

**BAB II**  
**PERENCANAAN PERHITUNGAN MOTOR INDUKSI DAN BALING Baling**  
**KAPAL TUG BOAT 2 X 1700 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)
- 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). Di dalam daerah lapisan batas tersebut kecepatan gerak dari partikel-partikel zat cair dalam hal ini air laut, bervariasi dari 0 (nol) pada permukaan kulit kapal menjadi maksimum sama dengan besarnya kecepatan gerak aliran zat cair pada tepi dari lapisan batas tersebut. Perubahan atau variasi kecepatan partikel-partikel zat cair inilah yang mencerminkan adanya pengaruh insentif gaya-gaya viskositas pada lapisan batas yang menyebabkan timbulnya tahanan gesek pada kapal tersebut.

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

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).

### Diagram Guldhammer dan Harvald

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

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

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

Dalam hal ini koefisien hambatan totalnya adalah :

$$C_T = C_R + C_F + C_A$$

Dimana :

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

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

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

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

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

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

Dengan faktor  $\partial 10^3 C_R / \partial LCB$ , dari grafik koreksi koefisien hambatan sisa dalam *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 referensi no 1 (*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 : Tidak ada koreksi.

Sayap)

Boss Baling-baling : Untuk kapal penuh,  $C_R$  dinaikkan sebesar 3% - 5%.

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

- **Koreksi Hambatan Tambahan**

Pemberian koreksi pada  $C_{FS}$  untuk kapal merupakan cara yang umum dilakukan dalam praktek dan sudah bertahun-tahun lamanya diterapkan untuk memperhitungkan pengaruh kekasaran permukaan kapal mengingat bahwa permukaan kapal tidak akan pernah semulus permukaan model.

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

- **Koreksi Anggota Badan Kapal**

Koreksi pada anggota badan kapal, digunakan rumus sebagai berikut :

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

Dimana : S = Luas permukaan basah badan kapal dan  
 $S_1$  = Permukaan basah badan dan anggota badan kapal

- **Koreksi Hambatan Udara dan Kemudi**

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

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

**Ukuran Utama Kapal Rancangan :**

Panjang garis tegak	Lpp	=	27,00 m
Panjang antara Garis Air	Lwl	=	28,50 m
$\sqrt{g \times L}$		=	16,27 m/s
Lebar kapal	B	=	7,50 m
Tinggi kapal	H	=	4,00 m
Sarat air kapal	T	=	3,00 m
Displasemen	$\Delta$	=	361,15 Ton
Volume displasemen	$\nabla$	=	352,35 m <sup>3</sup>
Ratio Lebar - Sarat	B/T	=	2,5
Koefisien Blok	Cb	=	0,58
Koefisien penampang tengah	Cm	=	0,90
Koefisien prismatic	Cp	=	0,64
Ratio panjang - volume displ.	$L/\nabla^{1/3}$	=	3,823
Permukaan basah	S	=	2265,10 m <sup>2</sup>
Posisi titik tekan memanjang	LCB	=	- 0,225 m
			di belakang ⊗

### Perhitungan Hambatan Kapal pada Kecepatan 15 Knot

$$1. \quad F_n = \frac{V_s}{\sqrt{g \times L}} \quad (\text{REF NO.3 HAL 159})$$

dimana :

$V_s$  = kecepatan kapal (m/dt)

$$= 15 \times 0,5144$$

$$V_s = 7,716 \text{ m/dt}$$

$g$  = Gaya gravitasi (m/dt<sup>2</sup>)

$$= 9,81 \text{ m/dt}^2$$

$L$  = Panjang kapal (m)

$$= 27,00 \text{ m}$$

maka :

$$F_n = \frac{7,716}{\sqrt{9,81 \times 27}}$$

$$= 0,461$$

$$2. \quad V_s = 15 \text{ Knot}$$

$$3. \quad V_s = 7,716 \text{ m/dt}$$

$$4. \quad V_s^2 = (7,716)^2 \\ = 59,536 \text{ m}^2/\text{dt}^2$$

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

dimana :

$\rho$  = massa jenis (kg dt<sup>2</sup>/m<sup>4</sup>)

$$= \frac{1.025 \text{ kg/m}^3}{9,81 \text{ m/dt}} = 104,5 \text{ kg dt}^2/\text{m}^4$$

$S$  = Luas permukaan bidang basah dari Hydrostatic Curve

$$= 2265,10 \text{ m}^2$$

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

$$= \frac{1}{2} \times 104,5 \times 226,51 \times 59,536$$

$$= 704625,105 \text{ kg}$$



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 (  $L/\nabla^{1/3}$  ) dan bilangan Froude (  $Fn$  ).

Diketahui :  $L_{pp} = 27,00 \text{ m}$   
 $\nabla = 352,35 \text{ m}^3$   
 $L/\nabla^{1/3} = 4,64$

$L/\nabla^{1/3} = 4,0$	$Fn = 0,461$	$10^3 C_R = 0,840$
$L/\nabla^{1/3} = 5,0$	$Fn = 0,461$	$10^3 C_R = 0,620$
$L/\nabla^{1/3} = 4,64$	$Fn = 0,461$	$10^3 C_R = \dots\dots$

$$10^3 C_R = 0,840 \div \frac{(4,640 - 4,000)}{(5,000 - 4,000)} \times (0,620 - 0,840)$$

$$= 0,699$$

7. Koreksi B/T

$$B/T = 7,5 / 3,0$$

$$= 2,5$$

B/T > 2,5 maka koreksi ;

