

BAB II

PERENCANAAN PERHITUNGAN

MOTOR INDUK DAN MOTOR BANTU

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 Gulddhammer dan Harvald

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

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

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

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 $L/V^{1.8}$

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 :

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

- **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:

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

Dimana :

S = Luas permukaan basah badan kapal

S_1 = Permukaan basah badan dan anggota badan kapal.

- Koreksi Hambatan Udara dan Kemudi

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

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

- Koreksi Pelayaran Dinas

- 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

Lpp	=	92,15	m
B	=	16,50	m
T	=	5,40	m
H	=	7,80	m
Vs	=	12	Knot
Cb	=	0,647	
Cm	=	0,992	
Cw	=	0,789	
Cp	=	0,652	
Wetted Surface Area (S)	=	2778,111	m ²
Luas Appendages (S')	=	101% x S	
	=	1,01 x 2778,111	
	=	1894,180	m ²
LCB	=	- 2,558	m
	=	- 2,776	%
Δ	=	5443,352	Ton
∇	=	5310,587	m ³
$\nabla^{1/3}$	=	17,447	
Ratio Lebar – Sarat	B/T	=	3,055
Ratio Panjang - ∇	L/ $\nabla^{1/3}$	=	5,282
Ratio Permukaan Basah S/S		=	1,001

II.1.4. Perhitungan Hambatan Kapal Pada Kecepatan 12 Knot

1. Berdasarkan (Ref. No. 3, Hal. 118) adalah :

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

Dimana :

V_s : kecepatan kapal (m/dt)

$$: 12 \times 0,5144$$

$$: 6,173 \text{ m/dt}$$

g : Gaya gravitasi

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

L : Panjang Kapal (m)

$$: 92,15 \text{ m}$$

Maka :

$$Fn = \frac{6,173}{\sqrt{9,81 \times 92,15}}$$

$$= 0,205$$

$$2. V_s = 12 \text{ knot}$$

$$3. V_s = 6,173 \text{ m/dt}$$

$$4. V_s^2 = (6,173)^2$$

$$= 38,103 \text{ m}^2/\text{dt}^2$$

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

Dimana :

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

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

$$= 1024,002 \text{ N.s/m}^3$$

S = Luas permukaan bidang basah

$$= 2778,111 \text{ m}^2$$

Maka :

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

$$= \frac{1}{2} \times 104,49 \times 2778,111 \times 38,103$$

$$= 5530361,218 \text{ kG}$$

$$= 54197539,94 \text{ N}$$

6.7.8. Residuary Coefficient = $10^3 C_R$

$$6. \quad L/\nabla^{1/3} = 5,0 \quad F_n = 0,205 \quad 10^3 C_R = 0,90$$

$$7. \quad L/\nabla^{1/3} = 5,5 \quad F_n = 0,205 \quad 10^3 C_R = 0,73$$

$$8. \quad L/\nabla^{1/3} = 5,2 \quad F_n = 0,205 \quad 10^3 C_R = \dots\dots\dots$$

$$10^3 C_R = 0,90 + \frac{|5,2 - 4,5|}{|5,5 - 5,0|} \cdot (0,73 - 0,90)$$

$$= 0,832$$

9. Koreksi B/T

$$B/T = 16,50/5,4$$

$$= 3,055$$

B/T > 2,5, maka koreksi :

$$= 0,16 (B/T - 2,5)$$

$$= 0,16 (3,055 - 2,5)$$

$$= 0,089$$

10. Koreksi LCB

$$LCB_{\text{standar}} = -0,2 \%$$

$$\begin{aligned} \Delta LCB &= LCB_{\text{aktual}} - LCB_{\text{standar}} \\ &= (-2,716 \%) - (-0,2 \%) \end{aligned}$$

$$= -2,5 \%$$

$$= -0,025$$

maka koreksi LCB :

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

$$= 0 \times |-0,025|$$

$$= 0$$

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

$$\begin{aligned} \text{- Boss baling-baling} &= 3\% \sim 5\% \\ &= 5\% \times 10^3 C_R \\ &= 5\% \times 0,832 \\ &= 0,025 \end{aligned}$$

$$\text{- Shaft Bracket} = 5\% \sim 8\%$$

$$= 5\% \times 10^3 C_R$$

$$= 5\% \times 0,832$$

$$= 0,042$$

- Lunas Bilga = 0% (tidak ada koreksi)

- Daun Kemudi = 0% (tidak ada koreksi)

14. Resultan $10^3 C_R$

$$\text{Resultan } 10^3 C_R = (8) + (9) + (10) + (11) + (12) + (13)$$

$$= 4,832 + 0,089 + 0 + 0 + 0 + 0,067$$

$$= 0,988$$

15. $10^6 R_n$

$$10^6 R_n = \frac{V \times L}{\nu}$$

$$= \frac{6,173 \times 92,15}{1,188 \cdot 10^6}$$

$$= 4,788$$

16. $10^3 C_F$ dari gambar 5.5.14 menurut ITTC-1957 dalam

(Ref. No. 3, Hal. 129) :

$$L = 42 \quad V = 6,0 \text{ m/dt} \quad 10^3 C_F = 1,94$$

$$L = 42 \quad V = 8,0 \text{ m/dt} \quad 10^3 C_F = 1,82$$

$$L = 42 \quad V = 7,2 \text{ m/dt} \quad 10^3 C_F = \dots\dots$$

$$10^3 C_F = 1,69 + \left| \frac{6,173 - 6,0}{8,0 - 6,0} \right| \cdot (1,63 - 1,69)$$

$$= 1,685$$

$$\begin{aligned} 17. 10^3 C_F &= \frac{S'}{S} 10^3 C_F \\ &= 1,01 \times 1,685 \\ &= 1,702 \end{aligned}$$

$$18. 10^3 C_A \text{ (hambatan tahanan)}$$

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

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

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

$$21. 10^3 C_T \text{ (koefisien hambatan total)}$$

$$\begin{aligned} 10^3 C_T &= C_R + C_F + C_A + C_{AA} + C_{AS} \\ &= (14) + (17) + (18) + (19) + (20) \\ &= 4,988 + 1,702 + 0,4 + 0,07 + 0,04 \\ &= 3,2 \end{aligned}$$

$$22. R_T \text{ (hambatan total) berdasarkan (Ref. No. 3, Hal. 133) :}$$

$$\begin{aligned} R_T &= C_T \left(\frac{1}{2} \rho \cdot S \cdot V_s^2 \right) \\ &= 3,2 \cdot 10^{-3} \times 5530361,218 \\ &= 17697,156 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 23. \text{EHP} &= \frac{V_s \times R_T}{75} \\ &= \frac{6,173 \times 17697,156}{75} \\ &= 1456,594 \text{ HP} \\ &= 1072,053 \text{ kW} \end{aligned}$$

24. BHP (Brake Horse Power)

$$\text{BHP} = \text{EHP} / (\eta_H \times \eta_{rr} \times \eta_{po} \times \eta_t)$$

Berdasarkan (Ref. No. 8, Hal. 99) untuk kapal baling-baling tunggal :

$$\begin{aligned} w &= - 0,05 + (0,55 \times C_b) \\ &= - 0,05 + (0,55 \times 0,647) \\ &= 0,306 \end{aligned}$$

Faktor pengisapan (t), menurut (Schoenherr) :

$$T = k \times w$$

Dimana :

$$K : 0,7 - 0,9 \text{ (diencanakan : } 0,8 \text{)}$$

Maka :

$$\begin{aligned} T &= 0,8 \times 0,036 \\ &= 0,245 \end{aligned}$$

Untuk singel screw propeller, harga $t = w = 0,306$

$$\begin{aligned} \eta_H &= \frac{1-t}{1-w} \\ &= \frac{1-0,245}{1-0,306} \\ &= 1,00 \end{aligned}$$

