



BAB II

PERHITUNGAN DAYA MESIN MOTOR INDUK DAN BALING-BALING KAPAL

2.1 PERHITUNGAN DAYA MESIN MOTOR INDUK

2.1.1. Hambatan Kapal

Kapal yang berlayar diibaratkan seperti sebuah benda yang bergerak melalui media air dan udara, ini berarti bahwa benda itu akan mengalami gaya hambat (*resistance force*) dari media yang dilaluinya.

Hambatan-hambatan yang dialami sebuah kapal yang bergerak melalui air dan udara itu dapat diuraikan dibawah ini :

- Hambatan Gesek (*Frictional Resistance*) = R_F
- Hambatan Gelombang (*Wave Making Resistance*) = R_w
- Hambatan Bentuk (*Eddy Making Resistance*) = R_p
- Hambatan Udara (*Air Resistance*) = R_A
- Hambatan Tambahan (*Appendage Resistance*) = R_{AA}
- Hambatan *Bow Thruster* (*Bow Thruster Resistance*) = R_{BT}

a. Hambatan Gesek (*Frictional Resistance*) = R_F

Hambatan Gesek (*Frictional Resistance*) ialah hambatan gesek 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 atas (*boundary layer*). Di dalam 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 lapisan batas tersebut. Perubahan atau variasi kecepatan partikel-partikel zat cair inilah yang mencerminkan adanya pengaruh insentif gaya-gaya viskositas pada lapisan batas yang menyebabkan timbulnya hambatan gesek pada kapal tersebut.



b. **Hambatan Gelombang (*Wave Making Resistance*) = R_w**

Hambatan Gelombang (*Wave Making Resistance*) ialah terjadi karena 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. **Hambatan Bentuk (*Pressure Resistance / Eddy Making Resistance*) = R_p**

Hambatan Bentuk (*Pressure Resistance / Eddy Making Resistance*) ialah terjadi karena 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 tahanan bentuk yang dialami oleh kapal yang bergerak maju.

d. **Hambatan Udara (*Air Resistance*) = R_A**

Hambatan Udara (*Air Resistance*) ialah terjadi karena kapal yang berlayar, 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 dialami kapal berkisar antara 2 sampai dengan 4 % dari tahanan total yang dialaminya. Untuk menghitung besarnya hambatan-hambatan kapal tersebut, dapat dipergunakan berbagai cara misalnya dengan percobaan memakai model di *towing tank* atau dengan cara pendekatan. Yang dimaksud dengan cara pendekatan adalah cara perhitungan dengan menggunakan rumus pendekatan

e. **Hambatan *Appendage* (*Appendage Resistance*) = R_{AA}**

Hambatan *appendage* adalah hambatan yang disebabkan karena adanya penambahan-penambahan pada bagian badan kapal. Penambahan dari perhitungannya adalah



dengan menambahkan sebesar 5 % sampai dengan 8 % dari pada hambatan total kapal rancangan.

Dalam tugas merancang kapal ini, perhitungan hambatan yang digunakan adalah perhitungan yang terdapat dalam buku Tahanan dan Propulsi Kapal, Sv. Aa. Harvald terjemahan Sutomo Jusuf (1992:95 - 134).

2.1.2. Diagram Guldhammer dan Harvald

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

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

(Ref. Sv. Aa. Harvald , Tahanan & Propulsi Kapal , 1992 Hal. 129)

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

(Ref. Sv. Aa. Harvald , Tahanan & Propulsi Kapal , 1992 Hal. 129)

Dalam hal ini koefisien hambatan totalnya adalah :

$$C_T = C_R + C_F + C_A$$

(Ref. Sv. Aa. Harvald , Tahanan & Propulsi Kapal , 1992 Hal. 129)

Dimana :

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

(Ref. Sv. Aa. Harvald , Tahanan & Propulsi Kapal , 1992 Hal. 129)

C_F = Koeffisien hambatan gesek dan dapat dihitung dengan memakai :

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

Atau dapat diambil dari diagram menurut ITTC 1957 dalam buku Tahanan dan Propulsi Kapal Oleh Sv. Aa. Harvald Tejemahan Ir. Jusuf Sutomo, M.Sc (1992 Hal. 129), 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 di depan 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 :

a) 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-beda 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 Oleh Sv. Aa. Harvald Terjemahan Ir. Jusuf Sutomo, M.Sc (1992 Hal. 130).

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 :

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

(Ref. Sv. Aa. Harvald, Tahanan & Propulsi Kapal, 1992 Hal. 130).



b) Koreksi B/T

Karena diagram tersebut dibuat berdasarkan ratio lebar-sarat $B/T = 2,5$ maka harga C_R untuk kapal yang mempunyai ratio lebar-sarat lebih besar atau lebih kecil daripada harga tersebut harus dikoreksi. Berdasarkan hasil pemeriksaan materi pengujian yang ada saat ini disarankan memakai rumus koreksi berikut ini :

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

(Ref. Sv. .Aa. Harvald, Tahanan & Propulsi Kapal , 1992 Hal. 119).

Hasil koreksi ini dapat mempunyai harga yang negatif atau positif.

c) 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 Oleh Sv. Aa. Harvald Terjemahan Ir. Jusuf Sutomo, M.Sc (1992 Hal. 120 - 129) 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 ekstrem maka untuk harga $10^3 C_R$ dapat dikoreksi sebagai mana berikut :

Tabel 1 Penampang Melintang

Bentuk kapal	Nilai Penampang Badan Kapal	
	Ekstrem U	Ekstrem V
Badan depan	- 0,1	+ 0,1
Badan belakang	+ 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 diubah untuk menyesuaikan kebutuhan operasional kapal atau besarnya daya harus diberikan kelonggaran, maka



disarankan agar C_R dinaikkan sebesar 10% dan untuk garis perancangan yang tidak optimal diberikan 20%.

d) Koreksi Anggota Badan Kapal

- Daun Kemudi : Tidak ada koreksi, karena bentuk standar sudah mencakup daun kemudi.
- Lunas Bilga (Lunas Sayap) : Tidak ada koreksi.
- Boss Baling-baling : Untuk kapal penuh, C_R dinaikkan sebesar 3% - 5%.
- Bracket & poros baling-baling : Untuk bentuk kapal ramping, C_R dinaikkan sebesar 5% - 8%.

e) Koreksi Hambatan 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	$L \leq 100$ m,	$10^3 C_A = 0,40$
	$L = 150$ m	$10^3 C_A = 0,20$
	$L = 200$ m	$10^3 C_A = 0$
	$L = 250$ m	$10^3 C_A = -0,20$
	$L \geq 300$ m	$10^3 C_A = -0,30$

f) Koreksi Anggota Badan Kapal

Koreksi pada anggota badan kapal, digunakan rumus sebagai berikut :

$$C_{F'} = C_F \frac{S_I}{S}$$

(Ref Sv. Aa. Harvald, Tahanan & Propulsi Kapal, 1992 Hal. 132) dianggap berlaku

Dimana : S = Luas permukaan basah badan kapal dan

S_I = Permukaan basah badan dan anggota badan kapal

g) Koreksi Hambatan Udara dan Kemudi

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



$$\text{Koreksi hambatan kemudi} = 10^3 C_{AS} = 0,04$$

(Ref Sv. Aa. Harvald, Tahanan & Propulsi Kapal ,1992 Hal. 132)

h) Koreksi Pelayaran Dinas (*Sea Margin*)

Hambatan dan daya efektif yang dihitung dengan memakai diagram yang diberikan di sini 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 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 %.