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

$$= 0,16 ( 2,5 - 2,5 )$$

$$= 0,16$$

8. Koreksi LCB

$$LCB_{\text{standar}} = 0,07 \%$$

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

$$\Delta LCB = 0,225 - 0,07$$

$$\Delta LCB = 0,155 \%$$

### 9. Koreksi Garis Penampang Bentuk Depan dan Belakang

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

- Boss baling-baling	= 3 % ~ 5 %
	= 3 % x $C_R$
	= 3 % x 0,699
	= 0,021
- Shaft Bracket	= 5 % ~ 8 %
	= 5 % x $C_R$
	= 5 % x 0,699
	= 0,035
- Lunas Bilga	= 0 % (tidak ada koreksi)
- Daun kemudi	= 0 % (tidak ada koreksi)

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

$$\begin{aligned} 10^3 C_R &= (6) + (7) + (8) + (9) + (10) + (11) \\ 10^3 C_R &= 0,699 + 2,5 + 0,16 + 0 + 0 ( 0,021 + 0,035 ) \\ &= 0,755 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 13. 10^{-6} R_n &= \frac{V \times L}{v} \\
 &= \frac{7,716 \times 27}{0,867 \times 10^{-6}} \\
 &= 240,291 \\
 L_1 &= \frac{1,188}{0,867} \times 27,00 \\
 &= 36,9965
 \end{aligned}$$

14.  $10^3 C_F$  dari gambar 5,5,14 menurut referensi no,2 ITTC – 1957 dalam Harvald,

$L = 36,997$	$V = 6,0$	$m/dt^2$	$10^3 C_F = 1,930$
$L = 36,997$	$V = 8,0$	$m/dt^2$	$10^3 C_F = 1,630$
$L = 36,997$	$V = 7.716$	$m/dt^2$	$10^3 C_F = \dots\dots$

$$\begin{aligned}
 10^3 C_F &= 1,930 + \frac{(7,716 - 6,000)}{(8,000 - 6,000)} \times (1,630 - 1,930) \\
 &= 1,673
 \end{aligned}$$

15. Koreksi  $C_F$  (REF no 3 hal 32)

$$\begin{aligned}
 10^3 C_F &= \frac{S^1}{S} 10^3 C_F \\
 &= 281,31 / 244,12 \times 1,673 \\
 10^3 C_F &= 1,706
 \end{aligned}$$

16.  $10^3 C_A$  (tahanan tambahan)

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

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 (  $10^3 C_T$  )

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

$$10^3 C_T = (12) + (15) + (16) + (17) + (18)$$

$$= 0,755 + 1,706 + 0,400 + -0,07 + 0,040$$

$$= 2,831$$

21. Hambatan Total (  $R_T$  )

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

$$= 2,831 \cdot 10^{-3} \times (7031972,527)$$

$$R_T = 19910,707 \text{ kg}$$

22. Besarnya EHP dari motor induk sesuai tahanan spesifik, pada trial condition adalah :

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

$$= \frac{7,716 \times 19910,707}{75}$$

$$EHP = 2048,414 \text{ HP}$$

23. BHP ( Brake Horse Power )

$$BHP = EHP / P_c$$

$$\text{Dimana } P_c = \eta_h \times \eta_{rr} \times \eta_{p0}$$

Faktor arus ikut (  $W$  ) menurut taylor untuk kapal berbaling baling ganda ( Twin Screw )

Wake Fraction (  $w$  ), menurut Taylor

$$w = -0,05 + (0,5 \times C_b)$$

$$= -0,20 + (0,55 \times 0,58)$$

$$= 0,240$$

Faktor pengisapan ( t ) menurut Schoenherr

$$t = k \times w$$

dimana : k = 0,7 – 0,9

$$t = 0,9 \times 0,240 \\ = 0,168$$

$$\eta_H = \frac{1-t}{1-w} \\ = \frac{1-0,168}{1-0,240} \\ = 1,095$$

$$\eta_H = \text{Efisiensi Lambung kapal} \\ = 1,095$$

$$\eta_\pi = \text{Efisiensi Rotary relatif} \\ = 1,100$$

$$\eta_{po} = \text{Efisiensi Baling – baling } 0,55 \text{ – } 0,60 \\ = 0,600$$

$$\text{SHP} = \frac{EHP}{PC} \\ = \frac{2048,414}{1,095 \times 1,1 \times 0,6} \\ = 2722,69 \text{ HP}$$

24. Koreksi pemakaian Gear Box  $\eta_r = \pm 3 \%$

25. Koreksi Letak kamar Mesin  $\eta_m = \pm 3 \%$

26. Keonggaran Dinas ( Sea Margin ) = 15 ~ 20 %

27. Total Break House Power

$$\text{BHP}_T = (100 + 20 + 3 + 3)\% \times 2722,69 \\ = 3430,56 \text{ HP} \\ = 2524,80 \text{ Kw}$$

