

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 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 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 tahanan gesek pada kapal tersebut.

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

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

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

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 s/d 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 *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 :

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

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

Dalam hal ini koefisien hambatan totalnya adalah :

$$C_T = C_R + C_F + C_A$$

Dimana :

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

C_F = Koefisien 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 Terjemahan 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 :

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

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 :

- **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 :

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

- **Koreksi B/T**

Karena diagram tersebut dibuat berdasarkan ratio lebar-sarat $B/T = 2,5$ maka harga C_R untuk kapal yang mempunyai ratio 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 :

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

Hasil koreksi ini dapat mempunyai harga yang negatif atau positif.

• Koreksi Bentuk Penampang Melintang

Sebagaimana disebutkan sebelumnya, kurva hambatan yang diperoleh berdasarkan diagram $L/\sqrt[3]{V}$ 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 :

Badan depan	Ekstrem U	ekstrem V
	- 0,1	+ 0,1
Badan belakang	Ekstrem U	ekstrem 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 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%.

• 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%.

Braket & poros baling-baling : Untuk bentuk kapal ramping, C_R dinaikkan sebesar 5% - 8%.

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

- **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 dan
 S_1 = Permukaan basah badan dan anggota badan kapal

- **Koreksi Hambatan Udara dan Kemudi**

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

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 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 Ferry Ro-Ro 600 GT adalah :

<i>Length Over All</i>	(LOA)	= 46,20 m
<i>Length Water Line</i>	(LWL)	= 40,95 m
<i>Length Between Perpendicular</i>	(LPP)	= 39,00 m
<i>Breadth Moulded</i>	(B mld)	= 12,00 m
<i>Height Moulded</i>	(H mld)	= 3,00 m
<i>Draft Moulded</i>	(T mld)	= 2,00 m
<i>Coefficient Block</i>	(Ch)	= 0,54
<i>Coefficient Midship</i>	(Cm)	= 0,97
<i>Coefficient Waterline</i>	(Cw)	= 0,66
<i>Coefficient Prismatic</i>	(Cp)	= 0,56
<i>Displacement</i>	(Δ)	= 518,076
<i>Volume Displacement</i>	(∇)	= 505,44 m ³
<i>Speed</i>	(Vs)	= 12,00 Knots
<i>LCB from Amidsh</i>		= -1,996
<i>Density</i>	(ρ)	= 1025 Kg/m ³ = 104,5 Kg.s ² /m ⁴
Lintas Tarakan - Toli-Toli - Amurang		= 590 Mil
A.B.K		= 20 orang
Penumpang :		
Penumpang Eksekutif		= 53 orang
Penumpang Ekonomi		= 132 orang
Penumpang Tatami		= 80 orang
Jumlah Penumpang		= 265 orang
Kendaraan		= 7 unit truk

2.1.4 Perhitungan Koefisien-koefisien Kapal

Displacement (Δ) (Soekarsono.NA,Teori Bangunan Kapal,hal 77)

$$\begin{aligned}\Delta &= L_{pp} \times B \times T \times C_b \times \gamma \\ &= 39 \times 12 \times 2 \times 0,54 \times 1,025 \\ \Delta &= 518,076 \text{ ton}\end{aligned}$$

Midship Section Area Coefficient (C_m)

$$\begin{aligned}C_m &= 0,93 + 0,08 \times C_b \\ &= 0,93 + 0,08 \times 0,54 \\ C_m &= 0,97\end{aligned}$$

Midship Section Area (A_m) (Soekarsono.NA,Teori Bangunan Kapal,hal 7)

$$\begin{aligned}A_m &= B \times T \times C_m \\ &= 12 \times 2 \times 0,97 \\ A_m &= 23,28 \text{ m}^2\end{aligned}$$

Prismatic Coefficient (C_p) (Soekarsono.NA,Teori Bangunan Kapal,hal 77)

$$\begin{aligned}C_p &= \frac{C_b}{C_m} \\ &= \frac{0,54}{0,97} \\ C_p &= 0,56\end{aligned}$$

Water-plane Area Coefficient (C_w)

$$\begin{aligned}C_w &= 0,18 + (0,86 \times C_p) \\ &= 0,18 + (0,86 \times 0,56) \\ C_w &= 0,66\end{aligned}$$



Water-plane Area (A_w) (Soekarsono.NA, Teori Bangunan Kapal, hal 5)

$$\begin{aligned}A_w &= L_{pp} \times B \times C_w \\&= 39 \times 12 \times 0,66 \\A_w &= 308,88 \text{ m}^2\end{aligned}$$

Luas Permukaan Basah Kapal (S)

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

Dimana :

$$\begin{aligned}\delta_{pp} &= \frac{C_b \times LOA}{L_{wl}} \\&= \frac{0,54 \times 46,20}{40,95}\end{aligned}$$

$$\delta_{pp} = 0,61$$

$$\begin{aligned}S &= 1,025 \times 39 (0,61 \times 12 + 1,7 \times 2) \\S &= 428,53 \text{ m}^2\end{aligned}$$

