

BAB II

PERENCANAAN PERHITUNGAN MOTOR INDUK DAN BALING-BALING KAPAL

II.1. Perhitungan Daya Mesin Motor Induk

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.

f. Hambatan bow thruster (Bow Thruster Resistance) = R_{BT}

Hambatan *bow thruster* adalah hambatan yang terjadi pada *bow thruster* yang dipasang pada lambung kapal yang terbenam didalam air. Besar kecilnya hambatan yang terjadi pada *bow thruster* dipengaruhi oleh besar kecilnya diameter dari *bow thruster* itu sendiri.

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

1.2. Diagram Guldhammer dan Harvald

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

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

$$P_E = R \times V_s \quad (kW)$$

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 $L/V^{1/3}$ 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 :

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 di rancang 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	$L \leq 100$ 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	$10^3 C_A = -0,30$

• **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

1.3. Data-data kapal rancangan

Dimensi ukuran utama Kapal *Supply Vessel* 2 x 2330 HP adalah :

<i>Length Over All</i>	(LOA)	= 46,00 m
<i>Length Water Line</i>	(LWL)	= 44,00 m
<i>Length Between Perpendicular</i>	(LPP)	= 40,00 m
<i>Breadth Moulded</i>	(B mld)	= 11,00 m
<i>Height Moulded</i>	(H mld)	= 5,00 m
<i>Draft Moulded</i>	(T mld)	= 4,00 m
<i>Freeboard</i>	(f)	= 0,80 m
<i>Coefficient Block</i>	(Cb)	= 0,646
<i>Coefficient Midship</i>	(Cm)	= 0,98
<i>Coefficient Waterline</i>	(Cw)	= 0,89
<i>Coefficient Prismatic</i>	(Cp)	= 0,66
<i>Displacement</i>	(Δ)	= 1601,15 Ton
<i>Volume Displacement</i>	(∇)	= 1136,96 m ³
<i>Speed</i>	(Vs)	= 13,00 Knots
<i>Wetted Surface Area</i>	(WSA)	= 1161,107 m ²
<i>Longitudinal Center of Buoyancy</i>	(LCB)	= -0,400 = -1,000 %
<i>Viscosity</i>	(ν)	= 1,188.10 ⁻⁶
<i>Density</i>	(ρ)	= 1025 Kg/m ³
		= 104,5 Kg.s ² /m ⁴

1.4. Perhitungan koefisien berdasarkan metode SV.Aa.Harvald

Displacement (Δ)

$$\begin{aligned} \Delta &= Lpp \times B \times T \times Cb \times \gamma \\ &= 40,00 \times 11,00 \times 4,00 \times 0,646 \times 1,025 \\ &= 1601,15 \text{ ton} \end{aligned}$$

Volume Displacement (∇_{displ})

$$\nabla_{displ} = Lpp \times B \times T \times Cb$$



$$= 40,00 \times 11,00 \times 4,00 \times 0,646$$

$$= 1136,96 \text{ m}^3$$

Midship Area Coefisient (Cm)

$$C_m = 0,90 + 0,10 \times \sqrt{Cb}$$

$$= 0,90 + 0,10 \times \sqrt{0,646}$$

$$= 0,98$$

Luasan Midship (Am)

$$A_m = B \times T \times C_m$$

$$= 11,00 \times 4,00 \times 0,98$$

$$= 43,12 \text{ m}^2$$

Coefisient Prismatic (Cp)

$$C_p = C_b / C_m$$

$$= 0,646 / 0,98$$

$$= 0,66$$

Coefisient of Water Line (Cw)

$$C_w = 0,95 \times C_p + 0,17 \times \sqrt{C_p}$$

$$= 0,95 \times 0,66 + 0,17 \times \sqrt{0,66}$$

$$= 0,89$$

Luas garis air (Awl)

$$A_{wl} = L_{wl} \times B \times C_w$$

$$= 44,00 \times 11,00 \times 0,89$$

$$= 430,76 \text{ m}^2$$

Luas Permukaan Basah Kapal (S)

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

Dimana :

$$\delta L_{pp} = C_b \times L_{oa} / L_{wl}$$

$$= 0,646 \times 46,00 / 44,00$$

$$= 0,675$$

$$S = 1,025 \times 40,00 \times (0,675 \times 11,00 + 1,7 \times 4,00)$$

$$= 1161,107 \text{ m}^2$$

Maka Luasan Basah (S') sepanjang Awl adalah :

$$\begin{aligned}
 S' &= 1,025 \times Lwl \times (Cb \times B + 1,7 \times T) \\
 &= 1,025 \times 44,00 \times (0,646 \times 11,00 + 1,7 \times 4,00) \\
 &= 1253,42 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

