

BAB II
PERENCANAAN PERHITUNGAN MOTOR INDUKSI DAN BALING BALING
KAPAL TUG BOAT 2 X 1500 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 dan 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 berdasarkan (Ref. No. 3 Hal. 134).

II.1.2 Diagram Guildhammer dan Harvald

Hambatan (R) dan daya efektif (P_E) untuk kapal dapat dihitung dengan menggunakan rumus : (Ref. No. 3 Hal. 119).

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

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

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 $L/V^{1.5}$

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 (Ref. No. 3 Hal. 119). 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 :

$$\Delta LCB = LCB - LCB_{\text{standar}} \text{ (dalam \% L) (Ref.No. 3 Hal. 130)}$$

Dengan faktor $10^3 C_R / \Delta LCB$, 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 $LCB_{standar}$ 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 :

$$10^3 C_R = 10^3 C_{R(standar)} + \frac{10^3 C_R}{\Delta LCB} |\Delta LCB| \quad (\text{Ref. No. 3 Hal. 130}).$$

• **Koreksi B/T**

Karena diagram tersebut dibuat berdasarkan ratio lebar-sarat $B/T = 2,5$ maka harga C_R untuk kapal yang mempunyai ratio lebar-sarat lebih besar atau lebih kecil daripada harga tersebut harus dikoreksi.

Berdasarkan (Ref. No. 3 Hal. 119).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(Ref. No. 3 Hal. 131).

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 berdasarkan (Ref. No. 3 Hal 131)

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

Koreksi ini berlaku untuk kecepatan V/\sqrt{gL} (Ref. No.3Hal.131) 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%.
(Ref. No. 3 Hal. 132).

- **Koreksi Hambatan Tambahan**

Pemberian koreksi pada C_{FS} untuk kapal merupakan cara yang umum dilakukan dalam praktek dan sudah bertahun-tahun lamanya diterapkan untuk memperhitungkan pengaruh kekasaran permukaan kapal mengingat bahwa permukaan kapal tidak akan pernah semulus permukaan model. (Ref. No. 3 Hal. 132).

Untuk kapal dengan :

$L \leq 100$ m,	$10^3 C_A = 0,40$
$L = 150$ m	$10^3 C_A = 0,20$
$L = 200$ m	$10^3 C_A = 0$
$L = 250$ m	$10^3 C_A = -0,20$
$L \geq 300$ m	$10^3 C_A = -0,30$

- **Koreksi Anggota Badan Kapal**

Koreksi pada anggota badan kapal, digunakan rumus sebagai berikut berdasarkan (Ref. No. 3 Hal 132)

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

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

(Ref. No. 3 Hal 132)

II.1.3 Data – data Kapal Rancangan

Panjang garis tegak	L_{pp}	=	27,00	m
Panjang antara Garis Air	L_{wl}	=	28,500	m
$\sqrt{g \times L}$		=	16,275	m/s
Lebar kapal	B	=	7,500	m
Sarat air kapal	T	=	3,000	m
Displasemen	Δ	=	361,159	Ton
Volume displasemen	∇	=	352,350	m^3
$\nabla^{1/3}$		=	7,063	
Ratio Lebar - Sarat	B/T	=	2,5	
Koefisien Blok	C_b	=	0,580	
Koefisien penampang tengah	C_m	=	0,90	
Koefisien prismaik	C_p	=	0,64	
Ratio panjang - volume displ.	$L/\nabla^{1/3}$	=	3,823	
Permukaan basah	S	=	244,125	m^2
Posisi titik tekan memanjang LCB		=	0,85 %	di belakang \odot



II.1.4 Perhitungan tahanan kapal dan daya motor induk

Perhitungan Hambatan Kapal pada Kecepatan 15 Knot

$$1. \quad F_n = \frac{V_s}{\sqrt{g \times L}} \quad (\text{Ref. No. 3 Hal. 119}).$$

dimana :

$$\begin{aligned} V_s &= \text{kecepatan kapal (m/dt)} \\ &= 15 \times 0,5144 \end{aligned}$$

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

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

$$\begin{aligned} L &= \text{Panjang kapal (m)} \\ &= 27,00 \text{ m} \end{aligned}$$

maka :

$$\begin{aligned} F_n &= \frac{7,716}{\sqrt{9,81 \times 27}} \\ &= 0,461 \end{aligned}$$

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

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

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

$$5. \quad \frac{1}{2} \rho \cdot S \cdot V_s^2 \quad (\text{Ref. No. 3 Hal. 119}).$$

dimana :

$$\begin{aligned} \rho &= \text{massa jenis (kg dt}^2/\text{m}^4\text{)} \\ &= \frac{1.025 \text{ kg/m}^3}{9,81 \text{ m/dt}} = 104,5 \text{ kg dt}^2/\text{m}^4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S &= \text{Luas permukaan bidang basah dari Hydrostatic Curve} \\ &= 244,125 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

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

$$= \frac{1}{2} \times 104,49 \times 244,125 \times 59,536$$

$$= 759340,637 \text{ kg}$$

$$= 7449131,58 \text{ N}$$

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 (Fn). (Ref. No. 3 Hal. 130).

Diketahui :

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

$$\nabla = 396,198 \text{ m}^3$$

$$L/\nabla^{1/3} = 0,2195$$

$L/\nabla^{1/3} = 3823$	$Fn = 0,461$	$10^3 C_R = 10,88$
$L/\nabla^{1/3} = 4000$	$Fn = 0,461$	$10^3 C_R = 10,60$
$L/\nabla^{1/3} = 5000$	$Fn = 0,461$	$10^3 C_R = 12,21$

$$10^3 C_R = 11,60 + \frac{(4000 - 3823)(12,21 - 10,60)}{(4500 - 4000)}$$

$$= 10,88$$

7. Koreksi B/T

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

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

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

$$= 2,5$$

Koreksi C_R , untuk $B/T > 2,5$

8. Koreksi LCB

Koreksi lain untuk tahanan sisa adalah :

$$LCB = LCB - LCB_{\text{standar}} \quad (\text{LCB dalam \%L}) \quad (\text{Ref. No. 3 Hal. 119}).$$

dimana :

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

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

$$= 0,16 \%$$

$$= 0,23 - 0,07$$

$$LCB = 0,16 \%$$

9. Koreksi Garis Penampang Bentuk Depan dan Belakang

$$\text{Koreksi } C_R = 0,000 \quad (\text{ bentuk standar })$$

10. Koreksi Bentuk Haluan

$$\text{Koreksi } C_R = - 0,000$$

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

11. Koreksi anggota badan

- Boss baling-baling = 3 % ~ 5 % (Ref. No. 3 Hal. 132)

$$= 3 \% \times C_R$$

$$= 3 \% \times 10,88$$

$$= 0,33$$

- Shaft Bracket = 5 % ~ 8 % (Ref. No. 3 Hal. 132).

$$= 5 \% \times C_R$$

$$= 5 \% \times 10,88$$

$$= 0,54$$

- Lunas Bilga = 0 % (tidak ada koreksi)

(Ref. No. 3 Hal. 132).

- Daun kemudi = 0 % (tidak ada koreksi)

(Ref. No. 3 Hal. 132).

12. Resultan $10^3 C_R$

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

$$10^3 C_R = 13,850$$

13. $10^{-6} R_n = \frac{V \times L}{v}$

$$= \frac{7.716 \times 27}{1.18831 \times 10^{-6}}$$

$$= 175.318$$

14. Koefisien Tahanan Gesek (C_F)

Koefisien tahanan gesek diperoleh dari grafik ITTC-1957 yang merupakan fungsi dari panjang kapal (L) dan kecepatan (V).

$L = 27$	$V = 6000$	m/dt^2	$10^3 C_F = 1,980$
$L = 27$	$V = 8000$	m/dt^2	$10^3 C_F = 1,900$
$L = 27$	$V = 7,716$	m/dt^2	$10^3 C_F = \dots\dots$

$$10^3 C_F = 1,980 + \frac{(7,716 - 6,00)}{(8000 - 6000)} (1,900 - 1,980)$$

$$= 1,83 \quad (\text{Ref. No. 3 Hal. 132}).$$

15. Koreksi C_F (Ref. No. 3 Hal. 132).

$$10^3 C_F = \frac{S'}{S} 10^3 C_F$$

$$= 246,565 / 244,125 \times 1,83$$

$$10^3 C_F = 1,850$$

16. $10^3 C_A$ (tahanan tambahan) (Ref. No. 3 Hal. 132).

Untuk $L \leq 100$ m

$$10^3 C_A = 0.4$$

$$C_A = 0.4 \times 10^3$$

17. Tahanan Udara ($10^3 C_{AA}$) (Ref. No. 3 Hal. 132).

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

18. Tahanan Kemudi ($10^3 C_{AS}$) (Ref. No. 3 Hal. 132).

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

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

(Ref. No. 3 Hal. 132).