Luas Permukaan Basah sepanjang A_w (S')

$$\begin{aligned}S' &= 1,025 \times L_{wl} (\delta_{pp} \times B + 1,7 \times T) \\&= 1,025 \times 40,95 (0,61 \times 12 + 1,7 \times 2) \\S' &= 449,96 \text{ m}^2\end{aligned}$$

Ratio S/S'

$$\begin{aligned}\frac{S}{S'} &= \frac{428,53}{449,96} \\&= 0,95\end{aligned}$$

Volume Displacement (∇_{Displ}) (Soekarsono.NA, Teori Bangunan Kapal, hal 5)

$$\begin{aligned}\nabla_{Displ} &= L_{pp} \times B \times T \times C_b \\&= 39 \times 12 \times 2 \times 0,54 \\&= 505,44 \text{ m}^3\end{aligned}$$

2.1.5. Perhitungan Hambatan Kapal Pada Kecepatan 12 Knots

1. *Froude Number (Fn)* (Sv. Aa. Harvald halaman 119)

$$Fn = \frac{Vs}{\sqrt{g \times L}}$$

Dimana :

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

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

$$\begin{aligned} LWL &= \text{Panjang garis air kapal (m)} \\ &= 40,95 \text{ m} \end{aligned}$$

maka :

$$\begin{aligned} Fn &= \frac{6,173}{\sqrt{9,81 \times 40,95}} \\ &= 0,31 \end{aligned}$$

2. Koefisien Hambatan Sisa (C_R')

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

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

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

Dimana :

$$\begin{aligned} LWL &= \text{Panjang garis air kapal rancangan} \\ &= 40,95 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \nabla &= \text{Volume displacement kapal rancangan} \\ &= 505,44 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Maka :

$$\begin{aligned} L/\nabla^{1/3} &= \frac{40,95}{(505,44)^{1/3}} \\ &= 5,14 \end{aligned}$$

Untuk menentukan $10^3 C_R$ pada $L/\nabla^{1/3} = 5,14$ digunakan cara interpolasi, yaitu dengan $L/\nabla^{1/3} = 5,00$ dan $L/\nabla^{1/3} = 5,50$.

$$L/\nabla^{1/3} = 5,00 \quad F_n = 0,31 \quad 10^3 C_R = 2,68 \quad (\text{Grafik 5.5.7})$$

$$L/\nabla^{1/3} = 5,50 \quad F_n = 0,31 \quad 10^3 C_R = 2,16 \quad (\text{Grafik 5.5.8})$$

$$L/\nabla^{1/3} = 5,14 \quad F_n = 0,31 \quad 10^3 C_R = \dots\dots\dots$$

$$\begin{aligned} 10^3 C_R &= 2,68 + \left[\frac{5,14 - 5,00}{5,50 - 5,00} \right] (2,16 - 2,68) \\ &= 2,53 \end{aligned}$$

3. Koreksi B/T

Pada buku *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 :

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

Harga koreksi tersebut dapat positif dan negative.

$$\begin{aligned} B/T &= 12,00 / 2,00 \\ &= 6,00 > 2,50 \end{aligned}$$

Diketahui $B/T = 6,00$ dan hasilnya lebih besar dari 2,50 maka harga C_R harus dikoreksi dengan :

$$\begin{aligned} B/T &> 2,50, \text{ maka koreksi;} \\ &= 0,16 (B/T - 2,50) \\ &= 0,16 (6,00 - 2,50) \\ &= 0,56 \cdot 10^{-3} \end{aligned}$$

4. Koreksi LCB

Untuk menentukan koreksi LCB dari kapal rancangan digunakan rumus pada buku Sv. Aa Harvald halaman 130, yaitu :

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

Dimana :

$$LCB_{\text{standar}} = -1,996 \% \quad (\text{Hydrostatic Kapal Rancangan})$$

$$\begin{aligned} LCB &= \frac{LCB_{\text{standar}} \times L_{pp}}{100} \\ &= \frac{-1,996 \times 39}{100} \\ &= -0,778\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta LCB &= LCB - LCB_{\text{standar}} \text{ (LCB dalam \%)} \\ &= -0,778 \% - 1,996 \% \end{aligned}$$

$$\Delta LCB = -2,77 \%$$

maka koreksi LCB :

$$\begin{aligned} &= \frac{\partial 10^3 C_R}{\partial LCB} |\Delta LCB| \rightarrow \frac{\partial 10^3 C_R}{\partial LCB} = 0,38 \text{ (Grafik 5.5.16)} \\ &= 0,38 \times |-2,77| \\ &= 1,05 \cdot 10^{-3} \end{aligned}$$

5. Koreksi Penampang Bentuk Depan dan Belakang Kapal

Badan depan	: ekstrem U	ekstrem V
	- 0,1	+ 0,1
Badan belakang	: ekstrem U	ekstrem V
	+ 0,1	- 0,1

Karena kurva tahanan (yang diperoleh 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).

6. Koreksi Bentuk Haluan Kapal

Menurut 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).

