
BAB II

Perencanaan Perhitungan Motor Induk

II.1. Perhitungan Daya Mesin

II.1.1. Hambatan Kapal

Kapal yang berlayar diibaratkan 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 bergerak dan biasa disebut lapisan atas (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 maximum 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 intensif 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 dialami. 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 mesin kapal ini, perhitungan hambatan yang digunakan adalah perhitungan yang terdapat dalam (Ref. No 3, Hal 95 – 134)

II.1.2. Diagram Guldhammer dan Harvald

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

$$R = C_r \times \left(\frac{1}{2} \times \rho \times V^2 \times S \right) \quad (N)$$

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

Dalam hal ini koefisien hambatan totalnya adalah :

$$C_T = C_R + C_F + C_A$$

Dimana :

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

C_F = Koefisien hambatan gesek dan dapat dihitung dengan memakai :

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

Atau dapat diambil dari diagram menurut ITTC 1957 dalam (Ref. No 3 Hal 129), dimana koefisien tahanan gesek C_F sebagai fungsi panjang kapal L dan kecepatan V .

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

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

Dengan faktor $\partial 10^3 C_R / \partial LCB$, dari grafik koreksi koefisien hambatan sisa dalam harvard (1992:130) dan ini hanya berlaku untuk LCB yang berada di depan $LCB_{standart}$. Mengenai LCB yang berada dibelakang $LCB_{standart}$, semua sumber yang ada mempunyai pendapat 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 standart 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 $LCB_{standart}$ dalam (Ref No. 3 Hal 130). Sebagaimana disebutkan sebelumnya, karena letak $LCB_{standart}$ 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 :

$$10^3 C_R = 10^3 C_{R(standart)} + \frac{\partial 10^3 C_R}{\partial LCB} |\Delta LCB|$$

- **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 (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 standart, yaitu penampangnya bukan benar-benar berbentuk (U) ataupun (V). Karenanya dalam menghitung daya efektif untuk perancangan awal umumnya tidak diperlukan koreksi untuk bentuk penampang badan kapal.

Jika penampang tersebut merupakan penampang (U) atau (V) yang ekstrem maka untuk harga $10^3 C_R$ dapat dikoreksi sebagaimana berikut :

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} dalam rentang 0,20 ~ 0,25. Selain itu, bentuk standart harus dipandang sebagai bentuk yang mempunyai garis yang dirancang dengan baik, jika garis perancangan tersebut harus diubah untuk menyesuaikan kebutuhan operasional kapal atau besarnya daya harus diberikan kelonggaran, maka disarankan agar C_R dinaikkan sebesar 10% dan untuk garis perancangan yang tidak optimal diberikan 20%.

- **Koreksi Anggota Badan Kapal**

Daun Kemudi : Tidak ada koreksi, karena bentuk standar sudah mencakup daun kemudi.

Lunas Bilga (Lunas Sayap) : Tidak ada koreksi

Boss 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, $10^3 C_A = 0,00$

$L = 250$ m, $10^3 C_A = -0,20$

$L \geq 300$ m, $10^3 C_A = -0,30$

- **Koreksi Anggota Badan Kapal**

Koreksi pada anggota badan kapal, digunakan rumus sebagai berikut :

$$C_F = C_F \frac{S_1}{S} \quad (\text{Ref. No 3 Hal 132})$$

Dimana : S = Luas permukaan basah badan kapal dan

S_1 = Permukaan basah badan dan anggota badan kapal.

- **Koreksi Hambatan Udara dan Kemudi**

Berdasarkan Ref. No 3 Hal 132

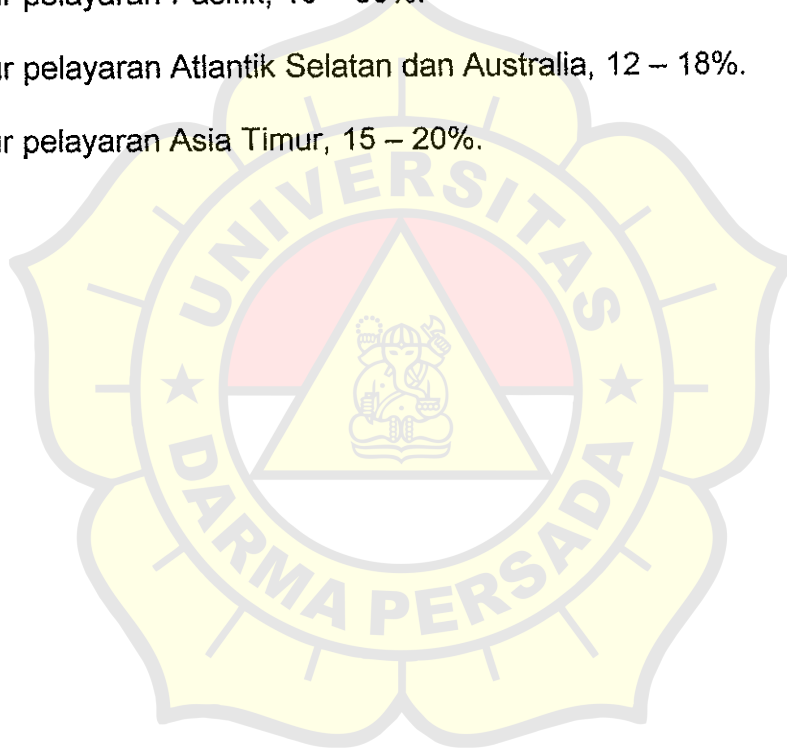
Koreksi hambatan udara = $10^3 C_{AA} = 0,07$

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

- **Koreksi Pelayaran Dinas**

Berdasarkan Ref. No 3 Hal 133

- Jalur pelayaran Atlantik Utara, ke Timur, untuk musim panas 15% dan musim dingin 20%.
- Jalur pelayaran Atlantik Utara, ke Barat, untuk musim panas 20% dan musim dingin 30%.
- Jalur pelayaran Pasifik, 15 – 30%.
- Jalur pelayaran Atlantik Selatan dan Australia, 12 – 18%.
- Jalur pelayaran Asia Timur, 15 – 20%.



II.1.3. Data - Data Kapal

L.O.A	=	106,43	m
Lpp	=	98,68	m
B	=	16,33	m
T	=	7,15	m
H	=	8,81	m
Vs	=	15	Knot
Cb	=	0,71	
Cm	=	0,984	
Cw	=	0,815	
Cp	=	0,721	
Wetted Surface Area (S)	=	2687,607	m ²
Luas Appendages (S')	=	112% x S	
	=	1,12 x 2687,607	
	=	2714,483	m ²
LCB	=	-0,876	m
	=	-0,887 %	
Δ	=	10331,74	Ton
∇	=	10079,75	m ³
$\nabla^{1/3}$	=	21,5	

$$\text{Ratio Lebar – Sarat } B/T = 1,85$$

$$\text{Ratio Panjang - } \nabla \quad L/\nabla^{1/3} = 4,6$$

$$\text{Ratio Permukaan Basah S'/S} = 0,99$$

II.1.4. Perhitungan Hambatan Kapal Pada Kecepatan 15 Knot

1. Berdasarkan (Ref. No 3 Hal 118)

$$Fn = \frac{Vs}{\sqrt{gL}}$$

Dimana :

$$Vs = \text{kecepatan kapal (m/dt)}$$

$$= 15 \times 0,5144$$

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

$$g = \text{Gaya gravitasi}$$

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

$$L = \text{Panjang Kapal (m)}$$

$$= 98,68 \text{ m}$$

maka :

$$Fn = \frac{7,716}{\sqrt{9,81 \times 98,68}}$$

$$= 0,247$$

2. $Vs = 15 \text{ knot}$

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

4. $Vs^2 = (7,716)^2$

$$= 59,536 \text{ m}^2/\text{dt}^2$$

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

Dimana :

$$\rho = \text{massa jenis (kg)}$$

$$= 104,49 \text{ kg}$$

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

$$= 2687,87 \text{ m}^2$$

Maka :

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

$$= \frac{1}{2} \times 104,49 \times 2687,87 \times 59,536$$

$$= 8360581,72 \text{ kg}$$

$$6. \quad 7. \quad 8. \quad \text{Residuary Coefficient} = 10^3 C_R$$

$$6. \quad L \nabla^{1/3} = 4,5 \quad F_n = 0,239 \quad 10^3 C_R = 2,0$$

$$7. \quad L \nabla^{1/3} = 5,0 \quad F_n = 0,239 \quad 10^3 C_R = 1,77$$

$$8. \quad L \nabla^{1/3} = 4,6 \quad F_n = 0,239 \quad 10^3 C_R = \dots\dots$$

$$10^3 C_R = 2 + \left| \frac{4,6 - 4,5}{5,0 - 4,5} \right| \cdot (1,77 - 2)$$

$$= 1,954$$

9. koreksi B/T

$$B/T = 16,33 / 7,15$$

$$= 2,285$$

10. Koreksi LCB

$$\begin{aligned}
 LCB_{\text{standar}} &= -1,184 \% \\
 \Delta LCB &= LCB_{\text{aktual}} - LCB_{\text{standar}} \\
 &= 0,887\% - (-1,184 \%) \\
 &= 2,071 \% = 0,020
 \end{aligned}$$

maka koreksi LCB :

$$\begin{aligned}
 &= \frac{\partial 10^3 C_R}{\partial LCB} |\Delta LCB| \\
 &= 0,224 \times |0,020| \\
 &= 0,004
 \end{aligned}$$

11. Garis penampang bentuk depan dan belakang berdasarkan (Ref No. 3 hal 131), tidak ada koreksi untuk bentuk penampang badan kapal tidak ekstrim "U" ataupun "V".

12. Koreksi Bentuk Haluan

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

13. Koreksi Anggota Badan

$$\begin{aligned}
 \text{- Boss baling-baling} &= 3\% \sim 5\% \\
 &= 3\% \times 10^3 C_R \\
 &= 0,03\% \times 0,00195 \\
 &= 5,85 \times 10^{-5}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{- Shaft Bracket} &= 5\% \sim 8\% \\
 &= 7\% \times 10^3 C_R \\
 &= 0,07\% \times 0,00195
 \end{aligned}$$

$$= 1,365 \times 10^{-4}$$

- Lunas Bilga = 0% (tidak ada koreksi)

- Daun Kemudi = 0% (tidak ada koreksi)

14. Resultan $10^3 C_R$

$$\begin{aligned} \text{Resultan } 10^3 C_R &= (8) + (9) + (10) + (11) + (12) + (13) \\ &= 1,954 + -0,0107 + 0,005 + 0 + 0 + 0,0000585 \\ &\quad + 0,0001365 \\ &= 2,635 \end{aligned}$$

15. $10^{-6} R_n$

$$\begin{aligned} 10^{-6} R_n &= \frac{V \times L}{v} \\ &= \frac{7,716 \times 98,68}{1,188 \times 10^6} \\ &= 640,922 \end{aligned}$$

16. $10^3 C_F$ dari gambar 5.5.14 menurut ITTC-1957 dalam (Ref. No 3 Hal 129).

$$L = 98,68 \quad V = 6,0 \text{ m/dt} \quad 10^3 C_F = 1,68$$

$$L = 98,68 \quad V = 8,0 \text{ m/dt} \quad 10^3 C_F = 1,63$$

$$L = 98,68 \quad V = 7,716 \text{ m/dt} \quad 10^3 C_F = \dots\dots$$

$$\begin{aligned} 10^3 C_F &= 1,68 + \left| \frac{7,716 - 6,0}{8,0 - 6,0} \right| \cdot (1,63 - 1,68) \\ &= 1,637 \end{aligned}$$

18. $10^3 C_A$ (hambatan tahanan)

$$\text{Untuk } L \leq 100 \text{ m} : 10^3 C_A = 0,4$$

19. $10^3 C_{AA} = 0,07$ (untuk hambatan udara)

20. $10^3 C_{AS} = 0,04$ (untuk hambatan kemudi)

21. $10^3 C_T$ (koefisien hambatan total)

$$\begin{aligned} 10^3 C_T &= C_R + C_F + C_A + C_{AA} + C_{AS} \\ &= (14) + (17) + (18) + (19) + (20) \\ &= 1,948 + 1,897 + 0,4 + 0,07 + 0,04 \\ &= 4,782 \end{aligned}$$

22. R_T (hambatan total) berdasarkan (Ref. No 3 hal 133)

$$\begin{aligned} R_T &= C_T (\frac{1}{2} \rho \cdot S \cdot V_s^2) \\ &= 4,355 \cdot 10^{-3} \times 8360581,72 \\ &= 399.82,063 \text{ kg} = 39.982,063 \text{ Ton} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 23. P_E &= \frac{V_s \times R_T}{75} \\ &= \frac{7,716 \times 39982,06377}{75} \\ &= 4113,355 \text{ HP} \times 0,736 \\ &= 3027,429 \text{ kW} \end{aligned}$$

24. Daya mesin efektif

$$P_B = P_E / (\eta_H \times \eta_{rr} \times \eta_{po} \times \eta_t)$$

Berdasarkan (Ref. No 8 hal 99) untuk kapal berbaling-baling tunggal :

$$\begin{aligned} w &= -0,05 + (0,5 \times C_b) \\ &= -0,05 + (0,5 \times 0,71) \\ &= 0,305 \end{aligned}$$

Untuk single screw propeller, harga $t = w = 0,305$

$$\begin{aligned} \eta_H &= \frac{1-t}{1-w} \\ &= \frac{1-0,305}{1-0,305} \\ &= 1 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \eta_{rr} &= \text{Efisiensi Rotary Relatif} \\ &= 1,7 \times C_b \end{aligned}$$

$$\eta_{rr} = 0,99$$

$$\begin{aligned} \eta_{po} &= \text{Efisiensi baling-baling} \\ &= 0,45 \text{ s/d } 0,60 \text{ diambil harga } 0,60 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_c &= \eta_h \times \eta_{rr} \times \eta_{po} \\ &= 1 \times 0,99 \times 0,6 \end{aligned}$$

$$P_c = 0,594$$

$$\begin{aligned}
 P_B &= \frac{4113,355}{0,60} \\
 &= 6519,014 \text{ HP} \times 0,736 \\
 &= 4797,994 \text{ kW}
 \end{aligned}$$

25. NCR (Normal Continous Rating / Normal Output Engine)

$$\begin{aligned}
 \text{NCR} &= P_B + \text{Sea Margin } 15\% \\
 &= 5701,463 + (5701,463 \times 0,15) \\
 &= 6556,683 \text{ HP} \times 0,736 \\
 &= 4825,718 \text{ kW}
 \end{aligned}$$

26. MCR (Maximum Continous Rating)

$$\begin{aligned}
 \text{MCR} &= \text{NCR} / 0,9 \\
 &= 6556,683 / 0,9 \\
 &= 8213,958 \text{ HP} \times 0,736 \\
 &= 6045,473 \text{ kW}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan tabel hasil perhitungan hambatan dengan menggunakan metode (Ref. No 3), maka dapat ditentukan besarnya daya mesin yang digunakan kapal ini. Dimana karakteristik mesin yang dipilih adalah sebagai berikut :

berdasarkan hasil perhitungan maka dpt ditentukan besarnya daya mesin yg digunakan kapal ini. Dimana karakteristik mesin yg dipilih adalah sebagai berikut :

(Referensi no 3) tidak usak dipakai bilang aja salah ngetik bila di tanya.

