

$$T = \frac{2262,52 \times 0,572 \times 75}{8,33}$$
$$= 11652,113 \text{ kg}$$

• 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)

$$F = \frac{\pi}{4} \cdot D^2$$
$$= \frac{3,14}{4} \times (4,19)^2$$
$$= 13,78$$

Developed Blade Area (F_a)

$$F_a = 0,40 \times 13,78$$
$$= 5,512$$

Jadi :

$$F_p = (1,067 - (0,229 \times 0,72)) \times 5,512$$
$$= 4,97$$

- Untuk B4-55

Developed Blade Ratio

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

Disc Area of The Screw (F)

$$\begin{aligned} F &= \frac{\pi}{4} \cdot D^2 \\ &= \frac{3,14}{4} \times (4,09)^2 \\ &= 13,131 \end{aligned}$$

Developed Blade Area (Fa)

$$\begin{aligned} Fa &= 0,55 \times 13,131 \\ &= 7,22 \end{aligned}$$

Jadi :

$$\begin{aligned} Fp &= (1,067 - (0,229 \times 0,74)) \times 7,22 \\ &= 6,48 \end{aligned}$$

- Untuk B4-70

Developed Blade Ratio

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

Disc Area of The Screw (F)

$$\begin{aligned} F &= \frac{\pi}{4} \cdot D^2 \\ &= \frac{3,14}{4} \times (3,96)^2 \\ &= 12,31 \end{aligned}$$

Developed Blade Area (Fa)

$$\begin{aligned} Fa &= 0,70 \times 12,31 \\ &= 8,61 \end{aligned}$$

Jadi :

$$\begin{aligned} Fp &= (1,067 - (0,229 \times 0,82)) \times 8,61 \\ &= 7,57 \end{aligned}$$

- Untuk B4-85

Developed Blade Ratio

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

Disc Area of The Screw (F)

$$\begin{aligned} F &= \frac{\pi}{4} D^2 \\ &= \frac{3,14}{4} \times (3,95)^2 \\ &= 12,24 \end{aligned}$$

Developed Blade Area (Fa)

$$\begin{aligned} Fa &= 0,85 \times 12,24 \\ &= 10,40 \end{aligned}$$

Jadi:

$$\begin{aligned} Fp &= (1,067 - (0,229 \times 0,82)) \times 10,40 \\ &= 9,15 \end{aligned}$$

Maka koefisien gaya dorongnya (τ) adalah :

- Untuk B4-40

$$\begin{aligned} \tau &= \frac{T}{1/2 \cdot \rho \cdot l \cdot p \cdot V^2} \\ &= \frac{12466,946}{0,5 \times 104,49 \times 4,97 (2 \times 3,14 \times 0,7 \times 2,045 \times 2,11)^2} \\ &= 0,127 \end{aligned}$$

- Untuk B4-55

$$\begin{aligned} \tau &= \frac{T}{1/2 \cdot \rho \cdot l \cdot p \cdot V^2} \\ &= \frac{12181,755}{0,5 \times 104,49 \times 6,48 (2 \times 3,14 \times 0,7 \times 2,045 \times 2,11)^2} \\ &= 0,100 \end{aligned}$$

- Untuk B4-70

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

$$\tau = \frac{11733,597}{0,5 \times 104,49 \times 7,57 (2 \times 3,14 \times 0,7 \times 1,98 \times 2,119)^2}$$

$$= 0,087$$

- Untuk B4-85

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

$$\tau = \frac{11652,113}{0,5 \times 104,49 \times 9,15 (2 \times 3,14 \times 0,7 \times 1,98 \times 2,11)^2}$$