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

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

$$10^3 C_T = 16,210$$

21. Hambatan Total (R_T). (Ref. No. 3 Hal. 133).

$$\begin{aligned}R_T &= C_T (1/2 \rho \cdot V^2 \cdot S) \\ &= 16,240 \cdot 10^{-3} \times (759340,63) \\ R_T &= 12331,7 \text{ Kg} \\ &= 120973,97 \text{ N}\end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned}P_E &= \frac{V_s \times R_T}{75} && \text{(Ref. No. 7 Hal. 79).} \\ &= \frac{7,716 \times 12331,7}{75} \\ &= 1268,685 \text{ HP} \\ &= 934,26 \text{ kW}\end{aligned}$$

23. P_B (Brake Power Horse) (Ref. No. 3 Hal. 79).

$$P_B = P_E / P_c$$

Dimana, $P_c = \eta_h \times \eta_r \times \eta_{pe}$

Faktor arus ikut (w) menurut Taylor untuk kapal berbaling baling ganda (Twin Screw)

Wake Fraction (w), menurut Taylor

$$\begin{aligned}w &= -0,05 + (0,55 \times C_b) \\ &= -0,05 + (0,55 \times 0,58) \\ &= 0,269\end{aligned}$$

Faktor pengisapan (V) menurut (Ref. No. 8 Hal. 99).

$$\begin{aligned}V &= (0,77 \times C_p) - 0,3 \\ &= (0,77 \times 0,64) - 0,3 \\ &= 0,193\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\eta_H &= \frac{1 - t}{1 - w} \\ &= \frac{1 - 0,193}{1 - 0,095}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 0,891 \\
 \eta_H &= \text{Efisiensi Lambung kapal} \\
 &= 0,981 \\
 \eta_H &= \text{Efisiensi Rotary relatif} \\
 &= 1,000 \\
 \eta_{ps} &= \text{Efisiensi Baling – baling } 0,55 - 0,60 \\
 &= 0,60 \\
 P_B &= \frac{1268,658}{0,5244} \\
 &= 2419,30 \text{ HP} \\
 &= 1781,57 \text{ kW}
 \end{aligned}$$

24. Koreksi pemakaian Gear Box $\eta_r = \pm 3$ %
25. Koreksi Letak kamar Mesin $\eta_m = \pm 3$ %
26. Kelonggaran Dinas (Sea Margin) = 20 ~ 30 %
(Ref. No. 3 Hal. 132).

27. Total Break Horse Power

$$\begin{aligned}
 P_{B_{Tot}} &= (100 + 15 + 3 + 3) \% \times 2368,990 \quad (\text{Ref. No. 3 Hal. 144}). \\
 &= 2927,353 \text{ HP} \\
 &= 2927,353 \times 1,014 \\
 &= 2968,336 \text{ PS} \\
 &= 2927,353 \times 0,736 \\
 &= 2155,70 \text{ Kw}
 \end{aligned}$$

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 :

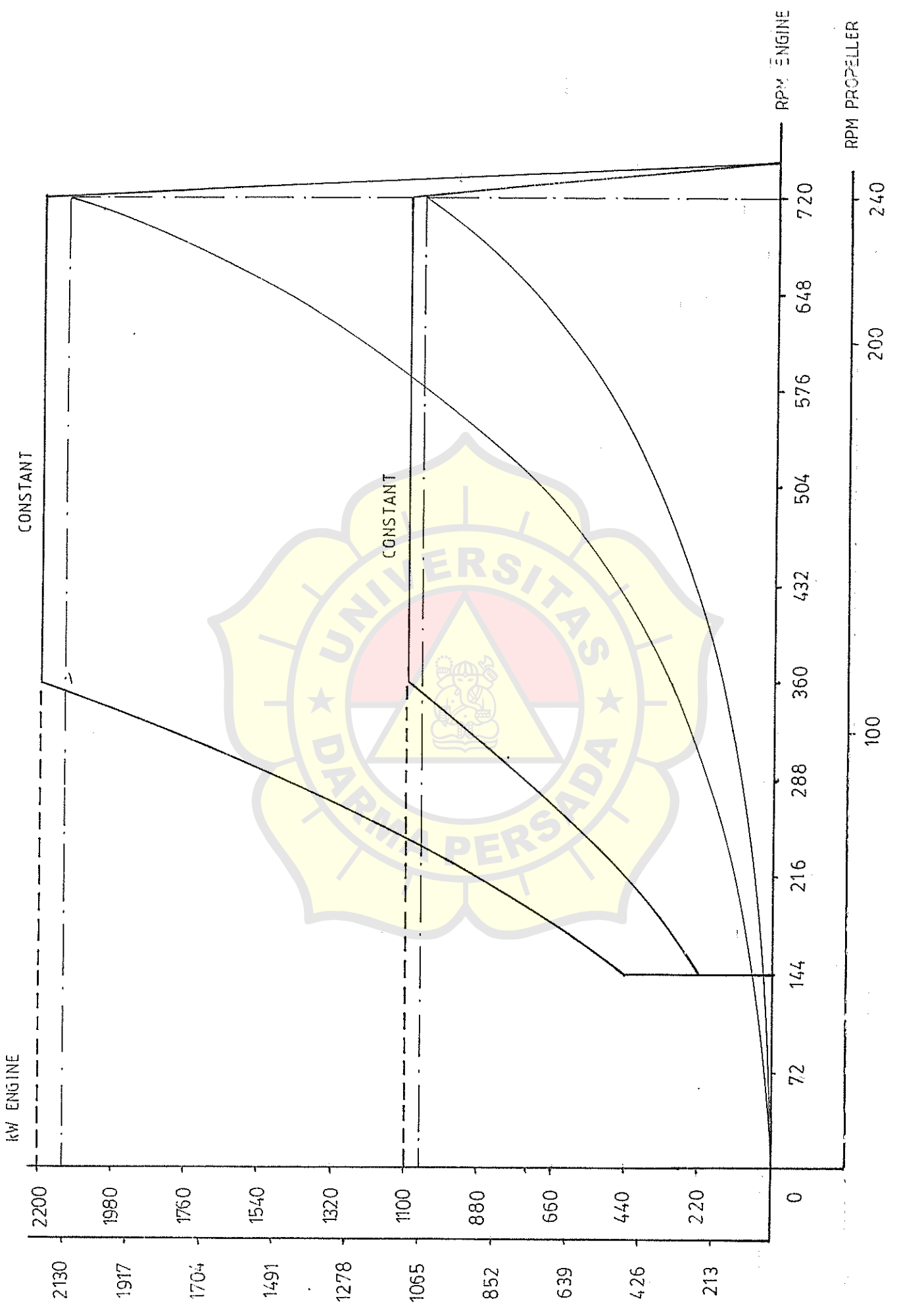
- Merk : Wartsila Diesel Nohab 25
- Tipe : 6R25
- Daya : 1110 kW (1500HP)
- Putaran Mesin : 720 Rpm
- Gear Ratio : 1 : 3
- Bore x Stroke : 250 x 300
- Ukuran : P = 4.245, L = 1.355 , T = 2.970
- Berat Mesin : 9.90 Ton
- Jumlah : 2 (satu buah)

Dengan terpilihnya mesin induk, pada kapal yang akan di rencanakan atau perancangan kapal untuk memenuhi persyaratan study saya, maka berdasarkan kurva daya kecepatan untuk daya mesin adalah :

$$\begin{aligned} &= 2968,336 \quad \text{PS} \\ &= 2927,353 \quad \text{HP} \\ &= 2155,70 \quad \text{kW} \end{aligned}$$

Dengan kecepatan kapal yang di rencanakan ini adalah :

$$= 15 \quad \text{Knot}$$



TABEL PERHITUNGAN DAYA MESIN PADA LIMA KECEPATAN

No.	Rumus	Satuan/Sumber Rumus	Kecepatan - Knots				
			7	9	10	13	15
1	$F_D = V / g \times L$		0.215	0.277	0.338	0.400	0.461
2	V	Knots	7	9	10	13	15
3	V	m/dt	3.60	4.63	5.14	6.69	7.72
4	V^2	m^2/dt^2	12.966	21.433	32.036	44.719	59.537
5	$1/2 \cdot \rho \cdot S \cdot V^2$	N	16226008.7	2682437.08	4006404.93	5595387.97	7449131.58
6	$10^3 C_R (L / V^{13})$	Gbr. 5.5.7 - 5.5.8	0.87	0.987	1.807	90500	10.88
7	Koreksi B/T	5.5.17	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
8	Koreksi LCB	Gbr. 5.5.15 - 5.5.16	0.0004	0.0004	0.000	0.0004	0.0004
9	Koreksi Grs. Penampang	5.5.20	0	0	0	0	0
10	Koreksi Haluan	5.5.21	0	0	0	0	0
11	koreksi Anggota Badan	5.5.22	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33
12	Resultan $10^3 C_R$	$6+7+8+9+10+11$	4.210	4.24	50177	12.874	13.85
13	$10^6 R_n$	$10^6 V \times L / V$	86.365	111.044	135.7	160.378	175.318
14	$10^3 C_{F'} ITTC 57$	Gbr. 5.5.14	2.176	2.115	2.046	1.965	1.83
15	$10^3 C_{F'}$	$S / S \times (14)$	2.198	2.136	2.066	1.985	1.848
16	$10^3 C_A$	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	$10^3 C_T = C_R + C_{F'} + C_A + C_{AA} + C_{AS}$	$12+15+16+17+18$	6.350	6.886	7.753	15.455	16.210
20	$R_T = C_T (5)$	N	10303.56	17363.41	24905.610	86476.72	120973.97
21	$PE = V \cdot R_T / 75$	KW	37.136	80.463	141.040	578.780	934.260
22	PC		0.545	0.545	0.545	0.545	0.545
23	$PB = PE / P_c$	KW	68.140	147.640	258.800	1061.980	1781.570
24	$NCR = PB + \text{Sea Margin } 15\%$	KW	10.221	22.145	38.818	159.297	261.674
25	PBMCR	KW	82.448	178.644	313.135	1284.999	2110.874