Merk	:	WARTSILA
Type	:	16 V 32 DIESEL
Daya	:	6450 kW / 8810 HP
Putaran Mesin	:	720 RPM
Bore x Stroke	:	320 mm x 350 mm
Jumlah silinder:		16 V konsigurasi
Ukuran	:	Panjang x Lebar x Tinggi
	:	6883 mm x 2765 mm x 2360 mm
SFOC	:	177 gr / kW.h
Jumlah	:	1 (Satu) buah

Dengan telah dipilihnya mesin induk untuk kapal, maka berdasarkan kurva daya – kecepatan untuk daya mesin 6450 kW (8810 HP) kecepatan kapal ini = 15 Knot.

II.2. 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) berdasarkan (Ref. No 8 hal 99) adalah :

$$\begin{aligned}\omega &= -0,05 + (0,55 \times C_b) \\ &= -0,05 + (0,55 \times 0,7) \\ &= 0,340\end{aligned}$$

2. Advance Speed of Propeller (V_a)

$$\begin{aligned}V_a &= (1 - \omega) \times V_s \quad (\text{kn}) \\ &= (1 - 0,1905) \times 15 \\ &= 12,142 \text{ kn.}\end{aligned}$$

3. RPM Baling-Baling

$$\begin{aligned}\text{RPM}_{\text{mesin}} &= 720 \text{ rpm, dengan red gear } 1 : 3 \text{ didapat putaran} \\ \text{baling-baling} &= 240 \text{ rpm.}\end{aligned}$$

$$\text{Koreksi rpm} = 1 \%$$

$$\begin{aligned}N &= 240 \times 0,99 \\ &= 237,6 \text{ rpm.}\end{aligned}$$

$$n = 3,95 \text{ rps.}$$

4. DHP (Delivery Horse Power)

$$\begin{aligned} \text{DHP} &= (8810 - 3\%) \times (75/76) \times (1,000/1,025) \\ &= 8.482 \text{ HP.} \end{aligned}$$

5. Harga Bp

$$B_p = \frac{N \times P^{0,5}}{V_a^{2,5}} \quad (\text{Ref. No. 8 Hal 116})$$

Dimana : N = Putaran baling-baling (koreksi) = 237,6 rpm

P = Delivery Horse Power = 8.482 HP.

V_a = Advance Speed = 12,142 kn.

$$\begin{aligned} B_p &= \frac{237,6 \times 8482^{0,5}}{12,142^{2,5}} \\ &= 42,596 \end{aligned}$$

Dari diagram B4 -40 dengan B_p = 41,657 maka didapat data-data :

$$\delta = 267$$

$$\delta \eta_{po} = 54,8$$

6. Koreksi Harga δ

$$\begin{aligned} \text{Untuk B4 - 40} &= (267 - 2\%) \\ &= 266,98 \end{aligned}$$

7. Diameter Baling – baling

$$D_o = \frac{\delta \times V_a}{N} \quad (\text{Ref. No 8 Hal 117})$$

Dimana : $\delta = \text{Delta} = 266,98$

$V_a = \text{Advance speed} = 12,142 \text{ kn}$

$N = \text{Putaran Baling – baling} = 237,6 \text{ rpm}$

$$\begin{aligned} D_o &= \frac{266,98 \times 12,142}{237,6} \\ &= 13,643 \text{ ft} / 3,28 \\ &= 4,160 \text{ m} = 4,2 \text{ m.} \end{aligned}$$

II.2.1 Perhitungan Kavitas

a. Tekanan Statik Baling-baling

Berdasarkan (Ref. No 1 hal 19-3) tekanan statik baling-baling adalah :

$$p - e = 14,45 + 0,45 H \quad (\text{lbs /sq.ft})$$

Dimana : $H = \text{Tinggi poros propeller diukur dari baseline (feet)}$
 $= 7,708 \text{ ft.}$

$$\begin{aligned} p - e &= 14,45 + (0,45 \times 7,708) \\ &= 17,918 \text{ lbs / sq.ft} \approx 857,913 \text{ N / m}^2 \end{aligned}$$

b. Disc Area of The Screw (F)

$$\begin{aligned} F &= \pi / 4 \cdot D^2 \\ &= 3,14 / 4 \times 4,2^2 \\ F &= 13,847 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

c. Developed Blade Area (Fa)

$$F_a = F \times 0,4$$

$$= 13,847 \times 0,4$$

$$F_a = 5,540 \text{ m}^2$$

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

$$= 1,067 - 0,229 \times 0,63$$

$$F_p / F_a = 0,922$$

$$F_p = 0,922 \times 1,962$$

$$= 1,808 \text{ m}^2$$

d. Shaft Horse Power

$$P_s = \frac{2\pi \cdot Q \cdot n}{75}$$

$$= \frac{2,3,14 \times 25580,24 \times 3,95}{75}$$

$$P_s = 8460,57 \text{ HP}$$

e. Torque of Propeller

$$Q = \frac{P \times 75 \times 60}{2\pi N} \quad (\text{Ref. No 8 Hal 111})$$

Dimana : P : Delivery Horse Power = 8482 HP

.N : Putaran baling-baling = 237,6 rpm

$$\text{Maka : } Q = \frac{8482 \times 75 \times 60}{2 \times 3,14 \times 237,6}$$

$$= 25580,24 \text{ kg.m} \approx 250942 \text{ N.m}$$

f. Thrust

$$T = \frac{SHP \cdot \eta_{po} \cdot \eta_{rr} \cdot 75}{V_a} \quad (\text{Ref. No 8 Hal 126})$$

Dimana SHP : Shaft Horse Power : 8460,57 HP

V_a : Advance Speed : 12,142 kn

Maka :

$$\begin{aligned} T &= \frac{8460,57 \times 0,6 \times 1,00 \times 75}{12,142} \\ &= 31356,09 \text{ kg} \approx 307603,25 \text{ N} \end{aligned}$$

g. Thrust Coefficient

$$\tau_c = \frac{T / F_p}{\frac{1}{2} \rho \cdot V^2} \quad (\text{Ref. No 8 Hal 125})$$

Dimana : T = Thrust = 31356,09 kg \approx 307603,24 N

F_p = Projected Blade Area = 1,808 m²

ρ = 104,5

V² = V_a² + ($\pi \cdot n \cdot 0,7 \cdot D$)

= 12,142² + (3,14 \times 3,96 \times 0,7 \times 4,2)²

V² = 1.483,85 m² /s²

Maka :

$$\begin{aligned}\tau_c &= \frac{31356,09/1,808}{\frac{1}{2} \cdot 104,5 \cdot 1483,85} \\ &= 0,223\end{aligned}$$

h. Cavitation Number

Untuk mengatasi fluida menjadi butir-butir gelembung sangat kecil.

$$\sigma_o = \frac{p - e}{q_T} \quad (\text{Ref. No 8 Hal 76})$$

Dimana : $p - e =$ Tekanan Statik Baling-baling = 17,918 lbs / sq.ft
 $\approx 857,913 \text{ N / m}^2$.

$$\begin{aligned}q_T &= \left(\frac{Va}{7,12} \right)^2 + \left(\frac{N \times D}{329} \right)^2 \\ &= \left(\frac{12,142}{7,12} \right)^2 + \left(\frac{237,6 \times 13,643}{329} \right)^2 \\ q_T &= 99,986\end{aligned}$$

Maka :

$$\begin{aligned}\sigma_o &= \frac{857,913}{99,986} \\ &= 8,580\end{aligned}$$

i. Penentuan Angka Sorong

$$S = Rt / (1 - t)$$

Dimana : $Rt =$ Hambatan total = 39982,063

Maka :

$$S = 39982,063 / (1 - 0,305)$$

$$= 57.528,148 \text{ kg} \approx 564.351,133 \text{ N}$$

j. Kecepatan Air Masuk ke Baling-baling (v_e)

$$v_e = (1 - \omega) \times V_s$$

Dimana : ω = Faktor arus ikut = 0,340

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

Maka :

$$v_e = (1 - 0,340) \times 7,716$$

$$= 5,092 \text{ m/dt}$$

k. Diameter Baling-baling Tentative (D)

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

Dimana : T = Sarat Kapal = 7,15 m

Maka :

$$D = 0,7 \times 7,15$$

$$= 5,00 \text{ m.}$$

l. 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 :

$$K'd = D \times v_e \times \sqrt{\frac{\rho}{S}}$$

Dimana :

D = diameter propeller = 4,2 m

Ve = Kecepatan air masuk ke baling-baling = 5,092 m/dt

ρ = massa jenis air laut = 104,5 kg dt²/ m⁴ \approx 1025,14 N dt²/m⁴

S = Angka sorong = 57.528,148 kg \approx 564.351,132

Maka :

$$K'd = 4,2 \times 5,092 \times \sqrt{\frac{104,5}{57528,148}}$$

$$= 0,911$$

Dicari :

$$K'n = \frac{v_e}{\sqrt{n}} \times \sqrt{\frac{\rho}{S}}$$

Dimana :

Ve = Kecepatan air masuk ke baling-baling = 5,092 m/dt

ρ = massa jenis air laut = 104,5 kg dt²/m \approx 1025,14 N dt²/ m⁴

S = Angka sorong = 57528,148

Maka :

$$K'n = \frac{5,092}{\sqrt{3,95}} \times \sqrt{\frac{104,5}{57528,148}}$$
$$= 0,109$$

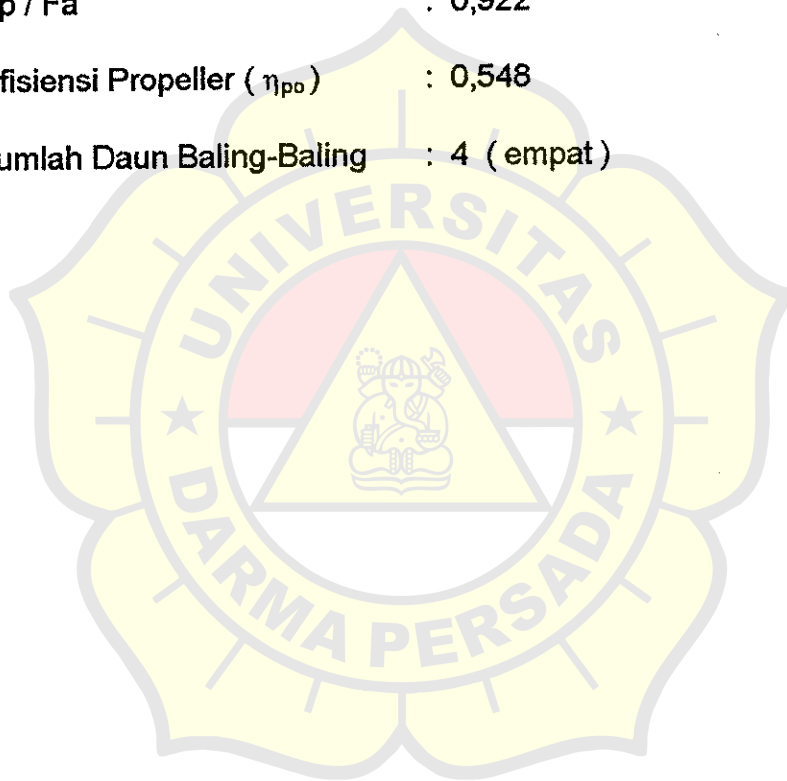
Karena $K'd \leq 2$ dan $K'n \leq 1,0$; maka dipilih baling – baling berdaun 4 untuk kapal rancangan.



Pemilihan Baling – Baling

Dengan demikian didapat spesifikasi baling-baling pada kapal rancangan ini adalah sebagai berikut :

- Type Baling – Baling : Series B4-40
- Diameter Baling – Baling : 4,2 m
- Pitch Ratio (H_0/D) : 0,63
- F_p / F_a : 0,922
- Efisiensi Propeller (η_{pp}) : 0,548
- Jumlah Daun Baling-Baling : 4 (empat)



II.2.2. Perhitungan Poros Baling - Baling

II.2.2.1. 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 tipe dari poros
= 1,26

P_w = Daya pada poros
= 8460,57 kW

n = Putaran poros
= 3,95 Rpm

R_m = Kekuatan tarik material, digunakan S 45 C yang kekuatan tariknya 58 kg/mm² = 568,40 N/m².

C_w = 560 / R_m + 160
= 560/568,40 + 160
= 0,77

1 - (d_i/d_a)⁴ = 1,00

Maka :

$$\begin{aligned}
 D &= 100 \times 1,26 \times \sqrt[3]{\frac{8460,57}{237,6 \times 1,00}} \times 0,77 \\
 &= 319,187 \text{ mm} \\
 D &= 320 \text{ mm.}
 \end{aligned}$$

II.2.2.2 Diameter Poros Antara

Untuk menentukan besarnya diameter poros antara, berdasarkan

(Ref. No 2, Hal 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 :

$$\begin{aligned}
 D &= F \times k \times \sqrt[3]{\frac{P_w}{n \times \left(1 - \frac{d_i}{d_a}\right)^4}} \times C_w \\
 &= 95 \times 1,20 \times \sqrt[3]{\frac{8460,57}{237,6 \times 1,00}} \times 0,77 \\
 &= 288,788 \text{ mm} \\
 D &= 289 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

II.3. Permesinan Geladak

Permesinan geladak meliputi : mesin kemudi (steering gear), mesin jangkar (windlass) dan mesin tali-temali.

II.3.1 Mesin Kemudi

Luas daun kemudi dihitung dengan rumus pendekatan dibawah ini (Ref. No. 2 Hal. 14-1), adalah :

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

Dimana :

A = Luas daun kemudi (m^2)

C_1 = faktor untuk kapal penumpang = 1,0

C_2 = faktor untuk kemudi, type umum = 1,0

C_3 = faktor untuk profile kemudi = 1,0

C_4 = faktor untuk perencanaan kemudi = 1,51

L = panjang kapal / Lpp = 98,68 m.

T = sarat kapal = 8,81 m.