Untuk kapal rancangan akan melewati jalur pelayaran Asia Timur.



2.1.3 Data-Data Kapal Rancangan

Dimensi ukuran utama Kapal *Coaster 500 DWT* adalah :

<i>Length Over All</i>	(LOA)	= 51,80 m
<i>Length Water Line</i>	(LWL)	= 46,92 m
<i>Length Between Perpendicular</i>	(LPP)	= 46,00 m
<i>Breadth Moulded</i>	(B mld)	= 10,40 m
<i>Height Moulded</i>	(H mld)	= 4,20 m
<i>Draft Moulded</i>	(T mld)	= 2,85 m
<i>Coefficient Block</i>	(Cb)	= 0,67
<i>Coefficient Midship</i>	(Cm)	= 0,98
<i>Coefficient Waterline</i>	(Cw)	= 0,77
<i>Coefficient Prismatic</i>	(Cp)	= 0,68
<i>Displacement</i>	(Δ)	= 955,069
<i>Volume Displacement</i>	(∇)	= 931,774 m ³
<i>Speed</i>	(Vs)	= 12.00 Knots
<i>LCB from Amidsh</i>		= 1,316
<i>Density</i>	(ρ)	= 1,025 Kg/m ³ = 104,5 Kg.s ² /m ⁴
A.B.K		= 18 orang
Penumpang :		
Penumpang Eksekutif		= 78 orang
Penumpang Tatami		= 172 orang
Jumlah Penumpang		= 260 orang
Kapasitas ruang muat		= 240 ton



2.1.4 Perhitungan Koefisien-koefisien Kapal

Displacement (Δ)

(Ref. Soekarsono NA, Teori Bangunan Kapal, hal 7)

$$\begin{aligned}\Delta &= L_{wl} \times B \times T \times C_b \times \gamma \\ &= 46,92 \times 10,40 \times 2,85 \times 0,67 \times 1,025 \\ \Delta &= 955,069 \text{ ton}\end{aligned}$$

Midship Section Area (A_m)

(Ref. Soekarsono.NA, Teori Bangunan Kapal, hal 7)

$$\begin{aligned}A_m &= B \times T \times C_m \\ &= 10,40 \times 2,85 \times 0,976 \\ A_m &= 28,928 \text{ m}^2\end{aligned}$$

Luas Permukaan Basah sepanjang A_w (S')

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

(Ref Sv. Aa. Harvald, Tahanan & Propulsi Kapal, 1992 Hal. 133)

$$\begin{aligned}\delta_{pp} &= \frac{C_b \times LOA}{L_{wl}} \\ &= \frac{0,67 \times 51,80}{46,92} \\ \delta_{pp} &= 0,74 \\ &= 1,025 \times 46,92 (0,74 \times 10,40 + 1,7 \times 2,85) \\ S' &= 603.134 \text{ m}^2\end{aligned}$$

Rasio S/S'

(Ref Sv. Aa. Harvald, Tahanan & Propulsi Kapal, 1992 Hal. 134)

$$\begin{aligned}\frac{S}{S'} &= \frac{591,308}{603,134} \\ &= 0,980\end{aligned}$$



Volume Displacement (∇ Displ)

(Soekarsono.NA, Teori Bangunan Kapal, hal 5)

$$\begin{aligned}\nabla\text{Displ} &= L_{wl} \times B \times T \times C_b \\ &= 46,92 \times 10,40 \times 2,85 \times 0,67 \\ &= 931,774 \text{ m}^3\end{aligned}$$

1.5. Perhitungan Hambatan Kapal Pada Kecepatan 12 Knots

1) Froude Number (F_n)

(Ref Sv. Aa. Harvald, Tahanan & Propulsi Kapal, 1992 Hal. 118)

$$F_n = \frac{V_s}{\sqrt{g \times LWL}}$$

dimana :

$$\begin{aligned}V_s &= \text{Kecepatan kapal (m/dt)} \\ &= 12,00 \times 0,5144 = 6,173 \text{ m/dt}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}g &= \text{Gaya gravitasi (m/dt}^2\text{)} \\ &= 9,81 \text{ m/dt}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}LWL &= \text{Panjang garis air kapal (m)} \\ &= 46,92 \text{ m}\end{aligned}$$

maka :

$$\begin{aligned}F_n &= \frac{6,173}{\sqrt{9,81 \times 46,92}} \\ &= 0,28\end{aligned}$$

2. Koefisien Hambatan Sisa (C_R)

Untuk menentukan koefisien hambatan sisa kapal rancangan digunakan grafik pada buku Tahanan dan Propulsi Kapal karya, Sv. Aa. Harvald halaman 120 s/d 128 disesuaikan dengan koefisien prismatik (C_p), $L/\nabla^{1/3}$ dan juga F_n dari pada kapal rancangan.

Sebelum menghitung hambatan sisa kita harus mencari nilai $L/\nabla^{1/3}$ dari kapal rancangan :

(Ref Sv. Aa. Harvald, Tahanan & Propulsi Kapal, 1992 Hal. 120 s/d 128)



$$L/\nabla^{1/3} = \frac{LWL}{(\nabla)^{1/3}}$$

Dimana :

$$\begin{aligned} LWL &= \text{Panjang garis air kapal rancangan} \\ &= 46,92 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \nabla &= \text{Volume displacement kapal rancangan} \\ &= 931,774 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Maka :

$$L/\nabla^{1/3} = 4,80$$

Untuk menentukan $10^3 C_R$ pada $L/\nabla^{1/3} = 4,80$ digunakan cara interpolasi, yaitu dengan $L/\nabla^{1/3} = 4,50$ dan $L/\nabla^{1/3} = 5,00$.

$$L/\nabla^{1/3} = 4,50 \quad Fn = 0,28 \quad 10^3 C_R = 3,90 \quad (\text{Grafik 5.5.7})$$

$$L/\nabla^{1/3} = 5,00 \quad Fn = 0,28 \quad 10^3 C_R = 3,22 \quad (\text{Grafik 5.5.8})$$

$$L/\nabla^{1/3} = 4,80 \quad Fn = 0,28 \quad 10^3 C_R = (\text{nilai interpolasi})$$

$$\begin{aligned} 10^3 C_R &= 3,90 + \left[\frac{4,80 - 4,50}{5,00 - 4,50} \right] (3,22 - 3,90) \\ &= 3,50 \quad (\text{nilai hasil interpolasi}) \end{aligned}$$

