

## BAB II

### PERENCANAAN PERHITUNGAN MOTOR INDUKSI DAN BALING

#### BALING KAPAL TUG BOAT 2 X 850 HP

## II.1 PERHITUNGAN DAYA MESIN

### II.1.1 Hambatan Kapal.

Di dalam Primater kehidupan di laut Kapal yang berlayar di ibaratkan 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)

#### 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). 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.

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. 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 *Harvald terjemahan Sutomo Jusuf* (1992:95 - 134).

### II.1.2 Diagram Guldhammer dan Harvald

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

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

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

Dalam hal ini koefisien hambatan totalnya adalah :

$$C_T = C_R + C_F + C_A$$

Dimana :

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

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

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

Atau dapat diambil dari diagram menurut ITTC 1957 dalam *Harvald* (1992:129), dimana koefisien hambatan gesek  $C_F$  sebagai fungsi panjang kapal  $L$  dan kecepatan  $V$ .

Penambahan hambatan tersebut harus dicari dengan mengalikan penyimpangan LCB dari harga  $LCB_{\text{standar}}$ , yaitu :

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

Dengan faktor  $\partial 10^3 C_R / \partial LCB$ , dari grafik koreksi koefisien hambatan sisa dalam *Harvald* (1992:130) 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 *Harvald* (1992:130). 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  $L/\nabla^{1/3}$  dan ITTC-57 dalam *Harvald* (1992) 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 :

<b>Badan depan</b>	<b>ekstrem U</b>	<b>ekstrem V</b>
	- 0,1	+ 0,1
<b>Badan belakang</b>	<b>ekstrem U</b>	<b>ekstrem V</b>
	+ 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 :	$L \leq 100 \text{ m,}$	$10^3 C_A = 0,40$
	$L = 150 \text{ m}$	$10^3 C_A = 0,20$
	$L = 200 \text{ m}$	$10^3 C_A = 0$
	$L = 250 \text{ m}$	$10^3 C_A = -0,20$
	$L \geq 300 \text{ m}$	$10^3 C_A = -0,30$

- **Koreksi Anggota Badan Kapal**

Koreksi pada anggota badan kapal, digunakan rumus sebagai berikut :

$$C_F' = C_F \frac{S_1}{S}$$

Dimana : S = Luas permukaan basah badan kapal dan

S<sub>1</sub> = Permukaan basah badan dan anggota badan kapal

- **Koreksi Hambatan Udara dan Kemudi**

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

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

### ii.1.3 Ukuran Utama Kapal Rancangan :

Panjang garis tegak	L <sub>pp</sub>	=	28,00 m
Panjang antara Garis Air	L <sub>wl</sub>	=	30,3 m
$\sqrt{g \times L}$		=	17,24 m/s
Lebar kapal	B	=	9,7 m
Sarat air kapal	T	=	3,0 m
Displasemen	Δ	=	533,66 Ton
Volume displasemen	∇	=	520,649 m <sup>3</sup>
Ratio Lebar - Sarat	B/T	=	3,23
Koefisien Blok	C <sub>b</sub>	=	0,59
Koefisien penampang tengah	C <sub>m</sub>	=	0,919
Koeffisien prismatic	C <sub>p</sub>	=	0,643
Ratio panjang - volume displ.	L/∇ <sup>1/3</sup>	=	3,766
Permukaan basah	S	=	344,694 m <sup>2</sup>
Posisi titik tekan memanjang	LCB	=	- 0,878
		=	-2,898%
			di belakang ⊗

#### II.1.4 Perhitungan Hambatan Kapal pada Kecepatan 12,5 Knot

$$1. \quad F_n = \frac{V_s}{\sqrt{g \times L}} \quad (\text{Referensi no.3, hal 134})$$

dimana :

$$\begin{aligned} V_s &= \text{kecepatan kapal (m/dt)} \\ &= 12,5 \times 0,5144 \end{aligned}$$

$$V_s = 6,430 \text{ m/dt}$$

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

$$\begin{aligned} L &= \text{Panjang kapal (m)} \\ &= 28,00 \text{ m} \end{aligned}$$

maka :

$$\begin{aligned} F_n &= \frac{6,430}{\sqrt{9,81 \times 28}} \\ &= 0,38 \end{aligned}$$

$$2. \quad V_s = 12,5 \text{ Knot}$$

$$3. \quad V_s = 6,430 \text{ m/dt}$$

$$\begin{aligned} 4. \quad V_s^2 &= (6,430)^2 \\ &= 41,345 \text{ m}^2/\text{dt}^2 \end{aligned}$$

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

dimana :

$$\rho = \text{massa jenis (kg dt}^2/\text{m}^4\text{)}$$

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

S = Luas permukaan bidang basah dari Hydrostatic Curve

$$= 344,694 \text{ m}^2$$

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

$$= \frac{1}{2} \times 104,5 \times 344,694 \times 41,345$$

$$= 744632,461 \text{ kg}$$



6. Residual Coefficient ( $10^3 C_R$ )

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

Diketahui :  $L_{pp} = 28,00 \text{ m}$   
 $\nabla = 520,649 \text{ m}^3$   
 $L/\nabla^{1/3} = 3,766$