7. Koreksi Anggota Badan Kapal

Menurut Sv. Aa. Harvald pada halaman 132 koreksi yang dilakukan untuk bentuk anggota badan kapal terdiri dari :

- Boss baling-baling = 3 % ~ 5 %
= 5 % x C_R
= 5 % x 2,53
= 0,13
- Shaft Bracket = 5 % ~ 8 %
= 8 % x C_R
= 8 % x 2,53
= 0,20
- Lunas Bilga = 0 % (tidak ada koreksi)
- Daun kemudi = 0 % (tidak ada koreksi)

8. Koefisien Hambatan Sisa Total

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

No.	Komponen C_R	Hasil
1.	Koefisien hambatan sisa (C_R')	2,53
2.	Koreksi B/T	0,56
3.	Koreksi LCB	1,05
4.	Koreksi penampang depan dan belakang kapal	0,00
5.	Koreksi bentuk haluan kapal	0,00
6.	Koreksi anggota badan kapal	0,33
	$\Sigma 10^3 C_R =$	4,47

9. Menentukan *Reynold Number* (Rn)

Untuk menentukan *Reynold Number* (Rn) dari kapal rancangan digunakan rumus *Reynold* halaman 118, yaitu :

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

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

$$= 40,95 \text{ m}$$

ν = Viskositas

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

Maka :

$$\begin{aligned} 10^{-6} Rn &= \frac{10^{-6} (6,173 \times 40,95)}{1,1883 \cdot 10^6} \\ &= 212,728 \end{aligned}$$

10. Koefisien Hambatan Gesek (C_F)

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

$$L = 40,95 \text{ m} \quad V = 6,00 \text{ m/dt}^2 \quad 10^3 C_F = 1,87$$

$$L = 40,95 \text{ m} \quad V = 7,00 \text{ m/dt}^2 \quad 10^3 C_F = 1,85$$

$$L = 40,95 \text{ m} \quad V = 6,173 \text{ m/dt}^2 \quad 10^3 C_F = \dots\dots$$

$$\begin{aligned} 10^3 C_F &= 1,87 + \left[\frac{6,173 - 6,00}{7,00 - 6,00} \right] (1,85 - 1,87) \\ &= 1,866 \end{aligned}$$

11. Koreksi Anggota Badan Kapal (C_F)

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

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

Dimana :

C_F' = Koefisien hambatan gesek sesungguhnya

C_F = Koefisien hambatan gesek

$$= 1,866$$

S = Luas Permukaan bidang basah badan kapal

$$= 428,53 \text{ m}^2$$

S' = Luas permukaan bidang basah kapal dan anggota badan kapal

$$= 449,96 \text{ m}^2$$

Maka :

$$\begin{aligned} C_F' &= 1,866 \times \frac{449,96}{428,53} \\ &= 1,96 \end{aligned}$$

12. Koefisien Tambahan (C_A)

Untuk menentukan ΔC_F diambil dari tabel 5.5.23 pada buku Sv. Aa. Harvald hal 132 yang didasarkan pada panjang kapal

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

13. Koefisien Hambatan Udara (C_{AA})

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

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

14. Koefisien Hambatan Kemudi (C_{AS})

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

$$10^3 C_{AS} = 0,04$$

15. 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 :

No.	Komponen C_T'	Hasil
1.	Koefisien hambatan sisa ($10^3 C_R$)	4,47
2.	Koefisien hambatan gesek ($10^3 C_F$)	1,96
3.	Koefisien hambatan Appendage ($10^3 C_A$)	0,40
4.	Koefisien hambatan udara ($10^3 C_{AD}$)	0,07
5.	Koefisien hambatan kemudi ($10^3 C_{AS}$)	0,04
	$\Sigma 10^3 C_T =$	6,94

16. Hambatan Total (R_T')

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

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

Dimana :

$$\begin{aligned} C_T' &= \text{Koefisien hambatan total} \\ &= 6,94 \cdot 10^{-3} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho &= \text{Massa jenis air laut} \\ &= 104,5 \text{ Kg.s}^2/\text{m}^4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} s &= \text{Wetted area kapal rancangan} \\ &= 449,96 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

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

Maka :

$$\begin{aligned} R_T' &= 6,94 \cdot 10^{-3} (1/2 \times 104,5 \times 6,173^2 \times 449,96) \\ &= 6217,45 \text{ Kg} \\ &= 60993,18 \text{ N} \end{aligned}$$

17. 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 pada hal 25, yaitu :

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

Dimana :

EHP = Efektif horse power kapal rancangan

V_s = Kecepatan kapal rancangan

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

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

R_T = Hambatan total kapal rancangan

$$= 6217,45 \text{ Kg}$$

Maka :

$$\begin{aligned} EHP &= \frac{6,173 \times 6217,45}{75} \\ &= 511,74 \text{ HP} \end{aligned}$$

18. 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 hal 25, yaitu :

$$SHP = \frac{1}{2} \times EHP \times PC^{-1}$$

Dimana :

SHP = *Shaft Horse Power* kapal rancangan

P_c = *Propulsive Coefficient*

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

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

$$\begin{aligned} W &= -0,20 + (0,55 \times Cb) \\ &= -0,20 + (0,55 \times 0,54) \\ &= 0,097 \end{aligned}$$

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

$$t \approx w$$

Efisiensi lambung kapal (η_H) :

$$\begin{aligned} \eta_H &= \frac{1-t}{1-w} \\ &= \frac{1-0,097}{1-0,097} \\ &= 1 \end{aligned}$$