$\eta_{rr} =$ Efisiensi Rotary Relatif

$$= 1,00$$

$\eta_{po} =$ Efisiensi baling-baling

$$= 0,45 \text{ s/d } 0,60 \text{ diambil harga } 0,6$$

$$\eta_t = 0,96$$

$$\text{BHP} = \frac{14560,594}{1,088 \times 1,00 \times 0,690}$$

$$= 1940,263 \text{ HP}$$

$$= 1428,033 \text{ kW}$$

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

$$\text{NCR} = \text{BHP} + \text{Sea Margin } 15\%$$

$$= 1940,263 + (1940,263 \times 0,15)$$

$$= 2231,302 \text{ HP}$$

$$= 1642,238 \text{ kW}$$

26. MCR (Maximum Continous Rating)

$$\text{MCR} = \text{NCR} / 0,9$$

$$= 2231,302 / 0,9$$

$$= 2479,224 \text{ HP} \times 0,736$$

$$= 1824,709 \text{ kW}$$

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

- Merk : WARTSILA
- Type : 8 V 25 Diesel

Tabel 1. Perhitungan Daya Mesin Pada Lima Kecepatan

No.	Rumus	Satuan/Sumber Rumus	Kecepatan - Knots				
			10	11	12	13	14
1	$F_n = V / g \times L$		0.171	0.188	0.205	0.222	0.240
2	V	Knots	10	11	12	13	14
3	V	m/dt	5.14	5.66	6.17	6.69	7.20
4	V^2	m^2/dt^2	26.461	32.017	38.103	44.719	51.863
5	$1/2 \rho \cdot S \cdot V^2$	kg	3840574.972	4647095.716	5530427.960	6490571.703	7527526.945
6	$10^3 C_R (L / V^{1/3})$	Gbr. 5.5.7 - 5.5.8	0.57	0.674	0.832	1.092	1.19
7	Koreksi B / T	5.5.17	0.039	0.089	0.089	0.089	0.089
8	Koreksi LCB	Gbr. 5.5.15 - 5.5.16	0.005	0.045	0.000	0.007	0.004
9	Koreksi Grs. Penrumpang	5.5.20	0	0	0	0	0
10	Koreksi Haluar	5.5.21	0	0	0	0	0
11	koreksi Anggola Badan	5.5.22	0.045	0.054	0.067	0.088	0.095
12	Resultan $10^3 C_R$	6+7+8+9+10+11	0.709	0.862	0.988	1.276	1.378
13	$10^6 R_n$	$10^6 V \times L / \nu$	399.006	438.907	478.808	518.708	558.609
14	$10^3 C_F$ ITTC 57	Gbr. 5.5.14	1.735	1.707	1.685	1.669	1.65
15	$10^3 C_F'$	$S1 / S \times (14)$	1.750	1.724	1.702	1.686	1.667
16	$10^3 C_A$	5.5.23	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
17	$10^3 C_M$	5.5.26	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07
18	$10^1 C_{A5}$	5.5.27	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
19	$10^3 C_T = C_q + C_f + C_a + C_{AA} + C_{AS}$	12+15+16+17+18	2.969	3.096	3.200	3.472	3.555
20	$R_T = C_T (S)$	kg	11403.93448	14387.73363	17696.540	22533.25288	26756.59453
21	$EHP = V \cdot R_T / 75$	HP	782.158	1085.487	1456.486	2009.125	2569.204
22	PC		0.751	0.751	0.751	0.751	0.751
23	BHP = EHP / PC	HP	1041.488	1445.389	1939.409	2675.266	3421.044
24	NCR = BHP + Sea Margin 15 %	HP	1197.712	1600.198	2230.320	3176.556	3934.200
25	MCR = NCR / 0.8	HP	1330.791	1820.886	2478.133	3218.396	4371.334

- Daya : 1840 kW / 2500 HP
- Putaran Mesin : 900 RPM
- Bore x Stroke : 250 mm x 300 mm
- Ukuran : Panjang x Lebar x Tinggi
: 3615 mm x 1855 mm x 1950 mm
- Jumlah : 1 (Satu) buah

Dengan telah dipilihnya mesin induk untuk kapal, maka berdasarkan kurva daya – kecepatan untuk daya mesin 1824,709 kW (2479,224 HP) kecepatan kapal ini = 12 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 :

$$\begin{aligned}\omega &= - 0,05 + (0,55 \times C_b) \\ &= - 0,05 + (0,55 \times 0,647) \\ &= 0,306\end{aligned}$$

2. Advance Speed of Propeller (V_a)

$$\begin{aligned}V_a &= (1 - \omega) \times V_s \quad (\text{kN}) \\ &= (1 - 0,306) 12 \\ &= 8,328 \text{ kN}\end{aligned}$$

3. RPM Baling-Baling

$RPM_{\text{mesin}} = 900 \text{ rpm}$, dengan red. gear 1 : 5,422 didapat putaran
baling-baling = 166 rpm.

Koreksi rpm = 1 %

$$N = 166 \times 0,99$$

$$= 164,34 \text{ rpm}$$

4. DHP (Delivery Horse Power)

$$DHP = (2500 - 3\%) \times (75/76) \times (1,000/1,025)$$

$$= 2406,903 \text{ HP.}$$

$$= 1771,481 \text{ kW}$$

5. Harga Bp adalah :

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

Dimana : N : Putaran baling-baling (koreksi) = 164,34 rpm

P : Delivery Horse Power = 2406,903 HP

Va : Advance Speed = 8,328 kn.

Maka :

$$Bp = \frac{164,34 \times 2406,903^{0,5}}{8,328^{2,5}}$$

$$= 40,283$$

Dari diagram $Bp - \delta$ dengan $Bp = 40,283$ maka didapat data –

data :

$$\delta = 260$$

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

$$H_o/D_o = 0,52$$

6. Koreksi Harga δ

$$\begin{aligned} \text{Untuk B4 - 40} &= (260 - 2\%) \\ &= 259,98 \end{aligned}$$

7. Diameter Baling – baling

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

Dimana : δ : Delta = 260

V_a : Advance speed = 8,328 kn

N : Putaran Baling – baling = 164,34 rpm

Maka :

$$\begin{aligned} D_o &= \frac{200 \times 8,328}{164,34} \\ &= 10,135 \text{ ft} / 3,28 \\ &= 3,090 \text{ m} = 3,1 \text{ m.} \end{aligned}$$

II.2.1. Perhitungan Kavitasasi

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 = Tinggi poros (feet)

$$= 6,819 \text{ ft}$$

$$= 2,079 \text{ m}$$

Maka :

$$p - e = 14,45 + (0,45 \times 6,819)$$

$$= 17,518 \text{ lbs/sq.ft}$$

b. Disc Area of The Screw (F)

$$F = \pi / 4 \cdot Do^2$$

$$= 3,14 / 4 \times 3,1^2$$

$$= 7,544 \text{ m}^2$$

c. Developed Blade Area (Fa)