$L/\nabla^{1/3} = 4,0$	$F_n = 0,373$	$10^3 C_R = 6,580$
$L/\nabla^{1/3} = 4,5$	$F_n = 0,373$	$10^3 C_R = 6,288$
$L/\nabla^{1/3} = 3,766$	$F_n = 0,373$	$10^3 C_R = \dots\dots$

$$10^3 C_R = \frac{6,580 + (3,766 - 4,0) (6,288 - 6,580)}{(4,5 - 4,0)} = 6,744$$

7. Koreksi B/T

$$\begin{aligned} B/T &= 9,7 / 3,0 \\ &= 3,233 \\ B/T &> 2,5 \text{ maka koreksi ;} \\ &= 0,16 (B/T - 2,50) \\ &= 0,16 (3,22 - 2,5) \\ &= 0,117 \end{aligned}$$

8. Koreksi LCB (Referensi no.3, hal 130)

$$\begin{aligned} LCB_{\text{standar}} &= 0,300 \% \\ \Delta LCB &= LCB - LCB_{\text{standar}} \text{ (LCB dalam \%)} \\ \Delta LCB &= -2,898 - 0,300 \\ \Delta LCB &= -3,198 \% \end{aligned}$$

maka koreksi LCB

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

$$= 0,450 \times |-3,198|$$

$$= 1,50$$

9. Koreksi Garis Penampang Bentuk Depan dan Belakang Menurut ( Referensi no.3, hal 131 ) adalah :

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

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

Karena kurva tahanan ( yang diperoleh dari Gambar 5,5,7 dan 5,5,8 dalam harvald terjemahan sutomo jusuf, 1992 ) dianggap berlaku untuk yang 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 )

10. Koreksi Bentuk Haluan

$$\text{Koreksi } C_R = 0$$

( karena bentuk haluan kapal yang di rancang tidak menggunakan Bulbous Bow )

11. Koreksi anggota badan:

- Bush baling-baling	= 3 % ~ 5 %
	= 3 % x $C_R$
	= 3 % x 6,744
	= 0,337
- Shaft Bracket	= 5 % ~ 8 %
	= 5 % x $C_R$
	= 5 % x 6,744
	= 0,540

- Lunas Bilga = 0 % (tidak ada koreksi)

- Daun kemudi = 0 % (tidak ada koreksi)

12. Resultan  $10^3 C_R$

$$10^3 C_R = (6) + (7) + (8) + (9) + (10) + (11)$$

$$10^3 C_R = 6,744 + 0,117 + 2,656 + 0 + 0 (0,337 + 0,540) \\ = 10,495$$

13.  $10^5 R_n$

$$= \frac{V \times L}{v}$$

$$= \frac{6,430 \times 28}{0,867 \times 10^{-6}}$$

$$= 224,716$$

$$L_1 = \frac{1,188}{0,867} \times 28 = 41,52 \text{ m}$$

14.  $10^3 C_F$  dari gambar 5,5,14 menurut ITTC – 1957 dalam Harvald, 1992.

$$L = 41,52 \quad V = 6,0 \quad \text{m/dt}^2 \quad 10^3 C_F = 1,880$$

$$L = 41,52 \quad V = 8,0 \quad \text{m/dt}^2 \quad 10^3 C_F = 1,830$$

$$L = 41,52 \quad V = 6,430 \quad \text{m/dt}^2 \quad 10^3 C_F = \dots\dots$$

$$10^3 C_F = 1,880 + \frac{(6,430 - 6,00)}{(8,000 - 6,000)} (1,830 - 1,880)$$

$$= 1,869$$

15. Koreksi  $C_F$

( Referensi no.3, hal 132 )

$$\begin{aligned}10^3 C_F &= \frac{S^1}{S} 10^3 C_F \\ &= 344,694 / 344,694 \times 1,869 \\ 10^3 C_F &= 1,869\end{aligned}$$

16.  $10^3 C_A$  ( tahanan tambahan ) ( Referensi no.3, hal 132 )

$$\begin{aligned}\text{Untuk } L \leq 100 \text{ m} \quad 10^3 C_A &= 0.4 \\ C_A &= 0.4 \times 10^3\end{aligned}$$

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. Kelonggaran Dinas ( sea margin ) rata – rata pelayaran asia timur 15 % - 20 %

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

$$\begin{aligned}10^3 C_T &= C_R + C_F + C_A + C_{AA} + C_{AS} \\ 10^3 C_T &= (12) + (15) + (16) + (17) + (18) \\ &= 10,4995 + 1,869 + 0.4 + 0.07 + 0,04 \\ &= 12,874\end{aligned}$$

21. Hambatan Total (  $R_T$  )

$$\begin{aligned}R_T &= C_T (1/2 \rho \cdot V^2 \cdot S) \\ &= 12,874 \cdot 10^{-3} \times ( 774634,26 ) \\ R_T &= 9586,42 \text{ kg} \\ &= 9,586 \text{ Ton}\end{aligned}$$

### II.1.5 Perhitungan efektif Horse Power ( EHP )

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

$$\begin{aligned} \text{EHP} &= \frac{V_s \times R_T}{75} \\ &= \frac{7,716 \times 9586,42}{75} \end{aligned}$$

$$\text{EHP} = 986,29 \text{ HP}$$

### II.1.6 Perhitungan Shaft Horse Power

1. Wake fraction ( Taylor )

$$\begin{aligned} w &= -0,20 + (0,55 \times C_b) \\ &= -0,20 + (0,55 \times 0,59) \\ &= 0,125 \end{aligned}$$