Jadi :

$$\begin{aligned} A &= 1,0 \times 1,0 \times 1,0 \times 1,5 \times \frac{1,75 \times 98,68 \times 8,81}{100} \\ &= 22,820 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

- a. Menentukan tinggi dan lebar daun kemudi

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

$$A = b \times c$$

Dimana :

$$A = \text{luas daun kemudi} = 22,820 \text{ m}^2.$$

$$b = \text{tinggi daun kemudi} = 3,9 \text{ m}$$

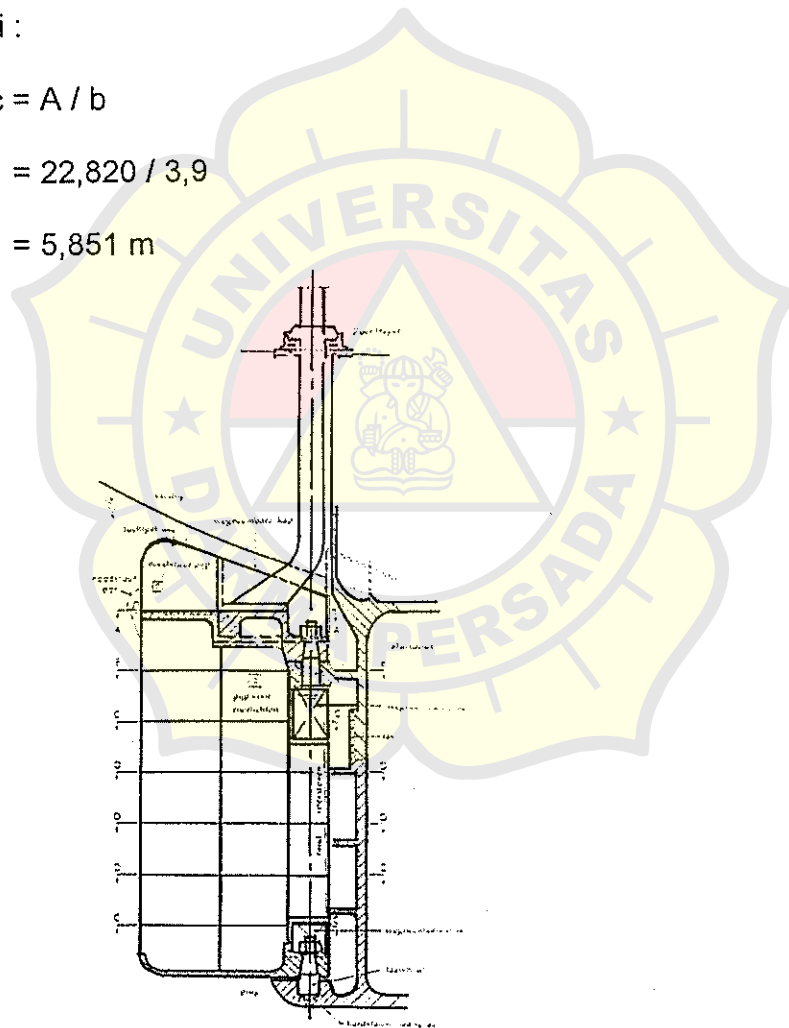
$$c = \text{lebar daun kemudi} = A / b.$$

Jadi :

$$c = A / b$$

$$= 22,820 / 3,9$$

$$= 5,851 \text{ m}$$



Kemudi type "OERTZ"

Gambar Daun Kemudi (Ref. No. 10 Hal 193)

b. Diameter Tongkat Kemudi

Diameter tongkat kemudi dihitung dengan rumus pendekatan tidak boleh kurang dari : (Ref. No. 2 Hal. 14-4)

$$Dt = 4,2 \sqrt[3]{QR \cdot kr} \quad (\text{mm})$$

Dimana :

Dt = Diameter tongkat kemudi (mm)

kr = Faktor bahan tergantung dari kekuatan tarik (Reh)

bahan baja Karbon Cor (Sc 49), $49 \times 9,8 = 480,2$

N/mm² (Ref. No. 1, Hal 14-2)

$$Kr = \left[\frac{235}{Reh} \right]^{0.75}$$

$$= \left[\frac{235}{480,2} \right]^{0.75}$$

$$= 0,585$$

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

Dimana : r = 0,1 × c (Ref. No. 1 Hal 14-3)

Dimana :

c = Lebar daun kemudi = 5,581

Maka : r = 0,1 × 5,581

$$= 0,5581$$

CR = gaya kemudi

$$= 132 \times A \times V^2 \times k1 \times k2 \times k3 \times kt \quad (\text{N})$$

Dimana :

$$A = \text{luas daun kemudi} = 22,820 \text{ m}^2.$$

$$V = \text{kecepatan kapal} = 15 \text{ knot}$$

$$k_1 = \text{koefisien luas daun kemudi (Ref. No. 1 Hal 14-2)}$$

$$= (\Lambda + 2) / 3$$

Untuk kapal barang dengan menggunakan daun kemudi jenis Balanced rudder

$$\Lambda = b^2/A$$

$$= (3,9)^2 / 22,820$$

$$= 0,666$$

$$= (0,666 + 2) / 3$$

$$= 0,888$$

$$k_2 = \text{koefisien profile / model kemudi}$$

$$= 1,1 \text{ (untuk model flat side profile a head)}$$

$$k_3 = \text{koefisien letak kemudi}$$

$$= 0,8 \text{ (diluar propeller jet)}$$

$$k_t = \text{koefisien tergantung daya dorong} = 1,0$$

Maka :

$$CR = 132 \times 22,820 \times 15^2 \times 0,888 \times 1,1 \times 0,8 \times 1,0$$

$$= 529624,08 \text{ N}$$

Maka :

$$QR = CR \times r$$

$$= 529624,08 \times 0,585$$

$$= 309830,09 \text{ Nm}$$

Dengan demikian diameter tongkat kemudi (Dt) adalah :

$$Dt = 4,2 \times \sqrt[3]{309830,09 \times 0,585}$$

$$= 166,256 \text{ mm}$$

c. Gaya yang bekerja pada daun kemudi

$$P_n = 11 \times A \times V^2 \times \sin^2 \alpha \quad (\text{kg})$$

Dimana :

P_n = Gaya yang bekerja pada daun kemudi

A = Luas daun kemudi (m^2)

V = Kecepatan kapal = 15 knot

α = Sudut putar daun kemudi

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

$$= 2 \times 35^\circ \text{ (direncanakan)}$$

Jadi :

$$P_n = 11 \times 22,820 \times 15^2 \times \sin^2 35$$

$$= 32395,31 \text{ kg} \approx 317.797,991 \text{ N}$$

d. Momen Torsi Daun Kemudi

rumus yang digunakan untuk mencari momen torsi (Ref. No.

2 Hal. 14-3), adalah :

$$QR = CR \times r \quad (\text{Nm})$$

Dimana :

$$r = 0,1 c$$

$$c = \text{lebar rata-rata daun kemudi} = 5,851 \text{ m}$$

Maka :

$$r = 0,1 \times 5,581$$

$$= 0,5851$$

Jadi :

$$Q_R = 529624,08 \times 0,5851$$

$$= 309830,08 \text{ Nm}$$

e. Daya Pada Motor Penggerak

Daya motor penggerak (Ref. No. 2 Hal. 14-3) adalah :

$$N_m = \frac{1,4 \times Q_R \times N_{rs}}{1000 \times \eta_{sg}} \quad (\text{HP})$$

Dimana :

Q_R = Momen torsi motor penggerak

$$= 31.583,08 \text{ kgm} \approx 309.830,08 \text{ N.m}$$

N_{rs} = Putaran motor penggerak

$$= 1/3 \times \alpha/\lambda$$

Dimana

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

$$\lambda = 25 \div 30$$

$$\lambda = 25 \text{ (direncanakan)}$$

Maka :

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

$$= 0,47$$

$\eta_{sg} = 0,1 \div 0,35$, untuk steering gear dgn. electric steering gear

$$= 0,35 \text{ (diambil)}$$

Daya motor

$$N_m = \frac{1,4 \times 31582,08 \times 0,47}{1000 \times 0,35}$$

$$= 59,374 \text{ HP} \times 0,736$$

$$= 43,699 \text{ kW}$$



II.3.2. Mesin Jangkar (Windlass)

Gaya tarik pada cable letter (T_{cl}) untuk 2 jangkar (Ref No. 4 Hal. 401), adalah :

$$T_{cl} = 2,35 (G_a + L_a \times p_a)$$

Dimana :

G_a = Berat jangkar (kg)

L_a = Panjang rantai jangkar yang menggantung (m)

P_a = Berat rantai jangkar pada saat bergerak (kg/mm)

Sebelum menghitung gaya tersebut, harus diketahui angka penunjuk (Z). Angka penunjuk (Z) Menurut (Ref. No. 1 Hal. 18-1 dan 18-2), adalah :

$$Z = D^{2/3} + 2 hB + A/1$$

Dimana :

D = Displacement kapal = 10331,74 Ton

$$h = f_b + \sum h_1$$

= tinggi efektif diukur dari garis muat musim panas sampai ke puncak teratas rumah geladak. = 14,9 m

A = Luas dari pandangan samping bangunan atas (m²), dengan panjang (L) dan tinggi (h) = 373,17 m².

B = 16,33 m.

Jadi :

$$\begin{aligned} Z &= 10331,74^{2/3} + (2 \times 14,9 \times 16,33) + 373,17 / 10 \\ &= 998,319 \end{aligned}$$

Angka penunjuk (Z) = 998,319

Berdasarkan Tabel 18.2 untuk kapal dengan Z= 998,319, jumlah jangkar yang direkomendasikan (Ref No. 1 Hal. 18-6) adalah :

- Jumlah jangkar = 3 buah, (2 dipakai 1 cadangan)
- Massa satu jangkar = 3060 kg
- Panjang rantai total = 495 m
- Diameter rantai (d_1) = 56 mm, Untuk bahan jangkar kualitas biasa
- Diameter rantai (d_2) = 50 mm, Untuk bahan jangkar kualitas spesial
- Diameter rantai (d_3) = 44 mm, Untuk bahan jangkar kualitas extra spesial
- Panjang tali tarik = 200 m, Untuk towing
- Panjang tali tambat = 180 m.

Maka :

Gaya tarik pada cable lifter (T_{cl}) untuk 1 jangkar adalah :

$$T_{cl} = 2,35 (G_a + (L_a \times p_a)$$

Dimana :

G_a = Massa satu jangkar = 3060 kg

L_a = Panjang rantai jangkar yang menggantung = $L/3$
= 495/3

L_a = 165 m

$$P_a = \text{Massa rantai jangkar pada saat bergerak}$$

$$= 0,0218 \times d_1^2$$

Sesuai tabel penggunaan rantai jangkar (Ref.No.4 Hal 401)
dipakai rantai yang ukuran klasnya d_1 .

$$\text{Dimana : } d_1 = 56 \text{ mm}$$

$$= 0,0218 \times 56^2$$

$$= 68,365 \text{ N/mm.}$$

Jadi :

$$T_{cl} = 2,35 \times (3060 + (165 \times 68,365))$$

$$= 33699,53 \text{ kg} \approx 330.592,377 \text{ N}$$

a. Moment putar pada cable lefter (M_{cl})

Moment putar pada cable lefter (Ref No. 4 Hal. 408)

adalah :

$$M_{cl} = \frac{(T_{cl} \times D_{cl})}{2 \times \eta_{cl}} \quad (\text{Kg.m})$$

Dimana :

$$T_{cl} = \text{Gaya tarik pada cable lefter} = 33699,5 \text{ kg}$$

$$= 330592,377 \text{ N}$$

$$D_{cl} = \text{Diameter efektif cable lefter} = 0,013 \text{ m}$$

$$\eta_{cl} = \text{efisiensi cable lefter} = 0,9 - 0,92$$

$$\eta_{cl} = 0,9 \text{ (direncanakan)}$$

Jadi :

$$M_{cl} = \frac{(33699,53 \times 0,013)}{2 \times 0,9}$$

$$= 243,385 \text{ kg.m.} \approx 2387,6 \text{ N}$$

b. Moment Putar pada poros Motor (M_m)

Moment putar pada poros (Ref. No. 4 Hal. 411) adalah :

$$M_m = \frac{M_{cl}}{\eta_a \times i_a} \text{ (kg.cm)}$$

Dimana :

$$\begin{aligned} M_{cl} &= \text{Moment putar pada cable lifter} = 243,385 \text{ kg} \\ &= 23.422,46 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \eta_a &= \text{efisiensi mekanis dengan spin gear} \\ &= 0,7 - 0,85 \text{ (0,85 diambil) (Ref. No. 4 Hal. 408)} \end{aligned}$$

$$i_a = \text{Ratio mekanisme gigi} = 105 \div 250 \text{ (Ref No. 4 Hal. 409)}$$

$$i_a = 250 \text{ rpm (diambil)}$$

Maka :

$$\begin{aligned} M_m &= \frac{23422,469}{(0,85 \times 250)} \\ &= 110,223 \text{ kg.cm.} \approx 1081,29 \text{ N.cm} \end{aligned}$$

c. Daya Efektif Windlass (N_e)

Besarnya daya efektif windlass (N_e), (Ref No.4 Hal. 410),
adalah :

$$N_e = \frac{(M_m \times nm)}{716,20} \text{ (HP)}$$

Dimana :

$$\begin{aligned} M_m &= \text{momen putar pada poros motor} = 110,223 \text{ kg.cm} \\ &= 1081,29 \text{ N.cm} \end{aligned}$$

$$716,20 = \text{Harga Konstan dari rumus}$$

$$n_m = \text{putaran motor untuk electric windlass } 720 \div 1550$$

$$= 720 \text{ rpm (diambil)}$$

Maka :

$$N_e = \frac{(110,223 \times 720)}{716,20}$$

$$= 110,807 \text{ HP} \times 0,736$$

$$N_e = 81,554 \text{ kW}$$

II.3.3 Mesin Tali Tambat (Capstan)

Tegangan putus tali yang diizinkan (T_w) tidak boleh melebihi.
(Ref. No. 4 Hal. 402):

$$T_w = R_{br} / 6 \quad (\text{kg/m}^2)$$

Dimana :

R_{br} : tegangan putus tali (kg/m^2), (Ref. No. 1 Hal. 18-6)
adalah :

$$R_{br} = 230 \text{ KN/m}^2$$

$$= 230.000 \text{ N/m}^2$$

$$R_{br} = 23445,464 \text{ kg/m}^2.$$

Jadi :

$$\sigma_w = 23445,464 / 6$$

$$= 3907,577 \text{ kg/m}^2. \approx 38333,330 \text{ N}$$

a. Putaran Poros Penggulung

Putaran poros penggulung (N_w), (Ref No.4 Hal 411) adalah:

Dimana :

19,1=konstanta

V_w = kecepatan tarik capstan = 0,25 m/s (Ref No. 4 Hal 402)

d_w = diameter tali tambat = 20 mm = 0,02 m (Ref No. 4 Hal 411)

D_{we} = diameter drum penggerak tali = 8 d_w
 $= 8 \times 0,02 = 0,16$ m

Jadi :

$$N_w = 19,1 \times \frac{0,25}{0,16 + 0,02}$$

$$= 26,527 \text{ rpm}$$

b. Torsi Pada Penggulung

Torsi pada penggulung (M_m), (Ref. No. 4, Hal 439) adalah

$$M_m = \frac{T_w \times (D_w + d_w)}{2 \times i_w \times \eta_w}$$

Dimana :

i_w = N_m/N_w (N_m direncanakan : 720 rpm)

$i_w = 720/26,527 = 27,142$

i_w = rasio dari transmisi

η_w = efisiensi dari sistem transmisi

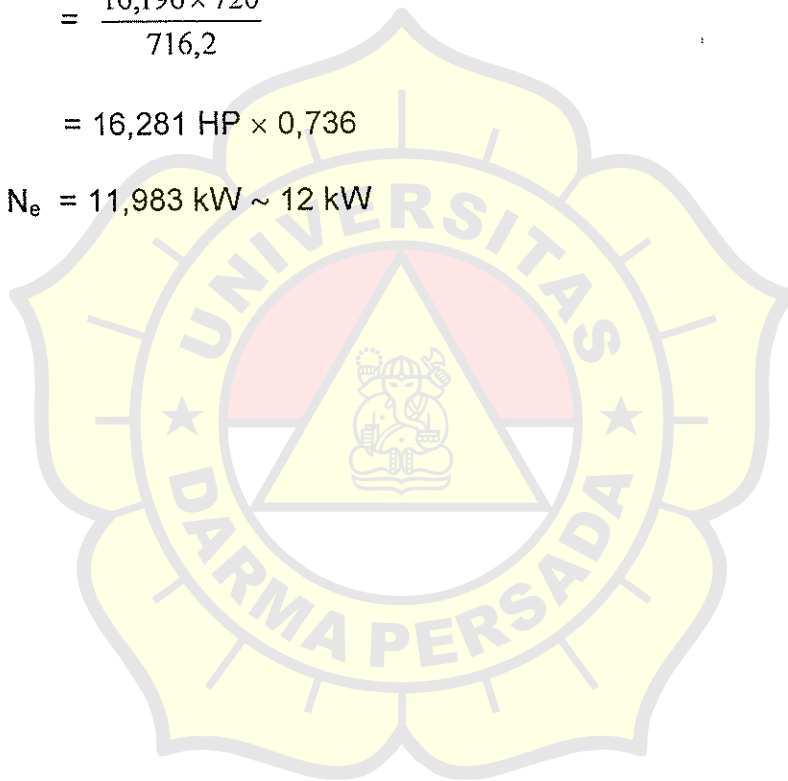
= 0,8

Jadi :

$$M_m = \frac{3907,577 \times (0,16 + 0,02)}{2 \times 27,142 \times 0,8}$$
$$= 16,196 \text{ kg.m} \approx 158,882 \text{ N}$$

c. Daya Pada Motor Capstan (N_e)

$$N_e = \frac{Mm \times Nm}{716,2} \quad (\text{Ref. No 4 Hal 412})$$
$$= \frac{16,196 \times 720}{716,2}$$
$$= 16,281 \text{ HP} \times 0,736$$
$$N_e = 11,983 \text{ kW} \sim 12 \text{ kW}$$



II.4. Perhitungan Kapasitas Tangki

II.4.1 Volume Tangki Bahan Bakar Motor Induk

Berat bahan bakar motor induk dengan rumus pendekatan dibawah ini (Ref. No. 6 Hal 10) adalah :

$$W_{fo} = 2 \times P_{Bme} \times b_{me} \times S / V_{serv} \times 10^{-6} \times 1,5 \text{ (Ton/trip)}$$

Dimana :

- P_{Bme} = BHP Main Engine = 8810 HP = 6450 kW
- b_{me} = SFOC Main Engine = 177 gr/ kW.h. (Data mesin yang dipilih)
- S = Radius pelayaran = 1801 mil laut (Jakarta–Banjarmasin-Jakarta)
- V_{serv} = 15 Knot

Jadi :

$$\begin{aligned} W_{fo} &= 2 \times 6450 \times 177 \times 1801 / 15 \times 10^{-6} \times 1,5 \\ &= 411,22 \text{ Ton} = 411.220 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$W_{fo} = 4034068 \text{ N}$$

Volume bahan bakar motor induk (V_{fo})

$$V_{fo} = W_{fo} / \gamma_{fo}$$

Dimana :

$$\gamma_{fo} = \text{berat jenis bahan bakar diesel oil} = 0,85 \text{ ton / m}^3$$

Jadi :

$$\begin{aligned} V_{fo} &= 411,22 / 0,85 \\ &= 483,78 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Maka volume tangki bahan bakar motor induk adalah :

$$\begin{aligned}V_{fo} &= V_{fo} + (0,05 \times V_{fo}) \text{ (ditambah margin 5%)} \\ &= 483,78 + (0,05 \times 483,78) \\ &= 507,38 \text{ m}^3\end{aligned}$$

1. Tangki DO

Station	½ Ordinat	SM	Luas
128	8,8	1	8,8
132	7,8	4	31,2
136	6,8	2	13,6
140	5,6	4	22,4
144	4,8	1	4,8
			$\Sigma_1 = 80,8$

$$h = 2,4 \text{ m}$$

$$\text{Volume} = 1/3 \times 2,4 \times 80,8 \times 2$$

$$= 129,28 \text{ m}^3$$

2. Tangki DO

Station	½ Ordinat	SM	Luas
111	13,5	1	13,5
113	13	4	52
115	12,5	2	25
117	12	4	48
119	11,7	2	23,4
121	11,5	4	46
123	11,3	1	11,3
			$\Sigma_1 = 210,3$
Station	½ Ordinat	SM	Luas
123	11,3	1	11,3
124	11	4	44
125	10,8	1	10,8
			$\Sigma_2 = 66,1$
Station	½ Ordinat	SM	Luas
125	11,8	1	11,8
126	11,4	3	34,2
127	10,6	3	31,8
128	10	1	10
			$\Sigma_3 = 87,8$

$$h_1 = 1,2 \text{ m}$$

$$h_2 = 0,6 \text{ m}$$

$$h_3 = 0,6 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \text{Vol}_1 &= 1/3 \times h_1 \times \Sigma_1 \\ &= 1/3 \times 1,2 \times 219,2 \text{ m}^3 \times 2 \\ &= 175,36 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Vol}_2 &= 1/3 \times h_2 \times \Sigma_2 \\ &= 1/3 \times 0,6 \times 66,1 \times 2 \\ &= 26,44 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Vol}_3 &= 3/8 \times h_3 \times \Sigma_3 \\ &= 3/8 \times 0,6 \times 87,8 \times 2 \\ &= 39,51 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Vol}_{\text{sub total}} &= 175,36 + 26,44 + 39,51 \\ &= 241,31 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\text{Vol}_{\text{total}} = 241,31 + 129,28 + 134,778$$

$$\text{Vol}_{\text{total}} = 506,298 \text{ m}^3$$

3. FOT (C) No. 3

$$\begin{aligned}\text{Vol} &= \text{Panjang} \times \text{Lebar} \times \text{Tinggi} \\ &= 17,2 \times 7,2 \times 1,3 \\ &= 185,76 \text{ m}^3\end{aligned}$$

4. FOT (C) No. 4

$$\begin{aligned}\text{Vol} &= \text{Panjang} \times \text{Lebar} \times \text{Tinggi} \\ &= 17,7 \times 7,2 \times 1,5 \\ &= 191,16 \text{ m}^3\end{aligned}$$

5. FOT (C) No. 5

$$\begin{aligned}\text{Vol}_1 &= \text{Panjang} \times \text{Lebar} \times \text{Tinggi} \\ &= 11,2 \times 7,2 \times 1,5 \\ &= 120,96 \text{ m}^3\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Vol}_2 &= \text{Panjang} \times \text{Lebar} \times \text{Tinggi} \\ &= 6,6 \times 4,2 \times 1,5 \\ &= 41,58 \text{ m}^3\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}V_{\text{total}} &= \text{Vol}_1 + \text{Vol}_2 \\ &= 120,96 + 41,58 \\ &= 162,54 \text{ m}^3\end{aligned}$$

6. Tangki DO

Station	½ Ordinat	SM	Luas
8	15,8	1	15,8
9	17,8	4	71,2
10	20,2	2	20,2
			$\Sigma_1 = 107,2$
10	20,2	1	20,2
11	22,7	3	66
12	23,5	3	70,5
13	24,5	1	24,5
			$\Sigma_2 = 181,2$

$$h = 0,65 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \text{Vol}_1 &= 1/3 \times h \times \Sigma_1 \\ &= 1/3 \times 0,65 \times 107,2 \times 2 \\ &= 46,453 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Vol}_2 &= 3/8 \times h \times \Sigma_2 \\ &= 3/8 \times 0,65 \times 181,2 \times 2 \\ &= 88,335 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_{\text{total}} &= Vol_1 + Vol_2 \\
 &= 46,453 + 88,335 \\
 V_{\text{total}} &= 134,788 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

II.4.2 Volume Tangki Bahan Bakar Motor Bantu

Berat bahan bakar motor bantu , (Ref. 6 Hal 12) adalah :

$$\begin{aligned}
 W_{\text{do}} &= (0,1 - 0,2) \times W_{\text{fo}} \\
 &= 0,14 \times 411,22 \\
 &= 57,570 \text{ ton} = 57570 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$W_{\text{do}} = 564761 \text{ N}$$

Volume bahan bakar motor bantu (V_{do})

$$V_{\text{do}} = W_{\text{do}} / \gamma_{\text{do}}$$

Dimana :

- γ_{fo} = berat jenis bahan bakar motor bantu untuk jenis diesel
= 0,85 ton / m³

Jadi :

$$\begin{aligned}
 W_{\text{do}} &= 57,570 / 0,85 & \text{Koreksi} &: 67,729 \times 1,03 = 69,760 \\
 &= 67,729 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

Volume Tangki Total

$$\begin{aligned}
 &= V_{\text{fo}} + W_{\text{do}} \\
 &= 483,78 + 69,760 \\
 &= 553,54 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

Volume Tangki settling direncanakan setiap 24 jam dilakukan pengisian

$$\begin{aligned}V_{\text{setl}} &= (1,2 \times \text{SFOC} \times \text{kW} \times 24) / (950 \times 1000) \\ &= (1,2 \times 177 \times 6450 \times 24) / (950 \times 1000) \\ V_{\text{setl}} &= 34,610 \text{ m}^3\end{aligned}$$

Menurut (Ref. No. 6 Hal. 12) Untuk bahan bakar Do diperkirakan 20 % dari keperluan untuk tangki settling sehingga :

$$\begin{aligned}V_{\text{setl}} &= 0,2 \times 34,610 \\ V_{\text{setl}} &= 6,922 \text{ m}^3\end{aligned}$$

Volume Tangki Service direncanakan setiap 8-jam dilakukan pengisian sesuai dengan grup jaga.

$$\begin{aligned}V_{\text{serv}} &= 6,922 / (2 \times 4) \\ V_{\text{serv}} &= 8,799 \text{ m}^3\end{aligned}$$

II.4.3. Volume Tangki Minyak pelumas

Berat minyak pelumas (W_{lo}) menurut (Ref. No.6, Hal. 12) adalah

$$W_{lo} = P_{Bme} \times b_{me} \times (S / S_{serv}) \times 10^{-6} (1,3 \div 1,5) \quad (\text{ton})$$

Dimana :

- Kebutuhan minyak pelumas (b_{me}) = 1,2 g / kW.h
- Jarak pelayaran (S) = 1801 mil laut
- Kecepatan dinas (V_{serv}) = 15 knot
- P_{bme} mesin induk = 6450 kW
- (1,3 ÷ 1,5) Angka tambahan
- Berat jenis minyak pelumas (γ) = 0,87 ton / m³

Jadi :

$$\begin{aligned} W_{lo} &= P_{bme} \times b_{me} \times (S / V_{serv}) \times 10^{-6} (1,3 - 1,5) \\ &= 6450 \times 1,2 \times (1801 / 15) \times 10^{-6} \times 1,5 \\ &= 1,393 \text{ ton} = 1.393 \text{ kg} \\ &= 13.674 \text{ N} \end{aligned}$$

Volume Tangki Minyak pelumas (W_{lo})

$$\begin{aligned} W_{lo} &= 1,393 / 0,87 \\ &= 1,601 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Volume Tangki Minyak pelumas (V_{tmp}) adalah :

$$\begin{aligned} V_{tsil} &= V_{tmp} + (0,05 \times V_{tmp}) \\ &= 1,601 + (0,05 \times 1,601) \end{aligned}$$

$$V_{tsil} = 1,681 \text{ m}^3$$

II.4.4 Volume Tangki Air Tawar

- a. Kebutuhan air tawar untuk makan dan minum

Kebutuhan air tawar untuk makan dan minum (W_{fwd}) menurut (Ref. No.6, Hal. 13) adalah :

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

Dimana :

- Z_c = Jumlah ABK = 32 orang
- R = Radius pelayaran = 1801 mil laut
- V_s = Kecepatan dinas = 15 knot
- Lama berlayar = 5 hari
- C_{fwd} = Kebutuhan air tawar untuk makan dan minum
(10 – 20 kg / orang / hari) (Ref No. 6 Hal 12)
= 15kg / orang / hari (determined)
= 0,015 ton / orang / hari

Jadi :

$$\begin{aligned} W_{fwd} &= 32 \times (1801 / (15 \times 24)) \times 0,015 \\ &= 2,401 \text{ ton} = 2.401 \text{ kg /trip} \end{aligned}$$

$$W_{fwd} = 23.553 \text{ N /trip}$$

- b. Kebutuhan air tawar untuk cuci dan mandi

Kebutuhan air tawar untuk cuci dan mandi (W_{fww}) adalah :

$$W_{fww} = Z_c \times (R / (V_s \times 24)) \times C_{fww} \quad (\text{ton})$$

Dimana :

-
- C_{fww} = Kebutuhan air tawar untuk cuci dan mandi (60 – 200 kg/ orang / hari)
 - = 60 kg / orang / hari (ditentukan)
 - = 0,06 ton / orang / hari

Jadi :

$$W_{fww} = 32 (1801 / (15 \times 24) \times 0,06$$

$$= 9,605 \text{ ton} = 9.605 \text{ kg /trip}$$

$$W_{fww} = 94.225 \text{ N /trip}$$

- c. Kebutuhan air untuk pendinginan motor.