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 (ω)

Menurut Taylor untuk Kapal berbaling - baling ganda :

$$\begin{aligned}\omega &= 2 \times C_b^2 (1 - C_b) + 0,04 \\ &= 2 \times (0,58)^2 (1 - 0,58) + 0,04 \\ &= 0,095\end{aligned}$$

2. Faktor Pengisapan (t) (Ref. No. 3 Hal. 183).

$$\begin{aligned}v &= (0,77 \times C_p) - 0,3 \\ &= (0,77 \times 0,64) - 0,3 \\ &= 0,193\end{aligned}$$

3. Gaya Dorong (Thrust) pada baling - baling. (Ref. No.3 Hal.144).

$$\begin{aligned}T &= \frac{Rt}{(1 - V)} \\ &= \frac{12331,7}{(1 - 0,193)} \\ &= 15280,917 \text{ Kg.} \\ &= 149905,8 \text{ N}\end{aligned}$$

4. penentuan Harga Power Delivery.

- Letak kamar mesin
Letak kamar mesin. di tengah, koreksi = $\pm 3\%$

- Koreksi air tawar ke air laut

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

$$\begin{aligned}PD &= (1500 - 3\%) \times \left(\frac{75}{76}\right) \times \left(\frac{1,000}{1,025}\right) \\ &= 1444,11 \text{ HP} \\ &= 1063,44 \text{ kW}\end{aligned}$$

5. Menentukan Angka Sorong

$$\begin{aligned} S &= R_t / (1 - t) \\ &= 12310,09 / (1 - 0,193) \\ &= 15254,139 \text{ Kg} \\ &= 149643,10 \text{ N} \end{aligned}$$

6. Kecepatan Air Masuk ke baling baling (Ref. No. 3 Hal. 259).

$$\begin{aligned} v_e &= (1 - w) \times V_s \text{ (m/ dt)} \\ &= (1 - 0,095) \times 15 \times 0,5144 \\ &= 6,983 \text{ (m/dt)} \end{aligned}$$

7. Diameter Baling baling Tentative (D)

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

8. Advance Velocity (V_a) (Ref. No. 3 Hal. 259).

$$\begin{aligned} V_a &= (1 - w) \times V_s \\ &= (1 - 0,095) \times 15 \\ &= 13,575 \text{ knot} \end{aligned}$$

9. Jumlah Putaran Baling-Baling (N)

Akibat adanya wake fraction, thrust deduction, gesekan pada bantalan poros dan penempatan dari mesin induk akan mengurangi daya mesin yang sampai ke baling-baling. Untuk itu dilakukan koreksi sebesar 3% dari daya mesin induk.

Di kamakan pada prancangan kapl tug boat ini menggunakan reduction gear dengan perbandingan 1 : 3

Maka putaran baling – baling adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} N &= Rpm / 3 \\ &= 720 / 3 \\ &= 240 \text{ Rpm} \end{aligned}$$

10. Penentuan Jumlah daun 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 :

$$\begin{aligned}K'd &= D \times v_e \times \sqrt{\rho/S} \\ &= 2,1 \times 6,983 \times \sqrt{104,5 / 15197,642} \\ &= 1,220\end{aligned}$$

dimana :

$$\begin{aligned}D &= \text{diamater Propeller Tentative} = 2,1 \text{ m} \\ \rho &= \text{massa jenis air laut} = 104,5 \text{ kg dt}^2/\text{m}^4 \\ S &= \text{gaya dorong Propeller} \\ &= 15197,624 \text{ kg} \\ &= 149088,69 \text{ N}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}K'n &= \frac{V_e}{\sqrt{n}} \times \sqrt{\frac{\rho}{S}} \\ &= \frac{6,186}{\sqrt{11,640}} \times \sqrt{\frac{104,5}{15197,642}} \\ K'n &= 0,174\end{aligned}$$

Karena $K'd \leq 2$ dan $K'n \leq 1,0$: maka dipilih baling - baling berdaun 4 untuk kapal rancangan. (Ref. No. 3 Hal. 250).

11. Diametr Optimum, Pitch Ratio, dan Propeller Efficiency

a. Koefesien baling baling

$$Bp = \frac{N \times P^{0,5}}{V_a^{2,5}} \quad (\text{Ref. No. 3 Hal. 245}).$$

dimana : N = Putaran baling-baling (koreksi)

$$= 240 \text{ Rpm}$$

$$V_a = \text{Advance Speed} = 13,575 \text{ knot}$$

$$P = \text{Delivery Horse Power}$$

$$= 1155,32 \text{ HP}$$

$$= 850,77 \text{ kW}$$

$$\begin{aligned}Bp &= \frac{240 \times (1155,32)^{0,5}}{(13,575)^{2,5}} \\ &= 12,0147\end{aligned}$$

Dari diagram $B_p - \delta$ untuk nilai $B_p = 35,350$ maka didapat data - data pada Advanced Coefficient (δ) 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) (δ) 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) (Ref. No. 8 Hal. 117).

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

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 (δ) 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 ; $H_o/D = 0,630$

Untuk series B4-55 ; $H_o/D = 0,530$

Untuk series B4-70 ; $H_o/D = 0,760$

d. Proppeller Efficiency (η_p)

Dari diagram $E_p - \delta$ 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

Pada umumnya kavitasi di definisikan sebagai pembentukan fase uap dari suatu cairan ketika cairan tersebut pengurangan tekanan pada suhu sekelilingnya yang tetap, dan secara umum suatu cairan mengalami kavitasi jika di dalam cairan tersebut terlihat adanya gelembung yang terbentuk, akibat turunnya tekanan. Dan timbulnya kavitasi pada tekanan sebesar sekitar tekanan uap di perlukan, sejumlah gelembung – gelembung kecil, di sebut inti (nuclei) sering hanya dalam ukuran submikroskopis saja. Yang mengandung gas permanen. Berkembangnya gelembung – gelembung tersebut tergantung pada penguapan cairan itu sendiri.

Pada dasarnya kavitasi terjadi selubung sebuah benda dalam fluida di mana tekanan lokal dan fluida di tempat 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 di tentukan dengan kenyataan alam di beberapa tempat, lebih jelasnya dengan adanya kavitasi, efisiensi dari baling – baling akan merosot dengan tenaga kuda yang di sediakan mesin induk.

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

a. konstanta Kavitasi (Ref. No. 8 Hal. 126).

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

dimana :

- (P – P_v) = Bea tekanan static pada sumbu baling baling
- D = Diameter baling baling (M)
- ρ = Kerapatan air laut = 104,490 Kg s²/m⁴
- V_a = Advanced of speed = 13,676 Knot
- N = Putaran baling baling per detik = 11,640 rps

b. Tekanan static baling baling

Tekanan pada sumbu baling baling adalah ;

1. Draft	T = 3,000	M
2. Tinggi poros baling baling	h = 0,560	M
3. Tinggi gelombang (0,75 x Lpp)	$h_2 = 0,200$	M
Tinggi tekanan (T - h ₁ + h ₂)	h = 2,640	M
4. Tekanan air (h x 1025)	= 2,706	Kg/m ²
5. Tekanan udara	= 10,100	Kg/m ²
6. Tekanan uap	= -	Kg/m ²
<hr/>		
Tekanan Statistik	= 12,806	Kg/m ²

Untuk series B4-40 dengan Do = 1,47 m

$$\sigma_{0.7R} = \frac{12806 - (0.7 \times 1.47 / 2 \times 1.025)}{\frac{1}{2} \times 104.5 [(7.0)^2 + (0.7 \times 3.14 \times 1.47 \times 11.64)^2]}$$

$$= 0,167$$

Untuk series B4-55 dengan Do = 1,68 m

$$\sigma_{0.7R} = \frac{12806 - (0.7 \times 1.68 / 2 \times 1.025)}{\frac{1}{2} \times 104.5 [(7.0)^2 + (0.7 \times 3.14 \times 1.68 \times 11.64)^2]}$$

$$= 0,129$$

Untuk series B4-70 dengan Do = 1,62 m

$$\sigma_{0.7R} = \frac{12806 - (0.7 \times 1.62 / 2 \times 1.025)}{\frac{1}{2} \times 104.5 [(7.0)^2 + (0.7 \times 3.14 \times 1.62 \times 11.64)^2]}$$

$$= 0,138$$

c. Koefisien Gaya Dorong

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

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

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

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 (Thrust) = 15197,642 kg ~ 149088,87 N

σ_c = Koefisien gaya dorong

D = Diameter baling-baling (m)

P = Kerapatan air laut = 104,5 kg s⁻²

V_a = Advanced of speed = 13,575 Knot

N = Putaran baling-baling per detik = 11,64 rps

Developed blade area (Ref. No. 8 Hal. 129).

$$\begin{aligned} F_a &= 0,40 \times 1,70 \\ &= 0,680 \text{ M}^2 \end{aligned}$$

projected area of the blade (Ref. No. 8 Hal. 129).

$$\begin{aligned} F_p &= 0,923 \times 0,680 \\ &= 0,630 \text{ M}^2 \end{aligned}$$

untuk series B4 – 55 (Ref. No. 8 Hal. 129).