2. Advance Velocity (  $V_a$  )

$$\begin{aligned} V_a &= (1 - w) \times V_s \\ &= (1 - 0,125) 12,5 \\ &= 10,937 \text{ knot} \end{aligned}$$

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

$$t = k \times W$$

dimana :  $k = 0,7 - 0,9$  diambil  $k = 0,9$

$$\begin{aligned} t &= 0,9 \times 0,125 \\ &= 0,112 \end{aligned}$$

4. Penentuan gaya dorong (  $s$  )

$$\begin{aligned} s &= R_T / (1-t) \\ &= 8586,42 / (1-0,112) \\ &= 10795,518 \text{ Kg} \\ &= 105904,03 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 5. \quad \eta_H &= \frac{1-t}{1-w} \\
 &= \frac{1-0,112}{1-0,125} \\
 &= 1,014
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \eta_H &= \text{Efisiensi Lambung kapal} \\
 &= 1,014
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \eta_H &= \text{Efisiensi Rotary relatif} \\
 &= 1,000
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \eta_{pc} &= \text{Efisiensi Baling – baling } 0,55 - 0,60 \\
 &= 0,58
 \end{aligned}$$

Propulsive Coefficient ( $P_c$ )

$$\begin{aligned}
 P_c &= \eta_h \times \eta_{rr} \times \eta_p \\
 P_c &= 1,014 \times 1,00 \times 0,58 \\
 &= 0,588
 \end{aligned}$$

6. Shaft Horse Power ( SHP )

$$\begin{aligned}
 \text{SHP} &= \text{EHP} / P_c \\
 &= 986,29 / 0,588 \\
 &= 1397,741 \text{ HP} \\
 &= 1028,73 \text{ Kw}
 \end{aligned}$$

### II.1.7 Penentuan Brake Horse Power ( BHP )

Untuk itu ditambahkan factor keamanan sebagai berikut :

3% koreksi pemakaian gear box

5% koreksi letak kamar mesin ditengah

15% Sea margin

$$\begin{aligned}
 \text{BHP}_{\text{NCR}} &= ( 23\% \times \text{SHP} ) + \text{SHP} \\
 &= ( 23\% \times 1397,741 ) + 1397,741 \\
 &= 1719,221 \text{ HP} \\
 &= 1265,346 \text{ Kw}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{BHP}_{\text{NCR}} &= 1719,221 / 2 \\ &= 859,610\text{HP} \\ &= 632,673 \text{ Kw} \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} \text{BHP}_{\text{MCR}} &= \text{BHP}_{\text{NCR}} / 0,9 \\ &= 1719,221 / 0,9 \\ &= 1910,245 \text{ HP} \\ &= 1405,94\text{Kw} \end{aligned}$$



Dari tabel hasil perhitungan hambatan dengan menggunakan metode Harvald, maka dapat ditentukan besarnya daya mesin yang digunakan untuk kapal rancangan. Dimana besarnya daya mesin dan dimensi mesin yang dipilih adalah sebagai berikut :

- Merk : MAN B & W
- Tipe : L 20 / 27
- Daya : 855 HP / 630 KW
- Putaran Mesin : 900 rpm
- Putaran Baling-Baling : 407,239 rpm
- Bore x Stroke : 150mm x 180mm
- Ukuran : Panjang x Lebar x Tinggi  
2450 mm x 1350 mm x 1950 mm
- Berat Mesin : 6.6 Ton
- Jumlah : 2 buah
- SFOC : 200 gr / kwh
- SLOC : 1,2 gr / kwh



## II.2 Penentuan Ukuran Utama Baling – Baling Kapal

### II.2.1 Propulsi Kapal.

Baling – baling adalah suatu alat yang dapat menggerakkan kapal dan yang dapat menghasilkan daya dorong yang melebihi hambatan tolak kapal, sehingga dapat bergerak dengan kecepatan yang di rencanakan. Sebagai mana mestinya dan sebagai alat penggerak kapal, kondisi kerja baling – baling di pengaruhi dengan beberapa factor seperti : hubungan kerjanya dengan lambung kapal, pengaruh kavitasi, bentuk dan ukuran geometris baling baling tersebut.

Kapal yang sedang berlayar yang 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 di laluinya. Gaya yang menahan tersebut harus di atasi dengan gaya dorong ke depan yang di berikan oleh suatu mekanisme penghasil gaya dorong. Mekanisme demikian adalah baling – baling. Baling – baling 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.

Sistim propulsi yang terdiri dari ( Baling – baling kapal ), mesin penggerak dan lambung kapal ( Hull & Machinery ) harus di rancang dengan se efisien mungkin, Maka dari itu jumlah energi yang di perlukan untuk gaya dorong kapal harus kecil atau sekecil mungkin. Sementara itu, kapal harus mempunyai kemampuan olah gerak dan unjuk kerja yang baik.

Adapun beberapa hal yang mempengaruhi 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.

