

BAB I

PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang Penulisan

Indonesia sebagai negara kepulauan yang luas terdiri dari beribu-ribu pulau besar dan kecil. Mengingat luas lautan yang begitu besar maka diperlukan suatu alat transportasi untuk menghubungkan satu pulau dengan yang lainnya. Hal ini disebabkan karena mahal dan terbatasnya alat transportasi udara, maka transportasi laut menjadi pilihan terbaik / termurah.

Mengingat muatan yang diangkut dalam hal ini kapal penyeberangan beresiko sangat tinggi terhadap keselamatan awak kapal, para penumpang dan barang muatan, maka selain dikaji dari faktor ekonomis, teknik juga keselamatan awak kapal, para penumpang dan barang muatan. Dalam pembangunan kapal baru, terdapat 3 kelompok perancangan yaitu :

1. Perancangan bagian badan kapal (*hull design*)
2. Perancangan bagian permesinan (*machinery design*)

No.	Bagian permesinan	Jumlah
1.	Derek sekoci (<i>boat winch</i>)	2
2.	Fan kamar mesin inlet	1
3.	Fan kamar mesin outlet	1
4.	Fan ruangan akomodasi	1
5.	Kapstan (<i>capstan</i>)	2
6.	Mesin jangkar (<i>windlass</i>)	2
7.	Mesin kemudi (<i>steering gear</i>)	1
8.	Pompa ballast	2
9.	Pompa bilga	1
10.	Pompa L.O	2
11.	Pompa pemadam kebakaran	2
12.	Pompa pendingin air laut	2
13.	Pompa pendingin air tawar	2
14.	Pompa sanitari air laut	1
15.	Pompa sanitari air tawar	1
16.	Pompa service F.O.	2
17.	Pompa sewage	1
18.	Pompa transfer F.O.	2
19.	Separator bahan bakar	2
20.	Separator minyak lumas	2
21.	Kompresor udara start	2
22.	Reservoir udara start	2

3. Perancangan bagian ke listrikan (*electric design*)

No.	Bagian permesinan	Jumlah
1.	Perencanaan generator utama	2
2.	Perencanaan generator darurat	1

Perencanaan seluruh system ini harus dilakukan sebaik mungkin dalam arti mudah dan murah dalam hal pengoperasian dan perawatan tanpa mengabaikan tujuan utama dari perencanaan itu sendiri yaitu untuk mendapatkan system yang mampu menunjang operasional kapal secara optimal.

Sedangkan perencanaan kelistrikan meliputi system penerangan dan kebutuhan listrik yang lain serta penghitungan daya listrik yang dibutuhkan pada saat kapal berlayar, sandar dan pada saat kapal melakukan bongkar muat. Perhitungan kebutuhan daya listrik ini akan menjadi dasar untuk menentukan spesifikasi generator engine yang dibutuhkan.

I.2 Tujuan Penulisan

Tujuan penulisan ini agar mahasiswa Teknik Permesinan Kapal dapat merancang kamar mesin pada kapal serta peralatan permesinannya, sehingga kapal dapat dioperasikan secara optimal. Selain itu perancangan system ini dibuat sebagai salah satu syarat untuk menempuh gelar kesarjanaan (S1) pada jurusan Teknik Permesinan Kapal, Fakultas Teknologi Kelautan, Universitas Darma Persada.

I.3 Metode Penulisan

Study literature sebagai sumber utama penulisan menggunakan buku – buku yang mana di dalamnya terdapat rumus – rumus serta pengertian – pengertian yang berhubungan dengan kapal yang akan dirancang. Selain itu juga menggunakan referensi – referensi, seperti data – data yang didapat dari kapal pembanding ditambah dengan pengetahuan pada saat praktek kerja lapangan di galangan kapal.

I.4 Sistematika Penulisan

Didalam penulisan tugas perancangan mesin kapal ini, penulis membagi dalam beberapa bab pembahasan meliputi :

BAB II
PERHITUNGAN PERENCANAAN
MOTOR INDUK DAN
BALING-BALING KAPAL

II.1. Perhitungan Daya Mesin

II.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 atas :

- Hambatan Gesek (*Frictional Resistance*)
- Hambatan Gelombang (*Wave Making Resistance*)
- Hambatan Bentuk (*Eddy Making Resistance*)
- Hambatan Udara (*Air Resistance*)
- Hambatan Tambahan (*Appendage Resistance*)

a. Hambatan Gesek (*Frictional Resistance*)

Hambatan gesek ini terjadi karena adanya suatu lapisan atau volume air yang melekat pada bagian kapal yang terbentuk pada permukaan bidang basah kapal yang sedang bergerak dan biasa disebut lapisan atas (*boundary layer*). Didalam daerah lapisan batas tersebut kecepatan gerak dari partikel-partikel zat cair dalam hal ini air laut, bervariasi dari 0 (nol) pada permukaan kulit kapal menjadi maksimum sama dengan besarnya kecepatan gerak aliran zat cair pada tepi dari 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*)

Kapal yang bergerak dalam air akan mengalami hambatan sehingga menimbulkan gelombang yang berbentuk akibat terjadinya variasi tekanan air terhadap lambung kapal pada saat 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 (*Eddy Making Resistance*)

Partikel-partikel air yang bergerak melintasi lambung kapal akan terpecah dan membentuk volume air tertentu dimana partikel-partikel air tadi bergerak dalam satuan pusaran. Karena terjadinya pusaran ini, maka tekanan air pada buritan kapal akan berkurang dan timbullah satu gaya yang melawan arah gerak maju dari kapal. Gaya hambatan inilah yang merupakan tahanan bentuk yang dialami oleh kapal yang bergerak maju.

d. Hambatan Udara (*Air Resistance*)

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 digunakan berbagai cara misalnya dengan percobaan memakai model towing tank atau dengan cara pendekatan. Yang dimaksud dengan cara pendekatan adalah cara perhitungan dengan menggunakan rumus pendekatan. Dalam tugas merancang kapal ini, perhitungan hambatan yang digunakan adalah perhitungan yang terdapat dalam (*Referensi No. 3, Hal. 95-134*)

II.1.2 Diagram Harvald

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

$$R = C_T \times (1/2 \times \rho \times V^2 \times S(N)) \text{ (Referensi No. 3, Hal. 119)}$$

$$P_E = R \times V_S$$

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

$$C_F = \frac{0,075}{(\log_{10} R_n - 2)^2} \text{ (Referensi No. 3, Hal. 129)}$$

Atau dapat diambil dari diagram menurut ITTC 1957 dalam dimana koefisien tahanan gesek C_F sebagai fungsi panjang kapal L dan kecepatan V .