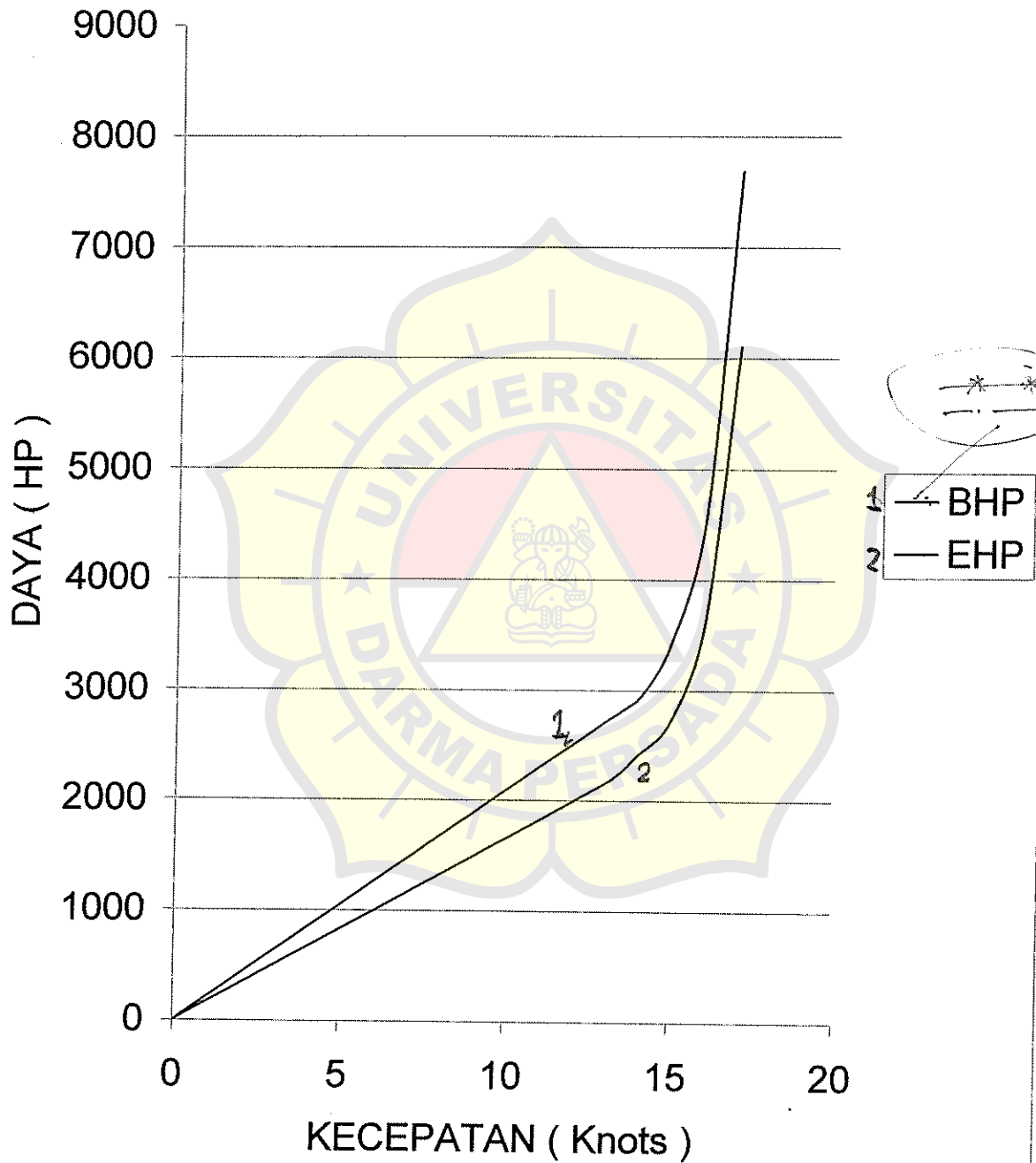
Dari tabel hasil perhitungan hambatan dengan menggunakan metode Harvald, maka dapat ditentukan besarnya daya mesin yang digunakan untuk kapal rancangan. Dimana besarnya daya mesin dan dimensi mesin yang dipilih adalah sebagai berikut :

- Merk : WARTSILA NOHAB 25
- Tipe : 6R25
- Daya : 1730 HP / 1270 KW
- Putaran Mesin : 825 rpm
- Gear Ratio : 1 : 2,1
- Bore x Stroke : 250mm x 300mm
- Ukuran : Panjang x Lebar x Tinggi  
4,425 mm x 1,355 mm x 2,070 mm
- Berat Mesin : 9.90 Ton
- Jumlah : 2 (satu) buah
- SFOC : 200 gr / kwh
- SLOC : 1,2 gr / kwh
- Kecepatan kapal pada saat berjalan ( free running ) : 15 knots