Kebutuhan air untuk pendinginan motor (W_{fwc}) adalah :

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

Dimana :

- BHP = 8810 HP
- C_{fwc} = Kebutuhan air untuk pendinginan motor induk (2 - 5 g / BHP.h. Engine spec).
- = 5 g / BHP.h (Dipilih)

Jadi :

$$W_{fwc} = \text{BHP} \times 5$$

$$= 8810 \times 5$$

$$= 44050 \text{ g/h} = 44,05 \text{ kg/h}$$

$$W_{fwc} = 432 \text{ N/h}$$

Untuk pendinginan motor bantu diambil 20 % dari kebutuhan air motor induk.

$$\begin{aligned} W_{fwc} \text{ bantu} &= 20 \% \times 44050 \\ &= 8810 \text{ g/h} = 8,81 \text{ kg/h} \end{aligned}$$

$$W_{fwc} \text{ bantu} = 86,426 \text{ N/h}$$

Kebutuhan total adalah :

$$\begin{aligned} W_{fwc} \text{ total} &= 8810 + 44050 \\ &= 52860 \text{ g/h} = 52,86 \text{ kg/h} \end{aligned}$$

$$W_{fwc} \text{ total} = 51855 \text{ N/h}$$

Diketahui :

- Lama berlayar = 5 hari = 120 jam

Maka :

$$\begin{aligned} W_{fwc} \text{ total} &= 52860 \times 120 \\ &= 634320 \text{ g} \\ &= 63,432 \text{ ton} = 63432 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$W_{fwc} \text{ total} = 622267 \text{ N}$$

Berat total kebutuhan air tawar (W_{fw}) adalah :

$$\begin{aligned} W_{fw} &= W_{fwc} + W_{fww} + W_{fwd} \\ &= 63,432 + 9,605 + 2,401 \\ &= 75,43 \text{ ton} = 7.543 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$W_{fw} = 74.0046 \text{ N}$$

Volume kebutuhan air tawar (V_{fw}) adalah :

$$V_{fw} = W_{fw} / \gamma$$

Dimana :

$$\gamma = \text{Berat jenis air tawar} = 1 \text{ ton} / \text{m}^3$$

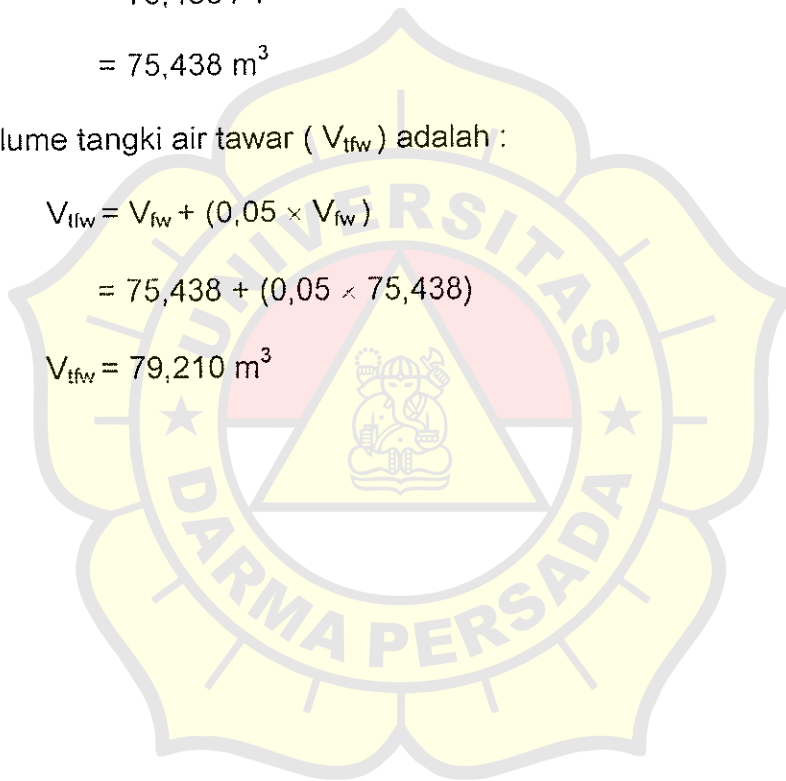
Maka :

$$\begin{aligned} V_{fw} &= W_{fw} / 1 \\ &= 75,438 / 1 \\ &= 75,438 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Volume tangki air tawar ($V_{t\text{fw}}$) adalah :

$$\begin{aligned} V_{t\text{fw}} &= V_{fw} + (0,05 \times V_{fw}) \\ &= 75,438 + (0,05 \times 75,438) \end{aligned}$$

$$V_{t\text{fw}} = 79,210 \text{ m}^3$$



II.4.5. Volume Tangki Ballast

Volume tangki ballast (W_b) berdasarkan (Ref. No. 6, Hal. 13)

adalah :

$$W_b = 10\% - 50\% \times \Delta$$

Direncanakan :

$$W_b = 45\% \times 10331,74$$

$$= 4649,28 \text{ ton} = 4,649 \text{ kg}$$

$$W_b = 45,61 \text{ N}$$

Jadi, volume ballast (V_b) adalah :

$$V_b = W_b / \gamma$$

Dimana :

$$\gamma = \text{Berat jenis air laut} = 1,025 \text{ ton/m}^3$$

Maka :

$$V_b = 4649,28 \times 1,025$$

$$= 4535,88 \text{ m}^3$$

Volume tangki ballast (V_{tb}) adalah :

$$V_{tb} = V_b + (0,05 \times V_b.)$$

$$= 4535,28 + (0,05 \times 4535,28)$$

$$= 4762,67 \text{ ton} = 4,762 \text{ kg.}$$

$$V_{tb} = 46,721 \text{ N}$$

II.5. Sistem Melayani Motor Induk

Motor induk sebagai mesin utama penggerak kapal harus mempunyai sistem kerjanya yang optimal sehingga kapal dapat melaju sesuai dengan kecepatannya. Dalam sistem kerjanya tersebut motor induk sangat memerlukan beberapa pelayanan sistem yang akan mendukung, sehingga ke-optimalan kerjanya dapat tercapai tanpa adanya hambatan dan gangguan. Adapun sistem yang bertugas melayani motor induk antara lain adalah, Sistem udara start, sistem bahan bakar, sistem pelumasan, sistem pendinginan, dan sebagainya.

II.5.1 Sistem Udara Start

Sistem pipa udara tekan umumnya terdiri atas *starting air system*, *controller air system*, dan *general service air system*. Udara tekan dihasilkan oleh kompresor yang digerakkan motor listrik (untuk kompresor utama) dan biasanya dilengkapi dengan *emergency air compressor* yang digerakkan oleh motor disel secara independen. (Ref. No.2, Hal 2 – 16).

Kapasitas udara yang dibutuhkan adalah sesuai dengan kebutuhan untuk semua sistim yang ada hubungannya dengan udara tekan. Udara tekan yang siap digunakan suatu sistem harus bersih dan

bebas terhadap minyak. Pada umumnya dibutuhkan dua botol angin dengan kapasitas minimum yang cukup untuk kebutuhan start 12 kali untuk motor induk. (Ref. No.2, Hal 2 – 16).

Start mesin induk dilakukan dengan menyuplai udara tekan dari botol angin kedalam silinder yang dikombinasikan dengan sistem udara kontrol sedemikian rupa sehingga sistem tersebut dapat bekerja secara teratur. Persediaan udara start untuk mesin induk Menurut (Ref. No.2, Hal 2 – 28). dapat dihitung dengan rumus :

$$J = a \times (H/D) \times (Z + b \times P_{me} \times n_a + 0,9) V_h \times C$$

Dimana :

J = kapasitas total bejana (dm³)

D = diameter silinder mesin = 320 mm

H = langkah torak mesin = 350 mm

V_h = volume langkah torak tiap silinder (dm³)

$$= \frac{3,14 \times D^2 \times H}{4}$$

$$= \frac{3,14 \times 320^2 \times 350}{4}$$

$$= 28,134 \text{ dm}^3$$

P_{me} = tekanan kerja efektif silinder = 24,3 bar

Z = jumlah silinder = 16

a = 0,419 (2 langkah)

$$b = 0,056 \text{ (4 langkah)}$$

$$C = \frac{0,0584}{1 - e^{(0,11 - 0,05 \times \ln \times pe.perm)}} \text{ (Ref. No. 2 Hal 2-28)}$$

$$= \frac{0,0584}{1 - e^{(0,11 - 0,05 \times 3,19 \times 30)}}$$

$$= 16,963 \text{ karena tekanan kerjanya kurang dari 30 bar}$$

$$n_o = \text{Putaran mesin} = 720 \text{ rpm}$$

$$n_a = 0,06 \times n_o + 14$$

$$= 0,06 \times 720 + 14 = 57,2$$

maka,

$$J = 0,419 \times (350/320) \times (16 + 0,056 \times 24,3 \times 57,2 + 0,9) \times 28,134 \\ \times 16,963 \\ = 162,6 \text{ dm}^3$$

II.5.1.1 Kompresor Udara

- a. Kapasitas kompresor menurut (Ref. No.2 Hal. 13 – 3) dapat dihitung dengan :

$$Q = 1,70 \times J \times (P - 9)$$

Dimana,

$$J = \text{Kapasitas dari botol angin} = 162,6 \text{ dm}^3$$

$$P = \text{Tekanan discharge} = 30 \text{ bar} = 30 \text{ kg/cm}^2$$

Maka,

$$Q = 1,70 \times 162,6 \times (30 - 9) = 5,804 \text{ m}^3 / \text{jam}$$

$$= 0,096 \text{ m}^3 / \text{menit}$$

Jumlah kompresor yang digunakan adalah dua buah dengan penggerak motor listrik.

- b. Daya yang dibutuhkan kompresor menurut (Ref. No 9 Hal. 190) adalah :

$$N = \frac{m \times k}{k-1} \times \frac{P_s \times Q}{0,75 \times 6120} \left[\left(\frac{P_d}{P_s} \right)^{k-1/m \times k} - 1 \right]$$

Dimana,

M = jumlah tingkat kompresi = 2

K = konstanta = 1,4

P_s = tekanan hisap tingkat pertama

$$= 10332,6 \text{ kg/m}^2$$

P_d = tekanan *discharge* 30 bar

$$= 300000 \text{ kg/m}^2$$

Q = kapasitas kompresor

$$= 0,096 \text{ m}^3 / \text{menit}$$

maka,

$$N = \frac{2 \times 1,4}{1,4-1} \times \frac{10332,6 \times 0,096}{0,75 \times 6120} \times \left[\left(\frac{300000}{10332,6} \right)^{1,4-1/2 \times 1,4} - 1 \right]$$

$$= 1,560 \text{ kW}$$

II.5.2. Sistem Bahan Bakar

II.5.2.1 Fuel Oil Transfer Pump

F.O. Transfer Pump digunakan untuk mengambil bahan bakar dari tangki *double bottom* ke tangki *settling*.

Dimana : $V_{\text{setl}} = 84,471 \text{ m}^3$

$t = 9 \text{ jam}$

Kapasitas $Q = V_{\text{setl}} / t. = 9,38 \text{ m}^3/\text{h}$

Head Total Sistem

a. *Head* statis

$H_a = 3 \text{ m}$

b. *Head* perbedaan tekanan

$\Delta p = 2,5 \text{ bar}$

$Head = 2,5 \times 10^5 / (850 \times 9,81)$
 $= 29,981 \text{ m}$

c. *Head* kerugian sepanjang pipa hisap diperkirakan :

Panjang pipa hisap = 20 m

Diameter pipa hisap = 0,08 m

$$V_s = \frac{Q}{3600 \times \pi / 4 \times d^2}$$

$$= \frac{9,38}{3600 \times 3,14 / 4 \times 0,08^2}$$

$$= 0,552 \text{ m/s}$$

$$\begin{aligned}
 Re &= \frac{V \times d}{\nu} \\
 &= \frac{0,552 \times 0,08}{1,305 \times 10^{-4}} \\
 &= 338,3908
 \end{aligned}$$

Koefisien gesek pipa :

$$\begin{aligned}
 \lambda &= 64 / Re \\
 &= 64 / 338,3908 \\
 &= 0,18913
 \end{aligned}$$

Head lose karena gesekan sepanjang pipa hisap :

$$\begin{aligned}
 Head &= \lambda \times L/D \times Vs^2 / 2g \\
 &= 0,18913 \times (20 / 0,08) \times 0,552^2 / (2 \times 9,81) \\
 &= 0,734 \text{ m}
 \end{aligned}$$

d. Head karena kerugian sepanjang pipa hisap

Diperkirakan didalam sistem pipa terdapat :

1 SDNR	$k = 1 \times 2,5 = 2,5$
1 Filter	$k = 1 \times 2 = 2,0$
6 Manifold Valve	$k = 6 \times 2,0 = 12,0$
3 Elbow 90 ⁰	$k = 3 \times 0,38 = 1,14$
2 Pipa T	$k = 2 \times 1,8 = \underline{3,6}$

$$\Sigma k = 20,24$$

$$\begin{aligned}
 \text{Head} &= \Sigma k \times V_s^2 / 2g \\
 &= 20,24 \times 0,552^2 / (2 \times 9,81) \\
 &= 1,41 \text{ m}
 \end{aligned}$$

e. *Head* karena panjang pipa *discharge* :

$$\text{Diperkirakan panjang pipa} = 11 \text{ m}$$

$$\text{Diameter pipa} = 0,032 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Head} &= 0,18913 \times (11 / 0,032) \times 0,552^2 / (2 \times 9,81) \\
 &= 1,009 \text{ m}
 \end{aligned}$$

f. *Head* kerugian karena peralatan pipa *discharge*

Diperkirakan didalam sistem pipa terdapat :

1	SDNR	$k = 1 \times 2,5 = 2,5$
1	Stop Valve	$k = 1 \times 2,0 = 2,0$
1	Pipa T	$k = 1 \times 1,8 = 1,8$
2	Elbow 90°	$k = 2 \times 0,38 = 0,76$
		$\Sigma k = 7,06$

$$\begin{aligned}
 \text{Head} &= \Sigma k \times V_s^2 / 2g \\
 &= 7,06 \times 0,552^2 / (2 \times 9,81) \\
 &= 0,109 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Head total} &= 3 + 29,981 + 0,734 + 1,41 + 1,009 + 0,109 \\
 &= 36,243 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Daya Pompa} &= \frac{Q \times H_t \times \gamma}{3600 \times 102 \times 0,82} \\ &= \frac{9,38 \times 36,243 \times 850}{3600 \times 102 \times 0,82} \\ &= 1,023 \text{ kW}\end{aligned}$$