#### Perencanaan Baling - Baling Kapal

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

##### 1. Faktor Arus Ikut ( $\omega$ )

Menurut Taylor untuk Kapal Twins Screw adalah :

$$\begin{aligned}\omega &= -0,20 + (0,55 \times C_b) \\ &= -0,20 + (0,55 \times 0,59) \\ &= 0,125\end{aligned}$$

##### 2. Faktor Pengisapan ( $t$ )

$$T = k \times w$$

$$\begin{aligned}\text{Dimana } k &= 0,7 - 0,9 \\ &= 0,9 \times w \\ &= 0,9 \times 0,125 \\ &= 0,1125\end{aligned}$$

##### 3. penentuan Harga Delivery Horse Power.

- Letak kamar mesin

Letak kamar mesin di tengah, koreksi = - 5 %

- Koreksi Daya ke metric

$$\text{Koreksi HP ke metric} = \frac{75}{76}$$

- Koreksi air tawar ke air laut

$$\text{Sebesar} = \frac{1,000}{1,025}$$

$$\begin{aligned}
 \text{DHP} &= \text{BHP} - \text{Harga Koreksi} \\
 &= (850 - 5\%) \times \frac{75}{76} \times \frac{1,000}{1,025} \\
 &= 818,308 \text{ HP}
 \end{aligned}$$

4. Diameter Baling baling Tentative ( D )

$$\begin{aligned}
 D &= 0,7 \times T \\
 &= 0,7 \times 3,00 \\
 &= 2,1 \text{ M}
 \end{aligned}$$

5. Advance Velocity ( Va ) ( Referensi fig. 3, hal 259 )

$$\begin{aligned}
 V_a &= (1 - w) \times V_s \\
 &= (1 - 0,125) \times 12,5 \\
 &= 5,626 \text{ m/det}
 \end{aligned}$$

6. Jumlah Putaran Baling-Baling (N)

Akibat adanya wake fraction, thrust deduction, gesekan pada bantalan poros dan penempatan dari mesin induk akan mengurangi putaran mesin yang sampai ke baling-baling.

$$\begin{aligned}
 N &= \text{Rpm} / 2,21 \\
 &= 900 / 2,21 \\
 &= 407,239 \text{ Rpm} \\
 &= 6,787 \text{ rps}
 \end{aligned}$$

7. Penentuan Jumlah Baling - Baling

- Bila harga koefisien  $K'd \leq 2$  atau  $K'n \geq 1.0$  ; maka disarankan memilih jumlah daun  $Z = 3$
- Bila harga koefisien  $K'd \leq 2$  atau  $K'n \leq 1.0$  ; maka disarankan memilih jumlah daun  $Z = 4$

Untuk kapal rancangan :

$$\begin{aligned}
 K'd &= D \times v_e \times \sqrt{\rho/S} \\
 &= 2,1 \times 5,626 \times \sqrt{104,5/10795,518} \\
 &= 1,044
 \end{aligned}$$

dimana :

$$\begin{aligned}
 D &= \text{diameter Propeller Tentative} = 2,1 \text{ m} \\
 \rho &= \text{massa jenis air laut} = 104,5 \text{ kg dt}^2/\text{m}^4 \\
 S &= \text{gaya dorong Propeller} = 10795,518 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 K'n &= \frac{V_e}{\sqrt{n}} \times \sqrt{\frac{\rho}{S}} \\
 &= \frac{5,626}{\sqrt{6,787}} \times \sqrt{\frac{104,5}{10795,518}}
 \end{aligned}$$

$$K'n = 0,178$$

Karena  $K'd \leq 2$  dan  $K'n \leq 1,0$  : maka dipilih baling - baling berdaun 4 untuk kapal rancangan.

7. Diameter Optimum, Pitch Ratio, dan Propeller Efficiency menurut ( Referensi no.3, hal 245 ) adalah :

a. Koefesien baling baling

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

$$\text{dimana : } N = \text{Putaran baling-baling} = 407,239 \text{ rpm}$$

$$V_a = \text{Advance Speed} = 11,1125 \text{ knot}$$

$$P = \text{Delivery Horse Power} = 813,308 \text{ HP}$$

$$\begin{aligned}
 Bp &= \frac{407,239 \times 813,308^{0,5}}{11,1125^{2,5}} \\
 &= 32,46 \text{ rpm.Hp/Knot}
 \end{aligned}$$

Dari diagram  $B_p - \delta$  untuk nilai  $B_p = 32,46$  maka didapat data - data pada Advanced Coefficient (  $\delta$  ) dari beberapa tingkat yaitu :

Untuk series B4-40 ;  $\delta = 228$

Untuk series B4-55 ;  $\delta = 237$

Untuk series B4-70 ;  $\delta = 213$

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

Untuk series B4-40 ;  $\delta K = 228 - 5\% = 227,95$

Untuk series B4-55 ;  $\delta K = 245 - 5\% = 236,95$

Untuk series B4-70 ;  $\delta K = 255 - 5\% = 212,95$

b. Diameter Optimum (  $D_o$  )

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

Untuk series B4-40 ;  $D_o = 1,68 \text{ M}$

Untuk series B4-55 ;  $D_o = 1,71 \text{ M}$

Untuk series B4-70 ;  $D_o = 1,54 \text{ M}$

c. Pitch Ratio (  $H_o/D$  )

Dari harga (  $\delta$  ) yang telah di koreksi, dapat di peroleh harga Pitch Ratio (  $H_o/D$  ) pada diagram  $B_p - \delta$  sesuai dengan pembebanan :

Untuk series B4-40 ;  $H_o/D = 0,650$

Untuk series B4-55 ;  $H_o/D = 0,620$

Untuk series B4-70 ;  $H_o/D = 0,780$

d. Propeller Efficiency ( $\eta_p$ )