**TABEL DAYA 5 ( LIMA ) KECEPATAN**

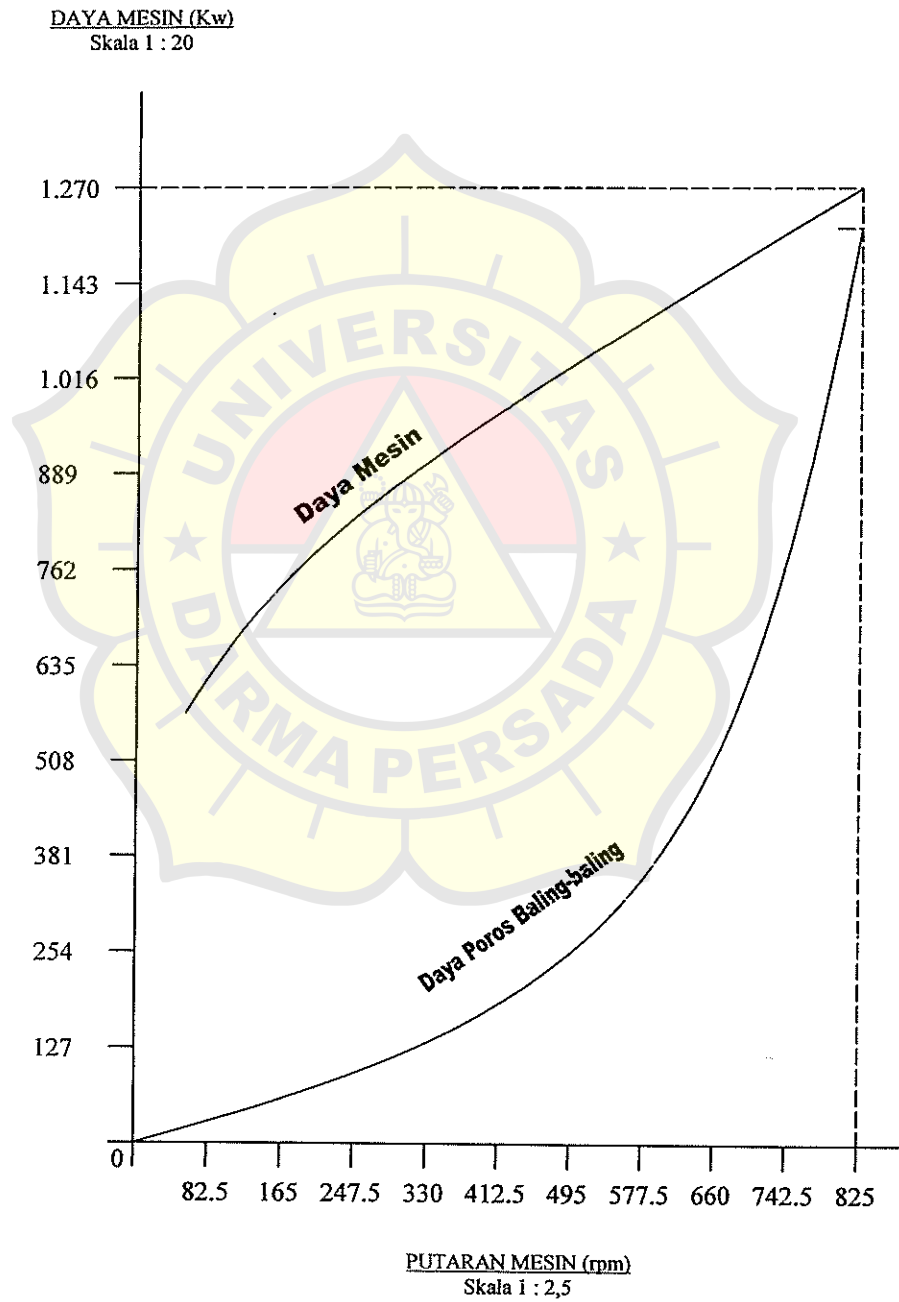
No.	RUMUS	Satuan / Sumber Rumus	Kecepatan - .. -				
			12	13	14	15	16
1.	$V_s$	Knot	12	13	14	15	16
2.	$V_s$	m / dt	6,173	6,687	7,202	7,716	8,230
3.	$V_s^2$	$m^2 / dt^2$	38,103	44,719	51,863	59,537	67,739
4.	$F_n = V / gL$		0,379	0,411	0,474	0,474	0,506
5.	$1/2 . \rho . S . V^2$	Kg	450243,341	612830,712	703509,286	703505,221	800432,607
6.	$10^3 C_R (L / V^{1.5})$	Gbr. 5.5.9 - 5.5.10	10,313	10,313	10,313	10,313	9,469
7.	Koreksi B/T	Gbr. 5.5.17	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
8.	Koreksi LCB	Gbr 5.5.15 - 5.5.16	-0,009	-0,009	-0,009	-0,009	0,009
9.	Koreksi Grs.Penampang	5.5.20	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
10.	Koreksi Bentuk Haluan	5.5.21	0,000	0,000	0,000	0,000	-0,300
11.	Koreksi Anggota Badan	5.5.22	1,3407	1,3407	1,3408	1,3407	1,2309
12.	Resultan $10^3 C_R$	6 + 7+ 8 + 9 + 10 + 11	11,645	11,645	11,645	11,645	10,409
13.	$10^6 R_n$	V.L / u	192,233	208,252	224,271	240,291	498,270
14.	$10^3 C_F$ ITTC - 1957	Gbr.5.5.14	1,993	1,973	1,952	1,931	1,911
15.	$10^3 C_F'$	$S_1 / S \times 10^3 C_F$	2,013	1,992	1,971	1,970	1,930
16.	$10^3 C_{AA}$	5.5.23	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
17.	$10^3 C_{AA}$	5.5.26	-0,07	-0,07	-0,07	-0,07	-0,07
18.	$10^3 C_{AS}$	5.5.27	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
19.	$10^3 C_T = C_R + C_F + C_A + C_{AA} + C_{AS}$	12 + 15 + 16 + 17 + 18	14,028	14,007	13,986	13,985	12,709
20.	$R_T = C_T 1/2 . \rho . S . V^2$	Kg	6315,920	8584,030	9839,504	9838,364	10172,483
21.	$EHP = V . R_T / 75$	HP	1010,547	1487,899	1836,707	1967,673	2170,130
22.	PC		0,733	0,733	0,733	0,733	0,733
23.	$SHP = EHP / PC$	HP	1378,905	2030,258	2541,452	2722,669	3002,808
24.	Koreksi Gear Box = 3%		41,367	60,908	76,244	81,680	90,084
25.	Koreksi Letak Kamar Mesin = 3 %		41,367	60,908	76,244	81,680	90,084
26.	Sea Margin = 20 %		275,781	406,052	508,290	544,534	600,562
27.	BHP MCR U/ 2 MESIN	HP	1737,421	2558,125	3202,230	3430,563	3783,539

### KURVA DAYA 5 ( LIMA ) KECEPATAN





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



## **II.2 Penentuan Ukuran Utama Baling – Baling Kapal Dan kekuatan Tarik ( Bollard Pull )**

### **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 rancangdengan 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 berbaling - baling ganda :

$$\begin{aligned}\omega &= -0,20 + ( 0,55 \times C_b ) \\ &= - 0,20 + ( 0,55 \times 0,58 ) \\ &= 0,119\end{aligned}$$

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

$$T = k \times w$$

$$\begin{aligned}\text{Dimana } k &= 0,7 - 0,9 \\ &= 0,7 \times w \\ &= 0,7 \times 0,119 \\ &= 0,083\end{aligned}$$