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

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

$$\begin{aligned} P_c &= \eta_H \times \eta_{rr} \times \eta_p \\ &= 1 \times 0,985 \times 0,55 \\ &= 0,542 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} SHP &= \frac{1}{2} \times 511,74 \times (0,542)^{-1} \\ &= 472,08 \text{ HP} \end{aligned}$$



19. *Brake Horse Power (BHP)*

Koreksi pemakaian *Gear Box* η_r = 3 %

Koreksi letak kamar mesin η_{rm} = 3 %

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

$$\begin{aligned} NCR &= (100 + 15 + 3 + 3) \% \times \text{SHP} \\ &= (100 + 15 + 3 + 3) \% \times 472,08 \text{ HP} \\ &= 571,22 \text{ HP untuk 1 M/E} \\ &= 571,22 \text{ HP} \times 0,736 \\ &= 420,42 \text{ kW} \end{aligned}$$



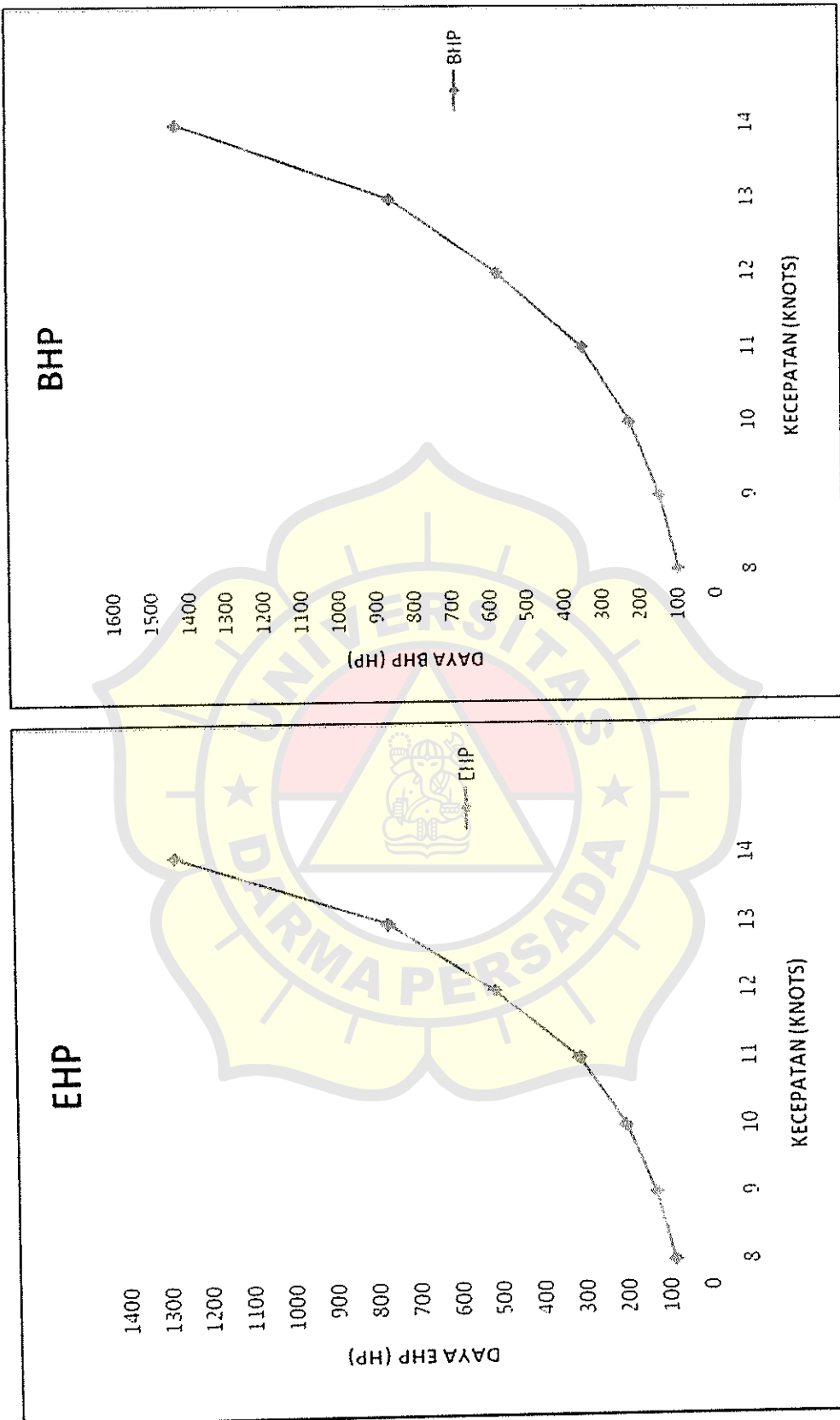


TABEL PERHITUNGAN DAYA MESIN KAPAL PADA 7 KECEPATAN

No.	RUMUS	Satuan / Sumber Rumus	Kecepatan - Knot*						
			8	9	10	11	12	13	14
1.	V_s	Knot*	8	9	10	11	12	13	14
2.	V_s	m / dt	4.115	4.629	5.144	5.658	6.173	6.687	7.202
3.	V_s^2	m ² / dt ²	16.933	21.428	26.461	32.013	38.106	44.716	51.869
4.	$F_n = V / g L$		0.205	0.231	0.257	0.282	0.310	0.334	0.359
5.	$1/2 \cdot \rho \cdot S \cdot V^2$	Kg	398107.062	503772.625	622102.752	752637.909	895886.014	1051290.765	1219456.848
6.	$10^3 C_R (L / V^{1/3})$	Gbr. 5.5.9 - 5.5.10	0.744	0.924	1.259	1.688	2.530	3.295	5.244
7.	Koreksi B/T	Gbr. 5.5.17	0.560	0.560	0.560	0.560	0.560	0.560	0.560
8.	LCB standar		-1.966	-1.966	-1.966	-1.966	-1.966	-1.966	-1.966
9.	Koreksi Grs.Penampang	5.5.20	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
10.	Koreksi Bentuk Haluan	5.5.21	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
11.	Koreksi Anggota Badan	5.5.22	0.0960	0.1200	0.1640	0.2190	0.3300	0.429	0.681
12.	Resultan $10^3 C_R$	6 + 7 + 8 + 9 + 10 + 11	1.407	1.633	2.181	2.979	4.470	5.715	8.452
13.	$10^6 R_n$	V.L / ν	141.807	159.520	177.267	194.980	212.728	230.441	248.188
14.	$10^3 C_F$ ITTC - 1957	Gbr.5.5.14	1.972	1.936	1.904	1.884	1.866	1.856	1.844
15.	$10^3 C_F'$	$S_1 / S \times$ $10^3 C_F$	2.071	2.033	1.999	1.978	1.960	1.949	1.936
16.	$10^3 C_A$	5.5.23	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
17.	$10^3 C_{AA}$	5.5.26	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07
18.	$10^3 C_{AS}$	5.5.27	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
