

**BAB II**  
**PERENCANAAN PERHITUNGAN MOTOR INDUK**  
**DAN UKURAN BALING – BALING**

**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 batas ( boundary layer ). Didalam daerah lapisan batas tersebut kecepatan gerak dari partikel – partikel zat cair dalam hal ini air laut, bervariasi dari 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 inersia 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 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 ( 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 dipergunakan berbagai cara misalnya dengan percobaan memakai model towing tank atau dengan cara pendekatan adalah cara perhitungan dengan menggunakan rumus pendekatan. Dalam tugas merancang ini, perhitungan hambatan yang digunakan adalah perhitungan yang terdapat dalam *Referensi no.3, hal 95 – 134.*

#### II.1.2. Diagram Guldhammer dan Harvald

Hambatan ( R ) dan daya efektif ( P<sub>E</sub> ) untuk kapal dapat dihitung dengan menggunakan rumus:

$$R = C_R \times \left( \frac{1}{2} \times \rho \times V^2 \times S \right) \quad ( N ) \quad ( Ref.No.3.Hal 132 )$$

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

Dalam hal ini koefisien hambatan totalnya adalah :

$$C_T = C_R \times C_F \times C_A$$

Dimana :

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

$C_F$  = Koefisien hambatan gesek dan dapat dihitung dengan memakai :

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

Atau dapat diambil dari diagram menurut ITTC 1957 dalam *Referensi no.3*, 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  $LCB_{standart}$ . Yaitu :

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

dengan faktor  $\partial 10^3 C_R / \partial LCB$ , dari grafik koreksi koefisien hambatan sisa dalam *Harvald* ( 1992:130 ) dan ini hanya berlaku untu  $LCB$  yang berada didepan  $LCB_{standar}$ . Mengenai  $LCB$  yang berada dibelakang  $LCB_{standart}$ , semua sumber yang ada mempunyai pendapat yang saling bertentangan, namun demikian karena kecenderungan kecil maka pengabaian koreksi dalam hal ini tidak akan memberi kesalahan yang berarti. Karena kapal pada umumnya berbeda dengan standart yang ada dengan perbedaan tertentu, lebih besar meupun 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 pada kecepatan tinggi. Sebagai untuk mengatasi kerancuan tersebut maka semua informasi yang ada dikumpulkan dan diringkas dalam diagram  $LCB_{standar}$  dalam *Referensi no. 3*, hal 130.

Sebagaimana disebutkan sebelumnya, karena letak  $LCB_{\text{standar}}$  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 :

$$10^3 C_R = 10^3 C_{R'} + \frac{\partial 10^3 C_R}{\partial LCB} [\Delta LCB]$$

#### ~ Koreksi B/T

Karena diagram tersebut dibuat berdasarkan ratio lebar dan sarat kapal ( $B/T$ ) = 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 negatif atau positif.

#### ~ Koreksi Bentuk Penampang Melintang

Sebagaimana disebutkan sebelumnya, kurva hambatan yang diperoleh berdasarkan diagram  $L/\nabla^{1/3}$  dan ITTC-57 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 sebagaimana berikut :

<b>Badan depan</b>	<b>Ekstrem U</b> - 0,1	<b>Ekstrem V</b> + 0,1
<b>Badan belakang</b>	<b>Ekstrem U</b> + 0,1	<b>Ekstrem V</b> - 0,1

Koreksi ini berlaku untuk kecepatan  $V/\sqrt{g.L}$  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 Propeller : Untuk kapal penuh,  $C_R$  dinaikkan sebesar 3%  
- 5%
- Braket & poros Propeller : 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 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 :

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

Dimana :  $S$  = Luas permukaan basah kapal

$S'$  = Permukaan basah badan dan anggota badan kapal

#### ~ Koreksi hambatan Udara dan kemudi

- Koreksi hambatan udara =  $10^3 C_{AA} = 0,07$
- Koreksi hambatan kemudi =  $10^3 C_A = 0,04$

### II.1.3. Data – Data Kapal

LOA	=	99,00	m
LWL	=	92,00	m
LPP	=	90,00	m
B	=	18,00	m
H	=	12,00	m
T	=	4,5	m
$C_b$	=	0,590	
$C_m$	=	0,979	
$C_w$	=	0,745	
$C_p$	=	0,604	
Wetted Surface Area ( S )	=	1680,840	m <sup>2</sup>
Luas Apendage ( S' )	=	112% x S	
	=	1,12 x 1680,840	
	=	1882,541	m <sup>2</sup>
LCB	=	1,467	m
	=	1,640	%
$\Delta$	=	4403,669	ton
$\nabla$	=	4301,100	m <sup>3</sup>
Ratio Lebar – Sarat B/T	=	4,00	
Ratio Panjang - $\nabla$ $L/\nabla^{1/3}$	=	5,590	
Ratio permukaan basah S/S'	=	0,893	
Vs	=	14	knots
GT	=	6000	ton
Klasifikasi	=	BKI	
Jarak pelayaran	=	3000	mil

#### II.1.4. Perhitungan koefisien kapal berdasarkan metode SV.Aa.harvald

Displacement ( $\Delta$ )

$$\begin{aligned}\Delta &= L_{pp} \times B \times T \times C_b \times \gamma \\ &= 90,00 \times 18 \times 4,5 \times 0,590 \times 1,025 \\ &= 4403,669 \text{ ton}\end{aligned}$$

Midship Area Coefisient ( $C_m$ )

$$\begin{aligned}C_m &= 0,93 + 0,08 \times C_b \\ &= 0,93 + 0,08 \times 0,590 \\ &= 0,979\end{aligned}$$