3. Koreksi B/T

Pada buku Tahanan & Propulsi Kapal karya, Sv. Aa. Harvald halaman 119 dinyatakan harga C_R untuk kapal yang mempunyai rasio lebar sarat kapal lebih besar atau lebih kecil $B/T = 2,50$ harus dikoreksi dengan rumus berikut :

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

(Ref Sv. Aa. Harvald, Tahanan & Propulsi Kapal, 1992 Hal. 119)

Harga koreksi tersebut dapat positif dan negatif.

$$\begin{aligned} B/T &= 10,40/2,85 \\ &= 3,64 \end{aligned}$$

Diketahui $B/T = 3,64$ ternyata hasilnya lebih besar dari 2,50 maka harga C_R harus dikoreksi dengan :



$$\begin{aligned} B/T &> 2,50, \text{ maka koreksi;} \\ &= 0,16 (B/T - 2,50) \\ &= 0,16 (3,64 - 2,50) \\ &= 0,18 \cdot 10^{-3} \end{aligned}$$

Koreksi LCB

Untuk menentukan koreksi LCB dari kapal rancangan digunakan rumus, yaitu :

$$\Delta LCB = LCB_{\text{rancangan}} - LCB \text{ (LCB rancangan dalam \% Lwl)}$$

(Ref Sv. Aa. Harvald, Tahanan & Propulsi Kapal, 1992 Hal. 130)

Dimana :

$$LCB_{\text{rancangan}} = 1,31 \% \quad (\text{dari kurva hidrostatik})$$

LCB_{standar}

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

$$= (1,31) \% - (- 3,21) \%$$

$$\Delta LCB = 4,52 \%$$

maka koreksi LCB :

$$= \frac{\partial 10^3 C_R}{\partial LCB} |\Delta LCB| \rightarrow \frac{\partial 10^3 C_R}{\partial LCB} = 0,28$$

(Grafik 5.5.16)

(Ref Sv. Aa. Harvald, Tahanan & Propulsi Kapal, 1992 Hal. 130)

$$= 0,28 \times |4,52| \cdot 10^{-3}$$

$$= 1,26 \cdot 10^{-3}$$

4. Koreksi Penampang Bentuk Depan dan Belakang Kapal

Tabel 2 Bentuk Panampang

Benruk kapal	Nilai Penampang	Nilai Penampang
Badan depan	<i>Ekstrem U</i>	<i>ekstrem V</i>
	- 0,1	+ 0,1
Badan belakang	<i>Ekstrem U</i>	<i>ekstrem V</i>
	+ 0,1	- 0,1



Karena kurva tahanan (dari Gambar 5.5.7 dan 5.5.8 dalam buku Tahanan dan Propulsi Kapal Oleh Sv. Aa. Harvald Terjemahan Ir. Jusuf Sutomo, M.Sc 1992) dianggap berlaku untuk yang mempunyai bentuk „standar“, yaitu penampangnya bukan yang benar-benar berbentuk U ataupun V, maka dalam menghitung daya efektif untuk perancangan ini tidak diperlukan koreksi untuk bentuk penampang badan kapal (koreksi = 0).

5. Koreksi Bentuk Haluan Kapal

Menurut buku Tahanan dan Propulsi Kapal Oleh Sv. Aa. Harvald pada halaman 131 koreksi bentuk haluan ini harus dipandang sebagai bentuk haluan kuno tanpa gelembung. Untuk kapal rancangan ini tidak menggunakan gelembung (*bulbous bow*) sehingga tidak perlu diadakan koreksi.

Koreksi bentuk haluan kapal = 0 (nol).

6. Koreksi Anggota Badan Kapal

Menurut buku Tahanan dan Propulsi Kapal Oleh Sv. Aa. Harvald pada halaman 132 koreksi yang dilakukan untuk bentuk anggota badan kapal terdiri dari :

- *Boss* baling-baling = 3 % - 5 %
= 3 % x C_R
= 3 % x 3,98
= 0,11
- *Shaft Bracket* = 5% - 8%
= 5 % x CR
= 5 % x 3,98
= 0,2
- Lunas Bilga = 0 % (tidak ada koreksi)
- Daun kemudi = 0 % (tidak ada koreksi)



7. Koefisien Hambatan Sisa Total

Menurut buku Tahanan dan Propulsi Kapal Oleh Sv. Aa. Harvald setelah dilakukannya pengkoreksian terhadap $10^3 C_R$, maka selanjutnya dilakukan penjumlahan terhadap seluruh komponen $10^3 C_R$.

Tabel 3 Hambatan Sisa Total (C_R)

No.	Komponen C_R	Hasil
1.	Koefisien hambatan sisa (C_R')	3,50
2.	Koreksi B/T	0,18
3.	Koreksi LCB	1,26
4.	Koreksi penampang depan dan belakang kapal	0,00
5.	Koreksi bentuk haluan kapal	0,00
6.	Koreksi anggota badan kapal	0,35
	$\Sigma 10^3 C_R =$	5,29

8. Menentukan *Reynold Number* (Rn)

Untuk menentukan *Reynold Number* (Rn) dari kapal rancangan digunakan rumus *Reynold*, yaitu :

$$10^{-6} Rn = \frac{10^{-6} (V_s \times LWL)}{\nu}$$

(Ref Sv. Aa. Harvald, Tahanan & Propulsi Kapal, 1992 Hal. 118)

Dimana :

$10^{-6} Rn$ = *Reynold number* kapal rancangan

V_s = Kecepatan kapal rancangan

$$= 12,00 \text{ Knot} \times 0,5144$$

$$= 6,173 \text{ m/s.}$$

LWL = Panjang garis air kapal rancangan

$$= 46,92 \text{ m}$$

ν = Viskositas

$$= 1,1883 \cdot 10^6$$

Maka :

$$10^{-6} Rn = \frac{10^{-6} (6,173 \times 46,92)}{1,1883 \cdot 10^6}$$

$$= 243,740 \cdot 10^6$$



9. Koefisien Hambatan Gesek (C_F')

Untuk menentukan C_F didapat dari grafik 5.5.14 buku Tahanan dan Propulsi Kapal Oleh Sv. Aa. Harvald pada halaman 129 yang merupakan grafik *ITTC-57*, grafik tersebut didasarkan pada panjang kapal dan kecepatan kapal rancangan.