Pompa yang digunakan adalah

Merk	: SERO
Type	: SRN 551
Jenis	: Displacement / Gear pump
Kapasitas	: 10,5 m ³ /jam
Putaran	: 1450 Rpm
Daya	: 1,1 kw
Head	: 38 m
Penggerak	: Motor listrik
Jumlah	: 2 buah

II.5.2.2 Fuel Oil Service Pump

F.O Service Pump digunakan untuk mengambil bahan bakar dari tangki service ke main engine

Dimana : $V_{\text{setl}} = 84,471 \text{ m}^3$

$t = 7 \text{ jam}$

Kapasitas $Q = V_{\text{setl}} / t = 12,06 \text{ m}^3 / \text{jam}$

Head Total Sistem

a. *Head statis*

$$H_a = 4,5 \text{ m}$$

b. *Head perbedaan tekanan*

$$\Delta p = 7 \text{ bar}$$

$$\begin{aligned} \text{Head} &= 7 \times 10^5 / (850 \times 9,81) \\ &= 83,947 \text{ m} \end{aligned}$$

c. *Head kerugian sepanjang pipa hisap diperkirakan :*

$$\text{Panjang pipa hisap} = 20 \text{ m}$$

$$\text{Diameter pipa hisap} = 0,05 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} V_s &= \frac{Q}{3600 \times \pi / 4 \times d^2} \\ &= \frac{12,06}{3600 \times 3,14 / 4 \times 0,05^2} \\ &= 1,840 \text{ m/s} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Re} &= \frac{V \times d}{\nu} \\ &= \frac{1,840 \times 0,05}{1,305 \times 10^{-4}} \\ &= 704,980 \end{aligned}$$

Koefisien gesek pipa (λ)

$$\lambda = 64 / \text{Re}$$

$$\lambda = 64 / 704,980$$

$$\lambda = 0,090$$

Sehingga *Head loss* karena pipa hisap (H_{lf}) :

$$\begin{aligned} H_{lf} &= \lambda \times L / D \times V_s^2 / 2g \\ &= 0,090 \times 20 / 0,05 \times 1,840^2 / (2 \times 9,81) \\ &= 6,212 \text{ m} \end{aligned}$$

d. *Head* karena kerugian sepanjang pipa hisap

Diperkirakan didalam sistem pipa terdapat :

$$3 \text{ SDNR} \quad k = 3 \times 2,5 = 7,50$$

$$1 \text{ Filter} \quad k = 1 \times 1 = 1,0$$

$$3 \text{ Stop Valve} \quad k = 3 \times 2 = 6,0$$

$$9 \text{ Elbow } 90^0 \quad k = 9 \times 0,38 = 3,42$$

$$2 \text{ Pipa T} \quad k = 2 \times 1,8 = 3,6$$

$$\Sigma k = 21,52$$

Head karena peralatan pipa hisap (H_{li}) :

$$\begin{aligned} H_{li} &= \Sigma k \times V_s^2 / 2g \\ &= 21,52 \times 1,840^2 / (2 \times 9,81) \\ &= 3,713 \text{ m} \end{aligned}$$

e. *Head* karena panjang pipa *discharge* :

Diperkirakan panjang pipa = 10 m

Diameter pipa = 0,05 m

Kecepatan aliran = 1,840 m/s

Koefisien gesek = 0,090

$$\begin{aligned} \text{Head} &= \lambda \times L/D \times V_s^2 / (2 \times 9,81) \\ &= 0,090 \times (10 / 0,05) \times 1,840^2 / (2 \times 9,81) \end{aligned}$$

$$\text{Head} = 3,106 \text{ m}$$

f. *Head* kerugian karena peralatan pipa *discharge*

Diperkirakan didalam sistem pipa terdapat :

1 *Safety Valve* $k = 1 \times 8,5 = 8,5$

3 *SDNR. Valve* $k = 3 \times 2,5 = 7,5$

2 *Stop Valve* $k = 2 \times 2,5 = 5,0$

5 *Pipa T* $k = 5 \times 1,8 = 9,0$

9 *Pipa Elbow 90⁰* $k = 9 \times 0,38 = \underline{3,42}$

$$\Sigma k = 33,42$$

$$\begin{aligned} \text{Head} &= \Sigma k \times V_s^2 / (2 \times 9,81) \\ &= 33,42 \times 1,840^2 / (2 \times 9,81) \end{aligned}$$

$$\text{Head} = 5,766 \text{ m}$$

Head total (H) :

$$\begin{aligned} H_{\text{tatl}} &= h_a + \Delta p + H_{lf} + H_{li} + H_{lf} + H_{li} \\ &= 4,5 + 83,947 + 6,212 + 3,713 + 3,106 + 5,766 \end{aligned}$$

$$H_{\text{total}} = 107,244 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \text{Daya Pompa} &= \frac{Q \times H_t \times \gamma}{3600 \times 102 \times 0,82} \\ &= \frac{12,06 \times 107,244 \times 850}{3600 \times 102 \times 0,82} \\ &= 3,936 \text{ kW} \end{aligned}$$

Pompa yang digunakan adalah

Merk : SERO
Type : SRN 440
Jenis : Displacement / Gear pump
Kapasitas : 12 m³/jam
Putaran : 1450 Rpm
Daya : 4,4 kw ~
Head : 49 m
Penggerak : Motor listrik
Jumlah : 2 buah

II.5.3. Sistem Pelumasan

II.5.3.1 Lubricating Oil Pump for M/E

Dimana : $V_{\text{setl}} = 94,5 \text{ m}^3$

$t = 5 \text{ jam}$

Kapasitas $Q = V_{\text{setl}} / t. = 18,9 \text{ m}^3/\text{jam}$

Head Total Sistem

a. Head statis

$H_a = 4,5 \text{ m}$

b. Head perbedaan tekanan

$\Delta p = 5,5 \text{ bar}$

$Head = 5,5 \times 10^5 / (870 \times 9,81)$
 $= 62,3 \text{ m}$

c. Head kerugian sepanjang pipa hisap

Diperkirakan panjang pipa hisap = 15 m

Diameter pipa = 0,125 m

$$V_s = \frac{Q}{3600 \times \pi / 4 \times d^2}$$

$$= \frac{18,9}{3600 \times 3,14 / 4 \times 0,125^2}$$

$$= 0,430 \text{ m/s}$$

$$\begin{aligned}
 Re &= \frac{V \times d}{\nu} \\
 &= \frac{0,430 \times 0,125}{194 \times 10^{-6}} \\
 &= 277,061
 \end{aligned}$$

Koefisien gesek dalam pipa :

$$\lambda = 64 / Re$$

$$\lambda = 64 / 277,061$$

$$\lambda = 0,230$$

Sehingga Head loss pipa hisap(H_{lf}) :

$$\begin{aligned}
 \text{Head} &= \lambda \times L / D \times Vs^2 / (2 \times 9,81) \\
 &= 0,230 \times 15 / 0,125 \times 0,430^2 / (2 \times 9,81)
 \end{aligned}$$

$$\text{Head} = 0,260 \text{ m}$$

d. Head karena kerugian sepanjang pipa hisap

Diperkirakan di dalam sistem pipa terdapat :

$$1 \text{ Non Return Valve} \quad k = 1 \times 2,50 = 2,50$$

$$1 \text{ SDNR} \quad k = 1 \times 2,50 = 2,50$$

$$1 \text{ Filter} \quad k = 1 \times 1,00 = 1,00$$

$$1 \text{ Elbow } 90^\circ \quad k = 1 \times 0,38 = 0,38$$

$$1 \text{ Pipa T} \quad k = 1 \times 1,80 = 1,80$$

$$\Sigma k = 8,18$$

$$\begin{aligned} \text{Head} &= \Sigma k \times V_s^2 / (2 \times 9,81) \\ &= 8,18 \times 0,430^2 / (2 \times 9,81) \\ \text{Head} &= 0,077 \text{ m} \end{aligned}$$

e. *Head* karena panjang pipa *discharge*

Diperkirakan panjang pipa = 7 m

Diameter = 0,125 m

V_s = 0,430 m/s

λ = 0,230

$$\begin{aligned} \text{Head} &= \lambda \times L/D \times V_s^2 / (2 \times 9,81) \\ &= 0,230 \times (7 / 0,125) \times 0,430^2 / (2 \times 9,81) \end{aligned}$$

Head = 0,121 m

f. *Head* kerugian karena peralatan pipa *discharge*

Diperkirakan didalam sistem pipa terdapat :

1 *SDNR. Valve* $k = 1 \times 2,5 = 2,5$

1 *Filter* $k = 1 \times 1,0 = 1,0$

2 *Stop Valve* $k = 2 \times 2,5 = 5,0$

4 *Pipa T* $k = 4 \times 1,8 = 7,2$

1 *Elbow 90°* $k = 1 \times 0,38 = 0,38$

$$\Sigma k = 24,38$$

$$\begin{aligned} \text{Head} &= \sum k \times V s^2 / (2 \times 9,81) \\ &= 24,38 \times 0,430^2 / (2 \times 9,81) \end{aligned}$$

$$\text{Head} = 0,229 \text{ m}$$

Head total (H) :

$$\begin{aligned} H_{\text{total}} &= h_a + \Delta p + H_{lf} + H_{li} + H_{lf} + H_{li} \\ &= 4,5 + 62,3 + 0,260 + 0,077 + 0,121 + 0,229 \end{aligned}$$

$$H_{\text{total}} = 67,487 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \text{Daya Pompa} &= \frac{Q \times H_t \times \gamma}{3600 \times 75 \times 0,63} \\ &= \frac{18,9 \times 67,487 \times 870}{3600 \times 75 \times 0,63} \\ &= 6,558 \text{ kW} \end{aligned}$$

Pompa yang digunakan adalah

Merk : SERO

Type : SRN 554

Jenis : Displacement / Gear pump

Kapasitas : 21 m³/jam

Putaran : 1450 Rpm

Daya : 7,5 kw

Head : 31 m

Penggerak : Motor listrik

Jumlah : 2 buah

II.5.4. Sistem Pendinginan

II.5.4.1. Sistem Pendinginan Air Tawar

Kapasitas $Q = 100 \text{ m}^3 / \text{jam}$

Jumlah = 2 buah

Penggerak = Motor listrik

Head total sistem

a. *Head* statis (H_a):

$$H_a = 2,50$$

b. *Head* karena lewat mesin induk:

$$\Delta p = 2,5 \text{ bar}$$

$$\begin{aligned} \text{Head} &= 2,5 \times 10^5 / (1000 \times 9,81) \\ &= 25,484 \text{ m} \end{aligned}$$

c. *Head* karena pipa hisap

Diperkirakan panjang pipa hisap = 17 m

Diameter pipa = 0,125 m

$$\begin{aligned} V_s &= \frac{Q}{3600 \times \pi / 4 \times d^2} \\ &= \frac{100}{3600 \times 3,14 / 4 \times 0,125^2} \\ &= 2,264 \text{ m/s} \end{aligned}$$

$$\text{Re} = \frac{V \times d}{\nu}$$

$$= \frac{2,264 \times 0,125}{0,815 \times 10^{-5}}$$

$$= 34.734,433$$

Koefisien gesek dalam pipa :

$$\lambda = 0,02 + (0,0005 / D)$$

$$= 0,02 + (0,0005 / 0,125)$$

$$\lambda = 0,024$$

$$Head = 0,024 \times (17 / 0,125) \times 2,264^2 / (2 \times 9,81)$$

$$Head = 0,852 \text{ m}$$

d. *Head* karena kerugian sepanjang pipa hisap

Diperkirakan didalam sistem pipa terdapat :

$$4 \text{ Butterfly Valve} \quad k = 4 \times 2,00 = 8,00$$

$$2 \text{ Stop Valve} \quad k = 2 \times 2,50 = 5,00$$

$$3 \text{ Elbow } 90^\circ \quad k = 3 \times 0,38 = 1,14$$

$$\Sigma = 14,14$$

$$H_{ii} = \Sigma k \times V_s^2 / 2.g$$

$$= 14,14 \times 2,264^2 / (2 \times 9,81)$$

$$H_{ii} = 3,694 \text{ m}$$

e. *Head* karena pipa *discharge*

Diperkirakan panjang pipa : 10 m

Diameter pipa : 0,125 m

Kecepatan aliran : 2,264 m/s

Koefisien gesek pipa : 0,024

$$H_{f} = 0,024 \times (10 / 0,125) \times 2,264^2 / (2 \times 9,81)$$

$$H_{f} = 0,051 \text{ m}$$

f. *Head* karena peralatan pipa *discharge*

Diperkirakan dalam pipa terdapat :

$$1 \text{ S.D.N.R. Valve} \quad k = 1 \times 2,50 = 2,50$$

$$2 \text{ Butterfly Valve} \quad k = 2 \times 2,00 = 4,00$$

$$2 \text{ N.R. Valve} \quad k = 2 \times 2,00 = 4,00$$

$$3 \text{ Elbow } 90^{\circ} \quad k = 3 \times 0,38 = 1,14$$

$$\Sigma = 11,64$$

$$H_{li} = 11,64 \times 0,294^2 / (2 \times 9,81)$$

$$H_{li} = 0,051 \text{ m}$$

Head total :

$$H_{total} = 2,50 + 25,484 + 0,852 + 3,694 + 0,050 + 3,040$$

$$H_{total} = 35,62 \text{ m}$$

$$\text{Daya Pompa} = \frac{Q \times H_t \times \gamma}{3600 \times 102 \times 0,82}$$

$$= \frac{100 \times 35,62 \times 1000}{3600 \times 102 \times 0,82}$$

$$= 11,829 \text{ kW}$$

Pompa yang digunakan

Merk : DESMI

Type : SA – 150 – 260/23
Jenis : Sentrifugal
Kapasitas : 100 m³/jam
Putaran : 1750 Rpm
Daya : 12 kW
Head : 13 m
Penggerak : Motor listrik
Jumlah : 2 buah

II.5.4.2 Sistem Pendingin Air Laut

Kapasitas Q = 100 m³ /jam

Jumlah = 2 buah

Penggerak = Motor listrik

Head total sistem

a. Head statis (Ha) :

$$Ha = 1,5 \text{ m}$$

b. Head perbedaan tekanan

$$\Delta p = 2,7 \text{ bar}$$

$$\text{Head} = 2,7 \times 10^5 / (1025 \times 9,81)$$

$$= 26,857 \text{ m}$$

c. *Head* karena pipa hisap

Diperkirakan panjang pipa hisap = 15 m

Diameter pipa = 0,125 m

$$\begin{aligned}
 V_s &= \frac{Q}{3600 \times \pi / 4 \times d^2} \\
 &= \frac{100}{3600 \times 3,14 / 4 \times 0,125^2} \\
 &= 2,264 \text{ m/s}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Re &= \frac{V \times d}{\nu} \\
 &= \frac{2,264 \times 0,125}{0,815 \times 10^{-5}} \\
 &= 34.734,433 \text{ (Turbulen)}
 \end{aligned}$$