Luas Midship ( $A_m$ )

$$\begin{aligned}A_m &= B \times T \times C_m \\ &= 18 \times 4,5 \times 0,979 \\ &= 79,299 \text{ m}^2\end{aligned}$$

Coefisient Prismatic ( $C_p$ )

$$\begin{aligned}C_p &= C_b / C_m \\ &= 0,590 / 0,979 \\ &= 0,604\end{aligned}$$

Coefisient of Water Line ( $C_w$ )

$$\begin{aligned}C_w &= 1,463 - 1,26 \times (C_b / 2,12) - (2 \times C_b) \\ &= 1,463 - 1,26 \times (0,590 / 2,12) - (2 \times 0,590) \\ &= 0,745\end{aligned}$$

Luas garis air ( $A_{wl}$ )

$$\begin{aligned}A_{wl} &= L_{wl} \times B \times C_w \\ &= 92,00 \times 18 \times 0,745 \\ &= 1233,720 \text{ m}^2\end{aligned}$$

Luas Permukaan Basah Kapal ( $S$ ) ( Referensi.No.3.hal 137 )

$$\begin{aligned}S &= (1,7 \times T + C_b \times B) \times L_{wl} \\ &= (1,7 \times 4,5 + 0,590 \times 18) \times 92,00 \\ &= 1680,840 \text{ m}^2\end{aligned}$$

Luas permukaan anggota badan kapal (  $S'$  )

$$\begin{aligned} S' &= 112\% \times S \\ &= 1,12 \times 1680,840 \\ &= 1882,540 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Sehingga ratio  $S/S'$  adalah

$$\begin{aligned} S/S' &= 1680,840 / 1882,540 \\ &= 0,893 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Volume displacement (  $\nabla$  )

$$\begin{aligned} \nabla &= L_{pp} \times B \times T \times C_b \\ &= 90,00 \times 18 \times 4,5 \times 0,590 \\ &= 4301,100 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Perbandingan lebar dan sarat kapal

$$\begin{aligned} B/T &= 18 / 4,5 \\ &= 4,00 \end{aligned}$$

Ratio antara  $A_m$  dan  $S'$  ( $A_m/S'$ )

$$\begin{aligned} A_m/S' &= 79,299 / 1882,840 \\ &= 0,0421 \end{aligned}$$

## II.1.5. Perhitungan tahanan kapal dan daya motor induk

### 1. Froude Number ( $F_n$ )

$$F_n = \frac{V_s}{\sqrt{g \times L_{pp}}} \quad (\text{Referensi no.3, hal134})$$

Dimana :

$$\begin{aligned} V_s &= \text{Kecepatan kapal dalam m/dtk} \\ &= 14 \times 0,5144 \\ &= 7,202 \text{ m / dtk} \end{aligned}$$

$$g = \text{gravitasi ( 9,81 m/dtk )}$$

$$\begin{aligned} F_n &= \frac{7,202}{\sqrt{9,81 \times 92,00}} \\ &= 0,24 \end{aligned}$$

2.  $V_s = 14$  knots

3.  $V_s = 7,202$  m / dtk



$$4. \quad V_s^2 = 51,870 \text{ m / dtk}$$

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

Dimana :

$$\rho = \text{masa jenis ( kg.s/m}^3\text{)}$$

$$= 104,49 \text{ kg.s/m}^3$$

$$S = \text{Luas permukaan basah}$$

$$= 1680,840 \text{ m}^2$$

$$\frac{1}{2} \cdot \rho \cdot S \cdot V_s^2$$

$$= 0,5 \times 104,49 \times 1680,840 \times 51,870$$

$$= 4554989,25 \text{ kg}$$

$$= 4554,989 \text{ Ton}$$

$$= 44684,442 \text{ kN}$$

6. Residual coefisient ( $C_R$ ) Residual coefisient atau tahanan sisa dapat diperoleh dari grafik yang merupakan fungsi dari perbandingan panjang dan volume ( $L/V$ ) dan bilangan froud number ( $Fn$ ).

Diketahui :  $L_{pp} = 90,00$

$$\nabla = 4301,100 \text{ m}^3$$

$$L / \nabla^{1/3} = 5,534$$

$$L / \nabla^{1/3} = 5,500 \quad Fn = 0,24 \quad 10^3 C_r = 1,000$$

$$L / \nabla^{1/3} = 6,000 \quad Fn = 0,24 \quad 10^3 C_r = 0,790$$

$$L / \nabla^{1/3} = 5,534 \quad Fn = 0,24 \quad 10^3 C_r = 0,920$$

$$10^3 C_r = 1,000 + \frac{(5,534 - 5,500)}{(6,000 - 5,500)} + 0,790 - 1,000$$

$$= 0,920$$

7. Koreksi B / T

Grafik harga  $C_R$  untuk kapal yang mempunyai ratio lebar kapal dan sarat kapal lebih besar dari  $B / T = 2,5$  harus dikoreksi dengan rumus berikut, standart kurva Harvald ratio  $B / T > 2,5$ .

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

$$= 0,16 \times (4,00 - 2,5)$$

$$= 0,240$$

## 8. Koreksi LCB

Untuk menentukan koreksi LCB dari kapal rancangan digunakan rumus dan grafik pada *Referensi no.3, hal.130* yaitu :

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

Dimana  $\Delta LCB$  = Penyimpangan LCB

$LCB_{\text{rancangan}}$  = LCB dari data prarancangan

= 1,476 didepan mid ship

$$= \frac{LCB}{L_{pp}} \times 100\%$$

$$= \frac{1,476}{90,00} \times 100\%$$

= 1,640 % didepan mid ship

Grafik 5.5.16 = LCB = 0,36 dibelakang mid ship

$LCB = 2,076$  didepan midship

$LCB = LCB_{\text{rancangan}} - LCB$

$$= 1,476 \% - (0,36 \%)$$

$$= 1,280 \%$$

$$= 0,0128 \text{ m}$$

Dari grafik 5.5.16  $= \frac{\delta 10^3 C_R}{\delta LCB} = 0,25$

Maka koreksi  $LCB = 0,25 \times 0,0128$

$$= 0,0032$$

9. Koreksi garis penampang bentuk depan dan belakang berdasarkan *Referensi.no.3, hal.131* tidak ada koreksi untuk bentuk penampang badan kapal tidak ekstrim "U" ataupun "V" = 0

10. Koreksi bentuk haluan

Koreksi bentuk haluan = 0, karena bentuk haluan kapal tidak menggunakan bulbous bow.