19.	$10^3 C_T = C_R + C_F +$ $C_A + C_{AA} + C_{AS}$	12 + 15 + 16 + 17 + 18	3.988	4.176	4.690	5.467	6.940	8.174	10.898
20.	$R_T = C_T 1/2 \cdot \rho \cdot S \cdot$ V^2	Kg	1587.650	2103.754	2917.661	4114.671	6217.450	8593.250	13289.640
21.	$EHP = V \cdot R_T / 75$	HP	87.109	129.844	200.113	310.411	511.740	766.174	1276.160
22.	PC		0.542	0.542	0.542	0.542	0.542	0.542	0.542
23.	$SHP =$ $1/2 \times 1 / P_{cx} EHP$	HP	80.359	119.782	184.606	286.357	472.080	706.803	1177.269
24.	Koreksi Gear Box = 3%		0.030	0.030	0.030	0.030	0.030	0.030	0.030
25.	Koreksi Letak Kamar Mesin = 3 %		0.030	0.030	0.030	0.030	0.030	0.030	0.030
26.	Sea Margin = 15 %		0.150	0.150	0.150	0.150	0.150	0.150	0.150
27.	BHP (MCR)	HP	97.234	144.936	223.373	346.492	571.220	855.231	1424.496

*1 Knot = 0,5144 m/s

Kurva EHP dan BHP untuk 1(satu) Mesin dengan perbandingan 7 (tujuh) kecepatan



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: SFC 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 :

Mesin

- Merk : YANMAR
- Type : 6 LAH-STE3
- Jumlah silinder : 6
- Bore & Stroke : 150 x 165 (mm)
- Daya : 620 HP (456 KW)
- Putaran Mesin : 1900 Rpm
- Berat mesin : 2600 Kg
- Konsumsi bahan bakar (S_{foc}) : 224 g/kWh
- Dimensi : 2127 × 1012,5 × 1430 (mm)

Gear

- Type : YX-181
- Reduction ratio : 3,03
- Putaran : 626 rpm
- Berat Gear : 560 kg

Dengan menggunakan mesin induk diatas maka kecepatan kapal yang dicapai adalah sebesar 12,20 knot.

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 kavitas, 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.
- *Thrust Horse Power*.
- Putaran baling-baling.
- Jumlah daun baling-baling.
- Efek kavitas terhadap baling-baling.
- 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 $Bp-\delta$ 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). Adapun perencanaannya sebagai berikut :

- Diameter Optimum, Pitch Ratio dan Propeller Efficiency

Koefisien Baling-Baling

Untuk Menentukan koefisien baling-baling menggunakan rumus, yaitu :

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

Dimana :

N_K = Putaran baling-baling setelah dikoreksi (Nm)

SHP = Shaft Horse Power (HP-British)

Va = *Advance speed of propeller* (knot)

Koreksi RPM Baling-baling (N_K)

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

$N_{baling2}$ = 626 rpm (lihat hal 25 pemakaian gear)

N_K = $0,98 \times 626$ (koreksi scale effect 2%)
= 613,48 rpm

Dari perhitungan diatas ditetapkan harga $N = 614$ rpm.