Perbandingan lebar dan sarat kapal

$$\begin{aligned}
 B / T &= 11,00 / 4,00 \\
 &= 2,75
 \end{aligned}$$

1.5. Perhitungan Hambatan Kapal Pada Kecepatan 13,00 Knots

a. Froude Number (Fn)

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

dimana :

$$\begin{aligned}
 Vs &= \text{Kecepatan kapal (m/dt)} \\
 &= 13,00 \times 0,5144 = 6,687 \text{ m/dt}
 \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned}
 LWL &= \text{Panjang garis air kapal (m)} \\
 &= 44,00 \text{ m}
 \end{aligned}$$

maka :

$$\begin{aligned}
 Fn &= \frac{6,687}{\sqrt{9,81 \times 44,00}} \\
 &= 0,322
 \end{aligned}$$

b. 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 :

$$\begin{aligned}
 LWL &= \text{Panjang garis air kapal rancangan} \\
 &= 44,00 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \nabla &= \text{Volume displacement kapal rancangan} \\
 &= 1136,96 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Maka : } L/\nabla^{1/3} &= \frac{44,00}{(1136,96)^{1/3}} \\
 &= 4,216
 \end{aligned}$$



Untuk menentukan $10^3 C_R$ pada $L/\nabla^{1/3} = 4,216$ digunakan cara interpolasi, yaitu dengan $L/\nabla^{1/3} = 4,00$ dan $L/\nabla^{1/3} = 4,50$.

$$L/\nabla^{1/3} = 4,000 \quad Fn = 0,322 \quad 10^3 C_R = 7,250 \quad (\text{Gambar 5.5.6}) \quad (\text{hal 120})$$

$$L/\nabla^{1/3} = 4,500 \quad Fn = 0,322 \quad 10^3 C_R = 6,420 \quad (\text{Gambar 5.5.7}) \quad (\text{hal 121})$$

$$L/\nabla^{1/3} = 4,216 \quad Fn = 0,322 \quad 10^3 C_R = \dots\dots\dots$$

$$10^3 C_R = 7,250 + \left[\frac{4,216 - 4,000}{4,500 - 4,000} \right] (6,420 - 7,250)$$

$$= 6,892$$

c. Koreksi B/T

Pada buku *Sv. Aa. Harvald* halaman 119 dinyatakan standar untuk kurva C_R adalah untuk ratio perbandingan

$$B/T = 2,50 \quad (\text{ref. 5.5.16})$$

$$B/T = 11,00 / 4,00$$

$$= 2,75 > 2,5$$

Diketahui $B/T = 2,75$ dan hasilnya lebih besar dari 2,50 maka harga C_R harus dikoreksi dengan :

$$B/T > 2,50, \text{ maka koreksi;}$$

$$= 0,16 (B/T - 2,50)$$

$$= 0,16 (2,75 - 2,50)$$

$$= 0,040 \cdot 10^{-3}$$

d. Koreksi LCB

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

yaitu :

$$LCB_{standar} = -4,600 \%$$

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

$$= -1,000 \% - 4,600 \%$$

$$\Delta LCB = 3,600 \%$$

maka koreksi LCB :

$$= \frac{\gamma 10^3 C_R}{\gamma \cdot LCB} |\Delta LCB|$$

$$= 0,480 \times |3,600|$$

$$= -1,728 \cdot 10^{-3}$$

e. 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 5.5.5 dan 5.5.6 hal. 120 dan 121 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).

f. 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 (no).

g. 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 %
 = 3 % x C_R
 = 3 % x 6,892
 = 0,207

- Shaft Bracket = 5 % ~ 8 %
 = 5 % x C_R
 = 5 % x 6,892
 = 0,345

- Lunas Bilga = 0 % (tidak ada koreksi)

- Daun kemudi = 0 % (tidak ada koreksi)

h. 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 $10^3 C_R$.

Tabel

No.	Komponen C_R	Hasil
1.	Koefisien hambatan sisa (C_R')	6,892
2.	Koreksi B/T	0,040
3.	Koreksi LCB	-1,728
4.	Koreksi penampang depan dan belakang kapal	0,000
5.	Koreksi bentuk haluan kapal	0,000
6.	Koreksi anggota badan kapal	0,552
	$\Sigma 10^3 C_R =$	5,756

i. Menentukan Reynold Number (Rn)

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

$$10^{-6} Rn = \frac{10^{-6} (V_{sx} L_{WL})}{\nu} \quad (\text{ref.5.5.8})$$

Dimana :

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

V_s = Kecepatan kapal rancangan
= 13,00 Knot x 0,5144
= 6,687 m/s.