### 11. Koreksi anggota badan kapal

- a. Daun kemudi = Tidak ada koreksi ( 0 )
- b. Lunas bilga = Tidak ada koreksi ( 0 )
- c. Boss propeller =  $3 \% \times 10^3 C_r$   
=  $0.03 \times 0,920$   
= 0,0368
- d. Shaft propeller =  $5 \% \times 10^3 C_r$   
=  $0,05 \times 0,920$   
= 0,046

### e. Koreksi anggota badan kapal

$$10^3 C_R = 0 + 0 + 0,0368 + 0,046$$
$$= 0.0928$$

### 12. Resultan $10^3 C_R$

$$\text{Resultan } 10^3 C_R = (11) + (10) + (9) + (8) + (7) + (6)$$
$$= 0,0928 + 0 + 0 + 0,00383 + 0,240 + 0,920$$
$$= 1,25663$$

### 13. Rainold Number ( Rn )

$$10^{-6} Rn = \frac{V_s \times L_{pp}}{g}$$
$$= \frac{7,202 \times 90,00}{1,188 \times 10^{-6}}$$
$$= 557,731$$

### 14. Koefisient tahanan gesek ( $10^3 C_F$ )

Koefisient tahanan gesek diperoleh dari grafik ITTC-57 yang merupakan fungsi dari panjang kapal ( L ) dan kecepatan ( V )

$$L = 90,00 \quad V = 6.000 \text{ m /dtk} \quad 10^3 C_F = 1,695$$

$$L = 90,00 \quad V = 8.000 \text{ m /dtk} \quad 10^3 C_F = 1,625$$

$$L = 90,00 \quad V = 7,202 \text{ m /dtk} \quad 10^3 C_F = 1,653$$

$$10^3 C_f = 1,695 + ( 7,202 - 6 ) / ( 8 - 6 ) \times 1,625 - 1,695$$
$$= 1,653$$

15. Koreksi  $C_F$  ( Referensi no. 3, hal 132)

$$\begin{aligned} 10^3 C_F &= S'/S \times 10^3 C_f \\ &= ( 1882,540 / 1680,840 ) \times 1,653 \\ &= 1,851 \end{aligned}$$

16. Tahanan tambahan ( $10^3 C_a$ ) ( Referensi no.3, hal 132)

Untuk  $L < 100$  m

$$10^3 C_a = 0,400$$

17. Tahanan Udara ( $10^3 C_{aa}$ )

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

18. Tahanan kemudi ( $10^3 C_{as}$ )

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

19. Koefisien tahanan total ( $10^3 C_T$ )

$$\begin{aligned} 10^3 C_T &= C_r + C_f + C_a + C_{aa} + C_{as} \\ C_T &= 3,618 \times 10^3 \end{aligned}$$

20.  $R_T$  ( hambatan total) ( Referensi no.3 hal 132 )

$$\begin{aligned} R_T &= C_T \cdot 10^{-3} ( \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot S \cdot V_s^2 ) \\ &= 3,618 \times 10^{-3} ( 0,5 \times 104,5 \times 1680,840 \times 51,870 ) \\ &= 16481,528 \text{ Kg} \\ &= 161678,61 \text{ N} \end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas ditetapkan harga  $R_T$  adalah : 16481,528 Kg

### II.1.6 Perhitungan Efektif Horse Power ( EHP ) Mesin Induk

Besarnya EHP dari motor induk sesuai tahanan sfesifik, pada trial kondision adalah :

$$\begin{aligned} \text{EHP} &= ( V_s \times R_t ) / 75 \quad ( \text{dimana } 75 \text{ kg.m/dt} = 1 \text{ HP} ) \\ &= ( 7,202 \times 16481,528 ) / 75 \\ &= 1582,666 \text{ HP} \\ &= 11164,824 \text{ kW} \end{aligned}$$

( Penambahan tenaga efektif motor induk berdasarkan daerah pelayaran = 15 % Ref no.3, hal 65 )

$$\begin{aligned} \text{EHP} &= \text{EHP} + ( 15\% \times \text{EHP} ) \\ &= 1820,066 \text{ HP} \\ &= 1339,569 \text{ kW} \end{aligned}$$

### II.1.7. Perhitungan Shaft Horse Power

1. Wake Fraction ( Taylor )

$$\begin{aligned}W &= -0,05 + ( 0,55 \times C_b ) \\ &= -0,05 + ( 0,55 \times 0,590 ) \\ &= 0,275\end{aligned}$$

2. Advance Velocity (  $V_a$  )

$$\begin{aligned}V_a &= ( 1-W ) \times V_s \\ &= ( 1-0,275 ) \times 14 \\ &= 10,150 \text{ knot}\end{aligned}$$

3. Thrust Deduction Factor (  $t$  ) ( Schoner )

$$\begin{aligned}t &= k \times W \\ \text{dimana : } k &= 0,7 - 0,9 \text{ diambil } k = 0,9 \\ t &= 0,9 \times 0,275 \\ &= 0,248\end{aligned}$$