##### 3. Besarnya Hambatan

Menurut Neuwman, untuk mempertahankan kecepatan sebesar 15 knot, perlu adanya cadangan hambatan sebesar 20% dari hambatan hasil perhitungan, maka :

$$\begin{aligned}R_T &= ( 20\% \times 19910,707 ) + 19910,707 \\ &= 23892,848 \text{ kg}\end{aligned}$$

##### 4. penentuan Harga Delivery Horse Power.

- Letak kamar mesin

Letak kamar mesin di belakang, koreksi = - 5 %

- Koreksi Daya ke metric

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

- Koreksi air tawar ke air laut

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

$$\text{DHP} = \text{BHP} - \text{Harga Koreksi}$$

$$= (3460 - 5\%) \times \frac{75}{76} \times \frac{1,000}{1,025}$$

$$= 3302,26 \text{ HP}$$

5. Diameter Baling baling Tentative ( D )

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

$$= 0,7 \times 3,00$$

$$= 2,1 \text{ m}$$

6. Advance Velocity ( Va )

$$Va = (1 - w) \times Vs$$

$$= (1 - 0,240) \times 15$$

$$= 13,215 \text{ m/det}$$

(REF no 3 hal 259)

7. 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. Untuk itu dilakukan koreksi sebesar 3% dari putaran mesin induk.

$$N = \text{Rpm} / 2,1$$

$$= 825 / 2,1$$

$$= 392,85 \text{ Rpm}$$

$$= 6,54 \text{ rps}$$

8. 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 :

$$\begin{aligned} K'd &= D \times v_e \times \sqrt{\rho/S} \\ &= 2,1 \times 6,79 \times \sqrt{104,5/226,51} \\ &= 0,643 \end{aligned}$$

dimana :

D = diameter Propeller Tentative = 2,1 m

$\rho$  = massa jenis air laut = 104.5 kg dt<sup>2</sup>/m<sup>4</sup>

S = gaya dorong Propeller = 1942,081 kg

$$\begin{aligned} K'n &= \frac{V_e}{\sqrt{n}} \times \sqrt{\frac{\rho}{S}} \\ &= \frac{6,79}{\sqrt{6,54}} \times \sqrt{\frac{104,5}{1942,081}} \\ K'n &= 0,139 \end{aligned}$$

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

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

### a. Koefisien baling baling

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

dimana : N = Putaran baling-baling = 392,85 rpm

Va = Advance Speed = 13,215 knot

P = Delivery Horse Power = 3302,26 HP

$$\begin{aligned} B_p &= \frac{392,85 \times 3302,26^{0,5}}{13,215^{2,5}} \\ &= 35,560 \text{ rpm.Hp/Knot} \end{aligned}$$

Dari diagram  $B_p - \delta$  untuk nilai  $B_p = 35,560$  maka didapat data - data pada Advanced Coefficient (  $\delta$  ) dari beberapa tingkat yaitu :

Untuk series B4-40 ;  $\delta = 248$

Untuk series B4-55 ;  $\delta = 257$

Untuk series B4-70 ;  $\delta = 250$

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

Untuk series B4-40 ;  $\delta K = 248 - 5\% = 247,95$

Untuk series B4-55 ;  $\delta K = 257 - 5\% = 256,95$

Untuk series B4-70 ;  $\delta K = 250 - 5\% = 249,95$

b. Diameter Optimum (  $D_o$  )

$$D_o = \frac{\delta K \times V_a}{N}$$

(REF No 3 hal 199)

Untuk series B4-40 ;  $D_o = 1,47 \text{ M}$

Untuk series B4-55 ;  $D_o = 1,68 \text{ M}$

Untuk series B4-70 ;  $D_o = 1,62 \text{ M}$

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 ;  $H_o/D = 0,63$

Untuk series B4-55 ;  $H_o/D = 0,53$

Untuk series B4-70 ;  $H_o/D = 0,78$

d. Propeller Efficiency ( $\eta_p$ )

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

Untuk series B4-40 ;  $\eta_p = 56,3 \%$

Untuk series B4-55 ;  $\eta_p = 56,4 \%$

Untuk series B4-70 ;  $\eta_p = 56,0 \%$

### II.3 Perhitungan kavitasi

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

Oleh sebab itu untuk menentukan diameter baling baling yang optimal, bebas kavitasi, serta mempunyai efisiensi yang cukup baik, maka harus 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

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

(205 003, 441 193)

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 = 13,215 Knot  
 $N$  = Putaran baling baling per detik = 6,54 rps

b. Tekanan static baling baling

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

Tekanan pada sumbu baling baling adalah ;

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

Tinggi poros baling baling  $h_1 = 0,560 \text{ M}$

Tinggi gelombang (  $0,75 \times L_{pp}$  )  $h_2 = 0,2025 \text{ M}$

Tekanan air (  $h \times 1025$  ) = 2,706  $\text{ kg/m}^2$

Gravitasi = 9,81

Tekanan udara = 10100,00  $\text{ Kg/m}^2$

Tekanan statistik = 12,806  $\text{ kg/m}^2$

$$P_o = 10100,00 + 104,5 \times 9,81 ( 3 - 0,56 + 0,2025 )$$

$$= 12806 \text{ kg/m}^2$$

Untuk series B4-40 dengan  $D_o = 1,47 \text{ m}$

$$\sigma_{0.7 R} = \frac{12806 - (0,7 \times 1,47 / 2 \times 1,025)}{1/2 \times 104,5 \left[ (13,215)^2 + (0,7 \times 3,14 \times 1,47 \times 6,54)^2 \right]}$$

$$= 0,167$$

Untuk series B4-55 dngan  $D_o = 1,68 \text{ m}$

$$\sigma_{0.7 R} = \frac{12806 - (0,7 \times 1,68 / 2 \times 1,025)}{1/2 \times 104,5 \left[ (13,215)^2 + (0,7 \times 3,14 \times 1,68 \times 6,54)^2 \right]}$$