Dari diagram  $B_p - \delta$  juga dapat di peroleh untuk efisiensi baling baling kapal yaitu :

Untuk series B4-40 ;  $\eta_p = 57,5 \%$

Untuk series B4-55 ;  $\eta_p = 56,3 \%$

Untuk series B4-70 ;  $\eta_p = 55,2 \%$

### II.2.1 Perhitungan kavitasi

Untuk mengatasi atau mengurangi resiko kerusakan pada baling baling yang berakibatkan kavitasi, maka perlu di rancang bentuk dan di mensi 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 di adakan suatu perhitungan perhitungan yang dapat menentukan baling baling itu sendiri terhadap kavitasi. Di karenakan sering menguapnya zat cair yang sedang mengalir, oleh karena berkurangnya suatu tekanan suatu tekanan sampai di bawah tekanan uap jenuhnya dimana berlangsung pada saat zat cair mengalir ke daerah baling baling kapal. Jika mengalami proses kavitasi maka terdengar suara yang berisik dan timbulnya getaran getaran pada baling baling sehingga unjuk kerja pada baling baling tersebut tidak optimum.

a. konstanta Kavitasi menurut ( Referensi no. 3, hal 199 ) adalah

$$\sigma_{0.7 R} = \frac{(P - P_v) - (0,7 \times D/2 \times \gamma)}{\frac{1}{2} \times \rho [V a^2 + (0,7 \times \pi \times D \times n)^2]}$$

dimana :

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

$D$  = Diameter baling baling ( M )

$P$  = Kerapatan air laut =  $104,5 \text{ Kg s}^2/\text{m}^4$

$V_a$  = Advanced of speed = 11,1125 Knot

$N$  = Putaran baling baling per detik = 7,788 rps

b. Tekanan static baling baling

$$P_o = atm + p g ( T - h_1 + h_2 )$$

Ttekanan pada sumbu baling baling adalah ;

Draft  $T = 3,000 \text{ M}$

Tinggi poros baling baling  $h = 1,000 \text{ M}$

Tinggi gelombang (  $0,75 \times L_{pp}$  )  $h_2 = 0,21 \text{ M}$

$p$  = berat jenis air laut =  $104,5 \text{ Kgdet}^2/\text{m}^4$

$g$  = gravitasi =  $9,81 \text{ m/det}^2$

Tekanan udara =  $10326,20 \text{ Kg/m}^2$

$$P_o = 10326,20 + ( 104,5 \times 9,81 ( 3 - 1 + 0,21 ) ) \\ = 12599 \text{ kg/m}^2$$

Untuk series B4-40 dngan  $D_o = 1,68 \text{ m}$

$$\sigma_{0.7 R} = \frac{12599 - (0,7 \times 1,68 / 2 \times 1,025)}{1 / 2 \times 104,5 \left[ (11,1125)^2 + (0,7 \times 3,14 \times 1,68 \times 7,788)^2 \right]} \\ = 0,253$$

Untuk series B4-55 dngan  $D_o = 1,71 \text{ m}$

$$\sigma_{0.7 R} = \frac{12599 - (0,7 \times 1,71 / 2 \times 1,025)}{1/2 \times 104,5 \left[ (11,1125)^2 + (0,7 \times 3,14 \times 1,71 \times 7,788)^2 \right]}$$

$$= 0,245$$

Untuk series B4-70 dengan  $D_o = 1,54$  m

$$\sigma_{0.7 R} = \frac{12599 - (0,7 \times 1,54 / 2 \times 1,025)}{1/2 \times 104,5 \left[ (11,1125)^2 + (0,7 \times 3,14 \times 1,54 \times 7,788)^2 \right]}$$

$$= 0,294$$

c. Koefisien Gaya Dorong

Untuk series B4-40 ; dengan  $D_o = 1,68$  M didapat  $\sigma_c = 0,125$

Untuk series B4-55 ; dengan  $D_o = 1,81$  M didapat  $\sigma_c = 0,130$

Untuk series B4-70 ; dengan  $D_o = 1,88$  M didapat  $\sigma_c = 0,140$

d. Projected Blade Area

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

dimana :

T = Thrust = 15197,642 kg – 149038,87 N

$\sigma_c$  = Koefisien gaya dorong

D = Diameter baling-baling (m)

P = Kerapatan air laut = 104,5 kg s<sup>-3</sup>

V<sub>a</sub> = Advanced of speed = 11,1125 Knot

N = Putaran baling-baling per detik = 7,788 rps

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

$$F_p / F_a = \text{Expanded area of the blade / disc area of the screw}$$

$$= 0,400$$



Disc area of the screw

$$\begin{aligned} F &= \pi / 4 \times D^2 \\ &= 3,14/4 \times (1,68)^2 \\ &= 2,215 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Developed blade area

$$\begin{aligned} F_a &= 2,215 \times 0,40 \\ &= 0,886 \end{aligned}$$

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

$$\text{dengan Ho/D} = 0,65$$

$$F_p / F_a = 0,918$$

Projected area of the blade

$$\begin{aligned} F_p &= 0,918 \times 0,886 \\ &= 0,813 \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} F_p / F_a &= \text{Expanded area of the blade / disc area of the screw} \\ &= 0,55 \end{aligned}$$