4. Penentuan gaya dorong (  $s$  )

$$\begin{aligned}s &= R_t / ( 1-t ) \\ &= 16481,528 / ( 1 - 0,248 ) \\ &= 21916,926 \text{ Kg} \\ &= 215005,04 \text{ N}\end{aligned}$$

5. Hull Efficiency (  $\eta_h$  )

$$\begin{aligned}\eta_h &= ( 1-t ) / ( 1-W ) \\ &= ( 1-0,248 ) / ( 1-0,275 ) \\ &= 1,037\end{aligned}$$

6. Propulsive Coefficient (  $P_c$  )

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

Dimana :

$$\eta_{rr} = 1,00 \text{ untuk twin screw}$$

$$\eta_p = 0,60$$

$$\begin{aligned}P_c &= 1,037 \times 1,00 \times 0,60 \\ &= 0,622\end{aligned}$$

7. Shaft Horse Power ( SHP )

$$\begin{aligned}\text{SHP} &= \text{EHP} / P_c \\ &= 1820,066 / 0,622\end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &= 2926,151 \text{ HP} \\ &= 2153,647 \text{ kW} \end{aligned}$$

### II.1.8. Penentuan Brake Horse Power ( BHP )

Untuk itu ditambahkan faktor keamanan sebagai berikut :

3% Koreksi pemakaian gear box

3% Koreksi letak kamar mesin di belakang

15% Sea margin

$$\begin{aligned} \text{BHP}_{\text{NCR}} &= ( 21\% \times \text{SHP} ) + \text{SHP} \\ &= ( 21\% \times 2926,151 ) + 2926,151 \\ &= 3540,643 \text{ HP} \\ &= 26405,913 \text{ kW} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{BHP}_{\text{NCR}} &= 3540,643 / 2 \\ &= 1770,322 \text{ HP} \\ &= 1302,957 \text{ kW} \end{aligned}$$

$\text{BHP}_{\text{MCR}}$  ( Maksimum Continuous Rating )

$$\begin{aligned} \text{BHP}_{\text{MCR}} &= \text{BHP}_{\text{NCR}} / 0,9 \\ &= 3540,643 / 0,9 \\ &= 3934,048 \text{ HP} \\ &= 2895,459 \text{ kW} \end{aligned}$$

Karena menggunakan 2 mesin induk sebagai penggerak kapal, maka :

$$\begin{aligned} \text{BHP}_{\text{MCR}} &= 2 \times 1967,024 \text{ HP} \\ &= 2 \times 1447,728 \text{ kW} \end{aligned}$$

Berdasarkan tabel hasil perhitungan hambatan dengan menggunakan metode SV.AaHarvald, maka dapat ditentukan besarnya daya mesin yang digunakan. Dimana karakteristik mesin yang dipilih adalah sebagai berikut

* Merk	:	WARSILA VASA 32
* TYPE	:	8V 25
* Daya	:	1470 kW / 2000 HP
* Putaran mesin	:	720 RPM
* Bore x Strok	:	250 mm x 300 mm
* Ukuran	:	Panjang x Lebar x Tinggi
	:	4245 mm x 2070 mm x 1705 mm
* SFOC	:	200 gr/kW.h
* Jumlah	:	2 (dua ) mesin



## II.2. Perencanaan propeller kapal

### II.2.1. Propulsi kapal

Propeller adalah suatu alat yang dapat menggerakkan kapal dan yang dapat menghasilkan daya dorong yang melebihi hambatan tolak kapal, sehingga dapat bergerak dengan kecepatan yang direncanakan. Sebagaimana mestinya dan sebagai alat penggerak kapal, kondisi kerja propeller di pengaruhi dengan beberapa faktor seperti : hubungan kerjanya dengan lambung kapal, pengaruh kavitasi, bentuk dan ukuran geometris propeller 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 propeller. Propeller ini merupakan penghasil gaya dorong searah dengan gerakan kapal. Gaya dorong ini di timbulkan dari gaya angkat ( Lift ) yang timbul dari semua bagian yang dapat bergerak.

Sistem propulsi yang terdiri dari Propeller kapal ,mesin penggerak dan lambung kapal ( Hull & Machinery ) harus di rancang dengan se efisien mungkin. Maka dari itu jumlah energi yng diperlukan untuk gaya dorong kapal harus disesuaikan dengan kecepatan kapal yang dihasilkan.

Adapun beberapa hal yang mempengaruhi terhadap perencanaan Propeller kapal antara lain :

- Diameter Propeller Optimum
- Thrust horse power
- Putaran propeller
- Jumlah daun propeller
- Efek kavitasi terhadap propeller



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

1. Faktor arus ikut ( W )

Menurut Taylor untuk kapal twins screw adalah

$$\begin{aligned} W &= -0.2 + ( 0,55 \times C_b ) \\ &= -0,2 + ( 0,55 \times 0,590 ) \\ &= 0,1245 \end{aligned}$$

2. Faktor pengisapan ( t ) untuk kapal berbaling – baling ganda ( twin screw t = W )

3. Gaya dorong ( Thrust ) Propeller ( Referensi no.3, hal 144 )

$$\begin{aligned} T &= \frac{R_t}{1-t} \\ &= \frac{16481,528}{1-0,1245} \\ &= 18825,275 \quad \text{Kg} \\ &= 184675,95 \quad \text{N} \end{aligned}$$

4. Penentuan gaya dorong ( s )

$$\begin{aligned} s &= R_T / ( 1 - t ) \\ &= 16481,528 / ( 1 - 0,1245 ) \\ &= 18825,275 \quad \text{Kg} \\ &= 184675,95 \quad \text{N} \end{aligned}$$