$$\begin{array}{llll} Lwl = 46,92 \text{ m} & V = 6,00 & \text{m/dt}^2 & 10^3 C_F = 1,89 \\ Lwl = 46,92 \text{ m} & V = 7,00 & \text{m/dt}^2 & 10^3 C_F = 1,85 \\ Lwl = 46,92 \text{ m} & V = 6,173 & \text{m/dt}^2 & 10^3 C_F = \text{nilai interpolasi} \end{array}$$

$$\begin{aligned} 10^3 C_F &= 1,89 + \left[\frac{6,173 - 6,00}{7,00 - 6,00} \right] (1,85 - 1,89) \\ &= 1,9 \quad (\text{nilai interpolasi}) \end{aligned}$$

10. Koreksi Koefisien Tahanan Untuk Anggota Badan Kapal (C_F)

Koreksi pada anggota badan kapal, digunakan rumus yang terdapat dalam buku Tahanan dan Propulsi Kapal oleh Sv. Aa. Harvald halaman 132 rumus 5.5.25, yaitu :

$$C_F' = C_F \times \frac{S'}{S}$$

Dimana :

C_F' = Koefisien hambatan gesek sesungguhnya

C_F = Koefisien hambatan gesek
= 1,9

S = Luas Permukaan bidang basah badan kapal
= 591,308 m²

S' = Luas permukaan bidang basah kapal dan anggota badan kapal
= 603,134 m²

maka :

$$\begin{aligned} C_F' &= 1,9 \times \frac{603,134}{591,308} \\ &= 1,9 \end{aligned}$$



11. Koefisien Tambahan (C_A)

Untuk menentukan ΔC_F diambil dari tabel 5.5.23 pada buku Tahanan dan Propulsi Kapal oleh Sv. Aa. Harvald halaman 132 yang didasarkan pada panjang kapal

$$\begin{aligned} \text{Untuk } L \leq 100 \text{ m} \quad 10^3 C_A &= 0,4 \\ C_A &= 0,4 \times 10^{-3} \end{aligned}$$

12. Koefisien Hambatan Udara (C_{AA})

Menurut Sv. Aa. Harvald dalam buku Tahanan dan Propulsi Kapal halaman 132 (5.5.26) jika data mengenai angin tidak diketahui dalam perancangan maka koefisien hambatan udaranya adalah :

$$10^3 C_{AA} = 0,07 \text{ (untuk hambatan udara)}$$

13. Koefisien Hambatan Kemudi (C_{AS})

Menurut Sv. Aa. Harvald dalam buku Tahanan dan Propulsi Kapal halaman 132 (5.5.27) koreksi yang digunakan untuk hambatan kemudi, yaitu :

$$10^3 C_{AS} = 0,04 \text{ (untuk hambatan kemudi)}$$

14. Koefisien Hambatan Total (C_T)

Menurut Sv. Aa. Harvald dalam buku Tahanan dan Propulsi Kapal koefisien hambatan total adalah penjumlahan dari koefisien-koefisien yang berpengaruh pada kapal. Koefisien-koefisien yang mempengaruhi dari koefisien hambatan total tersebut adalah :

Tabel 4 Hambatan Total

No.	Komponen C_T '	Hasil
1.	Koefisien hambatan sisa ($10^3 C_R$)	5,29
2.	Koefisien hambatan gesek ($10^3 C_F$)	1,9
3.	Koefisien hambatan Appendage ($10^3 C_A$)	0,40
4.	Koefisien hambatan udara ($10^3 C_{AA}$)	0,07
5.	Koefisien hambatan kemudi ($10^3 C_{AS}$)	0,04
	$\Sigma 10^3 C_T =$	7,7



15. Hambatan Total (R_T')

Dalam buku Sv. Aa. Harvald Tahanan dan Propulsi Kapal halaman 133 (5.5.29) bahwa hambatan total adalah :

$$R_T' = C_T (1/2 \rho \cdot V^2 \cdot S)$$

Dimana :

$$\begin{aligned} C_T' &= \text{Koefisien hambatan total} \\ &= 7,7 \times 10^{-3} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho &= \text{Massa jenis air laut} \\ &= 104,49 \text{ Kg} \cdot \text{s}^2/\text{m}^4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} WSA(s) &= \text{Wetted surface area kapal rancangan} \\ &= 591,308 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_s &= \text{Kecepatan kapal rancangan} \\ &= 12,00 \text{ Knot} \times 0,5144 \\ &= 6,173 \text{ m/s} \end{aligned}$$

Maka :

$$\begin{aligned} R_T' &= 7,7 \cdot 10^{-3} (1/2 \times 104,49 \times 6,173^2 \times 591,308) \\ &= 9064,456 \text{ Kg} \\ &= 88922,317 \text{ N} \end{aligned}$$

16. Efektif Horse Power (EHP)

Untuk menentukan Efektif Horse Power (EHP) kapal rancangan digunakan rumus yang terdapat dalam buku Propulsi Kapal (*Ship Propulsion*) oleh Ir. Teguh Sastrodiwongso, MSE :

$$\bullet \quad EHP = \frac{V_s \times R_T}{75}$$

Dimana :

$$EHP = \text{Efektif horse power kapal rancangan}$$

$$\begin{aligned} V_s &= \text{Kecepatan kapal rancangan} \\ &= 12,00 \text{ Knot} \times 0,5144 \\ &= 6,173 \text{ m/s} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_T &= \text{Hambatan total kapal rancangan} \\ &= 9064,456 \text{ Kg} \end{aligned}$$



Maka :

$$\begin{aligned} EHP &= \frac{6,173 \times 9064,456}{75} \\ &= 746,065 \text{ HP} \end{aligned}$$

17. *Shaft Horse Power (SHP)*

Untuk menentukan *Shaft Horse Power (SHP)* kapal rancangan digunakan rumus yang terdapat dalam buku Propulsi Kapal (*Ship Propulsion*) oleh Ir. Teguh Sastrodiwongso, MSE pada halaman 25, yaitu :

$$SHP = \frac{1}{2} \cdot EHP \times (P.C)^{-1}$$

Dimana :

SHP = *Shaft Horse Power* kapal rancangan

Pc = *Propulsive Coefficient*

$$= \eta_H \times \eta_{rr} \times \eta_{po}$$

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

$$\begin{aligned} w &= -0,2 + (0,55 \times Cb) \\ &= -0,2 + (0,55 \times 0,67) \\ &= 0,16 \end{aligned}$$

Faktor pengisapan (*t*) menurut *Taylor* untuk kapal berbaling-baling ganda (*twin screw*) :

$$t \approx w$$

Efisiensi lambung kapal (η_H) :

$$\begin{aligned} \eta_H &= \frac{1-t}{1-w} \\ &= \frac{1-0,16}{1-0,16} \\ &= 1,00 \end{aligned}$$

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



$$\begin{aligned}\eta_p &= \text{Efisiensi baling-baling dari percobaan model} = 0,50 \sim 0,65 \\ &= 0,50\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}P_c &= \eta_H \times \eta_{rr} \times \eta_p \\ &= 1,00 \times 0,985 \times 0,50 \\ &= 0,492\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}SHP &= \frac{1}{2} EHP \times (P.C)^{-1} \\ &= \frac{1}{2} 746,065 \times (0,492)^{-1} \\ &= 758,196 \text{ HP}\end{aligned}$$