Disc area of the screw

$$\begin{aligned} F &= \pi / 4 \times D^2 \\ &= 3,14/4 \times (1,71)^2 \\ &= 2,295 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Developed blade area

$$\begin{aligned} F_a &= 0,55 \times 2,295 \\ &= 1,262 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} F_p / F_a &= 1,067 - 0,229 \cdot (0,62) \\ &= 0,925 \end{aligned}$$

Projected area of the blade

$$\begin{aligned} F_p &= 0,925 \times 1,262 \\ &= 1,169 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

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

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

Disc area of the screw

$$\begin{aligned} F &= \pi / 4 \times D^2 \\ &= 3,14 / 4 \times (1,54)^2 \\ &= 1,861 \end{aligned}$$

Developed blade area

$$\begin{aligned} F_a &= 0,70 \times 1,861 \\ &= 1,302 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} F_p / F_a &= 1,067 - 0,229 \cdot (H_o / D) \\ &= 1,067 - 0,229 \cdot (0,78) \\ &= 0,888 \end{aligned}$$

Projected area of the blade

$$\begin{aligned} F_p &= 0,888 \times 1,302 \\ &= 1,156 \end{aligned}$$

Dengan berdasarkan rumus mencari harga  $F_p$  maka didapat :

Untuk series B4-40 ; dengan  $D_o = 1,68$  m dan  $\sigma_c = 0,125$

Maka harga  $F_p$  berdaarkan rumus = 2,44

Untuk series B4-55 ; dengan  $D_o = 1,71$  m dan  $\sigma_c = 0,130$

Maka harga  $F_p$  berdaarkan rumus = 2,28

Untuk series B4-70 ; dengan  $D_o = 1,54$  m dan  $\sigma_c = 0,140$

Maka harga  $F_p$  berdaarkan rumus = 2,53

Tabel. No. 1

Penentuan model propeller

	Do	$\sigma_{0.7}$	$\sigma_c$	Fp	Fp/Fa
SeriesB 4 – 40	1,68	0,253	0,125	2,44	0,918
SeriesB 4 – 55	1,71	0,255	0,130	2,28	0,925
SeriesB 4 – 70	1,54	0,294	0,140	2,53	0,988

Tabel. No. 2

	Fa/F	F	Fa	Fp
SeriesB 4 – 40	0.40	2,215	0,886	0,813
SeriesB 4 – 55	0.55	2,245	1,262	1,169
SeriesB 4 – 70	0.70	1,861	1,302	1.156

Berdasarkan dari hasil tabeael perhitungan, maka dapat ditentukan blade area ratio optimum pasa propeller yang direncanakan. Dikarenakan efisiensi tertinggi terletak pada diagram Bp- $\delta$  series B4-40 maka pada absisnya didapatkan  $F_a / F = 0,40$ . Dan sfesifikasi Propeller yang akan direncanakan dalaam ketetrangannya adalah sebagai berikut :

- Type propeller = B4-40
- Diameter propeller ( D ) = 1,68
- Pitch Ratio Propeller = 0,78
- Blade Area Ratio Propeller (  $F_a / F$  ) = 0,65
- Effisiensi Propeller (  $\eta_p$  ) = 57,5

### II.3 Perhitungan poros Baling - baling

#### II.3.1 Diameter poros propeller

Berdasarkan ( Referensi no.2, hal 4 – 1 ) maka besar poros propeller

$$D = F \times k \times \sqrt[3]{\left( \frac{P_w}{n \times (1 - d_i/d_a)^4} \right)} \times C_w$$

Dimana :

F = Faktor untuk instalasi ppulsi = 100

K = Faktor type dari poros = 1,26

P<sub>w</sub> = Daya pada poro = 630 Kw

N = Putaran poros = 407,239 Rpm

C<sub>w</sub> = Factor 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>

$$C_w = 560 / 568 + 160$$

$$= 0,77$$

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

Maka :

$$D = 100 \times 1,26 \times \sqrt[3]{\left( \frac{630}{(407,239 \times 1,00)} \right)} \times 0,77$$

$$= 0,1273 \text{ m}$$

$$= 127,3 \text{ mm}$$

### II.3.2 Diameter Poros antara

Untuk menentukan diameter poros antara adalah :