$$= 0,12$$

Untuk series B4-70 dngan  $D_o = 1,62 \text{ m}$

$$\sigma_{0.7 R} = \frac{12806 - (0,7 \times 1,62 / 2 \times 1,025)}{1/2 \times 104,5 \left[ (13,215)^2 + (0,7 \times 3,14 \times 1,62 \times 6,54)^2 \right]}$$

$$= 0,138$$



c. Koefisien Gaya Dorong

Untuk series B4-40 ;dengan Do = 1,47 M didapat  $\sigma_c = 0,156$

Untuk series B4-55 ;dengan Do = 1,68 M didapat  $\sigma_c = 0,160$

Untuk series B4-70 ;dengan Do = 1,62 M didapat  $\sigma_c = 0,173$

d. Projected Blade Area

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

dimana :

T = Thrust = 13486,280 kg – 132300,41 N

$\sigma_c$  = Koefisien gaya dorong

D = Diameter baling-baling (m)

P = Kerapatan air laut = 104,5 kg s<sup>2</sup>

Va = Advanced of speed = 13,215 Knot

N = Putaran baling-baling per detik = 4,583 rps

e. Developed Blade Area Ratio

(DCF no 3 kor 139)

$$\begin{aligned} F_p / F_a &= \text{Expanded area of the blade / disc area of the screw} \\ &= 0,400 \end{aligned}$$

Disc area of the screw

$$\begin{aligned} F &= \pi / 4 \times D^2 \\ &= 3,14 / 4 \times (1,47)^2 \\ &= 1,696 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Develoved blade area

$$\begin{aligned} F_a &= 1,696 \times 0,40 \\ &= 0,678 \end{aligned}$$

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

$$\text{dengan Ho/D} = 0,63$$

$$F_p / F_a = 0,922$$

Projected area of the blade

$$\begin{aligned} F_p &= 0,922 \times 0,678 \\ &= 0,625 \end{aligned}$$

f. Developed Blade Area Ratio (REF NO 3 Hal 109)

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

Disc area of the screw

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

Developed blade area

$$\begin{aligned} F_a &= 0,55 \times 2,215 \\ &= 1,218 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} F_p / F_a &= 1,067 - 0,229 \cdot (0,53) \\ &= 0,945 \end{aligned}$$

Projected area of the blade

$$\begin{aligned} F_p &= 0,945 \times 1,218 \\ &= 1,151 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

g. Developed Blade Area Ratio (REF NO 3 Hal 129)

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

Disc area of the screw

$$\begin{aligned} F &= \pi / 4 \times D^2 \\ &= 3,14 / 4 \times (0,78)^2 \\ &= 1,297 \end{aligned}$$

Developed blade area

$$\begin{aligned} F_a &= 0,70 \times 1,297 \\ &= 0,90 \end{aligned}$$

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

Projected area of the blade

$$F_p = 0,888 \times 0,90 \\ = 0,799$$

Dengan berdasarkan rumus mencari harga  $F_p^j$  maka didapat :

Untuk series B4-40 ; dengan  $D_o = 1,47$  m dan  $\sigma_c = 0,274$

Maka harga  $F_p^j$  berdaarkan rumus = 2,44

Untuk series B4-55 ; dengan  $D_o = 1,68$  m dan  $\sigma_c = 0,958$

Maka harga  $F_p^j$  berdaarkan rumus = 2,28

Untuk series B4-70 ; dengan  $D_o = 1,62$  m dan  $\sigma_c = 0,952$

Maka harga  $F_p^j$  berdaarkan rumus = 2,53

Tabel. No. 1

Penentuan model propeller

	<b>Do</b>	$\sigma_{0.7}$	$\sigma_c$	<b>Fp</b>	<b>Fp/Fa</b>
SeriesB 4 – 40	1,47	0,167	0,274	0,798	0,922
SeriesB 4 – 55	1,68	0,129	0,958	1,151	0,945
SeriesB 4 – 70	1,62	0,138	0,952	0,799	0,888

Tabel. No. 2

	<b>Fa/F</b>	<b>F</b>	<b>Fa</b>	<b>Fp</b>
SeriesB 4 – 40	0.40	1,696	0,678	0,625
SeriesB 4 – 55	0.55	1,297	1,218	1,151
SeriesB 4 – 70	0.70	2,215	0,901	0,799

Berdasarkan dari hasil tabeeel perhitungan, maka dapat ditentukan blade area ratio optimum pasa propeller yang direncanakan. Dikarenakan efisiensi tertinggi terletak pada diagram  $B_p$ - $\delta$  series B4-40 maka pada absisnya didapatkan  $F_a / F = 0,40$ . Dan

sfesifikasi Propeller yang akan direncanakan dalam keterangannya adalah sebagai berikut :

- Type propeller = B4-40
- Diameter propeller ( D ) = 1,54
- Pitch Ratio Propeller = 0,63
- Blade Area Ratio Propeller (  $F_a / F$  ) = 0,40
- Effisiensi Propeller (  $\eta_p$  ) = 56,3
- Jumlah Baling-baling ( Z ) = 4



#### II.4. Perhitungan poros Baling-baling

##### Diameter Poros Propeller

Berdasarkan Ref no 2 maka besar poros baling-baling :

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

Dimana :

F : Faktor untuk instalasi propulsi = 100

K : Faktor type dari poros = 1,26

P<sub>w</sub> : Daya pada poros = 1270 kw

N : Putaran poros = 392,85 rpm

R<sub>m</sub> : Kekuatan tarik material, digunakan S 45 C yang kekuatan tariknya 58 Kg/mm<sup>2</sup>