Penambahan hambatan tersebut harus dicari dengan mengalikan penyimpangan L_{CB} dari harga L_{CB} standar. Yaitu :

$$\nabla L_{CB} = L_{CB} - L_{CB \text{ standar}} \text{ (LCB dalam \%)} \text{ (Referensi No. 3, Hal. 130)}$$

Dengan faktor $\partial 10^3 C_R / \partial L_{CB}$, dari grafik koreksi koefisien hambatan sisa dalam dan ini hanya berlaku untuk L_{CB} yang berada di depan L_{CB} standar. Mengenai L_{CB} yang berada dibelakang L_{CB} 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 (L_{CB}) 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 membingungkan, namun demikian ketergantungan hambatan kapal pada (L_{CB}) nampak jelas pada kecepatan tinggi. Sebagai upaya untuk mengatasi keracunan tersebut maka semua informasi yang ada dikumpulkan dan di ringkas dalam diagram L_{CB} standar dalam.

Sebagaimana disebutkan sebelumnya, karena letak L_{CB} 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 :

$$10^3 C_R = 10^3 C_{R(\text{standar})} + \frac{\partial 10^3 C_R}{\partial L_{CB}} |\Delta L_{CB}| \text{ (Referensi No. 3, Hal. 130).}$$

➤ **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 :

$$10^3 C_R = 10^3 C_R (B/T = 2,5) + 0,16 (B/T - 2,5) \text{ (Referensi No. 3, Hal. 119).}$$

Hasil koreksi ini dapat mempunyai harga yang negatif atau positif.

➤ **Koreksi Bentuk Penampang Melintang**

Sebagaimana disebutkan sebelumnya, kurva hambatan yang diperoleh berdasarkan diagram $L/\nabla^{1/3}$ dan ITTC-57 dalam (*eerensi no. 3, Hal. 131*) dianggap berlaku untuk kapal yang mempunyai bentuk standar, 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 sebagaimana 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 \sqrt{gxL} dalam rentang 0,20~0,25.

Selain itu, bentuk standar harus dipajang 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 standart sudah mencakup daun kemudi.

Lunas Bilga (Lunas Sayap) : tidak ada koreksi

Boss Baling-baling : Untuk kapal ramping, C_R dinaikkan sebesar 3%~5%.

- ☞ 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%.

II.2.1 Data-data kapal rancangan

Dimensi ukuran utama kapal Ferry 1650 GT adalah :

L_{PP}	= 104,48 m
L_{WL}	= 107,09 m
L_{OA}	= 115,97 m
B	= 17,58 m
T	= 4,35 m
H	= 10,91 m
V_s	= 16,00 knot
C_b	= 0,57
Klasifikasi	= BKI (Biro Klasifikasi Indonesia)
Jalur pelayaran	= Merak-Bakauheuni
Jumlah penumpang	
Economi class	= 108 orang
Business class	= 506 orang

II.2.2 Perhitungan koefisien-koefisien kapal

- Displacement (Δ)

$$\begin{aligned}\Delta &= L_{PP} \times B \times T \times C_b \times \gamma \\ &= 104,48 \times 17,58 \times 4,35 \times 0,57 \times 1,025 \\ \Delta &= 4668,099 \text{ ton}\end{aligned}$$

- Midship Area Coefisien (C_M)

$$\begin{aligned}C_m &= 0,93 + 0,08 \times C_b \\ &= 0,93 + 0,08 \times 0,57 \\ C_m &= 0,98\end{aligned}$$

Braket & Poros baling-baling : Untuk kapal ramping, C_R
 Dinaikkan sebesar 5%~8%
 (Referensi No. 3 Hal. 132).

➤ **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 (Referensi No. 3, Hal. 132).

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 :

$$C_F = C_F \frac{S'}{S} \quad (\text{Referensi No. 3, Hal. 130}).$$

Dimana : S = Luas permukaan basah badan kapal

S' = Permukaan basah badan dan anggota badan kapal

➤ **Koreksi Hambatan Udara dan Kemudi**

Koreksi hambatan udara = $10^3 C_{AA}$ = 0,097

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

➤ **Koreksi Pelayaran Dinas**

☞ Jalur pelayaran Atlantik Utara, ke Timur, untuk musim panas 15% dan musim dingin 20%.

- Luas Midship (A_m)

$$\begin{aligned} A_m &= B \times T \times C_m \\ &= 17,58 \times 4,35 \times 0,98 \\ A_m &= 74,940 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

- Coefisien Prismatic (C_p)

$$\begin{aligned} C_p &= C_b / C_m \\ &= 0,57 / 0,98 \\ C_p &= 0,58 \end{aligned}$$

- Coefisien of Waterline (C_w)

$$\begin{aligned} C_w &= 0,18 + (0,86 \times C_p) \\ &= 0,18 + (0,86 \times 0,58) \\ C_w &= 0,68 \end{aligned}$$

- Luas Garis Air (A_{wl})

$$\begin{aligned} A_{wl} &= L_{wl} \times B \times C_w \\ &= 107,09 \times 17,58 \times 0,68 \\ A_{wl} &= 1280,197 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

- Luas Permukaan Basah Kapal (S)

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

Dimana :

$$\begin{aligned} \delta_{pp} &= (C_b \times L_{OA}) / L_{wl} \\ &= (0,57 \times 115,97) / 107,09 \\ \delta_{pp} &= 0,617 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S &= 1,025 \times 104,48 \times (0,617 \times 17,58) + (1,7 \times 4,35) \\ S &= 1953,557 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

- Luas Permukaan Basah (S') sepanjang A_{wl} :

$$\begin{aligned} S' &= 1,025 \times L_{WL} \times (\delta_{PP} \times B) + (1,7 \times T) \\ &= 1,025 \times 107,09 \times (0,617 \times 17,58) + (1,7 \times 4,35) \\ S' &= 2002,359 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Sehingga Ratio S/S' adalah :

$$\begin{aligned} \frac{S}{S'} &= \frac{1953,557}{2002,539} \\ &= 0,976 \end{aligned}$$