$$F = 95$$

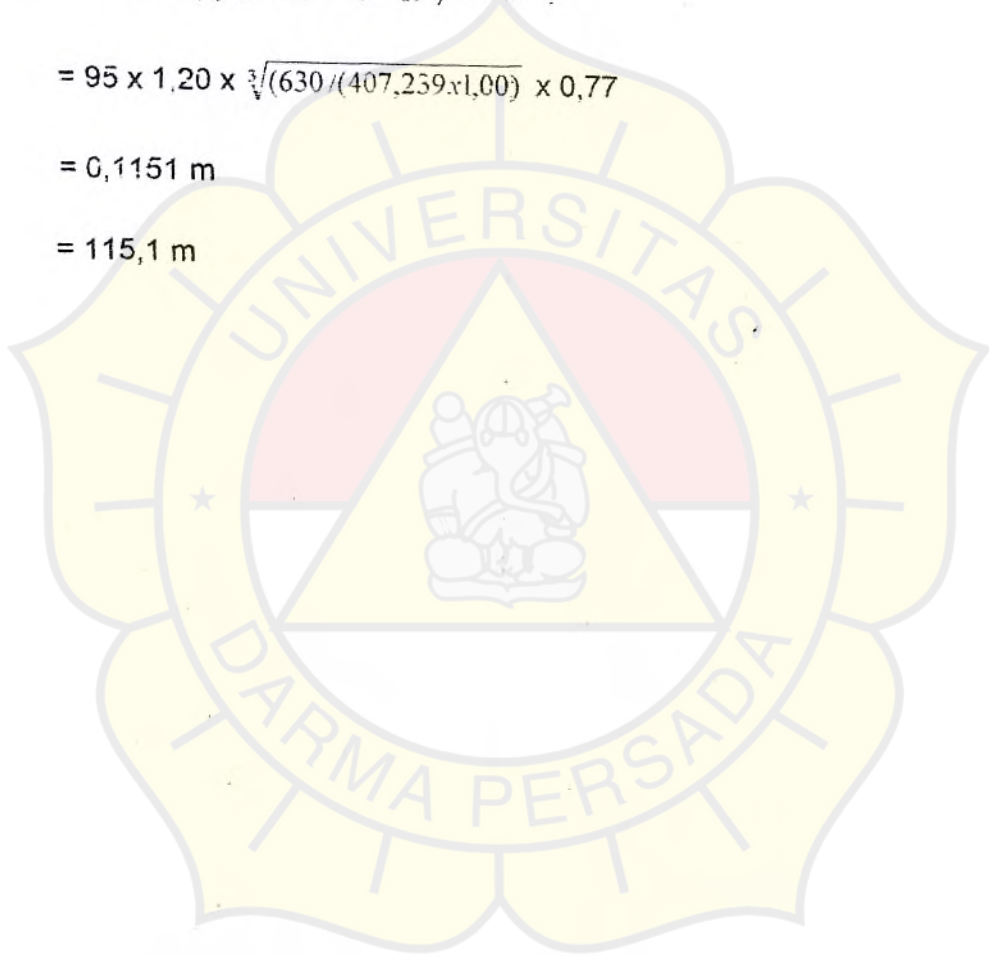
$$K = 1,20$$

$$D = F \times k \times \sqrt[3]{\left(\frac{p_w}{n \times (1 - d_i/d_o)^4}\right)} \times C_w$$

$$= 95 \times 1,20 \times \sqrt[3]{(630 / (407,239 \times 1,00))} \times 0,77$$

$$= 0,1151 \text{ m}$$

$$= 115,1 \text{ m}$$



f. Jarak Ordinat Belakang & Muka Dari Ordinate Maksimum  
1. Ordinate Belakang

Trailing Edge		TE		80		60		40		20		Y1		Y2	
r/R	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
0.2	0.386	24.592	0.63	40.121	0.805	51.266	0.919	58.526	0.981	62.474	0.380	24.200	0.375	23.882	
0.3	0.338	19.055	0.568	33.743	0.787	44.368	0.911	51.359	0.979	55.192	0.343	19.337	0.335	18.322	
0.4	0.289	14.181	0.565	27.723	0.769	37.733	0.903	44.308	0.977	47.939	0.307	15.084	0.274	13.445	
0.5	0.233	9.730	0.521	21.757	0.742	30.986	0.892	37.250	0.975	40.716	0.270	11.275	0.218	9.104	
0.6	0.171	5.891	0.477	16.434	0.712	24.530	0.875	30.143	0.97	33.418	0.000	0.000	0.151	5.202	
0.7	0.102	2.769	0.438	11.835	0.687	18.648	0.859	23.317	0.965	26.184	0.000	0.000	0.076	2.063	
0.8	0.073	1.448	0.407	8.073	0.669	13.270	0.852	16.900	0.963	19.102	0.000	0.000	0.037	0.734	
0.9	0.116	1.453	0.434	5.437	0.682	8.544	0.859	10.762	0.965	12.090	0.000	0.000	0.058	0.727	
0.95	0.163	1.446	0.464	4.118	0.699	6.203	0.866	7.685	0.967	8.501	0.000	0.000	0.082	0.728	

Leading Edge

Leading Edge		20		40		60		70		80		85		90		95		LE	
r/R	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
0.2	0.984	62.665	0.932	59.353	0.844	53.749	0.783	49.865	0.702	45.088	0.662	42.159	0.608	38.720	0.538	34.262	0.000	0.000	0.000
0.3	0.981	55.305	0.924	52.091	0.826	46.567	0.759	42.789	0.676	38.110	0.626	35.291	0.569	32.078	0.497	28.019	0.000	0.000	0.000
0.4	0.979	48.038	0.915	44.897	0.804	39.451	0.732	35.918	0.637	31.256	0.582	28.558	0.523	25.663	0.444	21.786	0.000	0.000	0.000
0.5	0.978	40.841	0.900	37.584	0.774	32.322	0.692	28.898	0.591	24.680	0.531	22.175	0.463	19.335	0.377	15.744	0.000	0.000	0.000
0.6	0.975	33.591	0.881	30.352	0.737	25.391	0.647	22.290	0.530	18.260	0.465	16.020	0.386	13.298	0.298	10.267	0.171	5.891	0.000
0.7	0.968	26.275	0.866	23.507	0.698	18.947	0.580	16.015	0.465	12.622	0.390	10.586	0.305	8.279	0.210	5.700	0.102	2.769	0.000
0.8	0.963	19.102	0.852	16.900	0.669	13.270	0.546	10.830	0.407	8.073	0.330	6.546	0.249	4.939	0.163	3.233	0.073	1.448	0.000
0.9	0.965	12.090	0.859	10.762	0.682	8.544	0.567	7.103	0.434	5.437	0.361	4.523	0.284	3.558	0.202	2.531	0.116	1.453	0.000
0.95	0.967	8.581	0.866	7.685	0.699	6.203	0.580	5.236	0.464	4.118	0.395	3.505	0.322	2.857	0.245	2.174	0.163	1.446	0.000