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

dengan Ho/D = 0,53 (Ref. No. 8 Hal. 129).

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

Developed Blade Area Ratio

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

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

(Ref. No. 8 Hal. 129).

$$\begin{aligned} F_a &= 0,55 \times 2,215 \\ &= 1,33 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Projected area of the blade

$$\begin{aligned} F_p &= 1,220 \times 0,945 \\ &= 1,153 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} F_p &= \frac{15197,642}{0,156 \times \frac{1}{2} \times 104,5 [7,0^2 + (0,7 \times 3,14 \times 1,47 \times 11,64)^2]} \\ &= 1,274 \text{ M}^2 \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} F_p &= \frac{15197,642}{0,160 \times \frac{1}{2} \times 104,5 [7,0^2 + (0,7 \times 3,14 \times 1,68 \times 11,64)^2]} \\ &= 0,958 \text{ M}^2 \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} F_p &= \frac{15197,642}{0,173 \times \frac{1}{2} \times 104,5 [7,0^2 + (0,7 \times 3,14 \times 1,62 \times 11,64)^2]} \\ &= 0,952 \text{ M}^2 \end{aligned}$$

e. Developed Blade Area Ratio

untuk series B4 – 40

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

dengan $H_o/D = 0,63$

$$\begin{aligned} F_p / F_a &= 1,067 - 0,229 (0,63) \\ &= 0,923 \end{aligned}$$

Developed Blade Area Ratio

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

Disc area of the screw

$$\begin{aligned} F &= \pi / 4 \times D^2 \\ &= 3,14/4 \times (1,47)^2 \\ &= 1,70 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Untuk series B4 – 70

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

dengan $H_o/D = 0,78$

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

Developed Blade Area Ratio

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

Disc area of the screw

$$\begin{aligned} F &= \pi / 4 \times D^2 \\ &= 3,14/4 \times (1,62)^2 \\ &= 2,06 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Developed blade area

(Ref. No. 8 Hal. 129).

$$\begin{aligned} F_a &= 0,70 \times 2,06 \\ &= 1,442 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Projected area of the blade

(Ref. No. 3 Hal. 129).

$$\begin{aligned} F_p &= 1,442 \times 0,888 \\ &= 1,280 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Tabel. No. 1

Penentuan Model Baling - baling

	Do	$\sigma_{e,7}$	σ_e	Fp	Fp/Fa
Series B 4 - 40	1.47	0.167	0.156	1.274	0.923
Series B 4 - 55	1.68	0.129	0.160	0.958	0.945
Series B 4 - 70	1.62	0.138	0.173	0.952	0.888

Tabel. No. 2

	Fa/F	F	Fa	Fp
Series B 4 - 40	0.40	1.70	0.680	0.630
Series B 4 - 55	0.55	2.215	1.220	1.153
Series B 4 - 70	0.70	2.866	1.442	1.280

Berdasarkan dari hasil tabel perhitungan dan Grafik perencanaan baling baling, maka dapat di tentukan Blade Area Ratio Optimum pada baling – baling yang di rencanakan ini.

Serta harga – harga perbandingan ini di peroleh dari proyeksi perpotongan kurva Fp dan Fa pada absisnya, di dapatkan $Fa/F = 0,485$

Dan spesifikasi baling – baling yang akan di rencanakan dalam keterangannya adalah sebagai berikut :

- Tipe Baling – baling yang berada pada : B4 – 40 ~ B4 – 55.
- Diameter Baling – baling (D) : 1,66 m.
- Pitch Ratio Baling – baling (Ho/D) : 0,62
- Blade Area Ratio Baling – baling (Fa/F) : 0,485
- Effisiensi Baling – baling (η_p) : 0,562
- Jumlah daun Baling – baling (Z) : 4

D 1000 mm

Tabel. No. 3. (a)

Panjang Blade Elemen Dari Centre Line ke Leading Edge (hD)

r/R (1)	hD / D (2)	hD (3)
0.2	0.116	192.560
0.3	0.129	214.140
0.4	0.136	225.760
0.5	0.137	227.420
0.6	0.132	219.120
0.7	0.118	195.880
0.8	0.092	152.720
0.9	0.051	84.660
0.95	0.020	33.200
1.00	0.000	87.980

Tabel. No. 4. (b)

Panjang Total Blade Elemen (C)

r/R (1)	C / D (2)	C (3)
0.2	0.208	345.280
0.3	0.211	360.060
0.4	0.263	436.580
0.5	0.276	458.160
0.6	0.279	463.140
0.7	0.269	446.540
0.8	0.241	400.060
0.9	0.184	305.440
0.95	0.135	224.100
1.00	0.000	0.000

Tabel. No. 5. (c)

Panjang Blade Elemen Dari Centre Line ke Trailing Edge (hTE)

r/R (1)	hTE = C - hD (2)
0.2	152.720
0.3	185.920
0.4	210.820
0.5	230.740
0.6	244.020
0.7	250.660
0.8	247.340
0.9	220.780
0.95	190.900
1.00	87.980

Tabel. No. 6. (d)

Jarak Ordinate Maksimum dan Leading Edge (h_T)

r/R (1)	h_T / c (2)	h_T (3)
0.2	0.350	120.848
0.3	0.387	154.823
0.4	0.420	182.364
0.5	0.450	206.172
0.6	0.475	219.992
0.7	0.493	220.144
0.8	0.500	200.030
0.9	0.500	152.720
0.95	0.500	112.050
1.00	0.500	0.000

Tabel. No. 7. (e)

Ketebalan Blade Maksimum Pada Ordinate (t)

r/R (1)	t/D (2)	t (3)
0.2	0.0366	60.756
0.3	0.0324	53.784
0.4	0.0282	46.812
0.5	0.0240	39.840
0.6	0.0198	32.868
0.7	0.0156	25.896
0.8	0.0114	18.924
0.9	0.0072	11.952
0.95	0.0051	8.466
1.00	0.0030	4.980

Trailing Edge

V/R	20	40	50	60	70	80	90	95	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	
0.2	0.364	22.113	0.210	12.759	0.165	6.379	0.0611	2.491	0.009	0.347	0.009	0.347	0.009	0.347	0.009	0.347	0.009	0.347	0.009	0.347
0.3	0.312	16.781	0.178	9.574	0.087	4.679	0.033	1.775	0.007	0.376	0.007	0.376	0.007	0.376	0.007	0.376	0.007	0.376	0.007	0.376
0.4	0.239	12.124	0.139	6.507	0.048	3.183	0.025	1.170	0.005	0.234	0.005	0.234	0.005	0.234	0.005	0.234	0.005	0.234	0.005	0.234
0.5	0.169	7.928	0.100	3.984	0.045	1.793	0.013	0.518	0.005	0.120	0.005	0.120	0.005	0.120	0.005	0.120	0.005	0.120	0.005	0.120
0.6	0.129	4.240	0.050	1.643	0.016	0.526	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
0.7	0.048	1.243	0.013	0.537	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
0.8	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	0.000	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	0.000	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	0.000	0.000

Leading Edge

V/R	20	40	50	60	70	80	90	95	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
0.2	0.007	0.425	0.029	1.762	0.006	4.010	0.004	3.711	0.132	8.020	0.157	9.539	0.150	11.544	0.237	14.399	0.000	0.000	0.000	0.000
0.3	0.005	0.269	0.020	1.076	0.048	2.582	0.070	3.765	0.160	3.378	0.121	6.508	0.139	8.014	0.192	10.527	0.000	0.000	0.000	0.000
0.4	0.003	0.140	0.012	0.562	0.030	1.404	0.045	2.107	0.067	3.136	0.084	3.932	0.108	5.056	0.146	6.833	0.000	0.000	0.000	0.000
0.5	0.000	0.000	0.000	0.159	0.012	0.478	0.021	0.837	0.037	1.474	0.045	1.793	0.068	2.709	0.101	4.024	0.000	0.000	0.000	0.000
0.6	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.012	0.394	0.020	0.657	0.054	1.118	0.038	1.906	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	0.000	0.000	0.052	0.004	0.104	0.012	0.311	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	0.000	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	0.000	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	0.000	0.000