LWL = Panjang garis air kapal rancangan
= 44,00 m

ν = Viskositas (ref. Tabel C3, hal. 341)
= $1,188 \cdot 10^6$

Maka :

$$10^{-6}Rn = \frac{10^{-6}(6,687 \times 44,00)}{1,188 \cdot 10^6}$$

$$= 247,674$$

j. 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.

$L = 44,00$ m	$V = 6,000$	m/dt ²	$10^3 C_f = 1,850$
$L = 44,00$ m	$V = 8,000$	m/dt ²	$10^3 C_f = 1,790$
$L = 44,00$ m	$V = 6,687$	m/dt ²	$10^3 C_f = \dots\dots$

$$10^3 C_f = 1,850 + \left[\frac{6,687 - 6,000}{8,000 - 6,000} \right] (1,790 - 1,850)$$

$$= 1,829$$

k. Koreksi 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 :

$$C_f' = C_f \times \frac{S_1}{S}$$

Dimana :

C_f' = Koefisien hambatan gesek sesungguhnya

C_f = Koefisien hambatan gesek
= 1,829

S = Luas Permukaan bidang basah badan kapal
= 1133,787 m²

S' = Luas permukaan bidang basah kapal dan anggota badan kapal
= 1161,107 m²

maka :

$$C_f' = 1,829 \times \frac{1161,107}{1133,787}$$

$$= 1,873$$

i. Koefisien tambahan (C_A)

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

$$\text{Untuk } L \leq 100 \text{ m } 10^3 C_A = 0,4$$

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

m. 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 :

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

n. 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 :

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

o. 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

	Komponen C_T'	Hasil
1.	Koefisien hambatan sisa ($10^3 C_R$)	5,756
2.	Koefisien hambatan gesek ($10^3 C_F$)	2,089
3.	Koefisien hambatan Appendage ($10^3 C_A$)	0,400
4.	Koefisien hambatan udara ($10^3 C_{AA}$)	0,070
5.	Koefisien hambatan kemudi ($10^3 C_{AS}$)	0,040
	$\Sigma 10^{-3} C_T =$	8,355

p. 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 :

$$R_T' = \text{Hambatan total kapal rancangan}$$

$$C_T' = \text{Koefisien hambatan total} \\ = 8,355 \cdot 10^{-3}$$

$$\rho = \text{Massa jenis air laut} \\ = 104,5 \text{ Kg.s}^2/\text{m}^4 \quad (\text{ref. Tabel C1, hal. 340})$$

$$WSA = \text{Wetted surface area kapal rancangan} \\ = 1161,107 \text{ m}^2$$

$$\begin{aligned}
 V_s &= \text{Kecepatan kapal rancangan} \\
 &= 13,00 \text{ Knot} \times 0,5144 \\
 &= 6,687 \text{ m/s}
 \end{aligned}$$

Maka :

$$\begin{aligned}
 R_T' &= 8,355 \cdot 10^{-3} (1/2 \times 104,5 \times 6,687^2 \times 1161,107) \\
 &= 22080,437 \text{ Kg} \\
 &= 216520,7652 \text{ N}
 \end{aligned}$$

q. Hambatan Bow Thruster (R_{BT})

Untuk menentukan hambatan atau tahanan dari *bow thruster* digunakan rumus pendekatan, yaitu :

$$R_{BT} = C_{BT} \times \rho \times \pi D^2 \times V_s^2$$

Dimana :

R_{BT} = Hambatan *bow thruster* kapal rancangan.

C_{BT} = Koefisien hambatan *bow thruster*
 = 0,003 ~ 0,012
 = 0,012

ρ = Berat jenis air laut
 = 104,5 Kg.s²/m⁴

D = Diameter *bow thruster*
 = 1,500 m

V_s = Kecepatan kapal rancangan
 = 13,00 Knot \times 0,5144
 = 6,687 m/s

Maka :

$$\begin{aligned}
 R_{BT} &= 0,012 \times 104,5 \times 3,14 \times 1,500^2 \times 6,687^2 \\
 &= 396,179 \text{ Kg.}
 \end{aligned}$$

r. Hambatan total (R_T)

Hambatan total pada kapal *supply* ini adalah :

$$R_T = R_T' + R_{BT}$$

Dimana :