Shaft Horse Power (SHP)

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

- Koreksi 3% untuk gear box

- Koreksi 3 % untuk letak kamar mesin dibelakang

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

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

Maka :

$$SHP = (BHP - (3 + 3)\%) \times \frac{75}{76} \times \frac{1.000}{1.025}$$

$$= (620 - (6)\%) \times \frac{75}{76} \times \frac{1.000}{1.025}$$
$$= 596,86 \text{ HP.}$$

Dari perhitungan diatas ditetapkan harga SHP = 597 HP.

Advance Speed of Propeller (Va)

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

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

Dimana :

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

$$w = \text{Wake Friaction}$$

$$= 0,097 \text{ (lihat hal 23)}$$

$$V_s = \text{Kecepatan kapal rancangan.}$$

$$= 12,20 \text{ knot (lihat hal 27)}$$

Maka :

$$V_a = (1 - 0,097) \times 12,20$$

$$= 11,02 \text{ Knot.}$$

Dari perhitungan diatas ditetapkan harga $V_a = 11 \text{ Knot.}$

Maka :

$$B_p = \frac{N_k \times \sqrt{SHP}}{V_a^{2.5}}$$

$$= \frac{614 \times \sqrt{597}}{11^{2.5}}$$

$$= 37,38$$

Dari perhitungan diatas ditetapkan harga $B_p = 37,38$

Diameter Optimum (Do)

Untuk menentukan Diameter Optimum (Do) digunakan rumus :

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

Dimana :

$$D_o = \text{Diameter Optimum.}$$

- δ_K = Koreksi *Advance Coefficient*.
 V_a = *Advance Speed* dari *propeller*.
= 11 knot
 N_K = Koreksi Putaran baling-baling
= 614 rpm.

- Maka Diameter Optimumnya (D_o) adalah :

- **Untuk B4-40**

δ diagram untuk B4 – 40 dari $B_p = 37,38$ adalah $\delta = 245$ (Naval architecture hal.413)

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 propeller) = 56,8 %

Ho/D (Pitc ratio) = 0,645

Maka :

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

$$D_o = \frac{240,1 \times 11}{614} = 4,301 \text{ feet dijadikan m} = \times 0,3048$$
$$= 1,31 \text{ m}$$

- **Untuk B4-55**

δ diagram untuk B4 – 55 dari $B_p = 37,38$ adalah $\delta = 240$ (Naval architecture page.414)

Koreksi dari Open Condition menjadi Behind Condition sebesar 2%

Dengan harga δ sudah di koreksi = 235.2

Hasil dari diagram B_p - δ diagram :

η_p (efisiensi propeller) = 56,5 %

Ho/D (Pitc ratio) = 0,68

Maka :

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

$$\begin{aligned} Do &= \frac{235,2 \times 11}{614} = 4,213 \text{ feet dijadikan m} = \times 0,3048 \\ &= 1,28 \text{ m} \end{aligned}$$

- **Untuk B4-70**

δ diagram untuk B4 – 70 dari $B_p = 37,38$ adalah $\delta = 230$ (Naval architecture hal.415)

Koreksi dari Open Condition menjadi Behind Condition sebesar 2%

Dengan harga δ sudah di koreksi = 225,4

Hasil dari diagram B_p - δ diagram :

η_p (efisiensi propeller) = 53 %

Ho/D (Pite ratio) = 0,77

Maka :

$$\begin{aligned} Do &= \frac{\delta_k \times Va}{N_K} \\ Do &= \frac{225,4 \times 11}{614} = 4,038 \text{ feet dijadikan m} = \times 0,3048 \\ &= 1,23 \text{ m} \end{aligned}$$

- **Untuk B4-85**

δ diagram untuk B4 – 85 dari $B_p = 37,38$ adalah $\delta = 225$ (Naval architecture hal.415)

Koreksi dari Open Condition menjadi Behind Condition sebesar 2%

Dengan harga δ sudah di koreksi = 220,5

Hasil dari diagram B_p - δ diagram :

η_p (efisiensi propeller) = 52,8 %

Ho/D (Pite ratio) = 0,82

Maka :

$$\begin{aligned} Do &= \frac{\delta_k \times Va}{N_K} \\ Do &= \frac{220,5 \times 11}{614} = 3,95 \text{ feet dijadikan m} = \times 0,3048 \\ &= 1,20 \text{ m} \end{aligned}$$

Untuk perencanaan baling-baling ini menggunakan perbandingan dari beberapa jenis *propeller* tipe B, yaitu B4-40, B4-55, B4-70 dan B4-85. Dari grafik B_p - δ diagram itu didapatkan untuk harga $B_p = 37,38$ adalah sebagai berikut :

No	Item	D	H/D	η_p
1	B4-40	1,31	0,645	56,8 %
2	B4-55	1,28	0,68	56,5 %
3	B4-70	1,23	0,77	53%
4	B4-85	1,20	0,82	52,8 %

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 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*)

2.2.3 Konstanta Kavitasasi

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

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

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. (lihat hal 30)
- n = Koreksi putaran baling-baling perdetik
= 10,233 Rps.