5. Kecepatan air masuk ke propeller ( Ve ) ( Referensi no.3,hal.259 )

$$\begin{aligned} V_e &= ( 1 - W ) \times V_s \\ &= ( 1 - 0,1245 ) \times 7,202 \\ &= 6,305 \quad \text{m/dtk} \end{aligned}$$

6. Diameter Propeller Tentative ( D )

$$\begin{aligned} D &= 0,7 \times T \\ &= 0,7 \times 4,5 \\ &= 3,15 \quad \text{m} \end{aligned}$$

7. Advance speed of propeller ( Va ) ( Referensi no. 3, hal.259 )

$$V_a = ( 1 - W ) \times V_s$$

$$= (1 - 0,1245) \times 14$$

$$= 12,257 \text{ knot}$$

#### 8. Rpm Propeller

RPM mesin = 720 Rpm dengan reduction gear 1 : 2,4 di dapat putaran baling – baling = 300 Rpm Koreksi Rpm = 1%

( Referensi no.3.hal 115 untuk kapal berbaling – baling ganda = 1 – 2 % )

$$N = 300 \times 0,99$$

$$= 297 \text{ Rpm}$$

#### 9. Penentuan jumlah daun propeller

Bila harga koefisien  $K'd < 2$  atau  $K'n > 1,0$  ; maka disarankan memilih jumlah daun  $Z = 3$

Bila harga  $K'd < 2$  atau  $K'n < 1,0$  ; maka disarankan memilih jumlah daun  $Z = 4$ . Untuk kapal rancangan :

$$K'd = D \times V_e \times \sqrt{\rho/S}$$

$$= 2,64 \times 6,305 \times \sqrt{104,5/18825,275}$$

$$= 1,240$$

Dimana :

$D$  = diameter propeller

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

$s$  = gaya dorong =  $19137,115 \text{ kg}$

$$K'n = (V_e / \sqrt{n}) \times (\sqrt{\rho \cdot S})$$

$$= (6,305 / \sqrt{4,95}) \times (\sqrt{104,5/18825,275})$$

$$= 0,21 < 1,0$$

Karena  $K'd < 2$  dan  $K'n < 1,0$  ; maka dipilih propeller berdaun 4 (empat) untuk kapal rancangan.

#### 10. Power Delivery ( $P_D$ )

$$P_D = (2000 - 3\%) \times (75 / 76) \times (1,000 / 1.025)$$

$$= 1925,517 \text{ HP}$$

$$= 1417,180 \text{ kW}$$

## 11. Diameter Optimum, Pitch Ratio, dan Propeller Efficiency

### a. Koefisien baling-baling

$$B_p = (N \times \sqrt{P_D}) / V_a^2 \quad (\text{Referensi no.3, hal. 245})$$

Dimana :  $N$  = Putaran baling – baling ( koreksi ) = 297 Rpm

$$P_D = 1925,517 \text{ HP}$$

$$V_a = \text{Advance speed} = 12,257 \text{ knot}$$

$$\begin{aligned} B_p &= (297 \times \sqrt{1925,180}) / 12,257^{2,5} \\ &= 24,778 \\ &= 25 \end{aligned}$$

Dengan diketahui harga  $B_p = 25$ , maka dengan menggunakan diagram  $B_p$ - $\delta$  maka didapat data – data pada Advanced Coefficient ( $\delta$ ) dari beberapa tingka yaitu :

$$\text{Untuk series B4-40 ; } \delta = 209,5$$

$$\text{Untuk series B4-55 ; } \delta = 198,5$$

$$\text{Untuk series B4-70 ; } \delta = 195$$

Dalam perencanaan baling – baling ganda ( Twin Screw ) ( $\delta$ ) ini di koreksi sebesar 5%, Maka :

$$\text{Untuk series B4-40 ; } \delta = 209,5 - 5\% = 209,45$$

$$\text{Untuk series B4-55 ; } \delta = 198,5 - 5\% = 198,45$$

$$\text{Untuk series B4-70 ; } \delta = 195,0 - 5\% = 194,95$$

### b. Diameter Optimum ( $D_o$ )

$$D_o = \frac{\delta \times V_a}{N} \quad (\text{Referensi no.3, hal. 199})$$

$$\text{Untuk series B4-40 ; } D_o = 2,64$$

$$\text{Untuk series B4-55 ; } D_o = 2,50$$

$$\text{Untuk series B4-70 ; } D_o = 2,45$$

### c. Pitch Ratio ( $H_o/D$ )

Dari harga ( $\delta$ ) yang telah dikoreksi, dapat diperoleh harga pitch ratio ( $H_o/D$ ) pada diagram  $B_p$  -  $\delta$  sesuai dengan pembebanan :

$$\text{Untuk series B4-40 ; } H_o/D = 0,725$$

$$\text{Untuk series B4-55 ; } H_o/D = 0,775$$

$$\text{Untuk series B4-70 ; } H_o/D = 0,830$$

d. Propeller Efficiency (  $\eta_p$  )

Dari diagram  $B_p - \delta$  juga dapat diperoleh untuk efisiensi baling – baling kapal yaitu :

Untuk series B4-40 ;  $\eta_p = 61,8 \%$

Untuk series B4-55 ;  $\eta_p = 58,3 \%$

Untuk series B4-70 ;  $\eta_p = 57,8 \%$

### II.2.2. Perhitungan kavitasi

Pada umumnya kavitasi didefinisikan sebagai pembentukan fase uap dari suatu cairan ketika cairan tersebut terjadi pengurangan tekanan pada suhu sekelilingnya yang tetap, dan secara umum suatu cairan mengalami kavitasi jika didalam cairan tersebut terlihat adanya gelembung yang terbentuk, akibat turunnya tekanan. Dan timbulnya kavitasi pada tekanan sebesar tekanan uap diperlukan, sejumlah gelembung – gelembung kecil, disebut inti dalam ukuran submikroskopis saja. Yang mengandung gelembung permanen. Berkembangnya gelembung – gelembung tersebut tergantung pada penguapan cairan tu sendiri.