II.4. Perhitungan Poros Baling – baling

Diameter Poros Propeller

Berdasarkan Ref No. 2 Hal, 4 – 1 maka besar poros baling – baling adalah :

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

- dimana :
- F : Faktor untuk instalasi propulsi = 100
 - k : Faktor Type dari Poros = 1,26
 - P_w : Daya pada Poros = 1110 kW.
 - N : Putaran Poros = 700 rpm
 - R_m : Kekuatan Tarik Material, digunakan S 45 C yang kekuatan tariknya 58 kg/mm².
: 568,40 N/m².
 - C_w : Factor material 560 / R_m = 160
: 560 / 568,40 + 160
: 0,77
 - 1-(d_i/d_a) : 1,00

maka:

$$\begin{aligned} D &= 100 \times 1,26 \times \sqrt[3]{\frac{1110}{720 \times 1,00} \times 0,77} \\ &= 0,1395 \quad \text{m} \\ &= 139,5 \quad \text{mm} \end{aligned}$$

II.5. Diameter Poros Antara

Untuk menentukan besarnya diameter poros antara berdasarkan Ref No. 2, 4 – 1 adalah :

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

dimana :

F : 95

k : 1,20

Maka :

$$\begin{aligned} D &= 95 \times 1,20 \times \sqrt[3]{\frac{1110}{720 \times 1,00} \times 0,77} \\ &= 0,1207 \text{ m} \\ &= 120,7 \text{ mm} \end{aligned}$$

BAB III
PENENTUAN DECK MACHINERY DAN PERHITUNGAN
KAPASITAS VOLUME TANGKI

iii. Mesin Gladak (Deck Machinery)

iii.1.1. Mesin Kemudi (Steering Gear)

Untuk kapal tug boat di rencanakan menggunakan daun kemudi yang telah di tetapkan dalam buku BKI 1995, (Ref. No. 1 Hal 14 – 1) luas permukaan daun kemudi adalah :

$$A = C_1.C_2.C_3.C_4. \frac{1,75 \times L \times T}{100} \quad (m^2)$$

Dimana :

C_1 = Faktor untuk tipe kapal
 = 1,70 umumnya
 C_2 = Faktor tipe kemudi
 = 0,80 umumnya
 C_3 = Faktor profil kemudi
 = 1,00 untuk rangka pelat
 C_4 = Faktor untuk perencanaan kemudi
 = 1,00 untuk kemudi Non Propeller Jet
 L = Panjang garis tegak kapal
 = 27,00 m
 T = Sarat kapal
 = 3,00 m

$$= 1,70 \times 0,80 \times 1,00 \times 1,00 \times \frac{1,75 \times 27,00 \times 3,00}{100}$$

$$= 1,93 \text{ M}^2$$

a. Menentukan tinggi dan lebar kapal

Daun kemudi dengan ukuran tinggi (b) dan lebar (c) adalah :

$$A = b \times c$$

Diman : A = Luas daun kemudi = 1,93 M²

b = tinggi daun kemudi = 2,10 M²

$$c = \text{Lebar daun kemudi} = A / b$$

jadi :

$$\begin{aligned} c &= A / b \\ &= 1,93 / 2,10 = 0,919 \text{ M} \end{aligned}$$

lebar batansir b_1 sekitar 25% dari lebar daun kemudi

$$\begin{aligned} b_1 &= 25\% \times c \\ &= 25\% \times 0,919 \\ &= 0,229 \text{ M} \end{aligned}$$

e. Diameter tongkat Kemudi berdasarkan (Ref. No. 1 Hal 14 – 4)

$$Dt = 4,2 \times \sqrt[3]{Qr \times Kr} \quad (\text{mm})$$

Dimana :

Dt = Diameter tongkat kemudi (Mm)

Kr = factor bahan tergantung dari kekuatan tarik (Reh) bahan baja karbon cor (Sc 35) , $35 \times 4,9 = 343 \text{ N/mm}^2$
(Ref No. 1 Hal 14-2)

$$Kr = \left[\frac{235}{Reh} \right]^{0,75}$$

$$Kr = \left[\frac{235}{343} \right]^{0,75}$$

$$= 0,753$$

Qr = Momen Torsi = Cr . r (Nm) (Ref No. 1 Hal 14-2)

Dimana :

$$r = 0,1 \times c$$

dimana c = lebar daun kemudi = 2,10

$$= 0,1 \times 2,10$$

$$= 0,21$$

CR = gaya kemudi (Ref No. 1 Hal 14-3)

$$= 132 \cdot A \cdot V^2 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \quad (\text{N})$$

Dimana :

$$A = \text{Luas daun kemudi} = 1,93 \text{ m}^2$$

$$V = \text{Kecepatan kapal} = 15 \text{ Knot}$$

$$b = \text{Tinggi rata – rata daun kemudi} = 2,10 \text{ m}$$

K_1 = Koefisien tergantung aspect ratio A

$$K_1 = (A + 2) / 3$$

$$= b^2 / A$$

$$= (0,210)^2 / 1,00$$

$$= 0,023$$

$$= (0,023 + 2) / 3$$

$$= 0,148$$

K_2 = Koefisien tergantung jenis profil kemudi

$$= 1,1 \text{ untuk rangka pelat}$$

K_3 = 1,15 untuk kemudi diluar propeller jet

K_4 = Koefisien tergantung gaya dorong

$$= 1,00$$

Maka,

$$CR = 132 \times 1,93 \times 15^3 \times 0,148 \times 1,1 \times 1,15 \times 1,00$$

$$= 10975,53 \text{ N}$$

Dengan demikian diameter tongkat kemudi (Dt) adalah sebagai berikut :

$$Dt = 4,2 \times \sqrt[3]{2304,86 \times 0,919}$$

$$= 50,985 \text{ mm}$$

c. Gaya yang bekerja pada daun kemudi (Ref No. 1 Hal 14-4)

$$P_n = 11 \times A \times V^2 \times \sin^2 \alpha$$

Dimana,

P_n = Gaya yang bekerja pada kemudi

$$= 2739,83 \text{ Kg}$$

V = Kecepatan kapal = 15 Kn

A = Luas daun kemudi (M^2)

α = Sudut putar daun kemudi

$$= 32^\circ - 36^\circ$$

$$= \text{Di rencanakan } 35^\circ$$

Maka,

$$P_n = 11 \times 1,93 \times 15^3 \times \sin^2 35$$

$$= 2739,83 \text{ Kg}$$

$$= 26877,73 \text{ N}$$

d. $Q_r = \text{Momen Torsi} = C_r \cdot r \text{ (Nm)}$ (Ref No. 1 Hal 14-2)

Dimana :

$$r = 0,1 \times c$$

dimana

$$c = \text{lebar daun kemudi} = 2,10$$

$$= 0,1 \times 2,10$$

$$= 0,21$$

Jadi :

$$Q_r = 2304,86 \times 0,21$$

$$= 484,02 \text{ Nm}$$

e. Daya pada motor penggerak menurut (Ref No. 4 Hal 359)

adalah :

$$N_m = \frac{1,4 \times Q_r \times N_{rs}}{1000 \times \eta_g}$$

Dimana :

$$Q_r = \text{torsi motor penggerak}$$

$$= 484,02 \text{ Nm}$$

$$= 493,4 \text{ Kgm}$$

$$N_{rs} = \text{Putaran motor penggerak}$$

$$= \frac{1}{3} \times \frac{a}{L}$$

Dimana :

$$2\alpha = 70^\circ, \text{ maka } \alpha = 35^\circ \text{ (sudut putar kemudi)}$$

$$L = 25 - 30$$

$$= 25 \text{ (yang di rencanakan)}$$

Maka :

$$N_{rs} = \frac{1}{3} \times \frac{35}{25}$$

$$= 0,47$$

$$\eta_{sg} = 1,0 - 3,5 \text{ (Steering Gear Menggunakan Elektrik)}$$

$$= 3,5 \text{ (Yang di rencanakan)}$$

Maka dengan perencanaan tersebut akan menggunakan daya motor yang akan di rencanakan adalah :