Maka :

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

- a. Sarat air kapal (Draft) $T = 2,00 \text{ m}$
- b. Tinggi sumbu poros baling2 thd garis dasar kapal $\frac{h_1}{=} = 0,87 \text{ m} -$
 $= 1,13 \text{ m}$
- c. Tinggi Gelombang (3/4 % Lpp) $\frac{h_2}{=} = 0,29 \text{ m} +$
Water head diatas garis/sumbu poros baling2 $= 1,42 \text{ m}$
- d. Tekanan hidrostatik pada garis/sumbu poros
baling2 di air laut (h.1025) $0,410 \times 1025 = 1455,5 \text{ kg/m}^2$
- e. (tekanan atmosfer) – (vapour pressure = e) $= 10100 \text{ kg/m}^2$
- f. Tekanan uap $= \frac{200,000}{=} +$
 $= 11555,5 \text{ kg/m}^2$

Dari perhitungan ditetapkan harga $P_o - e = 11555,5 \text{ kg/m}^2$

Maka konstanta kavitasi adalah :

- Untuk B4-40

$$\sigma_{0,7} = \frac{11555,5 - (0,7 \times 0,655 \times 1025)}{0,5 \times 104,49 \left(11^2 + (2 \times 3,14 \times 0,7 \times 0,655 \times 10,233)^2 \right)}$$
$$= 0,21$$

- Untuk B4-55

$$\sigma_{0,7} = \frac{11555,5 - (0,7 \times 0,64 \times 1025)}{0,5 \times 104,49 \left(11^2 + (2 \times 3,14 \times 0,7 \times 0,64 \times 10,233)^2 \right)}$$
$$= 0,22$$

- Untuk B4-70

$$\sigma_{0,7} = \frac{11555,5 - (0,7 \times 0,615 \times 1025)}{0,5 \times 104,49(11^2 + (2 \times 3,14 \times 0,7 \times 0,615 \times 10,233)^2)}$$
$$= 0,24$$

- Untuk B4-85

$$\sigma_{0,7} = \frac{11555,5 - (0,7 \times 0,6 \times 1025)}{0,5 \times 104,49(11^2 + (2 \times 3,14 \times 0,7 \times 0,6 \times 10,233)^2)}$$
$$= 0,25$$

2.2.4 Koefisien Gaya Dorong (τ)

Untuk menentukan koefisien gaya dorong ini digunakan rumus sebagai berikut :

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

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* = 597 HP. (lihat hal 27)

η_p = *Propulsive Efficiency*.

Va = *Advance speed of propeller*. = 11 Knot (lihat hal 28)



Maka :

- Untuk B4-40 dan $\eta_P = 56,8 \%$

$$T = \frac{597 \times 0,568 \times 75}{11}$$

$$= 2312,018 \text{ kg}$$

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

$$T = \frac{597 \times 0,565 \times 75}{11}$$

$$= 2299,807 \text{ kg}$$

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

$$T = \frac{597 \times 0,53 \times 75}{11}$$

$$= 2157,341 \text{ kg}$$

- Untuk B4-85 dan $\eta_P = 52,8 \%$

$$T = \frac{597 \times 0,528 \times 75}{11}$$

$$= 2149,20 \text{ kg}$$

• **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)

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

$$= \frac{3,14}{4} \times (1,31)^2$$

$$= 1,347$$

Developed Blade Area (Fa)

$$Fa = 0,40 \times 1,347$$

$$= 0,539$$

Jadi :

$$Fp = (1,067 - (0,229 \times 0,645)) \times 0,539$$

$$= 0,495$$

- Untuk B4-55

Developed Blade Ratio

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

Disc Area of The Screw (F)

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

$$= \frac{3,14}{4} \times (1,28)^2$$

$$= 1,286$$

Developed Blade Area (Fa)

$$Fa = 0,55 \times 1,286$$

$$= 0,707$$

Jadi :

$$Fp = (1,067 - (0,229 \times 0,680)) \times 0,707$$

$$= 0,644$$

- Untuk B4-70

Developed Blade Ratio

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

Disc Area of The Screw (F)

$$\begin{aligned} F &= \frac{\pi}{4} \cdot D^2 \\ &= \frac{3,14}{4} \times (1,23)^2 \\ &= 1,187 \end{aligned}$$

Developed Blade Area (Fa)

$$\begin{aligned} Fa &= 0,70 \times 1,187 \\ &= 0,83 \end{aligned}$$

Jadi :

$$\begin{aligned} Fp &= (1,067 - (0,229 \times 0,77)) \times 0,83 \\ &= 0,74 \end{aligned}$$

- Untuk B4-85

Developed Blade Ratio

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

Disc Area of The Screw (F)

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

Developed Blade Area (Fa)

$$\begin{aligned} Fa &= 0,85 \times 1,13 \\ &= 0,96 \end{aligned}$$

Jadi:

$$\begin{aligned} Fp &= (1,067 - (0,229 \times 0,82)) \times 0,96 \\ &= 0,844 \end{aligned}$$



Maka koefisien gaya dorongnya (τ) adalah :

- Untuk B4-40

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

$$\begin{aligned}\tau &= \frac{2312,018}{0,5 \times 104,49 \times 0,495 \times (11^2 + (2 \times 3,14 \times 0,7 \times 0,655 \times 10,233)^2)} \\ &= 0,090\end{aligned}$$