Pada dasarnya kavitasi terjadi selubung sebuah benda dalam fluida dimana tekanan lokal dan fluida ditempat tersebut merosot sampai dengan harga yang mendekati pada tekanan penguapan ( Vapour Pressure ). Jadi kavitasi adalah suatu phenomena perubahan dari suatu aliran fluida yang sifat – sifatnya ditentukan dengan kenyataan alam di beberapa tempat, lebih jelasnya dengan adanya kavitasi, efisiensi dari baling – baling akan merosot dengan tenaga kuda yang disediakan mesin induk.

Untuk mengatasi atau mengurangi resiko kerusakan pada baling – baling yang berakibatkan kavitasi, maka perlu dirancang bentuk dan dimensi baling – baling yang sesuai atau baling – baling bebas kavitasi.

a. Konstanta kavitasi

( Ref.No.3 Hal 199 )

$$\sigma_c 0,7R = \frac{(P - P_v) - (0,7 \times D/2 \times \gamma)}{\frac{1}{2} \times \rho (V_a^2 + 0,7 \times \pi \times D \times n)^2}$$

Dimana :

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

D = Diameter baling – baling ( m )

$\rho$  = Kerapatan air laut =  $104,49 \text{ Kg.s}^2 / \text{m}^4$

- $V_a$  = Advanced of speed = 12,257 = 6,13 m/s  
 $N$  = Putaran baling – baling per detik = 4,95 rps  
 $\gamma$  = masa jenis air laut = 1,025

b. Tekanan statik propeller

Tekanan pada sumbu propeller adalah :

- |  |                           |                         |
|--|---------------------------|-------------------------|
| a. Draft                                     | $T = 4,5$                 | m                       |
| b. Tinggi poros propeller                    | $h_1 = 1,55$              | m                       |
| c. Tinggi gelombang ( $0,75 \times L_{pp}$ ) | $h_2 = 0,675$             | m                       |
| Tinggi tekanan ( $T - h_1 + h_2$ )           | $h = 3,625$               | m                       |
| d. Tekanan air ( $h \times 1025$ )           | $= 3715,625$              | Kg/m <sup>2</sup>       |
| e. Tekanan udara                             | $= 10300$                 | Kg/m <sup>2</sup>       |
| f. <u>Tekanan uap</u>                        | <u><math>= 200</math></u> | <u>Kg/m<sup>2</sup></u> |
| Tekanan statik                               | $= 14215,625$             | Kg/m <sup>2</sup>       |

Maka didapat :

Untuk series B4-40 dengan  $Do = 2,64$  m

$$\sigma_{c0,7R} = 0,279$$

Untuk series B4-55 dengan  $Do = 2,50$  m

$$\sigma_{c0,7R} = 0,306$$

Untuk series B4-70 dengan  $Do = 2,45$  m

$$\sigma_{c0,7R} = 0,316$$

c. Koefisien gaya dorong (  $\sigma_c$  ) berdasarkan diagram BURILL

Untuk series B4-40 ; dengan  $Do = 2,64$  m didapat  $\sigma_c = 0,158$

Untuk series B4-55 ; dengan  $Do = 2,50$  m didapat  $\sigma_c = 0,168$

Untuk series B4-70 ; dengan  $Do = 2,45$  m didapat  $\sigma_c = 0,178$

d. Projected Blade Area

$$F_p = \frac{T}{\sigma_c \times \frac{1}{2} \times \rho [V_a^2 + (0,7 \times \pi \times D \times n)^2]}$$

dimana :

$T$  = Gaya dorong = 18825,275 kg ~ 184675,95 N

$\sigma_c$  = Koefisien gaya dorong ( dari diagram buriel )

$D$  = Diameter propeler ( m )

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

$$V_a = \text{Advanced of speed} = 12,257 \text{ knot} \sim 6,13 \text{ m/s}$$

$$N = \text{putaran propeller per detik} = 4,95 \text{ rps}$$

e. Defeloped Blade Area Ratio

$$F_p/F_a = \text{expanded area of the blade / disc area of the screw} = 0,40$$

Disc area of the screw

$$\begin{aligned} F &= (\pi/4) \times D^2 \\ &= (3,14/4) \times 2,64^2 \\ &= 5,471 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Developed blade area

$$\begin{aligned} F_a &= 5,471 \times 0,40 \\ &= 2,188 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$F_p/F_a = 1,067 - 0,229 \cdot \text{Ho/D}$$

dengan  $\text{Ho/D} = 0,725$

$$F_p/F_a = 0,608$$

Projected area of the blade

$$\begin{aligned} F_p &= 0,608 \times 2,188 \\ &= 1,330 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

f. Developed Blade Area Ratio ( Referensi no.3, hal 129 )

$$F_p/F_a = \text{expanded area of the blade / disc area of the screw} = 0,55$$

Disc area of the screw

$$\begin{aligned} F &= \pi/4 \times D^2 \\ &= 3,14/4 \times (2,50)^2 \\ &= 4,906 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Developed blade area ( Referensi no.3, hal.129 )

$$\begin{aligned} F_a &= 0,55 \times 4,906 \\ &= 2,698 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} F_p/F_a &= 1,067 - 0,229 \cdot (\text{Ho/D}) \\ &= 1,067 - 0,229 \cdot (0,775) \\ &= 0,649 \end{aligned}$$