18. Brake Horse Power (BHP)

Koreksi pemakaian Gear Box $\eta_r = 3 \%$

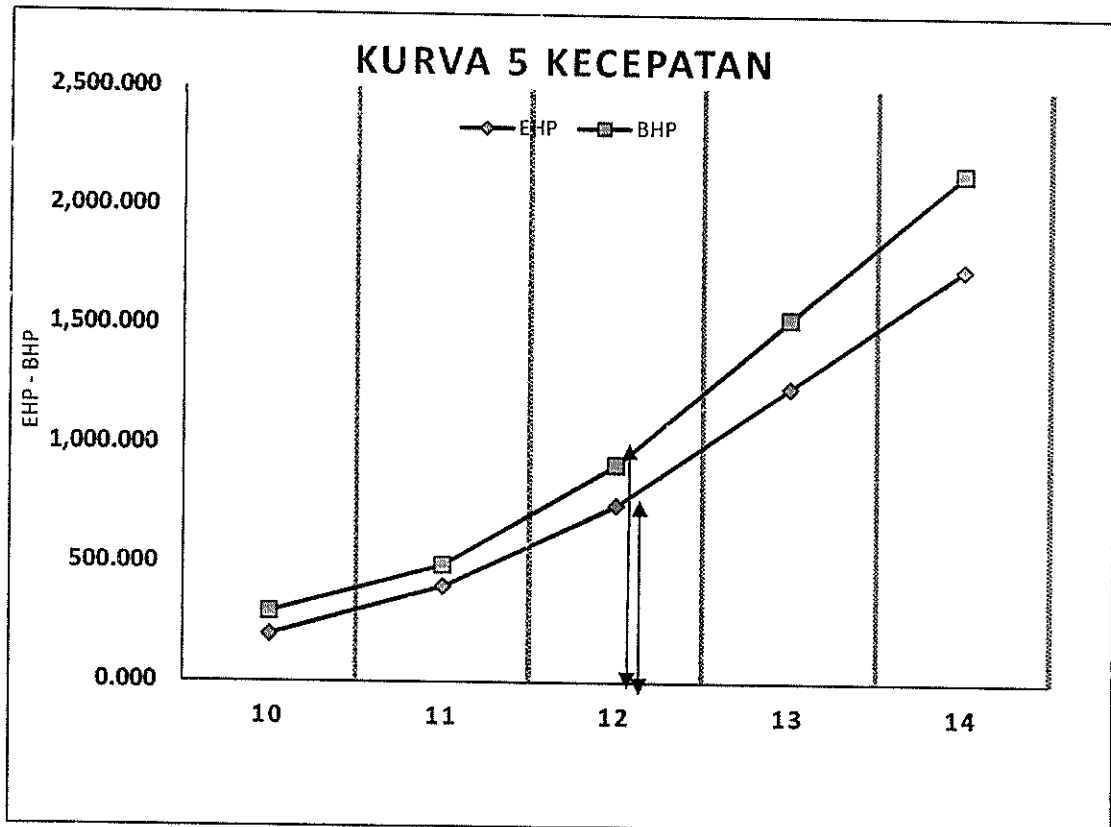
Koreksi letak kamar mesin $\eta_m = 3 \%$

Kelonggaran dinas (*sea margin*) = 15% ~ 20%

$$\begin{aligned}BHP &= SHP + (\text{gear box} + \text{letak KM} + \text{sea margin}) \% \times SHP \\ &= 758,196 \text{ HP} + (3 + 3 + 15) \% \times 758,196 \text{ HP} \\ &= 917,417 \text{ HP} \\ &= 917,417 \times 0,736 \\ &= 675.220 \text{ KW}\end{aligned}$$



KURVA BHP & EHP 5 KECEPATAN





TABEL LIMA (5) KECAPATAN

NO	RUMUS	SATUAN/ SUMBER RUMUS	KECEPATAN				
			10	11	12	13	14
1	VS	knot	10	11	12	13	14
2	VS	m ² /dt ²	5,144	5,658	6,173	6,682	7,201
3	VS ²		26,461	32,013	38,106	44,715	51,854
4	Fn = VV(gXL)		0,23	0,26	0,28	0,11	0,335
5	½.ρ.S.V ²	kg	2,36	3,35	6,6	6,7	6,8
6	10 ³ Cr (L / v½)		4,8	4,8	4,8	4,8	4,8
7	KOREKSI B/T		0,18	0,4	0,4	0,4	0,4
8	KOREKSI LCB		1,26	1,26	1,26	1,26	1,26
9	KOREKSI GARIS PENAMPANG		0	0	0	0	0
10	KOREKSI BENTUK HALUAN		0	0	0	0	0
11	KOREKSI ANGGOTA BADAN		0,08	0,11	0,35	0,46	0,56
12	RESULTAN 10 ³ Cr	6+7+8+9+10+11	2,36	6,35	6,6	6,7	6,8
13	10 ⁻⁶ Rn	v.L / u	203,110,000	223,406	243,740	264,036	284,370
14	10 ³ Cf ITTC 1997		1,974	1,811	1,886	1,862	1,79
15	10 ³ Cf		2.050	3,	1.990	1.980	1.956
16	10 ³ Ca		0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
17	10 ³ CAa		0.07	0.07	0.07	0.07	0.07
18	10 ³ CAs		0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
19	10 ³ Ct = Cr+Cf+Ca+CAa+CAs		4,8	5,38	8,18	10,8	4,8
20	Rt = Ct X (%.ρ.S.V ²)	kg	2.923,752	5.320,600	9.064,456	13.953,000	18.151,798
21	EHP = V . Rt / 75	Hp	200,530	401,386	746,065	1.243,119	1.742,815
22	P.C	γ	0,49	0,49	0,49	0,49	0,49
23	SHP = 1/2 EHP x (P.C) ⁻¹	Hp	273,492	407,912	805,460	1.264,325	1.771,136
24	BHP = SHP+(G.B%+L.K.M%+S.M)XSHP	Hp	294,625	493,573	917,417	1.529,833	2.143.074



Dari kurva EHP dan BHP untuk 1(satu) Mesin dengan perbandingan 7 (tujuh) kecepatan, maka dapat ditentukan besarnya daya motor induk yang digunakan untuk kapal rancangan. Adapun yang harus dipertimbangkan untuk pemilihan motor induk antara lain : SFOC rendah sesuai dengan BHP, bobotnya lebih ringan, dimensinya lebih kecil sesuai dengan penempatan ruang mesin, suku cadangnya mudah didapat, biaya operasional serta biaya perawatannya ekonomis. Dari beberapa pertimbangan diatas maka motor induk yang dipilih dengan spesifikasi sebagai berikut :

-Merk	: WARTSILA
- Type	: W 4L20
- Jumlah silinder	: 4
- Bore & Stroke	: 200 x 280 (mm)
- Daya	: 1080 HP (800 KW)
- Putaran Mesin	: 1000 Rpm
- Berat mesin	: 2365 Kg
- Konsumsi bahan bakar (Sfoc)	: 199 g/kWh
- Dimensi $P \times L \times T$: 2510 × 1483 × 1800 (mm)

Marine Gear specification

- Merk	: WUCHAI
- Model	: ADVANCE 900 MG
- Reduction Ratio	: 2,04
- Berat Gear	: 1600 Kg

Dengan menggunakan mesin induk diatas maka kecepatan kapal yang dicapai adalah sebesar 12,30 knot. Spesifikasi mesin terlampir.