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

$$= 7,554 \times 0,4$$

$$= 3,018 \text{ m}^2$$

d. Projected Blade Area (Fp)

$$Fp / Fa = 1,067 - 0,229 Ho / Do$$

$$= 1,067 - 0,229 \times 0,52$$

$$Fp / Fa = 0,436$$

$$Fp = 0,436 \times 4,534$$

$$= 1,977 \text{ m}^2$$

e. Torque of Propeller

$$Q = \frac{P \times 75 \times 60}{2\pi N}$$

Dimana : P : Delivery Horse Power = 2406,903 HP

N : Putaran baling-baling = 164,34 rpm

Maka :

$$Q = \frac{2406,903 \times 75 \times 60}{2 \times 3,14 \times 164,34}$$
$$= 10494,655 \text{ kGm}$$
$$= 102847,62 \text{ Nm}$$

f. Shaft Horse Power

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

Dimana : Q : Torque of Propeller = 10494,655 kgm

Maka :

$$SHP = \frac{2 \times 3,14 \times 10494,655 \times 2,739}{75}$$
$$= 2406,903 \text{ HP}$$
$$= 1771,481 \text{ kW}$$

g. Thrust

$$T = \frac{SHP \cdot \eta_{po} \cdot \eta_{rr} \cdot 75}{V_a}$$

Dimana : SHP : Shaft Horse Power = 2406,903 HP

V_a : Advance Speed = 8,328 kn

Maka :

$$T = \frac{2406,903 \times 0,625 \times 1,00 \times 75}{8,328}$$
$$= 13547,50 \text{ kG}$$
$$= 132765,5 \text{ N}$$

h. Thrust Coefficient

$$\tau_c = \frac{T / F_p}{\frac{1}{2} \rho \cdot V^2}$$

Dimana : T : Thrust = 13547,50 kg

F_p : Projected Blade Area = 1,977 m²

$$\begin{aligned} V^2 &: V_a^2 + (\pi \cdot n \cdot 0,7 \cdot D)^2 \\ &: 8,328^2 + (3,14 \times 2,739 \times 0,7 \times 3,090)^2 \\ &: 415,420 \text{ m}^2/\text{s}^2 \end{aligned}$$

Maka :

$$\begin{aligned} \tau_c &= \frac{13547,50 / 1,977}{\frac{1}{2} \cdot 104,5 \cdot 415,420} \\ &= 0,316 \end{aligned}$$

i. Cavitation Number

$$\sigma_c = \frac{p - e}{q_T}$$

Dimana : $p - e$: Tekanan Statik Baling-baling = 17,518 lbs/sq.ft.

$$\begin{aligned} q_T &: \left(\frac{V_a}{7,12} \right)^2 + \left(\frac{N \times d}{329} \right)^2 \\ &: \left(\frac{8,328}{7,12} \right)^2 + \left(\frac{164,34 \times 10,135}{329} \right)^2 \\ &: 26,998 \end{aligned}$$

Maka :

$$\sigma_o = \frac{17,518}{26,998}$$
$$= 0,649$$

j. Penentuan Angka Sorong

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

Dimana : Rt : Hambatan total = 17697,156

Maka :

$$S = 17697,156 / (1 - 0,245)$$
$$= 23439,942$$

k. Kecepatan Air Masuk ke Baling – baling (ve)

$$ve = (1 - \omega) \times Vs$$

Dimana : ω : Faktor arus ikut = 0,306

Vs : Kecepatan (m/dt) = 6,173

Maka :

$$ve = (1 - 0,306) \times 6,173$$
$$= 4,284 \text{ m/dt}$$

l. Diameter Baling-baling Tentative (D)

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

Dimana : T : Sarat kapal = 5,40

Maka :

$$D = 0,7 \times 5,40$$
$$= 3,78 \text{ m}$$

m. Penentuan Jumlah Daun Baling – baling (Z)

- 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 baling-baling tentative = 3,78 m

v_e : Kecepatan air masuk ke baling-baling = 4,284 m/dt

ρ : Massa jenis (kg.s/m^3) = 104,49 kg.s/m^3

S : Angka sorong = 23439,942

Maka :

$$K'd = 3,78 \times 4,284 \times \sqrt{\frac{104,49}{23439,942}}$$
$$= 0,008$$

Dicari :

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

Dimana : v_e : Kecepatan air masuk ke baling-baling = 4,284 m/dt

ρ : Massa jenis (kg.s/m^3) = 104,49

S : Angka sorong = 23439,949

Maka :

$$K'n = \frac{4,284}{\sqrt{2,739}} \times \sqrt{\frac{104,49}{23439,949}}$$
$$= 1,129$$

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

Pemilihan Baling-Baling

Setelah didapatkan melalui perhitungan-perhitungan diatas dapat ditentukan baling-baling yang akan digunakan untuk kapal rancangan yaitu dengan spesifikasi sebagai berikut :

- Type baling-baling : Series B4-40
- Diameter baling-baling : 3,090 m
- Pitch ratio : 0,520
- F_p / F_a : 0,436
- Efisiensi propeller : 0,548
- Jumlah daun baling-baling : 4 (empat) buah

D = 3100 mm

Tabel 2. Panjang Blade Elemen Dari Centre Line ke Leading Edge (h_D)

r/R (1)	h_D / D (2)	h_D (3)
0,2	0,116	359,600
0,3	0,129	399,900
0,4	0,136	421,600
0,5	0,137	424,700
0,6	0,132	409,200
0,7	0,118	365,800
0,8	0,092	285,200
0,9	0,051	158,100
0,95	0,020	62,000
1,00	-0,053	-164,300

Tabel 3. Panjang Total Blade Elemen (C)

r/R (1)	C / D (2)	C (3)
0,2	0,208	644,800
0,3	0,241	747,100
0,4	0,263	815,300
0,5	0,276	855,600
0,6	0,279	864,900
0,7	0,269	833,900
0,8	0,241	747,100
0,9	0,184	570,400
0,95	0,135	418,500
1,00	0,000	0,000

Tabel 4. Panjang Blade Elemen Dari Centre Line ke Trailing Edge (h_{TE})

r/R (1)	$h_{TE} = C - h_D$ (2)
0,2	285,200
0,3	347,200
0,4	393,700
0,5	430,900
0,6	455,700
0,7	468,100
0,8	461,900
0,9	412,300
0,95	356,500
1,00	164,300

Tabel 5. Jarak Ordinate Maksimum dari Leading Edge (h_T)

r/R (1)	h_T / C (2)	h_T (3)
0,2	0,350	225,680
0,3	0,387	289,128
0,4	0,420	342,426
0,5	0,450	385,020
0,6	0,475	410,828
0,7	0,493	411,113
0,8	0,500	373,550
0,9	0,500	285,200
0,95	0,500	209,250
1,00	0,500	0,000

Tabel 6. Ketebalan Blade Maksimum Pada Ordinate (t)

r/R (1)	t / D (2)	t (3)
0,2	0,0366	113,460
0,3	0,0324	100,440
0,4	0,0282	87,420
0,5	0,0240	74,400
0,6	0,0198	61,380
0,7	0,0156	48,360
0,8	0,0114	35,340
0,9	0,0072	22,320
0,95	0,0051	15,810
1,00	0,0030	9,300

Tabel 7. Jarak Ordinat Belakang & Muka Dari Ordinate Maksimum
1 Ordinate Belakang

Trailing Edge		80		60		40		20		Y ₁		Y ₂		
r/R	T/E	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	
0.2	0.386	43.796	0.63	71.480	0.805	91.335	0.919	104.270	0.981	111.304	0.380	43.115	0.375	42.548
0.3	0.338	33.949	0.598	60.063	0.787	79.046	0.911	91.501	0.979	98.331	0.343	34.451	0.325	32.643
0.4	0.289	25.264	0.565	49.392	0.769	67.226	0.903	78.940	0.977	85.409	0.307	26.838	0.274	23.953
0.5	0.233	17.335	0.521	38.762	0.742	55.205	0.892	66.365	0.975	72.540	0.270	20.088	0.218	16.219
0.6	0.171	10.496	0.477	29.278	0.712	43.703	0.875	53.708	0.97	59.539	0.000	0.000	0.151	9.268
0.7	0.102	4.933	0.436	21.085	0.687	33.223	0.859	41.541	0.965	46.667	0.000	0.000	0.076	3.675
0.8	0.073	2.580	0.407	14.383	0.669	23.642	0.852	30.110	0.963	34.032	0.000	0.000	0.037	1.308
0.9	0.116	2.589	0.434	9.687	0.682	15.222	0.859	19.173	0.965	21.539	0.000	0.000	0.058	1.295
0.95	0.163	2.577	0.464	7.336	0.699	11.051	0.866	13.691	0.967	15.288	0.000	0.000	0.082	1.296