R_T' = Hambatan total kapal rancangan
 = 22080,437 Kg

R_{BT} = Hambatan *bow thruster*
 = 396,179 Kg

Maka :

$$\begin{aligned}
 R_T &= 22080,437 + 396,179 \\
 &= 22476,616 \text{ Kg}
 \end{aligned}$$

s. 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 halaman 25, yaitu :

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

Dimana :

EHP = Efektif horse power kapal rancangan

V_s = Kecepatan kapal rancangan

$$= 13,00 \text{ Knot} \times 0,5144$$

$$= 6,687 \text{ m/s}$$

R_T = Hambatan total kapal rancangan

$$= 22476,616 \text{ Kg}$$

Maka :

$$EHP = \frac{6,687 \times 22476,616}{75}$$

$$= 2004,075 \text{ HP}$$

t. Shaft Horse Power (SHP)

Untuk menentukan Shaft Horse Power (SHP) kapal rancangan digunakan rumus seperti di bawah ini, yaitu :

$$SHP = \frac{1}{2} \times \frac{1}{P_c} \times EHP \dots\dots\dots (\text{ref.1, hal. 25})$$

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*) :

$$w = -0,20 + (0,55 \times C_b)$$

$$= -0,20 + (0,55 \times 0,646)$$

$$= 0,155$$

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

$$t = k \times w$$

dimana:

$$k = 0,70 \sim 0,90$$

$$= 0,70 \times 0,155$$

$$= 0,109$$

Efisiensi lambung kapal (η_H) :

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



$$= \frac{1-0,109}{1-0,155}$$

$$= 1,055$$

η_H = Efisiensi lambung kapal

$$= 1,055$$

η_{rr} = Efisiensi Rotary relative (twin screw <1,00 = $\pm 0,985$)

$$= 1,00$$

η_p = Efisiensi baling-baling dari percobaan model = 0,50 ~ 0,65

$$= 0,54$$

P_c = $\eta_H \times \eta_{rr} \times \eta_p$

$$= 1,055 \times 1 \times 0,54$$

$$= 0,570$$

$$SHP = \frac{1}{2} \times \frac{1}{0,570} \times 2004,075$$

$$= 1758,627 \text{ HP}$$

u. Brake Horse Power (BHP)

Koreksi pemakaian Gear Box η_r = 3 %

Koreksi letak kamar mesin η_{rm} = 3 %

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

NCR = (100 + 15 + 3 + 3) % x SHP

$$= (100 + 15 + 3 + 3) \% \times 911,470 \text{ HP}$$

$$= 2127,938 \text{ HP untuk } 1 \text{ M/E}$$

$$= 2127,938 \text{ HP} \times 0,736$$

$$= 1566,163 \text{ KW}$$

Berdasarkan dari kurva, maka dapat ditentukan besarnya daya mesin yang digunakan untuk kapal rancangan.

Dimana besarnya daya mesin dan dimensi mesin yang dipilih adalah sebagai berikut :

- Merk = MaK
- Tipe = 9 M 20 C
- Daya = 2330 HP / 1710 KW
- Cycle = 4
- Cylinders = 6L
- Bore x Stroke = 200 mm x 300 mm
- Speed = 1000 Rpm
- SFOC = 190 gr/HP/jam
- P x L x T = 5176 mm x 1693 mm x 2235 mm

Dengan menggunakan mesin induk diatas maka kecepatan kapal yang dicapai adalah sebesar 14,23 knot.

II.2. Penentuan Ukuran Utama Baling-Baling Kapal

Baling-baling adalah suatu alat penggerak kapal yang dapat menghasilkan daya dorong yang melebihi hambatan total kapal, sehingga kapal dapat bergerak dengan kecepatan yang direncanakan. Sebagai alat penggerak kapal, kondisi kerja baling-baling dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti ; hubungan kerjanya dengan lambung kapal, pengaruh kavitasi, bentuk dan ukuran geometris baling-baling tersebut.

Kapal yang sedang berlayar merupakan suatu benda yang bergerak di air dan udara. Pada saat kapal bergerak maka dengan sendirinya kapal tersebut akan mengalami gaya lawan (*Resisting Force*) dari media yang dilaluinya. Gaya yang menahan tersebut harus diatasi dengan gaya dorong ke depan yang diberikan oleh suatu mekanisme penghasil gaya dorong. Mekanisme demikian adalah baling-baling. Baling-baling ini menghasilkan gaya dorong searah dengan gerakan kapal. Gaya dorong ini ditimbulkan dari gaya angkat (*lift*) yang timbul pada semua bagian yang bergerak.