- L Displacement

$$\begin{aligned} L_{Displ} &= \frac{L_{WL} + L_{PP}}{2} \\ &= \frac{107,09 + 104,48}{2} \\ L_{Displ} &= 105,785 \end{aligned}$$

- Volume Displacement (V_{Displ})

$$V_{Displ} = L_{PP} \times B \times T \times d$$

Dimana :

$$d = A_{wl}$$

$$\begin{aligned} A_{wl} &= \frac{L_{PP} \times C_b}{L_{WL}} \\ &= \frac{104,48 \times 0,57}{107,09} \end{aligned}$$

$$A_{wl} = 0,556$$

Maka :

$$\begin{aligned} V_{Displ} &= 104,48 \times 17,58 \times 4,35 \times 0,556 \\ &= 4442,384 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

- Coefisien Prismatic displacement (Q_{Displ})

$$Q_{Displ} = \frac{L_{pp} \times L_{Displ}}{C_p}$$

$$= \frac{104,48 \times 105,785}{0,58}$$

$$Q_{Displ} = 0,573$$

- Perbandingan lebar dan sarat kapal

$$B/T = 17,58/4,35$$

$$= 4,041$$

- Ratio antara A_m/S^2

$$A_m/S^2 = 74,940/2002,359$$

$$= 0,037$$

II.2.3 Perhitungan tahanan kapal dan daya motor induk

Tahanan atau hambatan yang dialami oleh sebuah kapal yang bergerak melalui air dan udara adalah sebagai berikut :

1. Tahanan Gelombang (*Wake Making Resistance*)
2. Tahanan Gesek (*Frictional Resistance*)
3. Tahanan Bentuk (*Eddy Making Resistance*)
4. Tahanan Udara (*Air Resistance*)

Sedangkan tahanan-tahanan lain yang mempengaruhi adalah :

1. Tahanan udara/angin
2. Tahanan penonjolan badan dan tahanan lainnya

Perhitungan tahanan kapal ini sesuai dengan (*Referensi No. 3, Hal. 133*).

Dengan menggunakan rumus :

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

Dimana :

C_R = Koefisien tahanan sisa untuk bentuk standar

C_F = Koefisien tahanan gesek didapat dari kurva ITTC-57

C_A = Koefisien tahanan tambahan

Jadi perhitungan kapal untuk kecepatan 16,00 knot adalah sebagai berikut :

1. Froude number (F_n)

$$F_n = \frac{V_s}{\sqrt{gxL}} \quad (\text{Referensi No. 3, Hal. 118})$$

Dimana :

V_s = Kecepatan kapal dalam m/det
= 16,00 x 0,5144

V_s = 8,2304 m/det

g = Gaya grafitasi
= 9,81 m/det

L = Panjang kapal (m)
= 104,48 m

Maka ;

$$F_n = \frac{8,2304}{\sqrt{(9,81 \times 104,48)}}$$

$$F_n = 0,26$$

2. $V_s = 16,00$ knot

3. $V_s = 8,2304$ m/det

4. $V_s^2 = 67,739$ (m/det)²

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

Dimana :

ρ = masa jenis $kg \cdot dt^2 / m^4$

$$= \frac{1,025 kg / m^3}{9,81 m / dt} = 104,5 \text{ } kg \cdot dt^2 / m^4$$

$$\begin{aligned}
 S &= \text{Luas permukaan basah kapal} \\
 &= 1953,557 \text{ m}^2 \\
 V_S^2 &= \text{Kecepatan kapal dalam (m/dtk)}^2 \\
 &= 67,739 \text{ (m/dtk)}^2
 \end{aligned}$$

Maka :

$$\begin{aligned}
 \rho &= \frac{1}{2} \times \rho \times S \times V_S^2 \\
 &= 0,5 \times 104,5 \times 1953,557 \times 67,739 \\
 &= 6914346,876 \text{ kg} \\
 &= 6914,347 \text{ ton} \\
 &= 67829,744 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

6. Residual Coefisien ($10^{-3}C_R$)

Residual coefisien atau tahanan sisa (C_R) dapat diperoleh dari grafik yang merupakan fungsi dari perbandingan panjang volume ($L/V^{1/3}$) dan bilangan froude (F_n).

Diketahui :

$$\begin{aligned}
 L_{pp} &= 104,48 \text{ m} \\
 V &= 4442,384 \text{ m}^3 \\
 L/V^{1/3} &= 6,356
 \end{aligned}$$

Nilai C_R untuk kapal standar didapat dari gambar 5.5.9 & 5.5.10
(Referensi No. 3, Hal. 121-122)

$L/V^{1/3} = 6,000$	$F_n = 0,26$	$10^3 C_R = 0,999$
$L/V^{1/3} = 6,500$	$F_n = 0,26$	$10^3 C_R = 0,810$
$L/V^{1/3} = 6,356$	$F_n = 0,26$	$10^3 C_R = 1,134$

$$10^3 C_R = 0,999 + \left[\frac{(6,356 - 6,000)}{(6,500 - 6,000)} \right] \times (0,999 - 0,810)$$

$$10^3 C_R = 1,134$$

7. Koreksi B/T

Grafik harga C_R untuk kapal yang mempunyai rasio lebar sarat kapal lebih besar atau lebih kecil $B/T = 2,5$ harus dikoreksi dengan rumus berikut :

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

Dimana :

$$\begin{aligned} B/T &= \frac{17,58}{4,35} \\ &= 4,041 \end{aligned}$$

Maka :

$$\begin{aligned} 10^3 C_R &= 0,16 \times (4,041 - 2,5) \\ &= 0,247 \end{aligned}$$

8. Koreksi L_{CB}

Koreksi lain untuk tahanan sisa adalah :

$$\Delta L_{CB} = L_{CB} - L_{CB \text{ standar}} \text{ (LCB dalam \%)}$$

Dimana :

$$L_{CB \text{ standar}} = 2,1\% \text{ (Referensi No. 3, Hal. 130)}$$

$$\begin{aligned} L_{CB} &= \frac{L_{CB} \times L_{PP}}{100} \\ &= \frac{2,1 \times 104,48}{100} \end{aligned}$$

$$L_{CB} = 2,194\%$$

$$\begin{aligned} L_{CB} &= 2,194\% - 2,1\% \\ &= 0,094\% \end{aligned}$$

$$L_{CB} = 0,00094$$

$$\frac{\delta 10^3 C_R}{\delta} = 0,19 \text{ (Berdasarkan tabel 5.5.16 Referensi No. 3, Hal.}$$