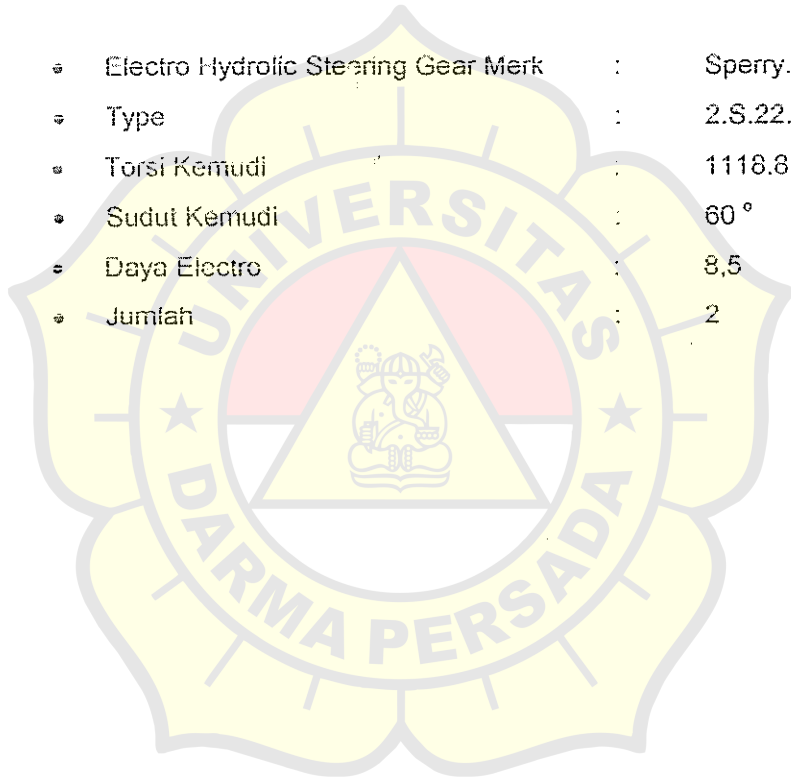
$$\frac{1,4 \times 493,4 \times 0,47}{1000 \times 3,5}$$

= 11,363 HP
= 8,37 kW

karena menggunakan Twin Rudder maka daya untuk menggerakkan elektro motor adalah 2 unit x 8,37 kW.

Dari perhitungan tersebut di gunakan :

- Electro Hydraulic Steering Gear Merk : Sperry.
- Type : 2.S.22.60.2
- Torsi Kemudi : 1118.8 kN.
- Sudut Kemudi : 60°
- Daya Electro : 8,5 kW.
- Jumlah : 2 Unit.



III.1.2. Mesin Jangkar (Windlass)

a. Penentuan Jumlah dan Berat Jangkar

Berat jangkar berdasarkan peraturan BKI adalah dengan menentukan besar angka Numeral (Z), kemudian dilihat pada tabel :

$$Z = D^{2/3} + 2hB + A/100 \quad (\text{Ref.No1 Hal 18-1 / 2})$$

Dimana :

$$\begin{aligned} D &= \text{Berat displacement} \\ &= 361.159 \quad \text{Ton} \\ &= 0,36116 \quad \text{Kg} \\ &= 3,543 \quad \text{N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} h &= \text{tinggi efektif di ukur dari garis muat sampai puncak teratas} \\ &\quad \text{geladak} \\ &= 5.00 \quad \text{m} \end{aligned}$$

$$B = \text{Lebar kapal} = 7.50 \quad \text{m}$$

$$A = \text{Luas pandangan samping} = 74 \quad \text{m}^2$$

Maka,

$$\begin{aligned} Z &= 361.159^{2/3} + 2 \times 5.00 \times 7.50 + 74 / 100 \\ &= 436.90 \end{aligned}$$

Dari angka Numeral tersebut ditentukan jangkar yang digunakan adalah :

- Jumlah jangkar = 2 buah
- Berat jangkar = 1740 kg ~ = 17069,4 N
- Diameter rantai = 42 mm

Untuk tali temali :

Mesin Tambat (Mooring winch) :

- Panjang = 160 m
- Beban putus = 130 kN
- Jumlah = 2 buah

b. Perhitungan Daya Windlass

Berdasarkan (Ref No. 6 Hal 411) untuk menarik dua buah jangkar (Power Anchor).

$$Tcl = 2 \times fh (Ga + (Pa \times la)) \times \left(1 - \frac{\mu w}{\mu u} \right)$$

Dimana :

T_{cl} = Gaya tarik cable lifter (kg)

f_h = Faktor gesekan pada house pipe & stopper (1,28 – 1,35)

G_a = Berat jangkar

$$= 1740 \text{ kg}$$

P_a = Berat rantai jangkar

$$= 0,0218 \times d_c^2$$

$$d_c = \sqrt{G_a} = \sqrt{1740} = 41,71$$

$$P_a = 0,0218 \times 41,71^2$$

$$= 37,92 \text{ kg/m}$$

l_a = Panjang rantai jangkar yang tergantung

$$= L/2 = 311,7/2$$

$$= 155,80 \text{ m}$$

γ_w = Berat jenis air laut = 1025 kg/m³

γ_a = Berat jenis material rantai jangkar = 7750 kg/m³

Maka,

$$T_{cl} = 2 \times 1,35 \times (1740 + (37,92 \times 155,80)) \times \left(1 - \frac{1025}{7750} \right)$$

$$= 18539,7 \text{ Kg}$$

$$= 181874,45 \text{ N}$$

Panjang rantai jangkar diangkat dalam satu putaran lifter :

$$L_{cl} = 0,04 \times d_c$$

$$= 0,04 \times 41,71$$

$$= 1,66 \text{ m}$$

Torsi untuk lifter :

$$M_{cl} = \frac{T_{cl} \times D_{cl}}{2 \times \eta_{cl}} \quad (\text{Ref. No. 6 Hal 112})$$

Dimana :

D_{cl} = Diameter cable lifter

$$= 0,013 \times d_c$$

$$= 0,013 \times 41,71 = 0,54$$

η_{cl} = Efisiensi cable lifter (0,90 – 0,92), diambil = 0,92

• Jumlah = 2 buah

b. Perhitungan Daya Windlass

Berdasarkan (Ref No. 6 Hal 411) untuk menarik dua buah jangkar (Power Anchor).

$$T_{cl} = 2 \times f_h (G_a + (P_a \times l_a)) \times \left(1 - \frac{\gamma_w}{\gamma_a} \right)$$

Dimana :

T_{cl} = Gaya tarik cable lifter (kg)

f_h = Faktor gesekan pada house pipe & stopper (1,28 – 1,35)

G_a = Berat jangkar

$$= 1740 \text{ kg}$$

P_a = Berat rantai jangkar

$$= 0,0218 \times d_c^2$$

$$d_c = \frac{\sqrt{G_a}}{\sqrt{1740}} = 41,71$$

$$P_a = 0,0218 \times 41,71^2$$

$$= 37,92 \text{ kg/m}$$

l_a = Panjang rantai jangkar yang tergantung

$$= L / 2 = 311,7 / 2$$

$$= 155,80 \text{ m}$$

$$\gamma_w = \text{Berat jenis air laut} = 1025 \text{ kg/m}^3$$

$$\gamma_a = \text{Berat jenis material rantai jangkar} = 7750 \text{ kg/m}^3$$

Maka,

$$T_{cl} = 2 \times 1,35 \times (1740 + (37,92 \times 155,80)) \times \left(1 - \frac{1025}{7750} \right)$$

$$= 18539,7 \text{ Kg}$$

$$= 181874,45 \text{ N}$$

Panjang rantai jangkar diangkat dalam satu putaran lifter :

$$L_{cl} = 0,04 \times d_c$$

$$= 0,04 \times 41,71$$

$$= 1,66 \text{ m}$$

Maka,

$$\begin{aligned} Mcl &= \frac{19539,7 \times 0,54}{2 \times 0,92} && \text{(Ref. No. 6 Hal. 112)} \\ &= 4605,26 && \text{kg.m} \\ &= 45177,6 && \text{Nm} \end{aligned}$$

Torsi pada windlass (Mm) :

$$Mm = \frac{Mcl}{ia \times \eta_a} \quad \text{(Ref. No. 6 Hal. 111)}$$

Dimana :

η_a = Efisiensi cable lifter (0,70 – 0,85), diambil = 0,85

ia = Gearing ratio untuk electric (105 – 250), diambil = 250

Maka,

$$\begin{aligned} Mm &= \frac{4605,26}{250 \times 0,85} \\ &= 15,65 \text{ kg.m} \sim = 153,5 \text{ Nm} \end{aligned}$$

Sehingga daya motor pada windlass :

$$Nc = \frac{Mm \times nm}{716,20} \quad \text{(Hp)} \quad \text{(Ref. No. 6 Hal. 112)}$$

Dimana :

nm = Putaran motor listrik (720 – 1550), diambil = 720

Maka,

$$\begin{aligned} Nc &= \frac{15,65 \times 720}{716,20} \\ &= 15 \quad \text{HP} \\ &= 11,58 \quad \text{Kw} \end{aligned}$$

Mesin Jangkar yang di gunakan adalah :

- Merk : NAUTISERVO B.V.
- Type : 722.01E.
- Jenis : Antrieb Durch Electromotor.
- Daya : 13,5 kW.
- Putaran : 10 m/min.
- Jumlah : 2 Set.