2.2. 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.

Sistem 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 sistem propulsi harus saling secocok mungkin. Sementara itu, kapal harus mempunyai kemampuan olah gerak dan cara kerja yang baik.

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

Diameter baling-baling optimum.

- a) *Thrust Horse Power*.
- b) Putaran baling-baling.
- c) Jumlah daun baling-baling.
- d) Efek kavitasi terhadap baling-baling.
- e) Kekuatan baling-baling.

2.2.1 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 B_p - 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 Nederland* (MARIN). Adapun perencanaannya sebagai berikut :

• **Diameter Optimum, Pitch Ratio dan Propeller Efficiency**

Koefisien Baling-Baling

Untuk Menentukan koefisien baling-baling menggunakan rumus,dalam buku *Principal Naval Architecture,F. H. Todd* hal 412 ,yaitu:

$$Bp = \frac{N_K \times \sqrt{SHP}}{V_a^{2.5}}$$

Dimana :

N_K = Putaran baling-baling setelah dikoreksi (Nm)

SHP = *Shaft Horse Power* (HP-British)

V_a = *Advance speed of propeller* (knot)

Koreksi RPM Baling-baling (N_K)

Karena memakai Bp- δ diagram maka dilakukan koreksi *Scale effect* untuk N sebesar 2% (*Ref. Principal Naval Architecture,F. H. Todd* hal 421)

Rpm = Putaran mesin utama kapal rancangan
= 1000 rpm

Reduction gear yang dipilih 1 : 2,04

$$N_{\text{baling2}} = \frac{1000}{2,04}$$
$$= 490,196 \text{ rpm.}$$

$$N_K = 0,98 \times 490,196 \text{ (koreksi } scale \text{ effect } 2\%)$$
$$= 480,392 \text{ rpm.}$$

Dari perhitungan diatas ditetapkan harga $N = 470,784$ rpm

Shaft Horse Power (SHP)

Untuk menentukan *Shaft Horse Power* (SHP) digunakan beberapa Koreksi (*Ref. Propulsi kapal,Teguh Sastrodiwongso M.S.E.hal, 92-93*), yaitu :

- Koreksi 3% untuk *gear box*

- Koreksi 3 % untuk letak kamar mesin di belakang

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



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

Maka :

$$\begin{aligned} \text{SHP} &= (BHP - (3 + 3)\%) \times \frac{75}{76} \times \frac{1.000}{1.025} \\ &= (1080 - (6)\%) \times \frac{75}{76} \times \frac{1.000}{1.025} \\ &= 1039,74 \text{ HP.} \end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas ditetapkan harga SHP = 1039,74 HP.

Advance Speed of Propeller (Va)

Untuk menentukan *advance speed of propeller* dari kapal rancangan digunakan rumus menurut (Ref. Propulsi Kapal, Teguh Sastrodiwongso. M.S.E. hal, 82)

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

Dimana :

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

$$\begin{aligned} w &= \text{Wake Friaction} \\ &= 0,12 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_s &= \text{Kecepatan kapal rancangan.} \\ &= 12,30 \text{ knot} \end{aligned}$$

Maka :

$$\begin{aligned} V_a &= (1 - 0,12) \times 12,30 \\ &= 10,82 \text{ Knot.} \end{aligned}$$

Dari perhitungan di atas ditetapkan harga $V_a = 11$ Knot.

Maka :

$$\begin{aligned} B_p &= \frac{N_K \times \sqrt{SHP}}{V_a^{2.5}} \\ &= \frac{470,784 \times \sqrt{1039,74}}{11^{2.5}} \\ &= 37,82 \end{aligned}$$

Dari perhitungan di atas ditetapkan harga $B_p = 37,82$



Diameter Optimum (Do)

Untuk menentukan Diameter Optimum (Do) digunakan rumus :

(Ref. Propulsi Kapal, Teguh Sastrodiwongso M.S.E. hal 94)

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

Dimana :

Do = Diameter Optimum.

δ_k = Koreksi *Advance Coefficient*.

Va = *Advance Speed* dari propeller.
= 11 knot

N_K = Koreksi Putaran baling-baling
= 470,784 rpm.

• Maka Diameter Optimumnya (Do) adalah :

- Untuk B4-40

δ diagram untuk B4 – 40 dari $B_p = 37,84$ adalah $\delta = 245$

(Ref. *Principal Naval Architecture*, F. H. Todd hal 414)

Koreksi dari *Open Condition* menjadi *Behind Condition* sebesar 2 %

Dengan harga δ sudah di koreksi = 240.1

Hasil dari diagram B_p - δ diagram :

η_p (efisiensi baling-baling) = 56,5 %

Ho/D (*Pitch ratio*) = 0.64

Maka :

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

$$Do = \frac{240,1 \times 11}{470,784} = 5,610 \text{ feet dijadikan m} = \times 0,3048$$
$$= 1,710 \text{ m}$$

- Untuk B4-55

δ diagram untuk B4 – 55 dari $B_p = 37,84$ adalah $\delta = 240$

(Ref. *Principal Naval Architecture*, F. H. Todd hal 414)



Koreksi dari *Open Condition* menjadi *Behind Condition* sebesar 2%

Dengan harga δ sudah di koreksi = 235,2

Hasil dari diagram Bp- δ diagram :

$$\eta_p \text{ (efisiensi baling-baling)} = 56 \%$$

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

Maka :

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

$$D_o = \frac{235,2 \times 11}{470,784} = 5,495 \text{ feet} \text{ dijadikan } m = \times 0,3048 \\ = 1,675 \text{ m}$$

- **Untuk B4-70**

δ diagram untuk B4 – 70 dari $B_p = 37,84$ adalah $\delta = 230$

(*Ref. Principal Naval Architecture, F. H. Todd hal 415*)

Koreksi dari *Open Condition* menjadi *Behind Condition* sebesar 2%

Dengan harga δ sudah di koreksi = 225,4

Hasil dari diagram Bp- δ diagram :

$$\eta_p \text{ (efisiensi baling-baling)} = 53 \%$$

$$Ho/D \text{ (Pitch ratio)} = 0,75$$

Maka :