130)

$$\begin{aligned}
 \text{Koreksi } L_{CB} &= \frac{\delta 10^3 C_R}{\delta_{LCB}} \times L_{CB} \\
 &= 0,19 \times 0,00094 \\
 &= 0,0001786
 \end{aligned}$$

9. Koreksi bentuk penampang depan dan belakang

Koreksi $C_R = 0$ (bentuk standart)

10. Koreksi bentuk haluan

Koreksi $C_R = -0,3$

11. Koreksi anggota badan kapal

- Boss baling-baling = $4\% \times C_R$
 $= 0,04 \times 1,34$
 Boss baling-baling = 0,045
- Shaft Propeller = $6\% \times C_R$
 $= 0,06 \times 1,134$
 Shaft Propeller = 0,068
- Lunas bilga = 0% (tidak ada koreksi)
- Daun kemudi = 0% (tidak ada koreksi)

12. Resultan $10^3 C_R$

$$\begin{aligned}
 10^3 C_R &= \text{No. 6} + \text{No. 7} + \text{No. 8} + \text{No. 9} + \text{No. 10} + \text{No. 11} \\
 &= 1,134 + 0,247 + 0,0001786 + 0 + (-0,3) + 0,045 + 0,068
 \end{aligned}$$

$$10^3 C_R = 1,194$$

13. Koefisien tahan gesek (C_F)

Koefisien tahanan gesek diperoleh dari grafik ITTC-57 (Referensi No. 3, Hal. 129) yang merupakan fungsi dari panjang kapal (L_{pp}) dan Kecepatan (V_S).

$$L_{PP} = 104,48 \text{ m} \quad V_S = 8,000 \text{ m/dt} \quad 10^3 C_F = 1,580$$

$$L_{PP} = 104,48 \text{ m} \quad V_S = 9,000 \text{ m/dt} \quad 10^3 C_F = 1,560$$

$$L_{PP} = 104,48 \text{ m} \quad V_S = 8,2304 \text{ m/dt} \quad 10^3 C_F = 1,585$$

$$10^3 C_F = 1,580 + \left[\frac{(8,2304 - 8,000)}{(9,000 - 8,000)} \right] \times (1,580 - 1,560)$$

$$10^3 C_F = 1,585$$

14. Koreksi C_F

$$10^3 C_F = S'/S \times 10^3 C_F$$

$$= 2002,359/1953,557 \times 1,585$$

$$10^3 C_F = 1,625$$

15. Tahanan Tambahan (C_A)

Untuk $L > 100 \text{ m}$

$$10^3 C_A = 0,3$$

16. Tambahan tambahan (C_{AA})

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

17. Tahanan kemudi (C_{AS})

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

18. Koefisien Tahanan Total ($10^3 C_T$)

$$10^3 C_T = C_R + C_F + C_A + C_{AA} + C_{AS}$$

$$= 1,194 + 1,625 + 0,3 + 0,07 + 0,04$$

$$10^3 C_T = 3,229$$

19. Tahanan total (R_T)

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

$$= 3,229 \times 6914,347$$

$$R_T = 22326,426 \text{ kg}$$

$$= 218947,445 \text{ N}$$

II.2.4 Perhitungan Efektif Horse Power (P_E) mesin induk

Besarnya P_E dari motor induk sesuai tahana spesifik pada trial condition adalah :

$$P_E = \frac{V_s \times R_r}{75}$$
$$= \frac{8,2304 \times 22326,426}{75}$$

$$P_E = 2450,072 \text{ HP} \times 0,736$$
$$= 1803,253 \text{ kW}$$

Penambahan tenaga efektif motor induk 15%, *Referensi No. 3, Hal. 133*

$$P_{Es} = P_E + (15\% \times P_E)$$
$$= 2450,072 + (15\% \times 2450,072)$$
$$P_{Es} = 2817,583 \text{ HP}$$
$$= 2073,741 \text{ kW}$$

II.2.5 Perhitungan Shaft Horse Power (P_S)

1. Wake Fraction (w)

$$w = -0,2 + (0,55 \times C_b)$$
$$= -0,2 + (0,55 \times 0,57)$$
$$w = 0,114$$

2. Advance Velocity (V_S)

$$V_S = (1 - w) \times V_s$$
$$= (1 - 0,114) \times 16,00$$
$$V_S = 14,176 \text{ knot}$$

3. Thrust Deduction Faktor (t)

$$t = w \quad (\text{untuk twin screw propeller } t = w)$$
$$= 0,114$$

4. Hull Efficiency (η_h)

$$\eta_h = \frac{1 - t}{1 - w}$$
$$= \frac{1 - 0,114}{1 - 0,114}$$

$$\eta_h = 1$$

5. Propulsive coefficient (P_C)

$$P_C = \eta_h \times \eta_{rr} \times \eta_p$$

Dimana :

$$\begin{aligned} \eta_p &= \text{Effisiensi propeller diasumsikan (0,45~0,60)} \\ &= 0,6 \text{ direncanakan} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \eta_{rr} &= \text{Untuk twin screw propeller} \\ &= 1,00 \end{aligned}$$

$$P_C = 1 \times 0,6 \times 1,00$$

$$P_C = 0,6$$

6. Shaft Horse Power (P_S)

$$\begin{aligned} P_S &= \frac{P_E}{P_C} \\ &= \frac{2817,583}{0,6} \end{aligned}$$

$$P_S = 4695,972 \text{ HP}$$

$$= 3456,235 \text{ kW}$$

II.2.6 Penentuan Brake Horse Power (P_B)

Untuk itu ditambahkan faktor keamanan sebagai berikut :

3% koreksi letak kamar mesin dibelakang dan 15% sea margin

$$\begin{aligned} P_B &= (18\% \times P_S) + P_S \\ &= (18\% \times 4695,972) + 4695,972 \\ &= 5541,247 \end{aligned}$$

$$P_B = 4078,358 \text{ kW}$$

Karena menggunakan 2 buah mesin induk, maka P_B untuk 1 buah mesin induk adalah :

$$\begin{aligned} P_B &= 5541,247/2 \\ &= 2770,624 \text{ HP} \times 0,736 \\ P_B &= 2039,179 \text{ kW} \quad \checkmark \end{aligned}$$