Leading Edge		40		60		70		80		85		90		95		LE		
r/R	T/E	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	
0.2	0.984	111.645	0.932	105.745	0.844	95.760	0.783	88.839	0.708	80.330	0.662	75.111	0.608	68.984	0.538	61.041	0.000	0.000
0.3	0.981	98.532	0.924	92.807	0.826	82.963	0.759	76.234	0.676	67.897	0.626	62.875	0.569	57.150	0.497	49.919	0.000	0.000
0.4	0.979	85.584	0.915	79.989	0.804	70.286	0.732	63.991	0.637	55.687	0.582	50.878	0.523	45.721	0.444	38.814	0.000	0.000
0.5	0.978	72.763	0.900	66.960	0.774	57.586	0.692	51.485	0.591	43.970	0.531	39.506	0.463	34.447	0.377	28.049	0.000	0.000
0.6	0.975	59.846	0.881	54.076	0.737	45.237	0.647	39.713	0.530	32.531	0.465	28.542	0.386	23.693	0.298	18.291	0.171	10.496
0.7	0.968	46.812	0.866	41.880	0.698	33.755	0.590	28.532	0.465	22.487	0.390	18.860	0.305	14.750	0.210	10.156	0.102	4.933
0.8	0.963	34.032	0.852	30.110	0.669	23.642	0.546	19.296	0.407	14.383	0.330	11.662	0.249	8.800	0.163	5.760	0.073	2.580
0.9	0.965	21.539	0.859	19.173	0.682	15.222	0.567	12.655	0.434	9.687	0.361	8.058	0.284	6.339	0.202	4.509	0.116	2.589
0.95	0.967	15.288	0.866	13.691	0.699	11.051	0.590	9.328	0.464	7.336	0.395	6.245	0.322	5.091	0.245	3.873	0.163	2.577

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 = 2406,903 HP

n : Putaran poros = 166 Rpm

R_m : Kekuatan tarik material, digunakan S 45 C yang kekuatannya $58 \text{ kg/mm}^2 = 568,40 \text{ N/m}^2$

C_w : Faktor material = $560 / R_m = 160$

: $560 / 568,40 = 160$

: 0,77

$1 - (d_i/d_a)^4$: 1,00

Maka :

$$D = 100 \times 1,26 \times \sqrt[3]{\frac{2406,903}{166 \times 1,00}} \times 0,77$$

$$= 236,580 \text{ mm}$$

$$= 240 \text{ mm.}$$

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 :

$$\begin{aligned} D &= F \times k \times \sqrt[3]{\frac{P_w}{n \times \left(1 - \frac{d_i}{d_a}\right)^4}} \times C_w \\ &= 95 \times 1,20 \times \sqrt[3]{\frac{2406,903}{166 \times 1,00}} \times 0,77 \\ &= 214,049 \text{ mm} \\ &= 215 \text{ mm} \end{aligned}$$

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 menurut (Ref. No. 1, Hal 14-1) adalah :

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

Dimana :

- A : Luas daun kemudi (m²)
- C₁ : faktor (untuk kapal penumpang = 1,0)
- C₂ : faktor (untuk kemudi, type umum = 1,0)
- C₃ : faktor (untuk profile kemudi = 1,0)
- C₄ : faktor (untuk perencanaan kemudi = 1,5)
- L : panjang kapal (L_{pp} = 92,15 m)
- T : sarat kapal (T = 5,40 m)

Jadi :

$$\begin{aligned} A &= 1,0 \times 1,0 \times 1,0 \times 1,5 \times \frac{1,75 \times 92,15 \times 5,40}{100} \\ &= 13,062 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

a. Menentukan tinggi dan lebar daun kemudi

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

$$A = b \times c$$

Dimana : A : luas daun kemudi = 13,062 m²

b : tinggi daun kemudi = 4,00 m

c : lebar daun kemudi = A / b.

Jadi :

$$\begin{aligned} c &= A / b \\ &= 13,062 / 4,0 \\ &= 3,265 \text{ m} \end{aligned}$$

Lebar balansir b1 sekitar 25% dari lebar daun kemudi :

$$\begin{aligned} b1 &= 25\% \times c \\ &= 25\% \times 3,265 \\ &= 0,81625 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

b. Diameter Tongkat Kemudi

Diameter tongkat kemudi menurut (Ref. No. 1, Hal. 14-4) tidak boleh kurang dari :

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

Dimana :

Dt : Diameter tongkat kemudi (mm)

kr : faktor bahan tergantung dari kekuatan tarik (Reh)

bahan baja Karbon Cor (Sc 49) ; 49 x 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 = $CR \cdot r$ (Nm) (Ref. No.1, Hal. 14-2)

Dimana :

r : $0,1 \times c$ (Ref. No. 1, Hal. 14-3)

dimana : c : lebar daun kemudi = 3,265

$$\text{maka : } r = 0,1 \times 3,265$$

$$= 0,3265$$

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

$$: 132 \times A \times V^2 \times k1 \times k2 \times k3 \times kt \quad (N)$$

Dimana :

A : luas daun kemudi = 13,062 m².

V : kecepatan kapal

: 12 knot

$k1$: koefisien luas daun kemudi (Ref. No. 1, Hal. 14-2)

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

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

$$= (4,0)^2 / 13,062$$

$$= 1,225$$

$$= (1,225 + 2) / 3$$

$$= 1,075$$

$k2$: koefisien profile / model kemudi

: 1,1 (untuk model flat side profile a head)

k3 : koefisien letak kemudi

: 0,8 (diluar propeller jet)

kt : koefisien tergantung daya dorong = 1,0

Maka :

$$\begin{aligned} CR &= 132 \times 13,062 \times 12^2 \times 1,075 \times 1,1 \times 0,8 \times 1,0 \\ &= 234875,24 \text{ N} \end{aligned}$$

Maka :

$$\begin{aligned} QR &= CR \times r \\ &= 234875,24 \times 0,3265 \\ &= 76686,76 \text{ Nm} \end{aligned}$$

Dengan demikian Diameter tongkat kemudi (Dt) adalah :

$$\begin{aligned} Dt &= 4,2 \times \sqrt[3]{76686,76 \times 0,585} \\ &= 35,533 \text{ mm} \end{aligned}$$

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 = 12 knot

α : Sudut putar daun kemudi

$$: 32^{\circ} - 36^{\circ}$$

$$: 35^{\circ} \text{ (direncanakan)}$$

Jadi :

$$P_n = 11 \times 13,062 \times 12^2 \times \sin^2 35$$

$$= 6806,87 \text{ kg}$$

$$= 66707,33 \text{ N}$$

d. Momen Torsi Daun Kemudi

Rumus yang digunakan untuk mencari momen torsi menurut (Ref. No.1, Hal. 14-3) adalah :

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

Dimana :

$$r : 0,1 \cdot c$$

$$c : \text{lebar rata-rata daun kemudi} = 3,265 \text{ m}$$

Maka :

$$r = 0,1 \times 3,265$$

$$= 0,3265$$

Jadi :

$$QR = 234875,24 \times 0,3265$$

$$= 76686,76 \text{ Nm}$$

e. Daya Pada Motor Penggerak

Daya motor penggerak menurut (Ref. No. 4, Hal. 359) adalah :

$$Nm = \frac{1,4 \times QR \times Nrs}{1000 \times \eta_{sg}} \quad (\text{HP})$$

Dimana :

QR : Momen torsi motor penggerak

: 76686,76 N.m

: 7817,20 kgm

Nrs : Putaran motor penggerak

: $\frac{1}{3} \times \frac{\alpha}{\lambda}$

dimana :