- Untuk B4-55

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

$$\begin{aligned}\tau &= \frac{2299,807}{0,5 \times 104,49 \times 0,644 \times (11^2 + (2 \times 3,14 \times 0,7 \times 0,64 \times 10,233)^2)} \\ &= 0,072\end{aligned}$$

- Untuk B4-70

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

$$\begin{aligned}\tau &= \frac{2157,341}{0,5 \times 104,49 \times 0,74 \times (11^2 + (2 \times 3,14 \times 0,7 \times 0,615 \times 10,233)^2)} \\ &= 0,063\end{aligned}$$

- Untuk B4-85

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

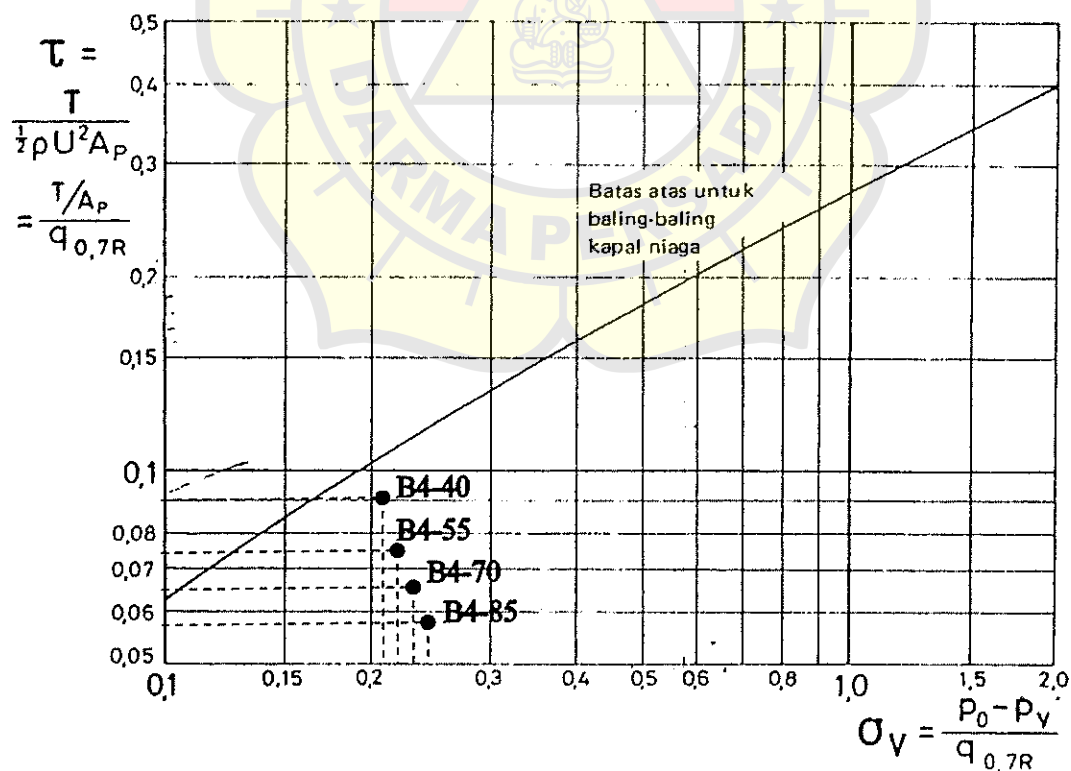
$$\begin{aligned}\tau &= \frac{2149,2}{0,5 \times 104,49 \times 0,844 \times (11^2 + (2 \times 3,14 \times 0,7 \times 0,6 \times 10,233)^2)} \\ &= 0,057\end{aligned}$$

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.

	$\sigma_{0,7}$	τ	F_p/F_a	F_a/F	F	F_a	F_p
B4-40	0,21	0,090	0,918	0,400	1,347	0,539	0,495
B4-55	0,22	0,072	0,911	0,550	1,286	0,707	0,644
B4-70	0,24	0,063	0,891	0,700	1,187	0,830	0,740
B4-85	0,25	0,057	0,879	0,850	1,13	0,960	0,844

2.2.6 Prediksi Resiko kavitasasi dengan Diagram Burrill



2.3 Pemilihan Baling – Baling

Untuk pemilihan baling – baling, maka dapat ditentukan dari hasil perhitungan sebagai berikut :

No	Item	D	H/D	η_p	τ
1	B4-40	1,31	0,645	56,8 %	0,090
2	B4-55	1,28	0,68	56,5 %	0,072
3	B4-70	1,23	0,77	53%	0,063
4	B4-85	1,20	0,82	52,8 %	0,057

Dari tabel diatas dapat dilihat ketentuan untuk pemilihan baling – baling . Adapun ketentuan pemilihan baling – baling berdasarkan :

- Diameter masih memenuhi batas maksimum ($D < 0,7 T$)
- Effisiensi baling – baling paling besar
- Meskipun kavitasiya cukup tinggi tetapi masih dibawah batas maksimumnya.

Sehingga dari ketentuan diatas, maka dapat dipilih baling – baling dengan tipe B4-40. Untuk selanjutnya didasarkan pada tipe tersebut.