II.2.7 Perencanaan Baling-baling Kapal

Perencanaan penentuan dimensi baling-baling akan sangat menentukan terhadap hasil kerja kapal yang direncanakan. Adapun perencanaan baling-baling tersebut :

1. Faktor Arus Ikut (w)

Untuk kapal berbaling-baling ganda adalah :

$$\begin{aligned}w &= -0,2 + (0,55 \times C_b) \\ &= -0,2 + (0,55 \times 0,57) \\ w &= 0,114\end{aligned}$$

2. Penentuan Angka Dorong

$$\begin{aligned}T &= R_T / (1-t) \\ &= 22326,426 / (-0,114) \\ T &= 25199,126 \text{ kg} \\ &= 247119,009 \text{ N}\end{aligned}$$

3. Kecepatan Air Masuk ke Baling-baling (V_e)

$$\begin{aligned}V_e &= (1-w) \times V_s \\ &= (1-0,114) \times 8,2304 \\ V_e &= 7,292 \text{ m/dtk}\end{aligned}$$

4. Advance Speed of Propeller (V_a)

$$\begin{aligned}V_a &= (1-w) \times V_s \\ &= (1-0,114) \times 16,00 \\ V_a &= 14,176 \text{ knot}\end{aligned}$$

5. Rpm baling-baling (*Referensi no. 7, hal. 115*)

Koreksi rpm = 1%~2% untuk Twin Screw

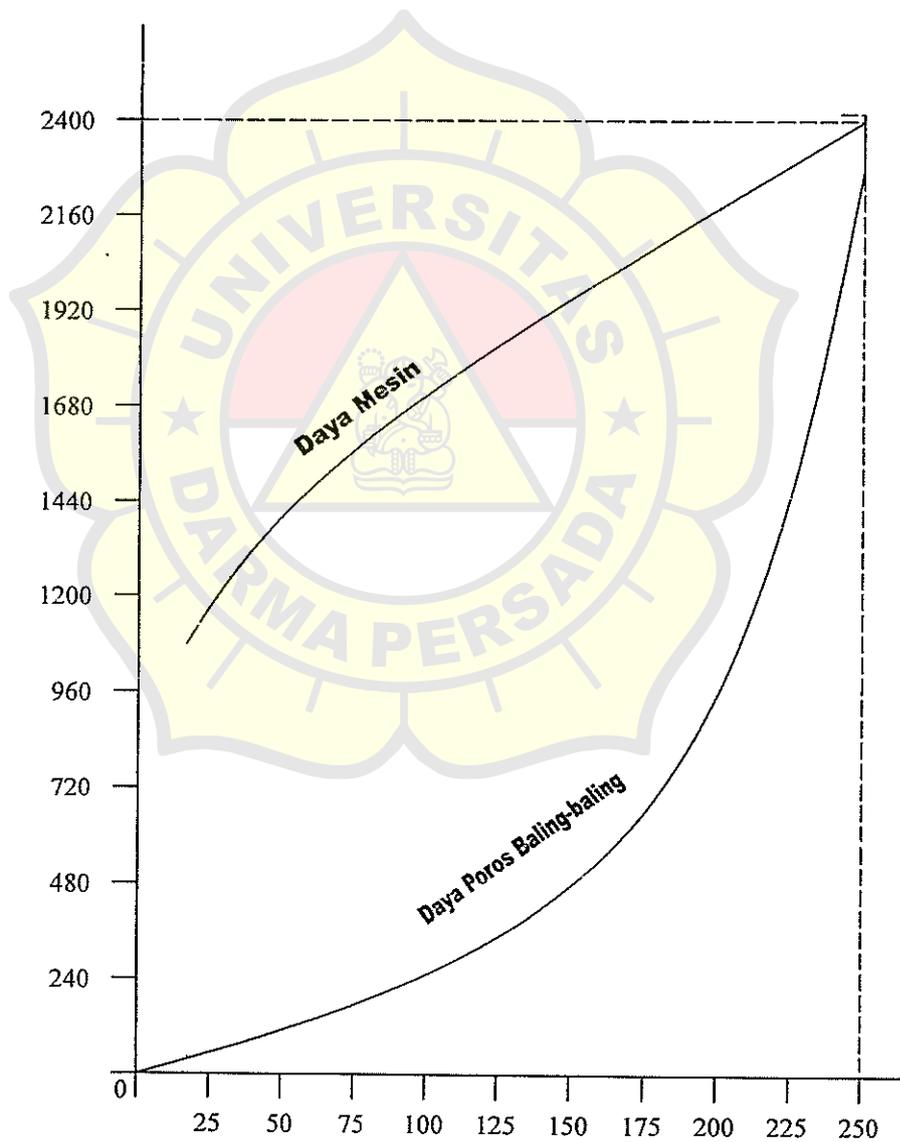
$$\begin{aligned}N &= 250 - (250 \times 1\%) \\ N &= 247,5 \text{ rpm} \\ n &= 4,125 \text{ rps}\end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan maka dapat ditentukan besarnya daya mesin yang digunakan kapal ini. Dimana karakteristik mesin yang dipilih adalah sebagai berikut :

- Merk = MAN B & W Marine Engine
- Type = S 26 MC
- Daya = 2400 kW/3270 HP ✓
- Putaran Mesin = 250 Rpm
- Bore & Stroke = 260 mm x 980 mm
- SFOC at MCR = 179 g/kWh~132 g/BHP
- SFOC at 80% = 189 g/kWh~131 g/kWh
- Lub. Oil Consumption = 1,5 kg/cyl.24h
- Cyl. Oil Consumption = 0,95 g/kWh~0,7 g/BHP
- Jumlah silinder = 6 inline
- Ukuran = Panjang x Lebar x Tinggi
= 3955 mm x 1880 mm x 4725 mm
- Jumlah = 2 (dua) unit