Projected area of the blade

$$\begin{aligned} F_p &= 0,649 \times 2,698 \\ &= 1,715 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

g. Developed Blade Area Ratio ( Referensi no.3, hal 129 )

$$F_p/F_a = \text{Developed area of the blade} / \text{Disc area of the screw} = 0,70$$

Disc area of the screw

$$\begin{aligned} F &= \pi / 4 \times D^2 \\ &= 3,14 / 4 \times ( 2,45 )^2 \\ &= 4,712 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Defeloved blade area

$$\begin{aligned} F_a &= 0,70 \times 4,712 \\ &= 3,289 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} F_p/F_a &= 1,067 - 0,229 \cdot ( H_0/D ) \\ &= 1,067 - 0,229 \cdot ( 0,830 ) \\ &= 0,695 \end{aligned}$$

Projected area of the blade

$$\begin{aligned} F_p &= 0,695 \times 3,298 \\ &= 2,292 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Dengan berdasarkan rumus mencari harga  $F_p'$  maka didapat :

Untuk series B4-40 ; dengan  $D_o = 2,64 \text{ m}$  dan  $\sigma_c = 0,158$

Maka harga  $F_p'$  berdasarkan rumus = 2,643

Untuk series B4-55 ; dengan  $D_o = 2,50 \text{ m}$  dan  $\sigma_c = 0,168$

Maka harga  $F_p'$  berdasarkan rumus = 2,759

Untuk series B4-70 ; dengan  $D_o = 2,45 \text{ m}$  dan  $\sigma_c = 0,178$

Maka harga  $F_p'$  berdasarkan rumus = 2,706

**Tabel. No. 1**

Penentuan model Propeller

	$D_o$	$\sigma_c 0,7R$	$\sigma_c$	$F_p'$	$F_p/F_a$
Series B4-40	2,64	0,279	0,158	2,643	0,608
Series B4-55	2,50	0,306	0,168	2,759	0,649
Series B4-70	2,45	0,316	0,178	2,706	0,695

**Tabel. No. 2**

Type	$F_a/F$	F	$F_a$	$F_p$
Series B4-40	0,40	5,471	2,188	1,330

Series B4-55	0,55	4,906	2,698	1,751
Series B4-70	0,70	4,712	3,298	2,292

**Tabel. No. 3**

Type	D	N	$\eta_p$ ( % )
Series B4-40	2,64	297	61,8
Series B4-55	2,50	297	58,3
Series B4-70	2,45	297	57,8

Berdasarkan dari hasil tabel perhitungan, maka dapat ditentukan Blade Area Ratio Optimum pada propeller yang direncanakan. Dikarenakan efisiensi tertinggi terletak pada diagram  $Bp-\delta$  series B4-40 maka pada absisnya didapatkan  $F_a/F = 0,40$

Dan spesifikasi Propeller yang akan direncanakan dalam keterangannya adalah sebagai berikut :

- ~ Type propeller = B4-40
- ~ Diameter propeller ( D ) = 2,64 m
- ~ Pitch Ratio Propeller (  $H_o/D$  ) = 0,725
- ~ Blade Area Ratio Propeller (  $F_a/F$  ) = 0,40
- ~ Effisiensi Propeller (  $\eta_p$  ) = 0,618



### II.3. Perhitungan poros Baling-baling

#### II.3.1. Diameter poros Propeller

Berdasarkan (Referensi no.2, hal 4-1) maka besar poros Propeller :

$$D = F \times k \times \sqrt[3]{\{P_w/297 - (1 - d_i/d_a)\}} \times C_w$$

Dimana:

F = Faktor untuk Instalasi Propulsi = 100

k = Faktor Type dari poros = 1,22

P<sub>w</sub> = Daya pada Poros = 1076,823 kW

N = Putaran Poros = 297 Rpm

C<sub>w</sub> = Faktor material = 560 / R<sub>m</sub> + 160

R<sub>m</sub> = Kekuatan Tarik Material digunakan S 45 C yang  
kekuatan tariknya 58 kg / mm<sup>2</sup> = 568,40 N/ mm<sup>2</sup>

$$C_w = 560 / 568,40 + 160 \\ = 0,77$$

$$1 - (d_i/d_a) = 1,00$$

maka :

$$D = 100 \times 1,22 \times \sqrt[3]{\{1076,823/(297 \times 1,00)\}} \times 0,77 \\ = 171,978 \text{ mm} \\ = 172 \text{ mm}$$

#### II.3.2. Diameter Poros Antara

Untuk menentukan Diameter Poros Antara adalah :

$$F = 95$$

$$k = 1,15$$

$$D = F \times k \times \sqrt[3]{\{P_w/(297 - 1 - d_i/d_a)\}} \times C_w \\ = 95 \times 1,15 \times \sqrt[3]{\{1076,823/(297 - 1)\}} \times 0,77 \\ = 154,005 \text{ mm} \\ = 154 \text{ mm}$$

f. Jarak Ordinat Belakang & 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	37.297	0.63	60.873	0.805	77.782	0.919	88.797	0.981	94.788	0.380	38.717	0.375	36.234
0.3	0.338	28.911	0.598	51.151	0.787	67.917	0.911	77.923	0.979	83.740	0.343	29.839	0.325	27.789
0.4	0.289	21.515	0.565	42.063	0.769	57.251	0.903	67.227	0.977	72.736	0.307	22.856	0.274	20.389
0.5	0.233	14.763	0.521	33.011	0.742	47.013	0.892	56.517	0.975	61.776	0.270	17.107	0.218	13.812
0.6	0.171	8.939	0.477	24.934	0.712	37.218	0.875	45.738	0.97	50.704	0.000	0.000	0.151	7.893
0.7	0.102	4.201	0.436	17.956	0.687	28.293	0.859	35.377	0.965	39.743	0.000	0.000	0.076	3.190
0.8	0.073	2.197	0.407	12.249	0.669	20.134	0.852	25.642	0.963	28.982	0.000	0.000	0.037	1.114
0.9	0.116	2.205	0.434	6.249	0.682	12.963	0.859	16.328	0.965	18.343	0.000	0.000	0.058	1.102
0.95	0.163	2.195	0.464	6.247	0.699	9.411	0.866	11.660	0.967	13.020	0.000	0.000	0.082	1.104