Koefisien gesek pipa (λ)

$$\begin{aligned}
 \lambda &= 0,02 + (0,0005 / D) \\
 &= 0,02 + (0,0005 / 0,125)
 \end{aligned}$$

$$\lambda = 0,024$$

$$Head = 0,024 \times (15 / 0,125) \times 0,453^2 / (2 \times 9,81)$$

$$Head = 0,752 \text{ m}$$

d. *Head* karena kerugian sepanjang pipa hisap

Diperkirakan didalam sistem pipa terdapat :

$$1 \text{ Butterfly Valve} \quad k = 1 \times 2,00 = 2,00$$

$$1 \text{ Stop Valve} \quad k = 1 \times 2,50 = 2,50$$

2 Pipa T	$k = 2 \times 1,8 = 3,6$
1 SDRV	$k = 1 \times 2,5 = 2,5$
1 Filter	$k = 1 \times 1,00 = 1,00$
1 Elbow 90 ⁰	$k = 1 \times 0,38 = 0,38$
	$\Sigma k = 7,48$

$$H_{li} = \Sigma k \times Vs^2 / 2.g$$

$$= 7,48 \times 2,264^2 / (2 \times 9,81)$$

$$H_{li} = 1,954 \text{ m}$$

e. Head karena pipa discharge

Diperkirakan panjang pipa : 7 m

Diameter pipa : 0,125 m

Kecepatan aliran : 2,264 m/s

Koefisien gesek pipa : 0,024

$$H_{fr} = 0,024 \times (7 / 0,125) \times 2,264^2 / (2 \times 9,81)$$

$$H_{fr} = 0,351 \text{ m}$$

f. Head karena peralatan pipa discharge

Diperkirakan dalam pipa terdapat :

6 Butterfly Valve $k = 6 \times 2,00 = 12,00$

1 Stop Valve $k = 1 \times 2,50 = 2,50$

4 Pipa T $k = 4 \times 1,8 = 2,00$

$$8 \text{ Elbow } 90^{\circ} \quad k = 8 \times 0.38 = 3.04$$

$$\Sigma k = 24,74$$

$$H_{fj} = 24,74 \times 2,264^2 / (2 \times 9,81)$$

$$H_{fj} = 6,463 \text{ m}$$

Head total :

$$H_{\text{total}} = 1,5 + 26,857 + 0,752 + 1,954 + 0,351 + 6,463$$

$$H_{\text{total}} = 38,387 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \text{Daya Pompa} &= \frac{Q \times H_t \times \gamma}{3600 \times 102 \times \eta_m} \\ &= \frac{100 \times 38,387 \times 1025}{3600 \times 102 \times 0,85} \\ &= 12,606 \text{ kW} \end{aligned}$$

Pompa Yang digunakan

Merk : DESMI

Type : SA – 100 – 235/93

Jenis : Sentrifugal

Kapasitas : 120 m³/jam

Putaran : 2000 Rpm

Daya : 14 kW

Head : 22 m

Penggerak : Motor listrik

Jumlah : 2 buah

II.6. Sistem Pelayanan Umum di Kapal

Di dalam sebuah kapal membutuhkan sebuah sistem untuk menjaga agar kapal tetap kering, nyaman, aman dari bahaya kebakaran serta bahaya tenggelam, dan gangguan lainnya. Sistem inilah yang melayani segala keperluan umum diatas kapal, antara lain seperti : bilga-ballast, pemadam kebakaran, dan sanitari.

II.6.1 Sistem Bilga

Sistem bilga adalah sistem yang digunakan untuk membuang air dalam sumur bilga yang berasal dari air embun, air hujan, air cooler defrost drum, after peak dan fore peak bilge.

a. Diameter pipa utama

Menurut (Ref. No.2, Hal 11- 29), Diameter pipa bilga utama (Dbu) adalah :

$$D_{pb} = 1,68 \times \sqrt{[(B + H) \times Lpp]} + 25 \quad (\text{mm})$$

Dimana :

$$B = \text{Lebar kapal} = 16,33 \text{ m}$$

$$H = \text{Tinggi kapal} = 7,15 \text{ m}$$

$$L = \text{Panjang garis tegak kapal} = 98,68 \text{ m}$$

Maka :

$$D_{pb} = 1,68 \times \sqrt{[(16,33 + 7,15) \times 98,68]} + 25$$

$$= 122,987 \text{ mm}$$

$$D_{pb} = 123 \text{ mm}$$

b. Diameter pipa cabang

$$D_z = 2,15 \times \sqrt{(B+H) \times l} + 25$$

Dimana :

$$l = \text{panjang kompartemen kedap air} = 10 \text{ m}$$

Maka :

$$D_z = 2,15 \times \sqrt{(16,33 + 7,15) \times 10} + 25$$

$$D_z = 158,085 \text{ mm} \sim 159 \text{ mm}$$

c. Kapasitas Pompa Bilga

Kapasitas pompa bilga (Q_{pb}) menurut (Ref. No.2 Hal. 11- 29),
adalah:

$$Q_{pb} = 5,75 \times 10^{-3} \times D_h^2 \quad (\text{m}^3/\text{jam})$$

Dimana :

$$D_h = \text{Diameter pipa bilga utama} = 115 \text{ mm}$$

Jadi :

$$Q_{pb} = 5,75 \times 10^{-3} \times 115^2$$

$$Q_{pb} = 76,044 \text{ m}^3/\text{jam} \sim 77 \text{ m}^3/\text{jam}$$

Diameter pipa diambil 115 mm dengan kapasitas pompa bilga adalah $77 \text{ m}^3/\text{jam}$.

Perhitungan *Head* Pompa :

a. *Head* statis

$$H_a = 3,2 \text{ m}$$

b. *Head* perbedaan tekanan

$$\Delta p = 3,65 \text{ bar}$$

$$\begin{aligned} \text{Head} &= 3,65 \times 10^5 / (1025 \times 9,81) \\ &= 36,299 \text{ m} \end{aligned}$$

c. *Head* karena pipa hisap

$$\text{Diperkirakan panjang pipa hisap} = 23 \text{ m}$$

$$\text{Diameter pipa} = 0,115 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} V_s &= \frac{Q}{3600 \times \pi / 4 \times d^2} \\ &= \frac{77}{3600 \times 3,14 / 4 \times 0,115^2} \\ &= 2,060 \text{ m/s} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Re} &= \frac{V \times d}{\nu} \\ &= \frac{2,060 \times 0,115}{1,792 \times 10^{-5}} \\ &= 13219,866 \end{aligned}$$

Koefisien gesek pipa (λ)

$$\begin{aligned}\lambda &= 0,02 + (0,0005 / D) \\ &= 0,02 + (0,0005 / 0,115)\end{aligned}$$

$$\lambda = 0,024$$

$$Head = 0,024 \times (23 / 0,115) \times 2,060^2 / (2 \times 9,81)$$

$$Head = 1,051 \text{ m}$$

d. *Head* karena kerugian sepanjang pipa hisap

Diperkirakan di dalam sistem pipa terdapat :

$$1 \text{ S.D.N.R. Valve} \quad k = 1 \times 2,50 = 2,50$$

$$1 \text{ Filter} \quad k = 1 \times 1,00 = 1,00$$

$$3 \text{ Elbow } 90^0 \quad k = 3 \times 0,38 = 1,14$$

$$4 \text{ Pipa T} \quad k = 4 \times 1,80 = 7,20$$

$$\Sigma k = 11,84$$

$$Head = 11,84 \times 2,060^2 / (2 \times 9,81)$$

$$Head = 2,560 \text{ m}$$

e. *Head* karena panjang pipa *discharge*

$$\text{Diperkirakan panjang pipa} = 10 \text{ m}$$

$$\text{Diameter} = 0,115 \text{ m}$$

$$Vs = 2,060 \text{ m/s}$$

$$\lambda = 0,024$$

$$Head = 0,024 \times (10 / 0,115) \times 2,060^2 / (2 \times 9,81)$$

$$Head = 0,457 \text{ m}$$

f. *Head* kerugian karena peralatan pipa *discharge*

Diperkirakan didalam sistem pipa terdapat :

$$1 \text{ S.D.N.R. Valve} \quad k = 1 \times 2,50 = 2,50$$

$$3 \text{ pipa } T \quad k = 3 \times 1,70 = 1,70$$

$$\Sigma k = 7,1$$

$$Head = 7,1 \times 3,7692^2 / (2 \times 9,81)$$

$$Head = 1,535 \text{ m}$$

$$Head_{\text{total}} = 3,2 + 36,299 + 1,051 + 2,560 + 0,457 + 1,535$$

$$Head_{\text{total}} = 45,102 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \text{Daya Pompa} &= \frac{Q \times H_t \times \gamma}{3600 \times 102 \times \eta_m} \\ &= \frac{77 \times 45,102 \times 1025}{3600 \times 102 \times 0,82} \\ &= 11,822 \text{ kW} \end{aligned}$$

Pompa yang digunakan

Merk : DESMI

Type : SA – 150 – 260/33

Jenis : Sentrifugal

Kapasitas : 80 m³/jam

Putaran : 2000 Rpm
Daya : 13,5 kw
Head : 27 m
Penggerak : Motor listrik
Jumlah : 2 buah

II.6.2 Sistem *Ballast*

Kapasitas Pompa *Ballast* (Q_b) : Berdasarkan (Ref. No.4, Hal 25)

$$Q_b = 0,2825 \times V_b \times d_b^2 \text{ (m}^3/\text{h)}$$

Dimana : V_b = Kecepatan aliran air yang masuk ke pompa

$$= 2,00 - 2,50 \text{ m/s (diambil 2,5 m/s)}$$

$$d_b = \text{Diameter } \textit{ballast} = 10,5 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} \text{Maka harga } Q_b &= 0,2825 \times 2,5 \times 10,5^2 \\ &= 77,86 \text{ m}^3/\text{jam} \sim 78,00 \text{ m}^3/\text{jam} \end{aligned}$$

Head Total System :

a. *Head statis* :

$$H_a = 2 \text{ m}$$

b. *Head perbedaan tekanan*

$$\Delta p = 2,8 \text{ bar}$$

$$= 2,8 \times 10^5 / (1025 \times 9,81)$$

$$= 27,846 \text{ m}$$

c. *Head* sepanjang pipa hisap :

Diperkirakan panjang pipa hisap = 72 m

Diameter pipa = 0,105 m

Kecepatan aliran dalam pipa :

$$\begin{aligned} V_s &= \frac{Q}{3600 \times \pi / 4 \times d^2} \\ &= \frac{78}{3600 \times 3,14 / 4 \times 0,105^2} \\ &= 2,503 \text{ m/s} \end{aligned}$$

Reynold number (*Re*) :

$$\begin{aligned} Re &= V_s \times D / \nu \\ &= 2,503 \times 0,105^2 / (0,801 \times 10^{-5}) \\ &= 3445,104 \text{ (Turbulen)} \end{aligned}$$

Koefisien gesek pipa :

$$\begin{aligned} \lambda &= 0,02 + (0,0005 / D) \\ &= 0,02 + (0,0005 / 0,105) \end{aligned}$$

$$\lambda = 0,024$$

Head sepanjang pipa hisap :

$$\begin{aligned} H_{f} &= \lambda \times L / D \times V_s^2 / 2.g \\ &= 0,024 \times 72 / 0,105 \times 2,503^2 / (2 \times 9,81) \end{aligned}$$

$$H_{f} = 5,255 \text{ m}$$

d. *Head* karena peralatan pipa

Diperkirakan didalam sistem pipa terdapat :

2 <i>S.D.N.R. Valve</i>	$k = 2 \times 2,50 = 5,0$
3 <i>Stop Valve</i>	$k = 3 \times 1,00 = 3,00$
7 <i>Pipa T</i>	$k = 7 \times 1,80 = 12,60$
2 <i>Elbow 90°</i>	$k = 2 \times 0,38 = 0,76$

$$\Sigma k = 50,86$$

$$H_{ii} = \Sigma k \times V_s^2 / 2.g$$

$$= 50,86 \times 2,503^2 / (2 \times 9,81)$$

$$H_{ii} = 16,240 \text{ m}$$

e. *Head* karena pipa *discharge* :

Diperkirakan panjang pipa = 12,7 m

Diameter pipa = 0,105 m

Kecepatan aliran = 2,503 m/s

Koefisien gesek pipa = 0,024

$$H_{lf} = \lambda \times L / D \times V_s^2 / 2.g$$

$$= 0,024 \times 12,7 / 0,105 \times 2,503^2 / (2 \times 9,81)$$

$$H_{lf} = 0,926 \text{ m}$$

f. *Head* karena peralatan pipa *discharge* :

Diperkirakan didalam sistim pipa terdapat :

2 *Stop Valve* $k = 2 \times 2,50 = 5,00$

$$2 \text{ Pipa T} \quad k = 2 \times 1,80 = 3,60$$

$$1 \text{ Elbow } 90^0 \quad k = 1 \times 0,38 = \underline{0,38}$$

$$\Sigma k = 8,98$$

$$\begin{aligned} H_{fj} &= \Sigma k \times Vs^2 / 2.g \\ &= 8,98 \times 2,503^2 / (2 \times 9,81) \end{aligned}$$

$$H_{fj} = 2,867 \text{ m}$$

Head total sistem :

$$H_{total} = 2 + 27,846 + 5,255 + 16,240 + 0,926 + 2,867$$

$$H_{total} = 55,134 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \text{Daya Pompa :} &= \frac{Q \times H_t \times \gamma}{3600 \times 102 \times \eta_m} \\ &= \frac{78 \times 55,134 \times 1025}{3600 \times 102 \times 0,82} \\ &= 14,639 \text{ kW} \end{aligned}$$

Pompa yang digunakan

Merk : DESMI

Type : SA – 80- 220/17

Jenis : Sentrifugal

Kapasitas : 80 m³/jam

Putaran : 2000 Rpm

Daya : 15,6 kw

Head : 22 m

Penggerak : Motor listrik

Jumlah : 2 buah

II.6.3 Sistem Sanitary

A. Tangki *Hydrophore* Air Tawar

Kebutuhan air tawar untuk minum, mandi serta cuci, Volume tangki *Hydrophore* berdasarkan (Ref. No.4 Hal. 460) adalah :

$$V_h = V_o + \frac{D \times P_m}{(P_m - P_o) \times 6}$$

Dimana : V_h = Volume tangki *Hydrophore* (m^3)