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

$\lambda = 25 - 30$

= 25 (direncanakan)

Maka :

$$Nrs = \frac{1}{3} \times \frac{35}{25}$$

= 0,47

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

steering gear)

= 0,35 (diambil)

$$\text{Daya motor} = \frac{1,4 \times 7817,20 \times 0,47}{1000 \times 0,35}$$

= 14,696 HP

= 14,696 x 0,736

= 10,816 kW

II.3.2. Mesin Jangkar (Windlass)

Gaya Tarik pada cable lefter (Tcl) untuk 2 jangkar menurut (Ref. No. 4, Hal. 401) adalah :

$$Tcl = 2,35 (Ga + La \times pa)$$

Dimana :

Ga : Berat jangkar (kg)

La : Panjang rantai jangkar yang menggantung (m)

Pa : 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 – 18-2) adalah :

$$Z = D^{2/3} + 2 hB + A/10$$

Dimana :

D : Displacement kapal = 5443,352 Ton

h : $fb + \sum h1$

: tinggi efektif diukur dari garis muat musim panas sampai ke puncak teratas rumah geladak.

: 14,20 m

A : Luas dari pandangan samping bangunan atas (m²), dengan panjang (L) dan tinggi (h)

: 358,68 m².

B : 16,50 m.

Jadi :

$$Z = 5443,352^{2/3} + (2 \times 7,80 \times 16,50) + \left(\frac{358}{10}\right)$$

$$= 602,709$$

Angka penunjuk (Z) = 602,709

Maka menurut (Ref. No. 1, Hal. 18-6) menunjukkan :

- Jumlah jangkar = 3 buah
- Berat satu jangkar = 1920 kg
- Panjang rantai total = 440 m
- Diameter rantai (d1) = 44 mm
- Diameter rantai (d2) = 38 mm
- Diameter rantai (d3) = 34 mm
- Panjang tali tarik = 190 m
- Panjang tali sumbat = 160 m

Maka :

Gaya tarik pada cable lefter (Tcl) untuk 2 jangkar adalah :

$$Tcl = 2,35 (Ga + (La \times pa))$$

Dimana :

Ga : Berat satu jangkar = 1920 kg (18816 N)

La : Panjang rantai jangkar yang menggantung

: L/2

$$: \frac{400}{2}$$

$$: 200 \text{ m}$$

pa : Berat rantai jangkar pada saat bergerak

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

dimana :

$$d_1 = 44 \text{ mm}$$

$$= 0,0218 \times 44^2$$

$$= 42,205 \text{ kg/mm}$$

$$= 413,61 \text{ N/mm}$$

Jadi :

$$fcl = 2,35 \times (1920 + (200 \times 42,5))$$

$$= 18992,53 \text{ kg}$$

$$= 186126,8 \text{ N}$$

a. Moment putar pada cable letter (Mcl)

Moment putar pada cable letter menurut (Ref. No. 4, Hal. 408)

adalah :

$$Mcl = \frac{(Tcl \times Dcl)}{2 \cdot rcl} \quad (\text{kg.m})$$

Dimana :

Tcl : Gaya tarik pada cable letter = 18992,53 kg

Dcl : Diameter efektif cable letter

$$: 0,013 \times d^2$$

$$: 0,013 \times 38$$

$$: 0,50 \text{ mm.}$$

η_{cl} : efisiensi cable lifter

$$: 0,9 - 0,92$$

$$: 0,9 \text{ (direncanakan)}$$

Jadi :

$$\begin{aligned} M_{cl} &= \frac{18992,53 \times 0,50}{(2 \times 0,9)} \\ &= 5275,703 \text{ kg.m} \\ &= 51701,9 \text{ N.m} \end{aligned}$$

b. Moment Putar pada poros Motor (Mm)

Moment putar pada poros motor (Mm) menurut (Ref. No. 4, Hal. 411) adalah :

$$M_m = \frac{M_{cl}}{\eta_{axia}} \text{ (kg.cm)}$$

Dimana :

M_{cl} : Moment putar pada cable lifter = 5275,703 kg.m

η_a : efisiensi mekanis dengan spin gear

$$: 0,7 - 0,85 \text{ (Ref. No. 4, Hal. 408)}$$

$$: 0,85 \text{ (diambil)}$$

ia : Ratio mekanisme gigi (Ref. No. 4, Hal. 409)

$$: 105 - 250$$

: 250 rpm (diambil)

Maka :

$$Mm = \frac{5275,703}{(0,85 \times 250)}$$

$$= 24,827 \text{ kg.cm}$$

$$= 243,30 \text{ N.cm}$$

c. Daya Efektif Windlass (Ne)

Besarnya Daya efektif windlass (Ne) menurut (Ref. No. 4, Hal.410) adalah :

$$Ne = (Mm \times nm) / 716,20 \quad (\text{kW})$$

Dimana :

Mm : momen putar pada poros motor

: 24,827 kg.cm

nm : putaran motor untuk electric windlass 720 – 1550

: 720 rpm (diambil)

Maka :

$$Ne = (24,827 \times 720) / 716,20$$

$$= 24,96 \text{ HP}$$

$$= 18,371 \text{ kW}$$

II.3.3. Mesin Tali Temali (Capstan)

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

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

Dimana :

Menurut (Ref. No. 1, Hal. 18-6) Rbr : tegangan putus tali (kg/m^2) adalah :

$$\begin{aligned} Rbr &= 145 \text{ kN/m}^2 \\ &= 145.000 \text{ N/m}^2 \\ &= 14780,836 \text{ kg/m}^2. \end{aligned}$$

Jadi :

$$\begin{aligned} T_w &= 14780,836 / 6 \\ &= 2463,473 \text{ kg/m}^2 \\ &= 24142,04 \text{ N/m}^2 \end{aligned}$$

a. Putaran Poros Penggulung (N_w)

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

$$N_w = 19,1x \frac{V_w}{D_w + d_w}$$

Dimana :

V_w : kecepatan tarik capstan = 0,30 m/s

d_w : diameter tali tambat = 38 mm = 0,04 m

D_w : diameter penggerak tali = 6 d_w

$$: 6 \times 0,04 = 0,24 \text{ m}$$

Maka :

$$N_w = 19,1 \times \frac{0,30}{0,04 + 0,24}$$

$$= 20,46 \text{ rpm}$$

b. Torsi Pada Penggulung

Torsi pada penggulung (Mm) menurut (Ref. No. 4, Hal. 439)

adalah :

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

Dimana :

i_w : Nm/Nw (Nm direncanakan : 720 rpm)

$$i_w : 720/20,46$$

$$: 35,20$$

η_w : efisiensi dari sistem transmisi

$$: 0,8$$

Jadi :

$$M_m = \frac{2464,473 \times (0,04 + 0,24)}{2 \times 35,20 \times 0,8}$$

$$= 12,247 \text{ kgm}$$

$$= 120,02 \text{ Nm}$$

c. Daya Pada Motor Capstan (Ne)

Daya pada motor Capstan (Ne) menurut (Ref. No. 4, Hal. 439) adalah :

$$Ne = \frac{Mm \times Nm}{716,2}$$

Dimana : Mm : torsi pada penggulung = 12,247 kG

Nm : 720

Maka :

$$\begin{aligned} Ne &= \frac{12,247 \times 720}{716,2} \\ &= 12,31 \text{ HP} \\ &= 9,060 \text{ kW} \end{aligned}$$

d. Notasi Kelas

Karena seluruh peraturan atau ketentuan-ketentuan yang digunakan oleh kapal ini sepenuhnya menuruti ketentuan yang disyaratkan oleh BKI maka notasi kelas pada kapal ini, yaitu :

Lambung : + A 100 I

Mesin : + SM

II.4. Perhitungan Kapasitas Tangki

II.4.1. Volume Tangki Bahan Bakar Motor Induk

Berat bahan bakar motor induk menurut (Ref. No. 6, Hal. 10)

adalah :

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

Dimana :

P_{Bme} : BHP Main Engine = 2500 HP = 1840 KW.

b_{me} : SFOC Main Engine = 135 gr/KW.h (diambil dari data mesin induk yang dipilih)

S : Radius pelayaran = 2000 mil laut

V_{sev} : 12 knot.