2. Ordinat Muka

Trailing Edge

r/R	TE	mm	80	mm	60	mm	40	mm	20	mm
0.2	0.364	23.181	0.210	13.314	0.105	6.687	0.041	2.611	0.006	0.573
0.3	0.312	19.869	0.178	11.336	0.087	5.541	0.033	2.102	0.007	0.446
0.4	0.259	16.494	0.139	8.852	0.068	4.331	0.025	1.592	0.005	0.318
0.5	0.199	12.673	0.100	6.368	0.045	2.885	0.013	0.828	0.003	0.191
0.6	0.129	8.215	0.050	3.184	0.016	1.019	0.000	0.000	0.000	0.000
0.7	0.048	3.057	0.013	0.826	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	0.446	0.029	1.847	0.066	4.203	0.094	5.986	0.132	8.436	0.157	9.998	0.190	12.100	0.237	15.093	0.000	0.000
0.3	0.005	0.318	0.020	1.274	0.048	3.057	0.070	4.458	0.100	6.368	0.121	7.706	0.149	9.489	0.192	12.227	0.000	0.000
0.4	0.003	0.191	0.012	0.764	0.030	1.911	0.045	2.865	0.067	4.267	0.084	5.349	0.108	6.878	0.146	9.298	0.000	0.000
0.5	0.000	0.000	0.004	0.255	0.012	0.764	0.021	1.337	0.037	2.356	0.045	2.866	0.068	4.331	0.101	6.432	0.000	0.000
0.6	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.600	0.003	0.191	0.012	0.734	0.020	1.274	0.034	2.165	0.058	3.694	0.129	8.215
0.7	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.127	0.004	0.255	0.012	0.764	0.048	3.057
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

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	201.840
0,3	0.129	224.460
0,4	0.136	236.640
0,5	0.137	238.380
0,6	0.132	229.680
0,7	0.118	205.320
0,8	0.092	160.080
0,9	0.051	63.740
0,95	0.020	34.800
1,00	-0.053	-92.220

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

$r/R$ (1)	$h_T / C$ (2)	$h_T$ (3)
0,2	0.350	126.672
0,3	0.387	162.285
0,4	0.420	192.200
0,5	0.450	216.108
0,6	0.475	230.594
0,7	0.493	230.754
0,8	0.500	209.670
0,9	0.500	160.080
0,95	0.500	117.450
1,00	0.500	0.000

b. Panjang Total Blade Elemen ( $C$ )

$r/R$ (1)	$C / D$ (2)	$C$ (3)
0,2	0.206	361.920
0,3	0.241	419.340
0,4	0.263	457.620
0,5	0.276	480.240
0,6	0.279	485.460
0,7	0.269	468.060
0,8	0.241	419.340
0,9	0.184	320.160
0,95	0.135	234.900
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	63.684
0,3	0.0324	56.376
0,4	0.0282	49.068
0,5	0.0240	41.760
0,6	0.0198	34.452
0,7	0.0156	27.144
0,8	0.0114	19.836
0,9	0.0072	12.528
0,95	0.0051	8.874
1,00	0.0030	5.220

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

$r/R$ (1)	$h_{TE} = C - h_D$ (2)
0,2	160.080
0,3	194.880
0,4	220.980
0,5	241.860
0,6	255.780
0,7	262.740
0,8	259.260
0,9	231.420
0,95	200.100
1,00	92.220



#### II.4. Perhitungan Kekuatan Tarik

$$D = 168$$

$$H_o/D = 0,65$$

$$R_{ps} = 6,282$$

$$\text{Harga } t \text{ pada Bollard Pull Condition} = 0,05$$

Dengan menggunakan diagram Kt-Kq-J baling-baling B4-40 pada  $H_o/D$  0,65 dan harga  $J = 0$  maka didapat harga :

$$K_t = 0,27$$

$$K_q = 0,24$$

Maka besarnya harga Thrust  $T$  pada keadaan Bollard Pull untuk masing-masing baling-baling adalah :

$$\begin{aligned} T &= K_t (\rho \cdot n^2 \cdot D^4) \\ &= 0,27 (104,5 \cdot 6,787^2 \cdot 1,68^4) \\ &= 10001,02 \end{aligned}$$

Dengan demikian harga Tow Rope Force pada Bollard Condition ( $V_s = 0$ ) untuk masing-masing baling-baling :

$$\begin{aligned} T_r &= T (1 - t) \\ &= 10001,02 (1 - 0,05) \\ &= 9500,969 \end{aligned}$$

total Tow Rope Force pada Bollard Condition ( $V_s = 0$ )

$$\begin{aligned} T_r \text{ total} &= 2 \times 9500,96 \\ &= 19001,938 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$T_r \text{ total} = 19 \text{ ton}$$