Sistim propulsi yang terdiri dari propulsi (baling-baling kapal), mesin penggerak dan badan kapal (*hull*) harus dirancang yang paling efisien. Yaitu, jumlah energi yang diperlukan untuk gaya dorong kapal harus sekecil mungkin. Dengan kata lain, semua elemen dalam dari sistim propulsi harus saling secocok mungkin. Sementara itu, kapal harus mempunyai kemampuan olah gerak dan menghasilkan kerja yang baik.

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

- Diameter baling-baling optimum.
- *Thrust Horse Power*.
- Putaran baling-baling.
- Jumlah daun baling-baling.
- Efek kavitasi terhadap baling-baling.
- Kekuatan baling-baling.

Dalam tugas merancang kapal ini, perhitungan hambatan yang digunakan adalah perhitungan yang terdapat dalam buku *Sv. Aa. Harvald terjemahan Sutomo Jusuf dan Diktat Propulsi Kapal, Teguh Sastrodiwongso, MSE.*

2.1. Perencanaan baling-baling kapal

Perencanaan penentuan dimensi baling-baling akan sangat menentukan terhadap hasil kinerja kapal rancangan. Adapun perencanaan baling-baling yang dipilih adalah memakai baling-baling type "B" Wageningen sedangkan perencanaannya memakai B_p - δ diagram dari baling-baling tipe "B-4" hasil dari Open Water Test di Netherland Ship Model Basin (SMB) (sekarang berganti nama Maritime Research Institute Netherland = MARIN). Langkah-langkah perencanaannya sebagai berikut :

a. *Diameter Optimum, Pitch Ratio dan Propeller Efficiency*

* Koefisien Baling-Baling

Untuk Menentukan koefisien baling-baling menggunakan rumus, yaitu :

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

Dimana :



- N_k = Putaran baling-baling setelah dikoreksi (Nm)
 SHP = Shaft Horse Power (HP- British)
 V_a = Advance speed of propeller (knot)

1. Koreksi RPM Baling-baling (N_k)

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

- Rpm = Putaran mesin utama kapal rancangan
 = 1000 rpm

Reduction gear yang dipilih 1 : 3,46

$$N_{\text{baling2}} = \frac{1000}{3,46}$$

$$= 289 \text{ rpm}$$

- N_k = 0,98 x 289 (koreksi *scale effect* 2 %)
 = 283 rpm.

Dari perhitungan diatas ditetapkan harga $N = 283 \text{ rpm}$.

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 :

$$\begin{aligned} SHP &= (2330 - (3 + 3 + 15)\%) \times \frac{75}{76} \times \frac{1.000}{1.025} \\ &= (2330 - (21)\%) \times \frac{75}{76} \times \frac{1.000}{1.025} \\ &= 1769,55 \text{ HP.} \end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas ditetapkan harga $SHP = 1769,55 \text{ HP}$.

3. Advance Speed of Propeller (V_a)

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 Fraction
 = 0,155
 V_s = Kecepatan kapal rancangan.
 = 14,2 knot



Maka :

$$V_a = 14,2 (1 - 0,155)$$

$$= 11,99 \text{ Knot.}$$

Dari perhitungan diatas ditetapkan harga $V_a = 12 \text{ Knot.}$

Maka :

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

$$= \frac{289 \times \sqrt{1769,55}}{12^{2.5}}$$

$$= 23,82$$

Dari perhitungan diatas ditetapkan harga $B_p = 23,82$

4. Diameter Optimum (D_o)

Untuk menentukan *Diameter Optimum* (D_o) digunakan rumus :

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

Dimana :

- D_o = Diameter Optimum.
- δ_k = Koreksi Advance Coefficient.
- V_a = Advance Speed dari propeller.
= 12 knot.
- N_k = Koreksi Putaran baling-baling
= 283 rpm.

• Maka *Diameter Optimumnya* (D_o) adalah :

- Untuk **B4-40**

Untuk menentukan harga δ dari $B_p = 23,82$ maka dapat diperoleh dari B_p - δ diagram pada buku *Principles of Naval Architecture* halaman 414-415 :

$$\delta = 197$$

Koreksi dari Open Condition menjadi Behind Condition sebesar 3%

$$\delta = 191$$

Hasil dari diagram B_p - δ diagram :

$$\eta_p \text{ (efisiensi propeller)} = 63,80\%$$

$$H_o/D \text{ (Pitc ratio)} = 0,70$$

Maka :