Jadi :

$$\begin{aligned} W_{fo} &= 2 \times 1840 \times 135 \times 2000 / 12 \times 10^{-6} \times 1,5 \\ &= 124,2 \text{ ton} = 124200 \text{ kg} \\ &= 1217160 \text{ N} \end{aligned}$$

Volume bahan bakar motor induk (V_{fo}) :

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

Dimana :

γ_{fo} = berat jenis bahan bakar diesel oil = 0,85 ton/m³

Jadi :

$$\begin{aligned} V_{fo} &= 124,2 / 0,85 \\ &= 146 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Maka, volume tangki bahan bakar motor induk adalah :

$$\begin{aligned} V_{fo} &= V_{fo} + (0,05 \times V_{fo}) \\ &= 146 + (0,05 \times 146) \\ &= 153,3 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

II.4.2. Volume Tangki Bahan Bakar Motor Bantu

Menurut (Ref. No. 6, Hal. 12), berat bahan bakar motor bantu (W_{do}) adalah :

$$\begin{aligned} W_{do} &= (0,1 - 0,2) \times W_{fo} \\ &= 0,14 \times 124,2 \\ &= 17,388 \text{ ton} = 17388 \text{ kg} \\ &= 170402,4 \text{ N} \end{aligned}$$

Volume bahan bakar motor bantu (V_{do})

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

Dimana :

γ_{do} : berat jenis bahan bakar motor bantu untuk jenis

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

Jadi :

$$\begin{aligned} V_{do} &= 17,388 / 0,85 \\ &= 20,46 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\text{Koreksi} : 20,46 \times 1,03 = 21,074$$

$$\begin{aligned} \text{Volume Tangki Total} &= V_{fo} + V_{do} \\ &= 146 + 21,074 \end{aligned}$$

$$= 167,074 \text{ m}^3$$

Volume Tangki Settling direncanakan setiap 24 jam dilakukan pengisian.

$$\begin{aligned} V_{setl} &= (1,2 \times \text{SFOC} \times \text{kW} \times 24) / (950 \times 1000) \\ &= (1,2 \times 135 \times 1840 \times 24) / (950 \times 1000) \\ &= 7,530 \text{ m}^3. \end{aligned}$$

Menurut (Ref. No. 6, Hal. 12) untuk bahan bakar Do diperkirakan 20% dari keperluan untuk Tangki Settling, sehingga :

$$\begin{aligned} V_{setl} &= 0,2 \times 7,530 \\ &= 1,506 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} V_{serv} &= 7,530 / (2 \times 4) \\ &= 0,94 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

II.4.3. Volume Tangki Minyak Pelumas

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

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

Dimana :

- Kebutuhan minyak pelumas (b_{me}) = 0,8 – 1,2 g/KW.h
- = 1,2 g/KW.h (direncanakan, sesuai Ref. No. 6, Hal. 12)
- Jarak pelayaran (S) = 2000 mil laut
- Kecepatan dinas (V_{serv}) = 12 knot
- $P_{B_{me}}$ mesin induk = 1840 KW
- Berat jenis minyak pelumas (γ) = 0,87 ton/m³.

Jadi :

$$\begin{aligned} W_o &= 1840 \times 1,2 \times (2000 / 12) \times 10^{-6} \times 1,5 \\ &= 1,552 \text{ Ton} = 1552 \text{ kg} \\ &= 15209,6 \text{ N} \end{aligned}$$

Volume tangki minyak pelumas (V_o) adalah :

$$\begin{aligned} V_o &= 1,552 / 0,87 \\ &= 1,783 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Volume tangki minyak pelumas (V_{tmp}) adalah :

$$\begin{aligned} V_{tsil} &= V_{tmp} + (0,05 \times V_{tmp}) \\ &= 1,783 + (0,05 \times 1,783) \\ &= 1,872 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

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 :

$$W_{fwd} = Z_c \times \left[\frac{R}{V_s \times 24} \right] \times C_{fwd} \quad (\text{ton})$$

Dimana :

Z_c : Jumlah ABK = 23 orang

R : Radius pelayaran = 2000 mil laut

V_s : kecepatan dinas = 12 knot

Lama berlayar = 6 hari

C_{fwd} : Kebutuhan air tawar untuk makan dan minum (10 – 20 kg/orang/hari) menurut (Ref. No. 6, Hal. 12).

: 10 kg/orang/hari (direncanakan)

: 0,01 ton/orang/hari.

Jadi :

$$\begin{aligned} W_{fwd} &= 23 [2000 / (12 \times 24)] \times 0,01 \\ &= 1,600 \text{ ton} = 1600 \text{ kg} \\ &= 15680 \text{ N} \end{aligned}$$

b. Kebutuhan Air Tawar Untuk Cuci dan Mandi

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

$$W_{fww} = Z_c \times \left[\frac{R}{V_s \times 24} \right] \times C_{fww} \text{ (ton)}$$

Dimana :

C_{fww} : kebutuhan air tawar untuk cuci dan mandi

(60 – 200 kg/orang/hari)

: direncanakan 65 kg/orang/hari

: 0,065 ton/orang/hari

Jadi :

$$\begin{aligned} W_{fww} &= 23 \times \left[\frac{2000}{12 \times 24} \right] \times 0,065 \\ &= 10,38 \text{ ton} = 10380 \text{ kg} \\ &= 101724 \text{ N} \end{aligned}$$

c. Kebutuhan Air Untuk Pendinginan Motor

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

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

Dimana :

BHP : 2500 HP

C_{fwc} : kebutuhan air untuk pendingin motor induk

(2–5 g/BHP.h)

: 5 g/BHP.h (direncanakan)

Jadi :

$$\begin{aligned}W_{fwc} &= \text{BHP} \times C_{fwc} \\ &= 2500 \times 5 \\ &= 12500 \text{ g/h} = 12,5 \text{ kg/h} \\ &= 122,5 \text{ N/h}\end{aligned}$$

Untuk pendinginan motor bantu diambil 20% dari kebutuhan air untuk motor induk :

$$\begin{aligned}W_{fwc} \text{ bantu} &= 20\% \times 12500 \\ &= 2500 \text{ g/h} = 2,5 \text{ kg/h} \\ &= 24,5 \text{ N/h}\end{aligned}$$

Kebutuhan total adalah :

$$\begin{aligned}W_{fwc} \text{ total} &= 2500 + 12500 \\ &= 15000 \text{ g/h} = 15 \text{ kg/h} \\ &= 147 \text{ N/h}\end{aligned}$$

Diketahui :

$$\text{Lama berlayar} = 6 \text{ hari} = 144 \text{ jam}$$

Maka :

$$\begin{aligned}W_{fwc} \text{ total} &= 15000 \times 144 \\ &= 2160000 \text{ g} \\ &= 2,160 \text{ ton} = 2160 \text{ kg} \\ &= 21168 \text{ N}\end{aligned}$$

Berat Total kebutuhan air tawar (WF_w) adalah :

$$\begin{aligned} WF_w &= 2,160 \text{ ton} + 10,38 \text{ ton} + 1,600 \text{ ton} \\ &= 14,14 \text{ ton} = 14140 \text{ kg} \\ &= 138572 \text{ N} \end{aligned}$$