**KURVA DAYA MESIN
DAN
DAYA BALING-BALING**

DAYA MESIN (Kw)
Skala 1 : 20



PUTARAN MESIN (rpm)
Skala 1 : 2,5

6. P_D (Delivery Horse Power)

$$P_D = (3270 - 3\%) \times (75/76) \times 1.000/1,025$$

$$= 3035,819 \text{ HP} \times 0,736$$

$$P_D = 2247,611 \text{ kW}$$

7. Diameter Baling-baling Tentatif (D_T)

$$D_T = 0,7 \times T$$

$$= 0,7 \times 4,35$$

$$D_T = 3,045$$

8. Penentuan Jumlah Daun Baling-baling

a) Bila harga $K'd \leq 2$ atau $K'n \geq 1,0$; maka disarankan untuk memilih jumlah daun $Z = 3$

b) Bila harga $K'd \leq 2$ atau $K'n \geq 1,0$; maka disarankan untuk memilih jumlah daun $Z = 4$

Untuk kapal rancangan :

$$K'_d = D_T \times V_e [(p / S)^{0,5}]$$
$$= 3,045 \times 7,292 \times [(104,5/25199,126)^{0,5}]$$

$$K'_d = 1,43$$

Dimana :

$$D = \text{Diameter Tentatif} = 3,045 \text{ m}$$

$$P = \text{massa jenis air laut} = 104,5 \text{ kg dt}^2/\text{m}^4$$

$$S = \text{Gaya dorong Propeler} = 25199,126 \text{ kg}$$

$$K'_n = (V_e/n^{0,5}) \times (p \times S)^{0,5}$$
$$= (7,292/4,125^{0,5}) \times (104,5/25199,126)^{0,5}$$

$$K'_n = 0,231$$

Dengan hasil perhitungan $K'd$ dan $K'n$ diatas maka dipilih $Z = 4$

9. Harga B_P

$$B_P = \frac{N \times P^{0,5}}{V_a^{2,5}}$$

Dimana :

- N = Putaran baling-baling setelah di koreksi
= 247,5 rpm
- P_D = Delivary Horse Power
= 3053,819 HP
- V_a = Advance Speed
= 14,176 knot

Maka :

$$B_p = \frac{247,5 \times 3053,819^{0,5}}{14,176^{2,5}}$$

$$B_p = 16,05$$

Dari diagra B_p-δ, untuk nilai B_p = 16,05 dapat diperoleh Advance Coefficient (δ) pada beberapa tingkat pembebanan, yaitu :

Untuk series B4-40 ; δ = 160

Untuk series B4-55 ; δ = 153

Untuk series B4-70 ; δ = 152

Dalam perencanaan baling-baling ganda (Twin Screw) (δ) ini dari "Open Condition" menjadi "Behind Condition" harus dikoreksi. Berdasarkan *Referensi No. 7, Hal. 116* untuk kapal berbaling-baling ganda, (δ) dikoreksi sebesar -2%~4%, maka :

Untuk series B4-40 ; δ = 160-2% = 159,98

Untuk series B4-55 ; δ = 153-2% = 152,98

Untuk series B4-70 ; δ = 152-2% = 151,98

10. Diameter Optimum (D_o)

$$D_o = \frac{\delta_x \times V_a}{N}$$

Untuk series B4-40 ;

$$\begin{aligned} D_o &= \frac{159,98 \times 7,292}{247,5} \\ &= 9,163 \text{ feet}/3,28 \\ D_o &= 2,794 \text{ m} \end{aligned}$$

Untuk series B4-55 ;

$$\begin{aligned} D_o &= \frac{159,98 \times 7,292}{247,5} \\ &= 8,762 \text{ feet}/3,28 \\ D_o &= 2,671 \text{ m} \end{aligned}$$

Untuk series B4-70 ;

$$\begin{aligned} D_o &= \frac{159,98 \times 7,292}{247,5} \\ &= 8,705 \text{ feet}/3,28 \\ D_o &= 2,654 \text{ m} \end{aligned}$$

11. Pitch Ratio (H_o/D)

Dari harga (δ) yang telah dikoreksi, dapat diperoleh harga Pitch Ratio (H_o/D) pada diagram B_p - δ sesuai dengan pembebanan :

$$\text{Untuk series B4-40 ; } H_o/D = 0,86$$

$$\text{Untuk series B4-55 ; } H_o/D = 0,93$$

$$\text{Untuk series B4-70 ; } H_o/D = 0,95 - 0,93$$

12. Propeller Efficiency (η_p)

Dari diagram B_p - δ juga dapat diperoleh untuk efisiensi baling-baling kapal yaitu :

Untuk series B4-40 ; $\eta_p = 67,9\%$

Untuk series B4-55 ; $\eta_p = 64,8\%$

Untuk series B4-70 ; $\eta_p = 64,3\%$

II.2.8 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 daerah baling-baling kapal. Bila baling-baling ini mengalami kavitasasi maka akan menimbulkan suara berisik dan getaran pada baling-baling yang akan mengurangi kinerjanya secara optimum.

a. Konstanta Kavitasasi

$$\sigma_{0,7} = \frac{(P - P_v) - (0,7x(D/2)x\gamma)}{1/2\rho x (V a^2 + (0,7x\pi x D x n)^2)} \quad (\text{Referensi no. 7, hal. 199})$$

Dimana :

($P - P_v$) = Beda tekanan static pada sumbu baling-baling

D = Diameter optimum baling-baling

P = Kecepatan air laut

$$= 104,5 \text{ kg.s}^2/\text{m}^4$$

$$n = \text{Putaran baling-baling per detik} \\ = 4,125 \text{ rps}$$

b. Tekanan Statik Baling-Baling

Tekanan statik pada sumbu baling-baling adalah :

1. Draft : $T = 4,350 \text{ m}$
 2. Tinggi Poros baling-baling : $h_1 = 2,000 \text{ m}$
 3. Tinggi Gelombang (0,75% L_{pp}) : $h_2 = 0,784 \text{ m}$
- Tinggi tekanan ($T-h_1+h_2$) : $h = 3,134 \text{ mka}$
4. Tekanan air ($h \times 1,025$) : $= 3,212 \text{ kg/m}^2$
 5. Tekanan udara : $= 10100,000 \text{ kg/m}^2$
 6. Tekana uap : $= 200,000 \text{ kg/m}^2 +$
- Tekanan statik $= 10303,212 \text{ kg/m}^2$