III.1.3. Mesin Tali – temali (Capstan)

a. Gaya Tarik pada Penggulung Warming Winch :

$$\begin{aligned} T_w &= \text{Tegangan putus yang di izinkan menurut} \\ &\quad \text{(Ref No. 6 Hal 402)} \\ &= R_{br} / 6 \quad \text{(kg)} \end{aligned}$$

Dimana :

$$\begin{aligned} R_{br} &= \text{Tegangan putus tali tambat} \\ &= 130 \text{ kN/M}^2 \\ &= 130,000 \text{ N/M}^2 \\ &= 13.26 \text{ kg/ M}^2 \end{aligned}$$

Maka,

$$\begin{aligned} T_w &= \frac{13,26}{6} \\ &= 22,1 \text{ kg} \\ &= 261,80 \text{ N} \end{aligned}$$

b. Putaran Poros Penggulung

$$N_w = 19,10 \times \frac{V_w}{D_{wc} + d_w} \quad \text{(Ref No. 6 Hal 402)}$$

Dimana :

$$V_w = \text{Kecepatan tarik capstan (0,20 m/s)}$$

$$\begin{aligned} d_w &= \text{Diameter tali tambat} \\ &= 40 \text{ mm} = 0,04 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} D_{wc} &= \text{Diameter penggerak tali} \\ &= 6 \times d_w \\ &= 6 \times 0,04 \\ &= 0,24 \text{ m} \end{aligned}$$

Maka,

$$\begin{aligned} N &= 19,10 \times \frac{0,20}{0,24 + 0,04} \\ &= 16,68 \text{ Rpm} \end{aligned}$$

c. Torsi pada Penggulung

$$Mm = \frac{Tirc(Dwc + dvr)}{2 \times iw \times \eta w} \quad (\text{Ref No. 6 Hal 408})$$

Dimana :

$$\begin{aligned} iw &= Nm / Nw, \quad \text{direncanakan } Nm = 720 \text{ Rpm} \\ &= 720 / 16,68 \\ &= 43,16 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

$$\eta w = \text{Efisiensi warping (0,70 - 0,85), diambil } = 0,85$$

Maka,

$$\begin{aligned} Mm &= \frac{22,1 \times (0,24 + 0,04)}{2 \times 43,16 \times 0,70} \\ &= 1,024 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

d. Daya Motor Capstan

$$\begin{aligned} Nc &= \frac{Mm \times nm}{716,20} \quad (\text{Ref No. 6 Hal 410}) \\ &= \frac{10,045 \times 720}{716,20} \\ &= 10,10 \text{ HP} \\ &= 7,44 \text{ Kw} \end{aligned}$$

Mesin Tali temali yang di gunakan adalah :

- Merk : NAUTISERVO B.V.
- Type : 6000 E.
- Daya : 7,5 kW.
- Putaran : 8 m/min.
- Penggerak : Motor Listrik.
- Jumlah : 2 Set.

III.2. Boat Winches

Berdasarkan tabel standar sekoci untuk kapasitas 7 orang pada lampiran ditentukan bahwa :

- Panjang sekoci (L) = 4.66 m
- Lebar sekoci (B) = 1.80 m
- Tinggi sekoci (H) = 0.78 m
- Berat sekoci (Qs) = 450 kg
- Berat perlengkapan (Qp) = 70 kg
- Berat penumpang (Qo) = 5.25 kg
- Berat Total (Qt) = 1045 kg
- Jumlah Sekoci = 2 bh.
- Jumlah Dewi – dewi = 2 bh.

a. Beban yang bekerja untuk menurunkan sekoci (Q) :

$$Q = 0,50 \times (Qs + Qo \times kn) + Qf$$

Dimana :

$$\begin{aligned} Qf &= 0,05 \times Qt \\ &= 0,05 \times 1045 \\ &= 52,25 \text{ kg} \sim = 512,57 \text{ N} \\ kn &= 0,90 - 1,10, \text{ diambil} = 1,10 \end{aligned}$$

Maka,

$$\begin{aligned} Q &= 0,50 \times (450 + 1,10 \times 5,25) + 52,25 \\ &= 280,13 \text{ kg} \\ &= 2748,07 \text{ N} \end{aligned}$$

b. Tegangan maksimum dari winch head (T maks) :

$$T \text{ maks.} = \frac{Q}{m \times \eta_f \times \eta_r \times \eta_s}$$

Dimana :

- M = Jumlah block (4)
- η_f = Efisiensi boat fall (0,094)
- η_s = Efisiensi snatch block (0,90 – 0,97)
- η_r = Efisiensi davit guide roller (0,90 – 0,97)

$$\begin{aligned}
 T_{\text{maks.}} &= \frac{280.13}{4 \times 0.094 \times 0.90 \times 0.90} \\
 &= 919.78 \text{ N}
 \end{aligned}$$

c. Tegangan minimum dari winch head ($T_{\text{min.}}$) :

$$\begin{aligned}
 T_{\text{min.}} &= \frac{0,50 \times (Q_s + 0,90 \times Q_o) + Q_f}{m \times \eta_f' \times \eta_r' \times \eta_s} \\
 &= \frac{0.50(450 + 0.90 \times 5.25) + 52.25}{4 \times 0.094 \times 0.90 \times 0.90} \\
 &= 397.57 \text{ N}
 \end{aligned}$$

d. Diameter winch dari table adalah (df) = 75 mm

e. Diameter winch head (Dh) :

$$\begin{aligned}
 Dh &= 6 \times df \\
 &= 6 \times 75 \\
 &= 450 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

f. Gaya tarik untuk menurunkan sekoci (T) :

$$\begin{aligned}
 T &= T_{\text{maks.}} + T_{\text{min.}} \\
 &= 919.78 + 397.57 \\
 &= 1317.35 \text{ N}
 \end{aligned}$$

g. Torsi yang bekerja pada poros winch head (Mh) :

$$\begin{aligned}
 Mh &= \frac{T \times (Dh + df)}{2} \\
 &= \frac{1317,35 \times (75 + 450)}{2} \\
 &= 345804 \text{ N.m}
 \end{aligned}$$

h. Putaran winch head (nh) :

$$nh = \frac{60 \times V_f}{\pi \times (Dh + df)}$$

Dimana :

$$V_f = 0,30 \text{ m/s}$$

Maka,

$$\begin{aligned} n &= \frac{60 \times 0,30}{3,14 \times (75 + 450)} \\ &= 110 \text{ Rpm} \end{aligned}$$

i. Torsi yang bekerja pada poros penggerak (M_{mb}) :

$$M_{mb} = \frac{M_{th}}{\eta_{bw} \times i_{bw}}$$

Dimana :

$$i_{bw} = \frac{n_{pm}}{n} \quad (\eta_{pm} = 500 - 1600 \text{ rpm untuk motor listrik})$$

$$\begin{aligned} &= \frac{500}{110} \\ &= 45454,5 \end{aligned}$$

$$\eta_{bw} = \text{Efisiensi winch (0,80)}$$

Maka :

$$\begin{aligned} M_{mb} &= \frac{345804}{0,80 \times 45454,5} \\ &= 9,50 \text{ N.m} \end{aligned}$$

Daya boat winches (N_{bw}) :

$$\begin{aligned} N_{bw} &= \frac{M_{mb} \times \pi n}{716,20} \\ &= \frac{9,50 \times 500}{716,20} \\ &= 6,63 \text{ HP} \\ &= 4,94 \text{ kW} \end{aligned}$$

III.3. PERHITUNGAN KAPASITAS TANGKI

III.3.1. Berat Bahan Bakar Motor Induk

Berat bahan bakar dapat ditentukan dengan rumus di bawah ini adalah berdasarkan (Ref.No. 6 Hal 10)

$$W_{fo} = BHP \times SFOC \times S / V_s \times 1,30 \times 10^{-6}$$

Dimana :

BHP = Brake House Power

$$= 2 \times 1500 \text{ HP} = 3000 \text{ HP}$$

SFOC = Konsumsi Bahan Bakar = 146 gr / BHPH

S = Radius Pelayaran

$$= 1000 \text{ Mil}$$

V_s = Kecepatan Kapal

$$= 15 \text{ Knot}$$

$$W_{fo} = 15 \sim 25$$

$$W_{do} = 13 \sim 15$$

Faktor perbandingan 1,30 ~ 1,50 adalah cadangan untuk :

- Fuel rest in tank
- Sea way
- Wind
- Waiting time

Maka,

$$\begin{aligned} W_{fo} &= 3000 \times 146 \times 1000 / 15 \times 1,30 \times 10^{-6} \\ &= 22,46 \text{ Ton} \\ &= 25 \text{ Ton} \end{aligned}$$

III.3.2. Volume Tangki Bahan Bakar Motor Induk

$$W_{to} = W_{fo} / \gamma$$

Dimana :

γ = Berat jenis bahan bakar

$$= 0,85 \text{ Ton / m}^3$$

Maka,

$$\begin{aligned} W_{fo} &= 25 / 0,85 \\ &= 29,411 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Frqme Namber	½ Luas	F.S	Hasil
22	6,877	1	6,877
25	6,877	4	27,508
28	6,881	2	13,762
31	7,122	4	28,488
34	6,881	1	6,881
Σ =			83,516

$$h = 1,075$$

$$\begin{aligned} \text{Volume}_1 &= 1/3 \times h \times \Sigma_1 \\ &= 1/3 \times 1,075 \times 83,516 \\ &= 29,926 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