Volume kebutuhan Air Tawar (VF_w) adalah :

$$VF_w = WF_w / \gamma$$

Dimana :

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

Maka :

$$\begin{aligned} VF_w &= 14,14 / 1 \\ &= 14,14 \text{ m}^3. \end{aligned}$$

Volume Tangki Air Tawar (VtF_w) adalah :

$$\begin{aligned} VtF_w &= 14,14 + (0,05 \times 14,14) \\ &= 14,847 \text{ m}^3. \end{aligned}$$

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 :

$$\begin{aligned} W_b &= 11\% \times 5443,352 \\ &= 598,77 \text{ ton} = 598770 \text{ kg} \\ &= 5867946 \text{ N} \end{aligned}$$

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 :

$$V_b = 598,77 \times 1,025$$

$$= 613,74 \text{ m}^3$$

Volume tangki ballast (V_{tb}) adalah :

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

$$= 613,74 + (0,05 \times 613,74)$$

$$= 644,427 \text{ ton} = 644427 \text{ kg}$$

$$= 6315384,6 \text{ N}$$



II.5. Sistem Melayani Motor Induk

Motor induk sebagai mesin penggerak utama kapal harus mempunyai sistem kerjanya yang optimal sehingga kapal dapat melaju sesuai dengan kecepatannya. Dalam sistem kerja tersebut motor induk sangat memerlukan beberapa pelayanan sistem yang akan mendukung operasinya, 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 udara start 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 diesel secara independen (Ref. No. 2, Hal. 2-16).

Kapasitas udara yang dibutuhkan adalah sesuai dengan kebutuhan untuk semua sistem 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 :

$$J = a \times (H/D) \times (Z + b \times Pme \times na + 0,9) Vh \times C$$

Dimana :

J : kapasitas total bejana (dm³)

D : diameter silinder mesin = 250 mm

H : langkah torak mesin = 300 mm

Vh : volume langkah torak tiap silinder (dm³)

$$\begin{aligned} &= \frac{3,14 \times D^2 \times H}{4} \\ &= \frac{3,14 \times 250^2 \times 300}{4} \end{aligned}$$

$$= 14,718 \text{ dm}$$

Pme : tekanan kerja efektif silinder = 20,8 bar

Z : jumlah silinder = 8

A : 0,419 (4 langkah)

B : 0,056 (2 langkah)

C : 4,5 karena tekanan kerjanya kurang dari 30 bar

No : Putaran mesin = 900 rpm

na : $0,25 \times \text{No} - 8$

: $0,25 \times 900 - 8$

: 62

Maka :

$$J = 0,419 \times (300/250) \times (8 + 0,056 \times 20,8 \times 62 + 0,9) \times 4,7 \times 1,00$$

$$= 530,934 \text{ dm}^3$$

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 = Kapasitas dari botol angin = 530,934 dm

P = Tekanan *discharge* = 30 bar

Maka :

$$Q = 1,70 \times 530,934 \times (30,60 \times 9)$$

$$= 19,50 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$= 0,325 \text{ m}^3/\text{menit}$$

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

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

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

Dimana :

M : jumlah tingkat kompresi = 2

K : konstanta = 1,4

P_s : tekanan hisap tingkat pertama

: 10332,6 kg/m²

P_d : tekanan discharge 30 bar

: 305900 kg/m²

Q : kapasitas kompresor

: 0,325 m/menit

maka :

$$N = \frac{2 \times 1,4}{1,4-1} \times \frac{10332,6 \times 0,325}{0,75 \times 6120} \times \left[(305900/10332,6)^{1,4-1/2 \times 1,4} - 1 \right]$$

$$= 5,888 \text{ kW}$$

$$= 6 \text{ kW}$$

II.5.2. Sistem Bahan Bakar

II.5.2.1. Fuel Oil Transfer Pump

F.O. Transfer Pump digunakan untuk memindahkan bahan bakar dari tangki *settling* ke tangki *service*.

Jumlah pompa : 2 buah

Kapasitas pompa : 10 m³/jam

Daya penggerak : motor listrik

Head Total Sistem

a. *Head* statis

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

b. *Head* perbedaan tekanan

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

$$\text{Head} = 3 \times 10,333$$

$$= 30,999 \text{ m}$$

c. *Head* kerugian sepanjang pipa hisap diperkirakan :

$$\text{Panjang pipa hisap} = 11 \text{ m}$$

$$\text{Diameter pipa hisap} = 0,08 \text{ m}$$

Kecepatan aliran pada pipa (V_s) :

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

$$= \frac{10}{3600 \times 3,14/4 \times 0,08^2}$$

$$= 0,553 \text{ m/s}$$

Reynold number (Re) :

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

$$= \frac{0,553 \times 0,08}{1,035 \times 10^{-4}}$$

$$= 339,004$$

Koefisien gesek pada pipa (λ):

$$\begin{aligned}\lambda &= 64 / Re \\ &= 64 / 339,004 \\ &= 0,188\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}Head &= 0,188 \times (11 / 0,08) \times 0,553^2 / (2 \times 9,81) \\ &= 0,403 \text{ m}\end{aligned}$$

d. *Head* karena kerugian sepanjang pipa hisap.

Diperkirakan didalam sistem pipa terdapat :

1 <i>Filter</i>	$k = 1 \times 1 = 1$
1 <i>S.D.N.R. Valve</i>	$k = 1 \times 2,5 = 2,5$
1 <i>Stop Valve</i>	$k = 1 \times 2,0 = 2,0$
1 <i>Gate Valve</i>	$k = 1 \times 0,19 = 0,19$
5 <i>Elbow 90⁰</i>	$k = 5 \times 0,38 = 1,9$
4 <i>Pipa T</i>	$k = 4 \times 1,8 = 7,2$
	$\Sigma = 14,79$

$$\begin{aligned}Head &= 14,79 \times 0,553^2 / (2 \times 9,81) \\ &= 0,231 \text{ m}\end{aligned}$$

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

Diperkirakan panjang pipa = 3 m

Diameter pipa = 0,065 m

$$\begin{aligned}Head &= 0,188 \times (3 / 0,065) \times 0,837^2 / (2 \times 9,81) \\ &= 0,309 \text{ m}\end{aligned}$$

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

Diperkirakan didalam sistem pipa terdapat :

1 S.D.N.R Valve	$k = 1 \times 2,5 = 2,5$
2 Gate Valve	$k = 2 \times 0,19 = 0,38$
3 Pipa T	$k = 3 \times 1,8 = 5,4$
4 Pipa Elbow 90 ⁰	$k = 4 \times 0,38 = 1,52$
	$\Sigma = 9,8$

$$\begin{aligned} \text{Head} &= 9,8 \times 0,837^2 / (2 \times 9,81) \\ &= 0,35 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Head total} &= 4,5 + 30,999 + 0,403 + 0,231 + 0,309 + 0,35 \\ &= 9,77 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Daya Pompa} &= \frac{Q \times H_t \times \gamma}{3600 \times 102 \times 0,82} \\ &= \frac{10 \times 9,77 \times 850}{3600 \times 102 \times 0,82} \\ &= 0,28 \text{ kW} \end{aligned}$$

Pompa yang digunakan adalah :

Merk : DESMI

Type : SA-35-135/12NW 50

Jenis : Gear Pump

Kapasitas : 10 m³/jam

Putaran : 1750 Rpm

Daya : 0,43 kW

Head : 5,3 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.