Untuk series B4-40 dengan $D_o = 2,794 \text{ m}$

$$\sigma_{0,7} = \frac{10303,212 - (0,7 \times (2,794/2) \times 1,025)}{1/2 \times 104,5 \times (14,176^2 + (0,7 \times 3,14 \times 2,794 \times 4,125)^2)}$$

$$= 0,925$$

Untuk series B4-55 dengan $D_o = 2,671 \text{ m}$

$$\sigma_{0,7} = \frac{10303,212 - (0,7 \times (2,794/2) \times 1,025)}{1/2 \times 104,5 \times (14,176^2 + (0,7 \times 3,14 \times 2,671 \times 4,125)^2)}$$

$$= 0,929$$

Untuk series B4-70 dengan $D_o = 2,654 \text{ m}$

$$\sigma_{0,7} = \frac{10303,212 - (0,7 \times (2,794/2) \times 1,025)}{1/2 \times 104,5 \times (14,176^2 + (0,7 \times 3,14 \times 2,654 \times 4,125)^2)}$$

$$= 0,930$$

c. Koefisien gaya dorong

Harga koefisien gaya dorong ini diperoleh dari diagram Burrill (Referensi No. 3, Hal. 200).

Untuk series B4-40 dengan $D_0 = 2,794$ m, didapat $\tau_c = 0,249$

Untuk series B4-55 dengan $D_0 = 2,671$ m, didapat $\tau_c = 0,261$

Untuk series B4-70 dengan $D_0 = 2,654$ m, didapat $\tau_c = 0,259$

d. Projected Blade Area

$$F_p' = \frac{T}{\tau_c \times 1/2 \times \rho \times (\pi a^2 + (0,7 \times \pi \times D \times n)^2)}$$

Dimana :

T = Gaya dorong (Thrust) = 25199,126 kg

τ_c = Koefisien gaya dorong

D_0 = Diameter optimum baling-baling

ρ = Kerapatan air laut = 104,5 kg.s²/m⁴

V_a = Advance of speed = 14,176 knot

n = Putaran baling-baling per detik = 4,125 rps

Untuk series B4-40 dengan $\tau_c = 0,249$

$$F_p' = \frac{25199,126}{0,249 \times 1/2 \times 104,5 \times ((14,176^2) + (0,7 \times 3,14 \times 2,94 \times 4,125)^2)}$$
$$= 2,298$$

Untuk series B4-55 dengan $\tau_c = 0,261$

$$F_p' = \frac{25199,126}{0,249 \times 1/2 \times 104,5 \times ((14,176^2) + (0,7 \times 3,14 \times 2,61 \times 4,125)^2)}$$
$$= 2,347$$

Untuk series B4-70 dengan $\tau_c = 0,259$

$$F_p' = \frac{25199,126}{0,249 \times 1/2 \times 104,5 \times ((14,176^2) + (0,7 \times 3,14 \times 2,59 \times 4,125)^2)}$$
$$= 2,387$$

e. Blade Area (F)

Untuk series B4-40

$$\frac{F_p}{F_o} = 1,067 - 0,229 \times H_o/D$$

Dengan $H_o/D = 0,86$

$$\begin{aligned} \frac{F_p}{F_a} &= 1,067 - 0,229 \times (0,86) \\ &= 0,87 \end{aligned}$$

Expanded Blade Area Ratio

$$\frac{F_p}{F_o} = 0,40$$

Disc Area of The Screw (F)

$$\begin{aligned} F &= \pi / 4 \times D^2 \\ &= 3,14 / 4 \times (2,794)^2 \\ &= 6,128 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Expanded Blade Area (F_a)

$$\begin{aligned} F_a &= 0,4 \times F \\ &= 0,4 \times 6,128 \\ &= 2,451 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Projected Blade Area (F_p)

$$\begin{aligned} F_p &= F_a \times (F_p/F_a) \\ &= 2,451 \times 0,87 \\ &= 2,132 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Untuk series B4-55

$$\frac{F_p}{F_a} = 1,067 - 0,229 \times H_0/D$$

Dengan $H_0/D = 0,93$

$$\begin{aligned}\frac{F_p}{F_a} &= 1,067 - 0,229 \times (0,93) \\ &= 0,854\end{aligned}$$

Expanded Blade Area Ratio

$$\frac{F_p}{F_a} = 0,55$$

Disc Area of The Screw (F)

$$\begin{aligned}F &= \pi / 4 \times D^2 \\ &= 3,14 / 4 \times (2,671)^2 \\ &= 5,60 \text{ m}^2\end{aligned}$$

Expanded Blade Area (F_a)

$$\begin{aligned}F_a &= 0,55 \times F \\ &= 0,55 \times 5,60 \\ &= 3,08 \text{ m}^2\end{aligned}$$

Projected Blade Area (F_p)

$$\begin{aligned}F_p &= F_a \times (F_p/F_a) \\ &= 3,08 \times 0,854 \\ &= 2,63 \text{ m}^2\end{aligned}$$

Untuk series B4-70

$$\frac{F_p}{F_a} = 1,067 - 0,229 \times H_0/D$$

Dengan $H_0/D = 0,95$

$$\begin{aligned} \frac{F_p}{F_a} &= 1,067 - 0,229 \times (0,95) \\ &= 0,849 \end{aligned}$$

Expanded Blade Area Ratio

$$\frac{F_p}{F_a} = 0,70$$

Disc Area of The Screw (F)

$$\begin{aligned} F &= \pi / 4 \times D^2 \\ &= 3,14 / 4 \times (2,654)^2 \\ &= 5,529 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Expanded Blade Area (F_a)

$$\begin{aligned} F_a &= 0,4 \times F \\ &= 0,4 \times 5,529 \\ &= 3,87 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Projected Blade Area (F_p)

$$\begin{aligned} F_p &= F_a \times (F_p/F_a) \\ &= 3,87 \times 0,849 \\ &= 3,286 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Tabel Hasil Perhitungan Kavitas

	D_o	$\Sigma_{0,7}$	τ_c	F_p	F_p/F_a	F_a/F	F	F_a	F_p
Series B4-40	2,794	0,925	0,249	2,298	0,870	0,40	6,128	2,451	2,132
Series B4-55	2,671	0,929	0,261	2,347	0,854	0,55	5,600	3,080	2,630
Series B4-70	2,654	0,930	0,259	2,387	0,849	0,70	5,529	3,870	3,286

Berdasarkan tabel hasil perhitungan dan grafik rancangan baling-baling, maka dapat ditentukan Balde Area Ratio optimum untuk baling-baling kapal rancangan ini.