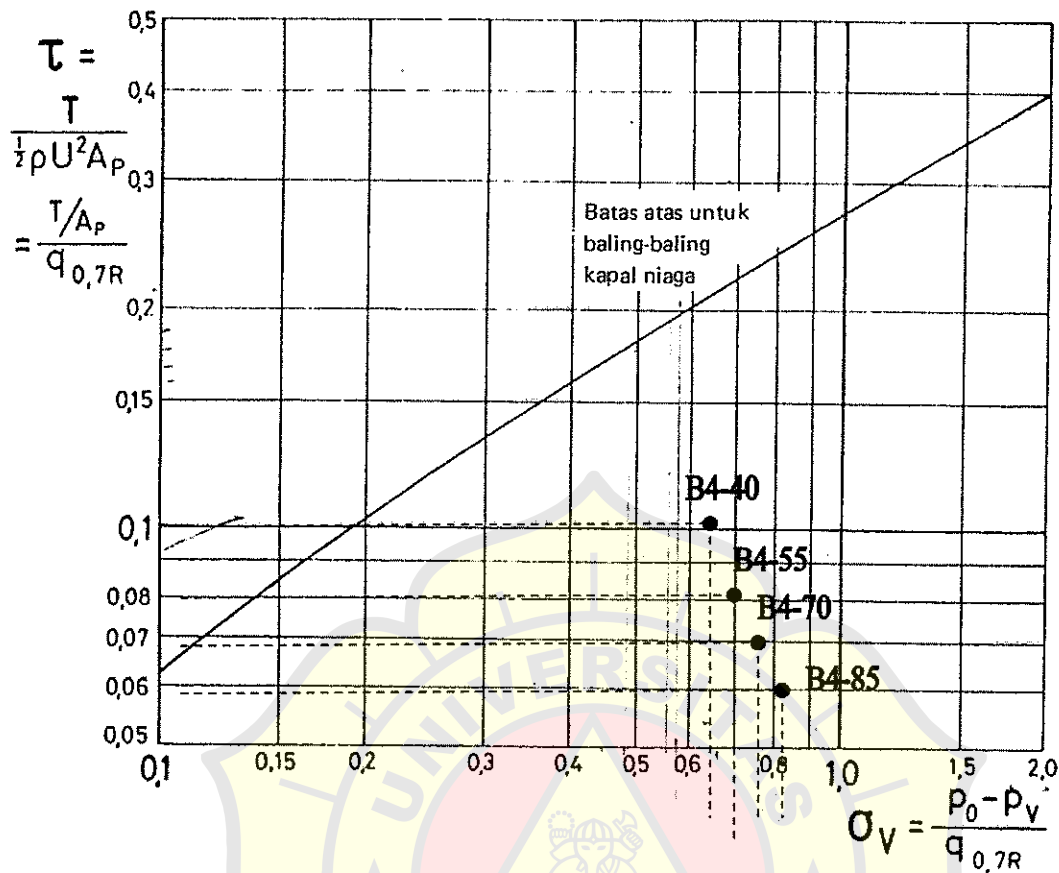
$$= 0,072$$

2.3 Tabel Perhitungan Kavitas

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

	$\sigma_{0,7}$	τ	F_p/F_a	F_a/F	F	F_a	F_p
B4-40	0,57	0,127	0,90	0,40	1,47	5,51	4,97
B4-55	0,60	0,100	0,90	0,55	1,45	7,22	6,48
B4-70	0,63	0,087	0,88	0,70	1,33	8,61	7,57
B4-85	0,67	0,072	0,87	0,85	1,31	10,40	9,15

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) : 0,72
- Developed Blade Ratio (Fa/F) : 0,40
- Efisiensi propeller (η_p) : 61,2%
- Jumlah daun propeller (Z) : 4

Alasan pemilihan propeller B4-40 adalah :

- Efisiensi propeller baik
- Resiko kavitasi kecil
- Diameter propellernya bagus
- Created area tidak melebihi batas atas

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

r/R (1)	h_D (2)	h_D (3)
0,2	29,180	269,562
0,3	33,320	397,806
0,4	37,300	344,573
0,5	40,780	376,721
0,6	43,920	405,728
0,7	46,680	431,225
0,8	48,350	446,652
0,9	47,000	434,181

B. Panjang Total Blade Elemen (C)

r/R (1)	C/D (2)	C (3)
0,2	46,900	433257
0,3	52,640	486283
0,4	56,320	520278
0,5	57,600	532102
0,6	56,080	518061
0,7	51,400	474828
0,8	41,650	384758
0,9	25,350	234181

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

r/R (1)	% 0,6 R (2)	$L_{12} = L \cdot 0,6R \times (2) \text{ mm}$ (3)
0,2	76,080	702,819
0,3	85,960	794,089
0,4	93,620	861,851

0,5	98,380	908,824
0,6	100,000	923,789
0,7	98,080	906,052
0,8	90,000	831,410
0,9	72,350	668,361

D. Jarak Ordinate Maksimum dari Leading Edge (h_T)

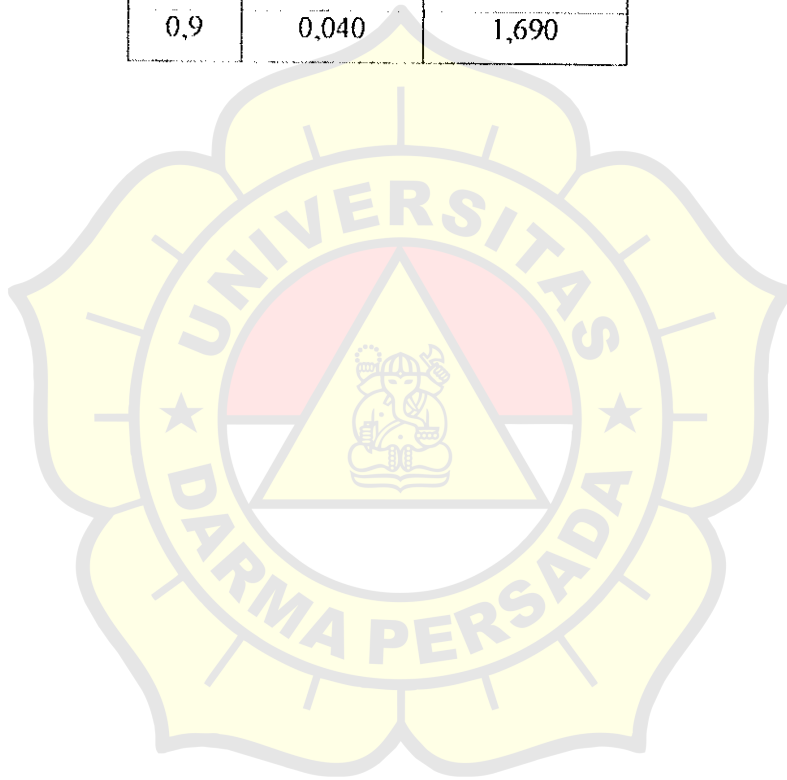
r/R (1)	% L (2)	h_t (3)
0,2	35,000	199,472
0,3	35,000	255,552
0,4	35,000	302,660
0,5	35,500	340,308
0,6	38,900	363,119
0,7	44,300	363,371
0,8	47,900	330,170
0,9	50,000	252,080