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	85.078	0.932	90.054	0.844	81.551	0.783	75.657	0.708	68.410	0.652	63.985	0.608	58.747	0.538	51.984	0.000	0.000
0.3	0.981	83.911	0.924	79.035	0.826	70.853	0.759	64.922	0.676	57.822	0.626	53.546	0.569	48.670	0.497	42.511	0.000	0.000
0.4	0.979	72.885	0.915	68.120	0.804	59.856	0.732	54.496	0.637	47.423	0.592	43.329	0.523	38.936	0.444	33.055	0.000	0.000
0.5	0.978	61.966	0.900	57.024	0.774	49.041	0.692	43.845	0.591	37.446	0.531	33.644	0.463	29.336	0.377	23.887	0.000	0.000
0.6	0.975	50.965	0.881	46.052	0.737	38.524	0.647	33.820	0.590	27.704	0.465	24.308	0.386	20.177	0.298	15.577	0.171	8.939
0.7	0.968	39.866	0.866	35.665	0.698	28.746	0.590	24.289	0.465	19.151	0.390	16.062	0.305	12.561	0.210	8.649	0.102	4.201
0.8	0.963	28.982	0.852	25.642	0.669	20.134	0.546	16.432	0.407	12.249	0.330	9.932	0.249	7.494	0.163	4.906	0.073	2.197
0.9	0.965	18.343	0.859	16.328	0.682	12.963	0.567	10.778	0.434	8.249	0.361	6.862	0.284	5.995	0.202	3.840	0.116	2.205
0.95	0.967	13.020	0.866	11.660	0.699	9.411	0.590	7.944	0.464	6.247	0.395	5.318	0.322	4.335	0.245	3.289	0.163	2.195

2. Ordinat Muka

Trailing Edge

r/R	20	30	40	50	60	70	80	90	100
0.2	0.364	3.962	0.041	0.105	0.087	0.083	0.087	0.087	0.087
0.3	0.312	3.189	0.033	0.087	0.068	0.068	0.068	0.068	0.068
0.4	0.259	2.416	0.025	0.068	0.050	0.050	0.050	0.050	0.050
0.5	0.199	1.256	0.013	0.045	0.034	0.034	0.034	0.034	0.034
0.6	0.129	0.000	0.000	0.016	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
0.7	0.048	0.000	0.000	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
0.9	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

Leading Edge

r/R	20	30	40	50	60	70	80	90	100
0.2	0.007	0.676	0.029	0.066	0.066	0.066	0.066	0.066	0.066
0.3	0.005	0.483	0.020	0.048	0.048	0.048	0.048	0.048	0.048
0.4	0.003	0.290	0.012	0.030	0.030	0.030	0.030	0.030	0.030
0.5	0.000	0.000	0.004	0.012	0.012	0.012	0.012	0.012	0.012
0.6	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
0.7	0.000	0.000	0.000	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
0.9	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

a. Panjang Blade Elemen Dari Centre Line ke Leading Edge ( $h_D$ )

r/R (1)	$h_D/D$ (2)	$h_D$ (3)
0.2	0.116	306.240
0.3	0.129	340.560
0.4	0.136	359.040
0.5	0.137	361.680
0.6	0.132	348.480
0.7	0.118	311.520
0.8	0.092	242.880
0.9	0.051	134.640
0.95	0.020	52.800
1.00	-0.053	-139.920

d. Jarak Ordinate Maksimum dari Leading Edge ( $h_r$ )

r/R (1)	$h_r/C$ (2)	$h_r$ (3)
0.2	0.350	192.192
0.3	0.387	246.225
0.4	0.420	291.614
0.5	0.450	327.888
0.6	0.475	349.866
0.7	0.493	350.109
0.8	0.500	318.120
0.9	0.500	242.880
0.95	0.500	178.200
1.00	0.500	0.000

b. Panjang Total Blade Elemen ( $C$ )

r/R (1)	$C/D$ (2)	$C$ (3)
0.2	0.208	549.120
0.3	0.241	636.240
0.4	0.263	694.320
0.5	0.276	728.640
0.6	0.279	736.560
0.7	0.269	710.160
0.8	0.241	636.240
0.9	0.184	485.760
0.95	0.135	356.400
1.00	0.000	0.000

e. Ketebalan Blade Maksimum Pada Ordinate ( $t$ )

r/R (1)	$t/D$ (2)	$t$ (3)
0.2	0.0366	96.624
0.3	0.0324	85.536
0.4	0.0282	74.448
0.5	0.0240	63.360
0.6	0.0198	52.272
0.7	0.0156	41.184
0.8	0.0114	30.096
0.9	0.0072	19.008
0.95	0.0051	13.464
1.00	0.0030	7.920

c. Panjang Blade Elemen Dari Centre Line ke Trailing Edge ( $h_{TE}$ )

r/R (1)	$h_{TE} = C - h_D$ (2)
0.2	242.880
0.3	295.680
0.4	335.280
0.5	366.960
0.6	388.080
0.7	398.640
0.8	393.360
0.9	351.120
0.95	303.600
1.00	139.920

# KURVA DAYA MESIN DAN BALING-BALING