II.2.9 Pemilihan baling-baling

Harga-harga perbandingan tersebut diperoleh dari dari proyeksi perpotongan kurva F_p dan F_p' pada absisnya, didapatkan $F_a/F = 0,46$ Dengan demikian spesifik baling-baling yang diperlukan untuk penggerak kapal rancangan ini adalah sebagai berikut :

- Type Baling-baling = Series B4-40
- Diameter Baling-baling = 2,74 m
- Pitch Ratio (H_p/D) = 0,89
- Blade Area Ratio (F_a/F) = 0,46
- Eisiensi Propeller = 0,66
- Jumlah propeller = 2 (dua) unit

II.2.10 Perhitungan Poros Baling-baling

a. Diameer poros propeller

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

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

Dimana :

F = Faktor untuk instalasi propulsi

= 100

k = Faktor tipe dari poros

= 1,26

$$P_w = \text{Daya pada poros} \\ = 3456,235 \text{ kW}$$

$$n = \text{Putaran poros} \\ = 247,5 \text{ rpm}$$

$$C_w = \text{Faktor material} \\ = 560/R_m + 160$$

$$R_m = \text{Kekuatan tarik material, digunakan SNCM 23} \\ = 100 \text{ kg/mm}^2 \\ = 981 \text{ N/mm}^2$$

$$C_w = \frac{560}{981} + 160 \\ = 0,49$$

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

Maka :

$$D = F \times k \times \sqrt[3]{\frac{P_w}{n \times \left(1 - \frac{d_t}{d_a}\right)} \times C_w} \\ = 100 \times 1,26 \times \sqrt[3]{\frac{3456,235}{247,5 \times 1,00} \times 0,49}$$

$$D = 194 \text{ mm}$$

b. Diameter poros antara

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

$$F = 95$$

$$K = 1,20$$

Maka :

$$D = F \times k \times \sqrt[3]{\frac{P_w}{n \times \left(1 - \frac{d_i}{d_a}\right)}} \times C_w$$
$$= 95 \times 1,20 \times \sqrt[3]{\frac{3456,235}{247,5 \times 1,00}} \times 0,49$$

$$D = 135 \text{ mm}$$

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

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

B. Panjang Total Blade Elemen (C)

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

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

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

D. Jarak Ordinate Maksimum dari Leading Edge (h_T)

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

E. Ketebalan Blade Maksimum Pada Ordinate (t)

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

F. Jarak Ordinat Belakang dan Muka dari Ordinate Maksimum

1. Ordinate Belakang

Trailing Edge

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

Leading Edge

r/R	20	mm	40	mm	60	mm	70	mm	80	mm	85	mm	90	mm	95	mm	LE	mm
0,2	0,984	98,679	0,932	93,465	0,844	84,640	0,783	78,522	0,708	71,001	0,662	66,388	0,608	60,973	0,538	53,953	0,000	0,000
0,3	0,981	87,089	0,924	82,029	0,826	73,329	0,759	67,381	0,676	60,013	0,626	55,574	0,569	50,514	0,497	44,122	0,000	0,000
0,4	0,979	75,645	0,915	70,700	0,804	62,123	0,732	56,560	0,637	49,220	0,582	44,970	0,523	40,411	0,444	34,307	0,000	0,000
0,5	0,978	64,313	0,900	59,184	0,774	50,898	0,692	45,506	0,591	38,864	0,531	34,919	0,463	30,447	0,377	24,792	0,000	0,000
0,6	0,975	52,896	0,881	47,796	0,737	39,984	0,647	35,101	0,530	28,754	0,465	25,227	0,386	20,941	0,298	16,167	0,171	9,277
0,7	0,968	41,376	0,866	37,016	0,698	29,835	0,590	25,219	0,465	19,876	0,390	16,670	0,305	10,037	0,210	8,976	0,102	4,360
0,8	0,963	30,080	0,852	26,613	0,669	20,897	0,546	17,055	0,407	12,713	0,330	10,308	0,249	7,778	0,163	5,091	0,073	2,280
0,9	0,965	19,038	0,859	16,946	0,682	13,454	0,567	11,186	0,434	8,562	0,361	7,122	0,284	5,603	0,202	3,985	0,116	2,288
0,95	0,967	13,513	0,866	12,101	0,699	9,768	0,590	8,245	0,464	6,484	0,395	5,520	0,322	4,500	0,245	3,424	0,163	2,278

2. Ordinate Muka

Trailing Edge

r/R	T.E	mm	80	mm	60	mm	40	mm	20	mm
0,2	0,364	36,503	0,210	21,060	0,105	10,530	0,041	4,112	0,009	0,903
0,3	0,312	31,289	0,178	17,851	0,087	8,725	0,033	3,309	0,007	0,702
0,4	0,259	25,974	0,139	13,939	0,068	6,819	0,025	2,507	0,005	0,501
0,5	0,199	19,957	0,100	10,028	0,045	4,513	0,013	1,304	0,003	0,301
0,6	0,129	12,937	0,050	5,014	0,016	1,605	0,000	0,000	0,000	0,000
0,7	0,048	4,814	0,013	1,304	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
0,8	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
0,9	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
0,95	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

Leading Edge

r/R	20	mm	40	mm	60	mm	70	mm	80	mm	85	mm	90	mm	95	mm	LE	mm
0,2	0,007	0,702	0,029	2,908	0,066	6,619	0,094	9,427	0,132	13,237	0,157	15,745	0,190	19,054	0,237	23,767	0,000	0,000
0,3	0,005	0,501	0,020	2,006	0,048	4,814	0,070	7,020	0,100	10,028	0,121	12,134	0,149	14,942	0,192	19,255	0,000	0,000
0,4	0,003	0,301	0,012	1,203	0,030	3,009	0,045	4,513	0,067	6,719	0,084	8,424	0,108	10,831	0,146	14,641	0,000	0,000
0,5	0,000	0,000	0,004	0,401	0,012	1,203	0,021	2,106	0,037	3,711	0,045	4,513	0,068	6,819	0,101	10,129	0,000	0,000
0,6	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,003	0,301	0,012	1,203	0,020	2,006	0,034	3,410	0,058	5,816	0,129	12,937
0,7	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,002	0,201	0,004	0,401	0,012	1,203	0,048	4,814
0,8	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
0,9	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
0,95	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000