III.3.3. Volume Tangki Bahan Bakar Motor Bantu

$$W_{do} = W_{do} / \gamma \quad (\text{Ref. No 6 Hal 12})$$

Dimana :

$$\begin{aligned} \gamma &= \text{Berat jenis bahan bakar} \\ &= 0,65 \text{ Ton / m}^3 \end{aligned}$$

Maka,

$$\begin{aligned} W_{do} &= 15 / 0,85 \\ &= 17,650 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Frqme Namber	½ Luas	F.S	Hasil
34	10,589	1	10,589
38	9,335	4	37,340
40	7,622	1	7,622
Σ =			55,551

$$\begin{aligned}
 \text{Volume}_2 &= 1/3 \times h \times \Sigma_2 \\
 &= 1/3 \times 1,075 \times 55,551 \\
 &= 18,517 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

III.3.5. Volume Tangki Settling Bahan Bakar

Direncanakan pengisian settling tank bahan bakar dilakukan setiap 10 jam.

$$V_{st} = \frac{1,20 \times SFOC \times BHP \times 10}{\gamma \times 1000}$$

Dimana :

$$SFOC = 146 \text{ gr / BHP}$$

$$BHP = \text{Brake House Power } 2 \times 1500 \text{ HP}$$

$$= 3000 \text{ HP}$$

$$\gamma = 850 \text{ kg / m}^3$$

Maka,

$$\begin{aligned}
 V_{st} &= \frac{1,20 \times 146 \times 3000 \times 10}{850 \times 1000} \\
 &= 6,18 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

Untuk bahan bakar motor bantu diperkirakan 20% dari motor induk :

$$\begin{aligned}
 V_{st} &= 0,20 \times 6,18 \\
 &= 1,23 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

III.3.6. Volume Service Tank

Pengisian direncanakan setiap 8 jam sesuai dengan group jaga. Untuk bahan bakar motor induk diperoleh :

$$\begin{aligned}
 V_{dt} &= 6,18 / 10 \times 8 \\
 &= 4,94 \text{ m}^3 \\
 &= 50 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

$$= 4,94 \text{ m}^3$$

$$= 50 \text{ m}^3$$

Untuk bahan bakar motor bantu diperoleh :

$$V_{dt} = 50 / 10 \times 8$$

$$= 4,0 \text{ m}^3$$

III.3.7. Volume Tangki Minyak Pelumas

Berat minyak pelumas (W_{lo}) berdasarkan dengan (Ref No. 6 Hal 12)

a. Berat minyak pelumas :

$$W_{lo} = BHP \times SLOC \times R^3 / V_s \times 1,30 \times 10^{-6}$$

Dimana :

$$BHP = \text{Brake House Power } 2 \times 1500 \text{ HP}$$

$$= 3000 \text{ HP}$$

$$SLOC = \text{Konsumsi Bahan Bakar } 0,9 \text{ gr / HP.h}$$

$$R = \text{Radius Pelayaran (1000 Mil)}$$

$$V_s = 15 \text{ Knot}$$

Maka,

$$W_{lo} = 3000 \times 0,9 \times 1000^3 / 15 \times 1,30 \times 10^{-6}$$

$$= 0,234 \text{ Ton}$$

$$= 234 \text{ Kg}$$

$$= 2295,54 \text{ N}$$

b. Volume tangki minyak pelumas

Berat minyak pelumas (V_{lo}) berdasarkan dengan (Ref No. 6 Hal 12)

$$V_{lo} = W_{lo} \times \gamma$$

Dimana :

$$\gamma = 0,90 \text{ Ton / m}^3$$

Maka,

$$V_{lo} = W_{lo} \times \gamma$$

$$= 234 \times 0,90$$

$$= 210 \text{ m}^3$$

Freme Number	½ Luas	F.S	Hasil
17	4.872	1	4,872
18	5. 213	4	20,852
19	5.745	1	5,745
$\Sigma_1 =$			31,470

$$h = 1075$$

$$\begin{aligned} \text{Volume}_1 &= \frac{1}{3} \times h \times \Sigma_1 \\ &= \frac{1}{3} \times 1075 \times 31,470 \\ &= 11,276 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Freme Number	½ Luas	F.S	Hasil
19	5,745	1	5,745
20	6,170	3	18,510
21	6,825	3	20,475
22	7,061	1	7,061
$\Sigma =$			51,791

$$\begin{aligned} \text{Volume}_2 &= \frac{1}{3} \times h \times \Sigma_2 \\ &= \frac{1}{3} \times 1075 \times 51,791 \\ &= 9,711 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume Total} &= \text{Volume}_1 + \text{Volume}_2 \\ &= 11,276 + 9,711 \\ &= 210 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

III.3.8. Volume Tangki Air Tawar

III.3.8.1. Kebutuhan Air Tawar Untuk Makan dan Minum

Kebutuhan air tawar untuk makan dan minum berdasarkan dengan (Ref No. 6 Hal 12)

$$W_{fwd} = Z_c \times (R / (V_s \times 24)) \times C_{fwd}$$

Dimana :

$$Z_c = \text{Jumlah ABK}$$

$$Z_c = 7 \text{ Orang}$$

$$R = \text{Radius Pelayaran} = 1000 \text{ Mil}$$

$$V_s = 15 \text{ Knot}$$

$$C_{fwd} = \text{Kebutuhan air tawar (10 – 20 kg / org / hari)}$$

$$= 12 \text{ kg / org / hari}$$

Maka,

$$W_{fwd} = 7 \times (1000 / (15 \times 24)) \times 12$$

$$= 0,233 \text{ Ton}$$

$$= 233 \text{ Kg}$$

$$\text{Lama pelayaran} : 7 \text{ hari}$$

$$= 7 \times 12 \times 7$$

$$= 0,588 \text{ Ton}$$

$$= 588 \text{ kg}$$

$$\text{kebutuhan total} = 0,233 + 0588$$

$$= 0,821 \text{ Ton}$$

Freem Number	½ Luas	F.S	Hasil
43	5,706	1	5,706
44	5,612	3	16,836
45	4,514	3	13,602
46	3,714	1	3,714
			$\Sigma_1 = 39,858$

$$\begin{aligned}
 \text{Volume}_1 &= 1/8 \times h \times \Sigma_1 \\
 &= 1/3 \times 0,5 \times 39,858 \\
 &= 6,643 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

iii.3.8.2. Kebutuhan Air Untuk Cuci dan Mandi

Kebutuhan air tawar untuk cuci dan mandi berdasarkan dengan

$$W_{fww} = Z_c \times (R / (V_s \times 24)) \times 0,08 \quad (\text{Ref No. 6 Hal 12})$$

Dimana :

$$\begin{aligned}
 C_{fww} &= 60 - 200 \text{ kg / org / hari} \\
 &= 80 \text{ kg / org / hari} \quad (\text{ditetapkan})
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 W_{fww} &= \text{Berat air cuci dan mandi} \\
 &= 7 \times (1000 / (15 \times 24)) \times 80 \\
 &= 1600 \text{ Kg} \\
 &= 1,6 \text{ Ton}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Lama pelayaran} &: 7 \text{ hari} \\
 &= 7 \times 80 \times 7 \\
 &= 3920 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Kebutuhan Total} &= 1,6 + 3,92 \\
 &= 5,52 \text{ Ton}
 \end{aligned}$$

Freme Namber	½ Luas	F.S	Hasil
41	7,622	1	7,622
42	6,333	4	25,333
43	5,706	1	5,706
$\Sigma_1 =$			38,661

$$\begin{aligned}
 \text{Volume}_1 &= 1/8 \Sigma_1 \times 0,5 \\
 &= 1/8 \times 38,661 \times 0,5 \\
 &= 2,416 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

iii.3.8.3. Kebutuhan Air Untuk Pendingin Motor

$$W_{fwc} = BHP \times C_{fwc}$$

Dimana :

$$\begin{aligned} BHP &= 2 \times 1500 \text{ HP} \\ &= 3000 \text{ HP} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C_{fwc} &= \text{Kebutuhan air untuk pendingin motor induk } 2 - 5 \text{ gr / BHP} \\ &= 5 \text{ gr / BHP} \text{ (yang di rencanakan)} \end{aligned}$$

Maka,

$$\begin{aligned} W_{fwc} &= 3000 \times 5 \\ &= 15000 \text{ gr / h} \\ &= 15 \text{ kg / h} \end{aligned}$$

Untuk pendingin motor bantu diambil 20% dari kebutuhan air motor induk :

$$\begin{aligned} &= 20 \% \times 15 \\ &= 300 \text{ g/h} \\ &= 3 \text{ Kg/h} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan motor induk dan motor bantu} &= 150 + 300 \\ &= 450 \text{ kg / jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jarak pelayaran} &= 1000 / 15 \\ &= 6.66 \text{ jam} \end{aligned}$$

$$\text{Lama pelayaran} = 168 \text{ jam}$$

Total kebutuhan air tawar :

$$\begin{aligned} W_{fwc \text{ total}} &= 450 \times 168 \\ &= 75600 \text{ kg} \\ &= 7,56 \text{ Ton} \end{aligned}$$