: 568,40 N/m<sup>2</sup>

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

: 560 / 568,40 + 160

: 0,77

1-(d<sub>i</sub>/d<sub>a</sub>) : 1,00

maka :  $D = 100 \times 1,26 \times \sqrt[3]{\frac{1270}{392,85 \times 1,00}} \times 0,77$

= 0,170 m

= 170 mm

## II.5 Diameter Poros antara

Untuk menentukan besarnya diameter poros antara berdasarkan Ref adalah :

$$D = F \times k \times \sqrt[3]{\frac{pw}{nx \left\{ 1 - \frac{di}{da} \right\}^4} \times cw}$$

Dimana :

F : 95

K : 1,20

Maka :

$$\begin{aligned} D &= 95 \times 1,20 \times \sqrt[3]{\frac{1270}{392,85 \times 1,00} \times 0,77} \\ &= 0,154 \text{ m} \\ &= 154 \text{ mm} \end{aligned}$$

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

r/R (1)	hD / D (2)	hD (3)
0,2	0,116	170,520
0,3	0,129	189,630
0,4	0,136	199,920
0,5	0,137	201,390
0,6	0,132	194,040
0,7	0,118	173,460
0,8	0,092	135,240
0,9	0,051	74,970
0,95	0,020	29,400
1,00	-0,053	-77,910

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

r/R (1)	$h_T / C$ (2)	$h_T$ (3)
0,2	0,350	107,016
0,3	0,387	137,102
0,4	0,420	162,376
0,5	0,450	182,574
0,6	0,475	194,812
0,7	0,493	194,947
0,8	0,500	177,135
0,9	0,500	135,240
0,95	0,500	99,225
1,00	0,500	0,000

b. Panjang Total Blade Elemen (C)

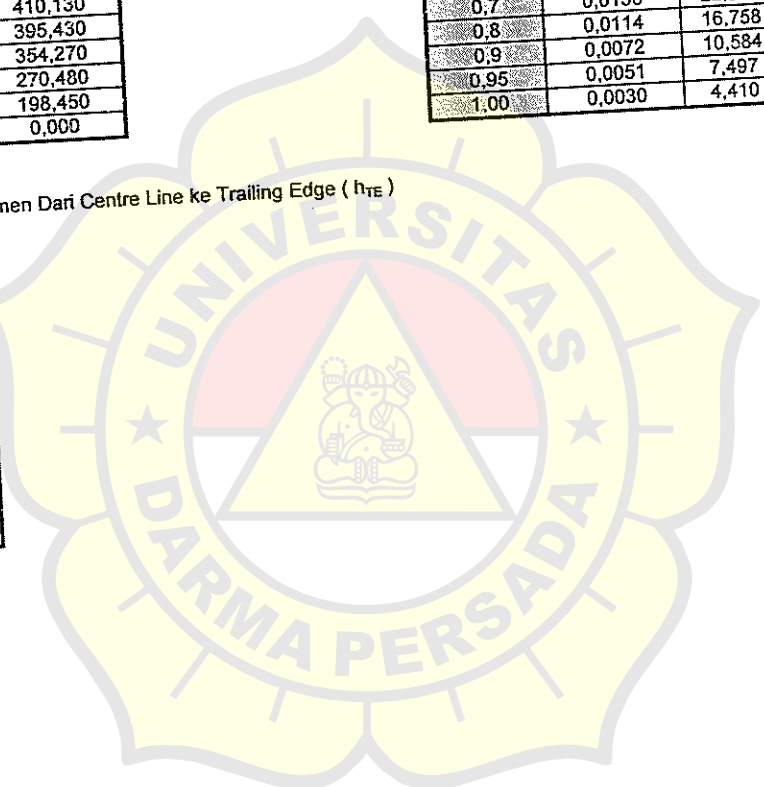
r/R (1)	C / D (2)	C (3)
0,2	0,208	305,760
0,3	0,241	354,270
0,4	0,263	386,610
0,5	0,276	405,720
0,6	0,279	410,130
0,7	0,269	395,430
0,8	0,241	354,270
0,9	0,184	270,480
0,95	0,135	198,450
1,00	0,000	0,000

e. Ketebalan Blade Maksimum Pada Ordinate (t)

r/R (1)	t / D (2)	t (3)
0,2	0,0366	53,802
0,3	0,0324	47,628
0,4	0,0282	41,454
0,5	0,0240	35,280
0,6	0,0198	29,106
0,7	0,0156	22,932
0,8	0,0114	16,758
0,9	0,0072	10,584
0,95	0,0051	7,497
1,00	0,0030	4,410

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

r/R (1)	$h_{TE} = C - hD$ (2)
0,2	135,240
0,3	164,640
0,4	186,690
0,5	204,330
0,6	216,090
0,7	221,970
0,8	219,030
0,9	195,510
0,95	169,050
1,00	77,910



f. Jarak Ordinat Belakang & Muka Dari Ordinate Maksimum

1. Ordinate Belakang

r/R	L.E	mm	80	mm	60	mm	40	mm	20	mm	y1	mm	y2	mm
0.2	0.386	20,768	0.63	33,895	0.806	43,311	0.919	49,444	0.981	52,780	0.380	20,445	0.375	20,176
0.3	0.338	16,088	0.588	28,482	0.787	37,483	0.811	43,389	0.979	46,628	0.343	16,336	0.325	15,479
0.4	0.289	11,980	0.565	23,422	0.769	31,878	0.803	37,433	0.977	40,501	0.307	12,726	0.274	11,358
0.5	0.233	8,220	0.521	18,381	0.742	26,178	0.892	31,470	0.975	34,388	0.270	9,526	0.218	7,691
0.6	0.171	4,977	0.477	13,884	0.712	20,723	0.875	25,468	0.97	28,233	0.000	0.000	0.151	4,995
0.7	0.102	2,338	0.436	9,998	0.687	15,754	0.859	19,999	0.965	22,128	0.000	0.000	0.076	1,743
0.8	0.073	1,223	0.407	6,821	0.669	11,211	0.852	14,278	0.963	18,138	0.000	0.000	0.037	0,620
0.9	0.116	1,228	0.434	4,593	0.682	7,218	0.858	9,092	0.965	10,214	0.000	0.000	0.058	0,014
0.95	0.163	1,222	0.464	3,479	0.699	5,240	0.866	6,492	0.967	7,250	0.000	0.000	0.082	0,615