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

$$D_o = \frac{225,4 \times 11}{470,784} = 6,178 \text{ feet} \text{ dijadikan } m = \times 0,3048 \\ = 1,883 \text{ m}$$

- **Untuk B4-85**

δ diagram untuk B4 – 85 dari $B_p = 37,84$ adalah $\delta = 226$

(*Ref. Principal Naval Architecture, F. H. Todd hal 415*)

Koreksi dari *Open Condition* menjadi *Behind Condition* sebesar 2%

Dengan harga δ sudah di koreksi = 221,4



Hasil dari diagram Bp- δ diagram :

$$\eta_p \text{ (efisiensi baling-baling)} = 52,1 \%$$

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

Maka :

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

$$D_o = \frac{221,4 \times 11}{470,784} = 5,173 \text{ feet dijadikan m} = \times 0,3048$$

$$= 1,576 \text{ m}$$

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 = 37,84 adalah sebagai berikut :

Tabel 5. Perencanaan Baling - baling

No	Item	D	H/D	η_p
1	B4-40	1.710	0.62	56,5 %
2	B4-55	1.676	0.67	56 %
3	B4-70	1.883	0,75	53 %
4	B4-85	1.576	0.78	52,1%

2.2.2 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 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 (diagram *Burrill*).

2.2.3 Konstanta Kavitasi

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

rumus:
$$\sigma_{0,7} = \frac{(P_o - e) - (0,7R \times \gamma)}{1/2 \cdot \rho \cdot \underbrace{(V_a^2 + (2\pi \cdot 0,7R \cdot n)^2)}_{v^2}}$$

(Ref. Propulsi Kapal, Teguh Sastrodiwongso M.S.E. hal 101)

Dimana :

P_o = Beda tekanan statik pada sumbu *propeller*.

ρ = Kerapatan air laut.
= 104.49 Kg.det²/m⁴.

V_a = *Advance Speed* dari *propeller*.
= 11 Knot.

n = Koreksi putaran baling-baling per detik
= 11 Rps.

Maka :

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

- | | | | | |
|--|-------|---|---------|-------------------|
| a. Sarat air kapal (<i>Draft</i>) | T | = | 2,85 | m |
| b. Tinggi sumbu poros baling-baling terhadap garis dasar kapal | h_1 | = | 1,514 | m |
| | | = | 1,336 | m |
| c. Tinggi Gelombang (3/4 % L_{wl}) | h_2 | = | 0,352 | m+ |
| <i>Water head</i> di atas garis/sumbu poros baling-baling | | = | 1,688 | m |
| d. Tekanan hidrostatis pada garis/sumbu poros
baling-baling di air laut (h.1025) 1,89 m x1025 | | = | 1937,25 | kg/m ² |
| e. (tekanan atmosfer) – (<i>vapour pressure</i> = e) | | = | 10100 | kg/m ² |
| f. Tekanan uap | | = | 200,000 | + |

$$= 12239 \text{ kg/m}^2$$

Dari perhitungan ditetapkan harga $Po-e = 12239 \text{ kg/m}^2$

Maka konstanta kavitasinya adalah :

- Untuk B4-40

$$\begin{aligned}\sigma_{0,7} &= \frac{12239 - (0,7 \times 0,85 \times 1025)}{0,5 \times 104,49 (11^2 + (2 \times 3,14 \times 0,7 \times 0,85 \times 11)^2)} \\ &= 0,123\end{aligned}$$

- Untuk B4-55

$$\begin{aligned}\sigma_{0,7} &= \frac{12239 - (0,7 \times 0,83 \times 1025)}{0,5 \times 104,49 (11^2 + (2 \times 3,14 \times 0,7 \times 0,83 \times 11)^2)} \\ &= 0,128\end{aligned}$$

- Untuk B4-70

$$\begin{aligned}\sigma_{0,7} &= \frac{12239 - (0,7 \times 0,94 \times 1025)}{0,5 \times 104,49 (11^2 + (2 \times 3,14 \times 0,7 \times 0,94 \times 11)^2)} \\ &= 0,140\end{aligned}$$

- Untuk B4-85

$$\begin{aligned}\sigma_{0,7} &= \frac{12239 - (0,7 \times 0,79 \times 1025)}{0,5 \times 104,49 (11^2 + (2 \times 3,14 \times 0,7 \times 0,79 \times 11)^2)} \\ &= 0,146\end{aligned}$$

2.2.4 Koefisien Gaya Dorong (τ)

Untuk menentukan koefisien gaya dorong ini digunakan rumus sebagai berikut :

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

(Ref. Propulsi Kapal, Teguh Sastrodiwongso M.S.E. hal 101)

Dimana :

- Penentuan *Thrust* (T)



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

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

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

Maka :

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

(Ref. Propulsi Kapal, Teguh Sastrodiwongso M.S.E. hal 101)

Dimana :

$$T = Thrust.$$

$$SHP = Shaft Horse Power = 1039,74 \text{ HP.}$$

$$\eta_p = Propulsive Efficiency.$$

$$Va = Advance speed of propeller. = 11 \text{ knot}$$

Maka :

- Untuk B4-40 dan $\eta_p = 56,5 \%$

$$\begin{aligned} T &= \frac{1039,74 \times 0.565 \times 75}{11} \\ &= 4005 \text{ kg} \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} T &= \frac{1039,74 \times 0.56 \times 75}{11} \\ &= 3970 \text{ kg} \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} T &= \frac{1039,74 \times 0.53 \times 75}{11} \\ &= 3757 \text{ kg} \end{aligned}$$

- Untuk B4-85 dan $\eta_p = 52 \%$

$$T = \frac{1039,74 \times 0,521 \times 75}{11}$$

$$= 3693 \text{ kg}$$

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

Untuk menentukan *project blade area* digunakan rumus

(Ref. Sv. Aa. Harvald Tahanan dan Propulsi Kapal, 1992 hal 133)

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)

$$\begin{aligned} F &= \frac{\pi}{4} \cdot D^2 \\ &= \frac{3,14}{4} \times (1,710)^2 \\ &= 2,295 \end{aligned}$$

Developed Blade Area (F_a)

$$\begin{aligned} F_a &= 0,40 \times 2,295 \\ &= 0,91 \end{aligned}$$

Jadi :

$$\begin{aligned} F_p &= (1,067 - (0,229 \times 0,62)) \times 0,91 \\ &= 0,84 \end{aligned}$$

- **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)

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



$$= \frac{3,14}{4} \times (1,675)^2$$

$$= 2,202$$

Developed Blade Area (Fa)

$$Fa = 0,55 \times 2,202$$

$$= 1,211$$

Jadi :

$$Fp = (1,067 - (0,229 \times 0,67)) \times 1,211$$

$$= 1,106$$

- Untuk B4-70

Developed Blade Ratio

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

Disc Area of The Screw (F)