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

$$D_o = \frac{191 \times 12}{283} = 8,1 \text{ feet dijadikan m} = \times 0,3048$$



$$= 2,46 \text{ m}$$

- Untuk B4-55

Untuk menentukan harga δ dari $Bp = 23,82$ maka dapat diperoleh dari $Bp-\delta$ diagram pada buku *Principles of Naval Architecture* halaman 414-415 :

$$\delta = 193$$

Koreksi dari Open Condition menjadi Behind Condition sebesar 3%

$$\delta = 187$$

Hasil dari diagram $Bp-\delta$ diagram :

$$\eta_p \text{ (efisiensi propeller) } = 62,20 \%$$

$$Ho/D \text{ (Pitc ratio) } = 0,80$$

Maka :

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

$$Do = \frac{187 \times 12}{283} = 7,92 \text{ feet dijadikan m} = \times 0,3048$$

$$= 2,41 \text{ m}$$

- Untuk B4-70

Untuk menentukan harga δ dari $Bp = 23,82$ maka dapat diperoleh dari $Bp-\delta$ diagram pada buku *Principles of Naval Architecture* halaman 414-415 :

$$\delta = 187$$

Koreksi dari Open Condition menjadi Behind Condition sebesar 3%

$$\delta = 181$$

Hasil dari diagram $Bp-\delta$ diagram :

$$\eta_p \text{ (efisiensi propeller) } = 61 \%$$

$$Ho/D \text{ (Pitc ratio) } = 0,85$$

Maka :

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

$$Do = \frac{181 \times 12}{283} = 7,67 \text{ feet dijadikan m} = \times 0,3048$$

$$= 2,33 \text{ m}$$

- Untuk B4-85

Untuk menentukan harga δ dari $Bp = 23,82$ maka dapat diperoleh dari $Bp-\delta$ diagram pada buku *Principles of Naval Architecture* halaman 414-415 :

$$\delta = 186$$

Koreksi dari Open Condition menjadi Behind Condition sebesar 3%

$$\delta = 180$$

Hasil dari diagram Bp- δ diagram :

$$\eta_p \text{ (efisiensi propeller)} = 59,70 \%$$

$$H_o/D \text{ (Pitc ratio)} = 0,84$$

Maka :

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

$$D_o = \frac{180 \times 12}{283} = 7,63 \text{ feet dijadikan m} = \times 0,3048 \\ = 2,32 \text{ m}$$

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 = 23,82 adalah sebagai berikut :

Tabel

No	Item	D	H/D	η_p
1	B4-40	2,46	0,70	63,80%
2	B4-55	2,41	0,80	62,20%
3	B4-70	2,33	0,85	61%
4	B4-85	2,32	0,84	59,70%

2.2. Perhitungan kavitasi

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*).

2.3. Konstanta kavitasi

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

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



Dimana :

- P_o = Beda tekanan statik pada sumbu *propeller*.
 ρ = Kerapatan air laut.
 = 104,5 Kg.det²/m⁴.
 V_a = Advance Speed dari *propeller*.
 = 12 Knot.
 n = Koreksi putaran baling-baling perdetik
 = 4,71 Rps.

Maka :

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

- a. Sarat air kapal (*Draft*) $T = 4,00$ m
 b. Tinggi sumbu poros baling2 thd garis dasar kapal $h_1 = 1,50$ m --
 = 2,50 m
 c. Tinggi Gelombang ($3/4 \% L_{pp}$) $h_2 = 0,30$ m +
 Water head diatas garis/sumbu poros baling2 = 2,80 m
 d. Tekanan hydrostatis pada garis/sumbu poros
 baling2 di air laut ($2,80 \text{ m} \times 1025 \text{ kg/m}^3$) = 2870 kg/m²
 e. (tekanan atmosfer) – (*vapour pressure* = e) = 10100 kg/m² +
 (Tekanan statis digaris sumbu poros baling2) – (e) = 12970 kg/m²

Dari perhitungan ditetapkan harga $P_o - e = 12970 \text{ kg/m}^2$.

Maka konstanta kavitasinya adalah :

- Untuk B4-40

$$\sigma_{0,7} = \frac{12970 - (0,7 \times 1,23 \times 1025)}{0,5 \times 104,49 (12^2 + (2 \times 3,14 \times 0,7 \times 1,23 \times 4,71)^2)}$$

$$= 0,29$$

- Untuk B4-55

$$\sigma_{0,7} = \frac{12970 - (0,7 \times 1,20 \times 1025)}{0,5 \times 104,49 (12^2 + (2 \times 3,14 \times 0,7 \times 1,20 \times 4,71)^2)}$$

$$= 0,30$$

- Untuk B4-70

$$\sigma_{0,7} = \frac{12970 - (0,7 \times 1,16 \times 1025)}{0,5 \times 104,49 (12^2 + (2 \times 3,14 \times 0,7 \times 1,16 \times 4,71)^2)}$$

$$= 0,32$$

- Untuk B4-85

$$\sigma_{0,7} = \frac{12970 - (0,7 \times 1,16 \times 1025)}{0,5 \times 104,49 (12^2 + (2 \times 3,14 \times 0,7 \times 1,16 \times 4,71)^2)}$$

$$= 0,32$$

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 = 1769,55 HP.