E. Ketebalan Blade Maksimum Pada Ordinate (t)

r/R (1)	% D (2)	D x (2) mm (3)
0,2	3,660	154,598
0,3	3,240	136,858
0,4	2,820	119,117
0,5	2,400	101,376
0,6	1,980	83,635
0,7	1,560	65,894
0,8	1,140	48,154
0,9	0,720	30,413

F. Radius Of The Nose

r/R (1)	% D (2)	D x (2) mm (3)
0,2	0,115	4,858
0,3	0,150	4,435
0,4	0,095	4,013
0,5	0,085	3,590
0,6	0,070	2,957
0,7	0,055	2,323
0,8	0,040	1,690
0,9	0,040	1,690



G. Jarak Ordinat Belakang dan Muka dari Ordinate Maksimum

1. Ordinate Belakang

Trailing Edge

r/R	80	mm	60	mm	40	mm	20	mm
0.2	53,35	82,478	72,65	112,315	86,90	134,346	96,45	149,110
0.3	50,59	69,729	71,60	97,990	86,80	118,793	96,80	132,479
0.4	47,70	56,819	70,25	83,680	86,55	103,096	87,00	115,543
0.5	43,40	43,997	68,40	69,341	86,10	87,285	96,95	98,284
0.6	40,20	33,621	67,15	56,161	85,40	71,424	96,80	80,959
0.7	39,40	25,962	66,90	44,083	84,90	55,944	96,65	63,687
0.8	40,49	19,719	67,80	32,648	85,30	41,075	96,70	46,565
0.9	45,15	13,731	70,00	21,289	87,00	26,459	97,00	29,501

Leading Edge

r/R	20	mm	40	mm	60	mm	80	mm	90	mm	95	mm
0,2	98,60	152,434	94,50	146,095	87,00	134,500	74,40	115,021	64,35	99,484	56,95	88,644
0,3	98,40	134,668	92,00	128,647	85,86	117,424	72,50	99,222	62,65	85,742	54,90	75,135

0,4	98,20	116,973	93,25	111,077	84,30	100,416	70,48	83,858	60,15	71,649	52,20	62,179
0,5	98,10	99,450	92,40	93,671	82,30	83,432	67,70	68,632	56,80	57,582	48,60	49,269
0,6	98,10	82,046	91,25	76,317	79,35	66,964	63,60	53,192	52,50	42,3908	43,35	36,259
0,7	97,60	64,313	88,80	58,514	74,90	49,355	57,00	37,560	44,20	29,125	35,00	23,063
0,8	97,00	46,709	85,30	41,075	68,70	33,082	48,25	23,234	34,55	16,637	25,45	12,255
0,9	97,00	29,801	97,00	26,459	70,00	21,289	45,15	13,731	30,10	9,154	22,00	6,691

2. Ordinate Muka

Trailing Edge

r/R	100	mm	80	mm	60	mm	40	mm	20	mm
0,2	30,00	46,379	18,20	28,137	10,90	16,851	5,45	84,26	1,55	23,96
0,3	25,35	34,94	12,20	16,697	5,80	79,38	1,70	23,27	-	-
0,4	17,85	21,262	6,20	15,870	1,50	38,40	-	-	-	-
0,5	9,70	98,33	1,75	17,74	-	-	-	-	-	-
0,6	9,10	42,65	-	-	-	-	-	-	-	-
0,7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Leading Edge

r/R	20	40	60	80	90	95	100	Mtr
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	Mtr
0,2	0,45	2,30	3,556	13,45	20,793	26,20	40,505	61,839
0,3	0,05	1,30	1,779	10,85	14,849	22,20	30,382	51,390
0,4	-	0,30	0,768	7,80	19,966	17,90	45,820	88,300
0,5	-	-	-	4,30	4,359	13,30	13,483	30,818
0,6	-	-	-	0,80	0,669	0,40	7,025	20,491
0,7	-	-	-	-	-	2,45	1,614	10,576
0,8	-	-	-	-	-	-	-	35,63