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

$$= \frac{3,14}{4} \times (1,883)^2$$

$$= 2,783$$

Developed Blade Area (Fa)

$$Fa = 0,70 \times 2,783$$

$$= 1,948$$

Jadi :

$$Fp = (1,067 - (0,229 \times 0,78)) \times 1,948$$

$$= 1,730$$

- Untuk B4-85

Developed Blade Ratio

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

Disc Area of The Screw (F)



$$\begin{aligned} F &= \frac{\pi}{4} \cdot D^2 \\ &= \frac{3,14}{4} \times (1,576)^2 \\ &= 1,949 \end{aligned}$$

Developed Blade Area (Fa)

$$\begin{aligned} Fa &= 0,85 \times 1,949 \\ &= 1,656 \end{aligned}$$

Jadi:

$$\begin{aligned} Fp &= (1,067 - (0,229 \times 0,78)) \times 1,656 \\ &= 1,471 \end{aligned}$$

Maka koefisien gaya dorongnya (τ) adalah :

- Untuk B4-40

$$\begin{aligned} \tau &= \frac{T}{1/2 \cdot \rho \cdot Fp \cdot V^2} \\ \tau &= \frac{3934}{0,5 \times 104,49 \times 0,84 \times (3,14 \times 0,7 \times 1,710 \times 11)^2} \\ &= 0,052 \end{aligned}$$

- Untuk B4-55

$$\begin{aligned} \tau &= \frac{T}{1/2 \cdot \rho \cdot Fp \cdot V^2} \\ \tau &= \frac{3970}{0,5 \times 104,49 \times 1,106 \times (3,14 \times 0,7 \times 1,675 \times 11)^2} \\ &= 0,042 \end{aligned}$$

- Untuk B4-70

$$\begin{aligned} \tau &= \frac{T}{1/2 \cdot \rho \cdot Fp \cdot V^2} \\ \tau &= \frac{3757}{0,5 \times 104,49 \times 1,730 \times (3,14 \times 0,7 \times 1,883 \times 11)^2} \end{aligned}$$

$$= 0,020$$

- Untuk B4-85

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

$$\tau = \frac{3693}{0,5 \times 104,49 \times 1,471 \times (3,14 \times 0,7 \times 1,576 \times 11)^2}$$
$$= 0.033$$

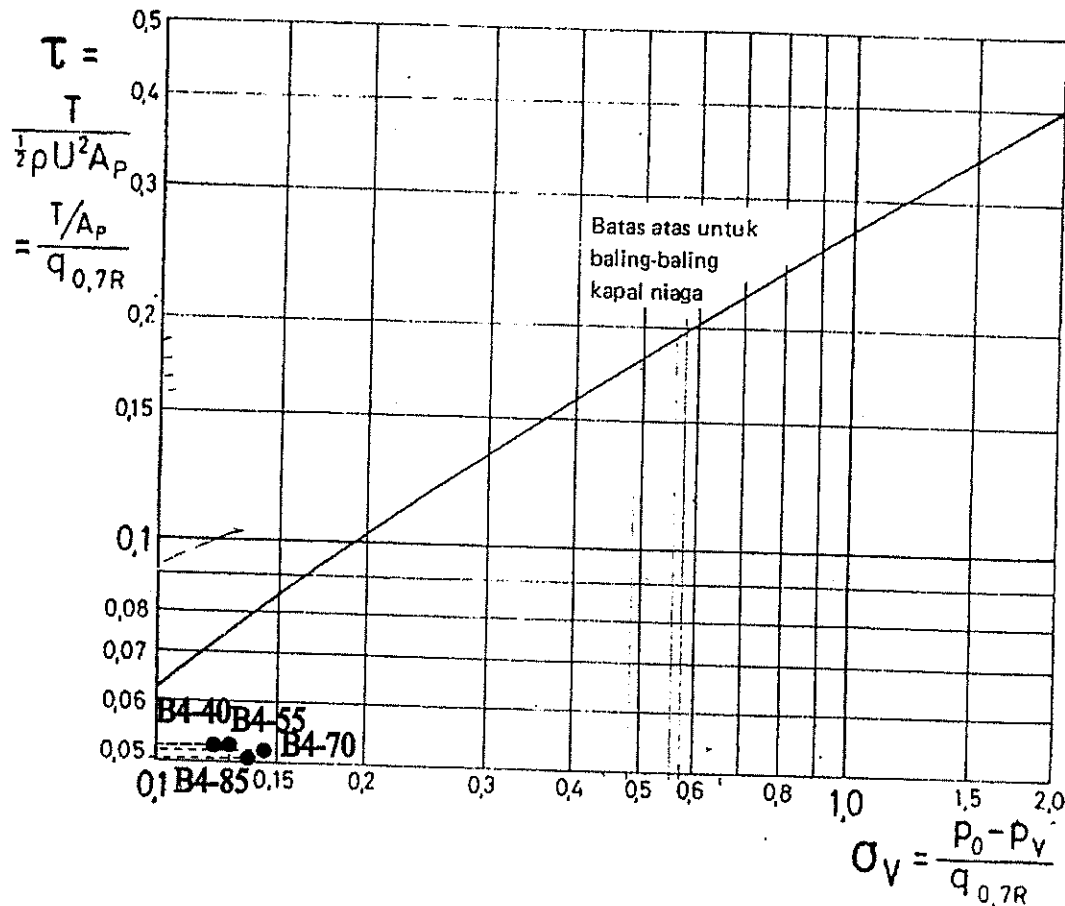
2.2.5 Tabel Perhitungan Kavitasasi

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

Tabel 6. Perhitungan Kavitasasi

	Konstanata kavitasasi ($\sigma_{0,7}$)	Efisiensi baling-baling (η_p)	Diameter optimum (D_0)	Gaya dorong (τ)	Keterangan
B4-40	0,123	56,5 %	1,710	0.052	Masih di bawah garis <i>upper limit</i>
B4-55	0,128	56 %	1.675	0.042	
B4-70	0.142	53 %	1.883	0,020	
B4-85	0.146	52,1 %	1.576	0.033	

2.2.6 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 baling-baling yang diperlukan untuk penggerak kapal rancangan ini adalah sebagai berikut:

- Tipe baling-baling berada pada : B4-40
- Diameter baling-baling (D) : 1.710 m
- *Pitch Ratio propeller* (Ho/D) : 0.62
- *Developed Blade Ratio* (Fa/F) : 0.84
- Efisiensi baling-baling (η_p) : 56.5 %
- Jumlah daun propeller (Z) : 4

Adapun pertimbangan dan alasan menggunakan B4 – 40 adalah :

- Memiliki nilai efisiensi yang tinggi
- Di bawah *upper limit* resiko kavitasi Diagram Burril (tidak kavitasi)
- Diameter optimum dibawah 0,7 *Draft*.