η_p = Propulsive Efficiency.

Va = Advance speed of propeller. = 12 knot

Maka :

- Untuk B4-40 dan $\eta_p = 63,80\%$

$$T = \frac{1769,55 \times 0,638 \times 75}{12} = 7056 \text{ kg}$$

- Untuk B4-55 dan $\eta_p = 62,20\%$

$$T = \frac{1769,55 \times 0,622 \times 75}{12} = 6879,12 \text{ kg}$$

- Untuk B4-70 dan $\eta_p = 61\%$

$$T = \frac{1769,55 \times 0,61 \times 75}{12} = 6746,4 \text{ kg}$$

- Untuk B4-85 dan $\eta_p = 59,70\%$

$$T = \frac{1769,55 \times 0,597 \times 75}{12} = 6602,63 \text{ kg}$$



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

Untuk menentukan *project blade area* digunakan rumus yaitu :

$$F_p = (1,067 - 0,229 H_o/D) F_a$$

- Untuk B4-40

Expanded Blade Ratio

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

Disc Area of The Screw (F)

$$\begin{aligned} F &= \frac{\pi}{4} \cdot D^2 \\ &= \frac{3,14}{4} \times (2,46)^2 \\ &= 4,75 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Expanded Blade Area (Fa)

$$F_a = 0,40 \times 4,75 = 1,90 \text{ m}^2$$

Jadi :

$$\begin{aligned} F_p &= (1,067 - (0,229 \times 0,70)) \times 1,90 \\ &= 1,72 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

- Untuk B4-55

Expanded Blade Ratio

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

Disc Area of The Screw (F)

$$\begin{aligned} F &= \frac{\pi}{4} \cdot D^2 \\ &= \frac{3,14}{4} \times (2,41)^2 \\ &= 4,55 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Expanded Blade Area (Fa)

$$F_a = 0,55 \times 4,55 = 2,50 \text{ m}^2$$

Jadi :

$$\begin{aligned} F_p &= (1,067 - (0,229 \times 0,80)) \times 2,50 \\ &= 2,20 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

- Untuk B4-70

Expanded Blade Ratio

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

Disc Area of The Screw (F)



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

$$= \frac{3,14}{4} \times (2,33)^2$$

$$= 4,26 \text{ m}^2$$

Expanded Blade Area (Fa)

$$Fa = 0,70 \times 4,26 = 2,98 \text{ m}^2$$

Jadi :

$$Fp = (1,067 - (0,229 \times 0,85)) \times 2,98$$

$$= 2,59 \text{ m}^2$$

- Untuk B4-85

Expanded Blade Ratio

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

Disc Area of The Screw (F)

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

$$= \frac{3,14}{4} \times (2,32)^2$$

$$= 4,22 \text{ m}^2$$

Expanded Blade Area (Fa)

$$Fa = 0,85 \times 4,22 = 3,58 \text{ m}^2$$

Jadi:

$$Fp = (1,067 - (0,229 \times 0,84)) \times 3,58$$

$$= 3,13 \text{ m}^2$$

Maka koefisien gaya dorongnya (τ) adalah :

- Untuk B4-40

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

$$\tau = \frac{7056}{0,5 \times 104,49 \times 1,72 (2 \times 3,14 \times 0,7 \times 1,23 \times 4,71)^2}$$

$$= 0,121$$

- Untuk B4-55

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

$$\tau = \frac{6879,12}{0,5 \times 104,49 \times 2,20 (2 \times 3,14 \times 0,7 \times 1,20 \times 4,71)^2}$$



$$= 0,096$$

- Untuk B4-70

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

$$\tau = \frac{6746,4}{0,5 \times 104,49 \times 2,59 (2 \times 3,14 \times 0,7 \times 1,16 \times 4,71)^2}$$

$$= 0,086$$

- Untuk B4-85

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

$$\tau = \frac{6602,63}{0,5 \times 104,49 \times 3,13 (2 \times 3,14 \times 0,7 \times 1,16 \times 4,71)^2}$$