V_o = Volume fluida sisa = $0,04 m^3$

D = Volume rata-rata pemakaian air = $4,5 m^3/jam$

P_m = Tekanan maksimal dalam tangki kg/m^2

P_o = Tekanan minimum dalam tangki kg/m^2

Head Total Sistem

a. *Head* statis : $H_a = 8 m$

Kapasitas pompa (Q) = $20 m^3/jam$

Diameter pipa hisap dan tekan (D) = $0,04 m$

$$\begin{aligned}
 V_s &= \frac{Q}{3600 \times \pi / 4 \times d^2} \\
 &= \frac{20}{3600 \times 3,14 / 4 \times 0,04^2} \\
 &= 4,42 \text{ m/s}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Re &= V_s \times D / \nu \\
 &= 1,73 \times 0,04 / (0,801 \times 10^{-5}) \\
 &= 22,072 \text{ (Turbulen)}
 \end{aligned}$$

Koefisien gesek dalam pipa :

$$\begin{aligned}
 \lambda &= 0,02 + (0,0005 / D) \\
 &= 0,02 + (0,0005 / 0,0715)
 \end{aligned}$$

$$\lambda = 0,027$$

b. *Head* karena panjang pipa hisap = 25 m

$$\begin{aligned}
 H_{lf} &= \lambda \times L / D \times V_s^2 / 2.g \\
 &= 0,027 \times 25 / 0,0715 \times 1,73^2 / (2 \times 9,81)
 \end{aligned}$$

$$H_{lf} = 1,44 \text{ m}$$

c. *Head* karena peralatan pipa hisap

Diprkirakan dalam pipa terdapat :

$$3 \text{ Stop Valve} \quad k = 3 \times 2,00 = 6,00$$

$$1 \text{ Filter} \quad k = 1 \times 1,00 = 1,00$$

$$3 \text{ Pipa T} \quad k = 3 \times 1,80 = 5,4$$

$$6 \text{ Elbow } 90^\circ \quad k = 6 \times 0,38 = 3,80$$

$$\Sigma k = 14,68$$

$$H_{li} = 14,68 \times 4,42^2 / (2 \times 9,81)$$

$$H_{li} = 14,61 \text{ m}$$

Head Total :

$$H_{total} = 8 + 1,44 + 14,61 = 24,05 \text{ m}$$

$$P_1 = 24,05 \times 1000 = 24050 \text{ Kg/m}^2 = 235,9 \text{ N/m}^2$$

$$P_2 = 1 \text{ atm} = 1,03 \text{ Kg/cm}^2 = 10,1 \text{ N/cm}^2$$

$$P_o = P_1 + P_2 = 24050 + 10300 = 34350 \text{ Kg/m}^2 = 336,9 \text{ N/m}^2$$

$$P_m = 45000 \text{ Kg/m}^2 = 441000 \text{ N/m}^2$$

Maka :

$$V_h = 0,04 + \frac{4,5 \times 45000}{6 \times (45000 - 34350)}$$

$$= 3,21 \text{ m}^3$$

B. Pompa Sistem Air Tawar

Jumlah : 2 buah

Kapasitas : 25 m³/h

Daya Penggerak : Motor Listrik.

Perhitungan head pompa :

a. Head statis

Ha : 2,5 m

b. *Head* perbedaan tekanan

$$\begin{aligned}\Delta p &= 6 \text{ bar} \quad \gamma = 1000 \text{ Kg/m}^2 \\ &= 6 \times 10^5 / (1000 \times 9,81) \\ &= 61,162 \text{ m}\end{aligned}$$

c. *Head* karena pipa hisap

Diperkirakan panjang pipa hisap = 20 m

Diameter pipa = 0,15 m

$$\begin{aligned}V_s &= \frac{Q}{3600 \times \pi / 4 \times d^2} \\ &= \frac{25}{3600 \times 3,14 / 4 \times 0,15^2} \\ &= 0,393 \text{ m/s}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\lambda &= 0,02 + (0,0005 / D) \\ &= 0,02 + (0,0005 / 0,15) \\ &= 0,0233\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}H_{lf} &= \lambda \times L / D \times V_s^2 / 2.g \\ &= 0,0233 \times 20 / 0,15 \times 0,393^2 / (2 \times 9,81) \\ &= 0,0245 \text{ m}\end{aligned}$$

a. *Head* karena peralatan pipa

Diperkirakan didalam sistem pipa terdapat :

$$3 \text{ Globe Valve} \quad k = 3 \times 8,50 = 25,50$$

$$8 \text{ Pipa T} \quad k = 8 \times 1,80 = 14,40$$

$$12 \text{ Elbow } 90^{\circ} \quad k = 12 \times 0,38 = \underline{4,56}$$

$$\Sigma = 44,46$$

$$H_{li} = \Sigma k \times V_s^2 / 2.g$$

$$= 44,46 \times 0,393^2 / (2 \times 9,81)$$

$$= 0,35 \text{ m}$$

$$\text{Head total} = 2,50 + 61,162 + 0,0245 + 0,35$$

$$= 64,0365 \text{ m}$$

$$\text{Daya Pompa} = \frac{Q \times H_t \times \gamma}{3600 \times 102 \times \eta_p}$$

$$= \frac{25 \times 64,0365 \times 1000}{3600 \times 102 \times 0,85}$$

$$= 5,13 \text{ kw}$$

Pompa yang digunakan

Merk : STORK PUMP

Type : MSF

Jenis : Sentrifugal

Kapasitas : 30 m³/jam

Putaran : 3500 Rpm

Daya : 5,3 kw

Head : 70 m

Penggerak : Motor listrik

Jumlah : 2 buah

II.6.4 Sistem Pemadam Kebakaran dan *General Service*

Dari Referensi No. 6 Hal. 69, kapasitas pompa pemadam kebakaran (Q_{pk}) dapat ditentukan dengan rumus :

$$Q_{pk} = 4/3 \times Q_b \quad (\text{m}^3/\text{jam})$$

Dimana :

- Q_b = Kapasitas pompa bilga = 77 m³/jam

Jadi :

$$\begin{aligned} Q_{pk} &= 4/3 \times 77 \\ &= 102,66 \text{ m}^3/\text{jam} \sim 103 \text{ m}^3/\text{jam} \end{aligned}$$

Perhitungan *head* pompa :

a. *Head* statis Total

$$H_a = 2 \text{ m}$$

b. *Head* perbedaan tekanan

$$\begin{aligned} \Delta_p &= 3 \text{ bar} \quad \gamma = 1025 \text{ Kg/m}^2 \\ &= 3 \times 10^5 / (1025 \times 9,81) \end{aligned}$$

$$\Delta_p = 29,835 \text{ m}$$

c. *Head* karena pipa hisap

$$\text{Diperkirakan panjang pipa hisap} = 19 \text{ m}$$

$$\text{Diameter pipa} = 0,125 \text{ m}$$

$$V_s = \frac{Q}{3600 \times \pi/4 \times d^2}$$

$$= \frac{103}{3600 \times 3,14 / 4 \times 0,125^2}$$

$$= 2,323 \text{ m/s}$$

Koefisien gesek dalam pipa :

$$\lambda = 0,02 + (0,0005 / D)$$

$$= 0,02 + (0,0005 / 0,125)$$

$$\lambda = 0,024$$

d. $H_{fr} = \lambda \times L / D \times Vs^2 / 2.g$

$$= 0,024 \times 19 / 0,125 \times 2,323^2 / (2 \times 9,81)$$

$$H_{fr} = 1,011 \text{ m}$$

e. *Head* karena peralatan pipa

Diperkirakan didalam sistem pipa terdapat :

5 *SDNR* $k = 5 \times 2,5 = 5,00$

3 *Butterfly Valve* $k = 3 \times 2,00 = 6,00$

1 *Stop Valve* $k = 1 \times 2,00 = 2,00$

6 *Pipa T* $k = 6 \times 0,68 = 4,08$

6 *Elbow 90°* $k = 6 \times 0,30 = 1,80$

$$\Sigma k = 18,88$$

$$H_{ji} = \Sigma k \times Vs^2 / 2.g$$

$$= 18,88 \times 2,323^2 / (2 \times 9,81)$$

$$H_{ji} = 5,233 \text{ m}$$

f. *Head* karena pipa *discharge* :

Diperkirakan panjang pipa = 14,5 m

Diameter pipa = 0,125 m

Kecepatan aliran = 2,323 m/s

Koefisien gesek pipa = 0,024

$$H_{lf} = \lambda \times L / D \times V_s^2 / 2.g$$

$$= 0,024 \times 14,5 / 0,125 \times 2,332^2 / (2 \times 9,81)$$

$$H_{lf} = 7,717 \text{ m}$$

g. *Head* karena peralatan pipa *discharge* :

Diperkirakan didalam sistim pipa terdapat :

1 *Butterfly valve* $k = 1 \times 2,00 = 2,0$

1 *Stop valve* $k = 1 \times 2,50 = 2,5$

2 Pipa T $k = 2 \times 1,80 = 3,6$

4 *Elbow* 90° $k = 4 \times 0,38 = 1,52$

$$\Sigma k = 9,62$$

$$H_{li} = \Sigma k \times V_s^2 / 2.g$$

$$= 9,62 \times 2,323^2 / (2 \times 9,81)$$

$$H_{li} = 2,666 \text{ m}$$

$$\text{Head total} = 2,00 + 29,835 + 2,332 + 7,717 + 2,666$$

$$= 44,55 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}\text{Daya Pompa} &= \frac{Q \times H_t \times \gamma}{3600 \times 102 \times \eta_m} \\ &= \frac{103 \times 44,55 \times 1025}{3600 \times 102 \times 0,82} \\ &= 10,616 \text{ kW}\end{aligned}$$

Pompa yang digunakan

Merk : DESMI
Type : SA – 23 – 250/8
Jenis : Sentrifugal
Kapasitas : 120 m³/jam
Putaran : 2500 Rpm
Daya : 19 kw
Head : 42 m
Penggerak : Motor listrik
Jumlah : 2 buah

II.6.5 Sistem Sewage

Sewage Plant adalah sistem penampungan kotoran untuk diolah sebelum dibuang keluar kapal. Besar tangki untuk *sewage plant* ini adalah kemampuan menampung kotoran yang dihasilkan dari seluruh awak kapal dan penumpang. Proses yang dipakai

untuk *sewage plant* ini adalah proses biologi yang berlangsung selama 7 hari.

Adapun jumlah kotoran yang dikeluarkan perhari adalah :

- *Toilet Bowls* = 7 liter / hari / orang.
- *Urinal* = 2 liter / hari / orang.
- *Sanitary* = 5 liter / hari / orang.

Jika awak kapal berjumlah 32 orang, maka :

$$\begin{aligned}\text{Volume tangki} &= (7 + 2 + 5) \times 32 \\ &= 448 \text{ liter} \\ &= 0,448 \text{ m}^3\end{aligned}$$

Waktu untuk pengeringan tangki adalah selama 3 jam, maka :

a. Kapasitas pompa (Q) :

$$\begin{aligned}Q &= 0,448 / 3 \\ &= 0,149 \text{ m}^3/\text{s}\end{aligned}$$

b. *Head* statis, $H_a = 10 \text{ m}$

c. *Head* karena pipa hisap

$$\text{Diperkirakan panjang pipa hisap} = 10 \text{ m}$$

$$\text{Diameter pipa} = 0,04 \text{ m}$$

$$V_s = \frac{Q}{3600 \times \pi/4 \times d^2}$$

$$= \frac{0,149}{3600 \times 3,14 / 4 \times 0,04^2}$$

$$= 0,032 \text{ m/s}$$

$$\lambda = 0,02 + (0,0005 / D)$$

$$= 0,02 + (0,0005 / 0,04)$$

$$\lambda = 0,032$$

$$\begin{aligned} \text{d. } H_{lf} &= \lambda \times L / D \times Vs^2 / 2.g \\ &= 0,032 \times 10 / 0,04 \times 0,04^2 / (2 \times 9,81) \end{aligned}$$

$$H_{lf} = 4,17 \times 10^{-4} \text{ m}$$

d. *Head* karena peralatan pipa

Diperkirakan didalam sistem pipa terdapat :

$$8 \text{ S.D.N.R. Valve} \quad k = 8 \times 2,50 = 20,00$$

$$5 \text{ Pipa T} \quad k = 5 \times 1,80 = 9,00$$

$$10 \text{ Elbow } 90^\circ \quad k = 10 \times 0,38 = 3,80$$

$$\Sigma = 32,80$$

$$\begin{aligned} H_{li} &= \Sigma k \times Vs^2 / 2.g \\ &= 32,80 \times 0,004^2 / (2 \times 9,81) \end{aligned}$$

$$H_{li} = 1,71 \times 10^{-3} \text{ m}$$

g. *Head* karena pipa *discharge* :

Diperkirakan panjang pipa = 10 m

Diameter pipa = 0,04 mm

Kecepatan aliran = 0,032 m/s

$$\text{Koefisien gesek pipa} = 0,032$$

$$H_{f} = \lambda \times L / D \times V_s^2 / 2.g$$

$$= 0,117 \times 10 / 0,10 \times 0,004^2 / (2 \times 9,81)$$

$$H_{f} = 4,17 \times 10^{-4} \text{ m}$$

h. *Head* karena peralatan pipa *discharge* :

Diperkirakan didalam sistim pipa terdapat :

$$3 \text{ S.D.N.R. Valve} \quad k = 3 \times 2,50 = 7,50$$

$$4 \text{ Pipa T} \quad k = 4 \times 1,80 = 7,20$$

$$8 \text{ Elbow } 90^0 \quad k = 8 \times 0,38 = 3,04$$

$$\Sigma = 17,74$$

$$H_{ij} = \Sigma k \times V_s^2 / 2.g$$

$$= 17,74 \times 0,004^2 / (2 \times 9,81)$$

$$H_{ij} = 9,25 \times 10^{-4} \text{ m}$$

$$\text{Head total} = 10 + 0,000417 + 0,00171 + 0,000417 + 0,000925$$

$$= 10 \text{ m}$$

$$\text{Daya Pompa} = \frac{Q \times H_t \times \gamma}{3600 \times 102 \times \eta_m}$$

$$= \frac{0,149 \times 10 \times 1025}{3600 \times 102 \times 0,82}$$

$$= 5,05 \times 10^{-3} \text{ kW}$$

Pompa yang digunakan

Merk : DESMI
Type : SA -20 - 90/9
Jenis : Sentrifugal
Kapasitas : 4 m³/jam
Putaran : 2900 Rpm
Daya : 1,1 kW
Head : 14,6 m
Penggerak : Motor listrik
Jumlah : 2 buah