Leading Edge

r/R	20	mm	40	mm	60	mm	70	mm	80	mm	85	mm	90	mm	95	mm	L.E	mm
0.2	0.984	52,941	0.932	50,143	0.844	45,409	0.783	42,127	0.708	38,092	0.662	35,617	0.608	32,712	0.538	28,945	0.000	0,000
0.3	0.981	48,723	0.924	44,008	0.826	39,341	0.759	38,150	0.678	32,187	0.626	28,816	0.569	27,100	0.497	23,671	0.000	0,000
0.4	0.979	40,683	0.915	37,930	0.804	33,329	0.732	30,344	0.637	26,406	0.582	24,126	0.523	21,680	0.444	18,406	0.000	0,000
0.5	0.978	34,504	0.900	31,752	0.774	27,307	0.692	24,414	0.591	20,850	0.531	18,794	0.463	16,335	0.377	13,301	0.000	0,000
0.6	0.975	28,378	0.881	25,642	0.737	21,451	0.647	18,832	0.530	15,428	0.465	13,634	0.386	11,235	0.298	8,874	0.171	4,977
0.7	0.968	22,198	0.866	19,859	0.698	16,007	0.590	13,630	0.485	10,663	0.390	8,943	0.305	6,994	0.210	4,816	0.102	2,338
0.8	0.963	16,136	0.852	14,278	0.669	11,211	0.546	9,150	0.407	6,821	0.330	5,630	0.249	4,173	0.163	2,732	0.073	1,223
0.9	0.965	10,214	0.859	9,092	0.682	7,218	0.567	6,001	0.434	4,593	0.361	3,821	0.284	3,006	0.202	2,138	0.116	1,228
0.95	0.967	7,250	0.866	6,492	0.699	5,240	0.580	4,423	0.464	3,479	0.395	2,961	0.322	2,414	0.245	1,837	0.163	1,222

2. Ordinat Muka



Trailing Edge

r/R	T/E	mm	80	mm	60	mm	40	mm	20	mm
0.2	0.364	19,584	0.210	1,298	0.105	5,849	0.041	2,205	0.009	0.484
0.3	0.312	16,786	0.178	8,577	0.037	4,681	0.033	1,775	0.007	0.377
0.4	0.259	13,936	0.139	7,478	0.068	3,659	0.025	1,345	0.005	0.269
0.5	0.199	10,707	0.100	5,380	0.045	2,421	0.013	0,699	0.003	0.161
0.6	0.129	8,940	0.050	2,690	0.016	0,861	0.000	0.000	0.000	0.000
0.7	0.048	2,582	0.013	0,699	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	0.377	0.029	1,560	0.066	3,551	0.094	5,057	0.132	7,102	0.157	8,447	0.190	10,222	0.237	12,751	0.000	0.000
0.3	0.005	0.299	0.020	1,076	0.048	2,582	0.070	3,766	0.100	5,380	0.121	6,510	0.149	8,016	0.192	10,330	0.000	0.000
0.4	0.003	0.161	0.012	0,646	0.030	1,614	0.045	2,421	0.067	3,605	0.084	4,519	0.108	5,811	0.146	7,855	0.000	0.000
0.5	0.000	0.000	0.004	0,215	0.012	0,846	0.021	1,130	0.037	1,981	0.045	2,421	0.068	3,659	0.101	5,434	0.000	0.000
0.6	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.003	0.161	0.012	0,646	0.020	1,076	0.034	1,829	0.058	3,121	0.129	6,940
0.7	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.108	0.004	0.215	0.012	0,646	0.048	2,582
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

## II.6 Kekuatan Tarik ( Bollard Pull )

Menurut Screw Tug Design Cadwells kekuatan tarik kapal dapat dihitung dengan memperhatikan perencanaan propeller :

$$\text{Bollard Pull} = 0,001107 Kt / Kg^{1/2} \times ( \text{SHP} \times \text{DP} )^{2/3}$$

$$\text{Ratio } H_0/D = 0,6 \text{ dengan 4 daun baling-baling}$$

$$\text{Disc area ratio} = 0,4$$

$$\text{Harga konstanta} = 0.0346$$

$$\text{D propeller} = 0,7 \times T$$

$$\text{Dp} = 0,7 \times 3 = 2,1 \text{ m} = 6,890 \text{ ft}$$

$$\begin{aligned} \text{Bollard Pull} &= 0.034 (2722,669 \times 6,89)^{2/3} \\ &= 23,847 \text{ ton} \end{aligned}$$

Bila di amsusikan , efisiensi dari propeller = 0,6

$$\text{Bolard Pull} = 23,847 / 0,6 = 39,745 \text{ ton}$$

Disc area ratio	Three Blades		Four Blades	
	$H_0/D$ 0,5	0,50	0,40	0,55
0,6	0,0330	0,0327	0,0335	0,033
0,80	0,0317	0,0324	0,0326	0,0310
1,00	0,0301	0,0306	0,0303	0,0303
1,20	0,0279	0,0285	0,0288	0,0288