$$= 0,069$$

2.5. Tabel perhitungan kavitasi

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

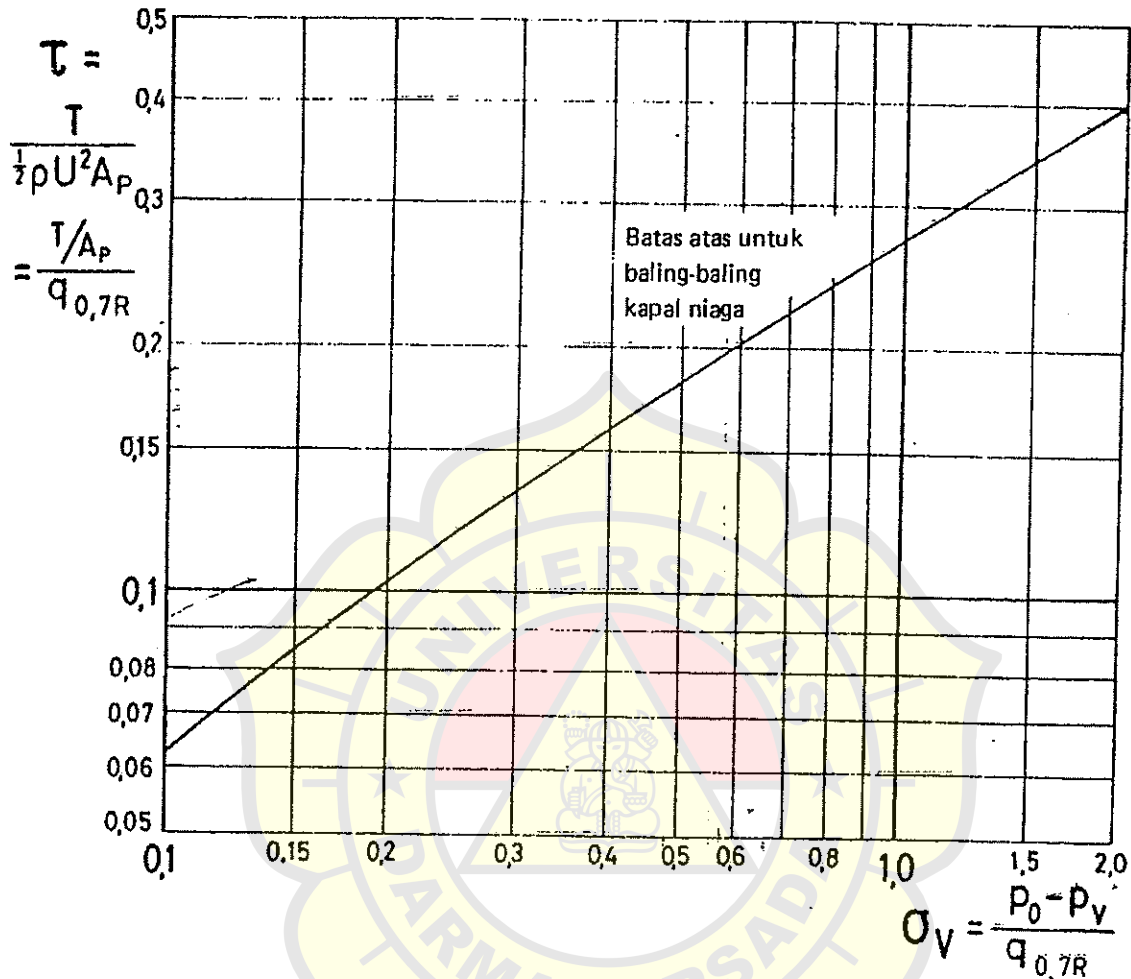
Tabel

	$\sigma_{0,7}$	τ	F_p/F_a	F_d/F	F	F_a	F_p
B4-40	0,29	0,121	0,90	0,40	4,75	1,90	1,72
B4-55	0,30	0,096	0,88	0,55	4,55	2,50	2,20
B4-70	0,32	0,086	0,87	0,70	4,26	2,98	2,59
B4-85	0,32	0,069	0,87	0,85	4,22	3,58	3,13

Prediksi Resiko kavitasi dengan Diagram Burrill



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 : B4-85
- *Diameter propeller* (D) : 2,32 m
- *Pitch Ratio propeller* (H_0/D) : 0,84
- *Expanded blade ratio* (F_a/F) : 0,85
- *Effisiensi propeller* (η_p) : 59,70%
- *Jumlah daun propeller* (Z) : 4