Jumlah pompa : 2 buah

Kapasitas pompa : 10 m³/jam

Daya penggerak : Motor listrik

Head Total Sistem

a. *Head* statis

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

b. *Head* perbedaan tekanan

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

$$\text{Head} = 3 \times 10,333$$

$$= 30,999 \text{ m}$$

c. *Head* kerugian sepanjang pipa hisap diperkirakan :

$$\text{Panjang pipa hisap} = 11 \text{ m}$$

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

Kecepatan aliran dalam pipa (V_s) :

$$\begin{aligned} V_s &= \frac{Q}{3600 \times \pi/4 \times d^2} \\ &= \frac{10}{3600 \times 3,14/4 \times 0,050^2} \\ &= 1,415 \text{ m/s} \end{aligned}$$

Reynold number (Re) :

$$\begin{aligned} \text{Re} &= \frac{V \times d}{\nu} \\ &= \frac{1,415 \times 0,05}{1,035 \times 10^{-4}} \\ &= 683,574 \end{aligned}$$

Koefisien gesek pada pipa (λ) :

$$\begin{aligned} \lambda &= 64 / \text{Re} \\ &= 64 / 683,574 \\ &= 0,10 \\ \text{Head} &= 0,10 \times (11 / 0,050) \times 1,415^2 / (2 \times 9,81) \\ &= 2,245 \text{ m} \end{aligned}$$

d. Head karena kerugian sepanjang pipa hisap.

Diperkirakan didalam sistem pipa terdapat :

1 Filter	$k = 1 \times 1,0$	$= 1,00$
3 S.D Valve	$k = 3 \times 2,5$	$= 7,50$
3 Stop Valve	$k = 3 \times 2,0$	$= 6,00$
3 Reducer	$k = 3 \times 0,25$	$= 0,75$
11 Elbow 90 ⁰	$k = 11 \times 0,38$	$= 4,18$
4 Pipa T	$k = 4 \times 1,8$	$= 7,20$
	Σ	$= 26,63$

$$\begin{aligned} \text{Head} &= 26,63 \times 1,415^2 / (2 \times 9,81) \\ &= 2,717 \text{ m} \end{aligned}$$

e. Head karena panjang pipa discharge :

Diperkirakan panjang pipa = 5 m

Diameter pipa = 0,032 m

Kecepatan aliran pipa (V_s) = 1,415

Koefisien gesek (λ) = 0,10

$$\begin{aligned} \text{Head} &= 0,10 \times (5 / 0,032) \times 1,415^2 / (2 \times 9,81) \\ &= 1,594 \text{ m} \end{aligned}$$

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

Diperkirakan didalam sistem pipa terdapat :

$$2 \text{ S.D.M.R. Valve} \quad k = 2 \times 2,5 = 5,00$$

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

$$1 \text{ Reducer} \quad k = 1 \times 0,25 = 0,25$$

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

$$2 \text{ Pipa Elbow } 90^\circ \quad k = 2 \times 0,38 = 0,76$$

$$\Sigma = 8,81$$

$$\begin{aligned} \text{Head} &= 8,81 \times 1,415^2 / (2 \times 9,81) \\ &= 0,899 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Head total} &= 3 + 30,999 + 2,245 + 2,717 + 1,594 + 0,899 \\ &= 44,799 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Daya Pompa} &= \frac{Q \times H_t \times \gamma}{3600 \times 102 \times 0,82} \\ &= \frac{10 \times 44,799 \times 850}{3600 \times 102 \times 0,82} \\ &= 1,265 \text{ kW} \end{aligned}$$

Pompa yang digunakan adalah :

Merk : DESMI
Type : SA-35-135/12
Jenis : Gear Pump
Kapasitas : $10 \text{ m}^3/\text{jam}$
Putaran : 2900 Rpm
Daya : 1,4 kW
Head : 20 m
Penggerak : Motor listrik
Jumlah : 2 buah

II.5.3. Sistem Pelumasan

II.5.3.1. Lubricating Oil Pump for M/E

Jumlah pompa : 1 buah
Kapasitas pompa : $3,35 \text{ m}^3/\text{jam}$
Daya penggerak : Motor listrik

Head Total Sistem

a. *Head* statis

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

b. *Head* perbedaan tekanan

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

$$\text{Head} = 3 \times 10,333$$

$$= 30,999 \text{ m}$$

c. *Head* kerugian sepanjang pipa hisap

Diperkirakan panjang pipa hisap = 3 m

Diameter pipa = 0,040 m

Kecepatan aliran dalam pipa (V_s) :

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

$$= \frac{3,35}{3600 \times 3,14 / 4 \times 0,040^2}$$

$$= 0,740 \text{ m/s}$$

Reynold number (Re) :

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

$$= \frac{0,740 \times 0,040}{1,0318 \times 10^{-6}}$$

$$= 286,87$$

Koefisien gesek pada pipa (λ) :

$$\lambda = 64 / Re$$

$$= 64 / 286,87$$

$$= 0,223$$

$$Head = 0,223 \times (3 / 0,040) \times 0,740^2 / (2 \times 9,81)$$

$$= 0,467 \text{ m}$$

d. *Head* karena kerugian sepanjang pipa hisap

Diperkirakan didalam sistem pipa terdapat :

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

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

$$2 \text{ Elbow } 90^0 \quad k = 2 \times 0,38 = \underline{0,76}$$

$$\Sigma = 4,26$$

$$\text{Head} = 4,26 \times 0,740^2 / (2 \times 9,81)$$

$$= 0,12 \text{ m}$$

e. *Head* karena panjang pipa *discharge*

$$\text{Diperkirakan panjang pipa} = 2 \text{ m}$$

$$\text{Diameter pipa} = 0,040 \text{ m}$$

$$\text{Kecepatan aliran dalam pipa (Vs)} = 0,740 \text{ m/s}$$

$$\text{Koefisien gesek pada pipa } (\lambda) = 0,223$$

$$\text{Head} = 0,223 \times (2 / 0,040) \times 0,740^2 / (2 \times 9,81)$$

$$= 0,311 \text{ m}$$

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

Diperkirakan didalam sistem pipa terdapat :

$$1 \text{ S.D.N.R. Valve} \quad k = 1 \times 2,5 = 2,5$$

$$1 \text{ Reducer} \quad k = 1 \times 0,25 = 0,25$$

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

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

$$\Sigma = 4,13$$

$$\text{Head} = 4,13 \times 0,740^2 / (2 \times 9,81)$$

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

$$\text{Head total} = 1,5 + 30,999 + 0,467 + 0,12 + 0,311 + 0,115$$

$$= 36,413 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \text{Daya Pompa} &= \frac{Q \times H_t \times \gamma}{3600 \times 102 \times 0,63} \\ &= \frac{3,35 \times 36,413 \times 900}{3600 \times 102 \times 0,83} \\ &= 0,360 \text{ kW} \end{aligned}$$

Pompa yang digunakan adalah :

Merk : SERO
 Type : SON 112
 Jenis : Displacement
 Kapasitas : 3,6 m³/jam
 Putaran : 1450 Rpm
 Daya : 0,55 kW
 Head : 36 m
 Penggerak : Motor listrik
 Jumlah : 1 buah

II.5.4. Sistem Pendinginan

II.5.4.1. Sistem Pendinginan Air Tawar

Jumlah pompa : 1 buah

Kapasitas pompa : 55 m³/jam

Daya penggerak : Motor listrik

Head total sistem

a. Head statis (H_a):

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

b. *Head* perbedaan tekanan

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

$$\text{Head} = 2 \times 10,333$$

$$= 20,666 \text{ m}$$

c. *Head* karena pipa hisap

Diperkirakan panjang pipa hisap = 17 m

Diameter pipa = 0,1 m

Kecepatan aliran dalam pipa (V_s):

$$\begin{aligned} V_s &= \frac{Q}{3600 \times \pi / 4 \times d^2} \\ &= \frac{55}{3600 \times 3,14 / 4 \times 0,1^2} \\ &= 1,946 \text{ m/s} \end{aligned}$$

Reynold number (Re):

$$\begin{aligned} Re &= \frac{V \times d}{\nu} \\ &= \frac{1,946 \times 0,1}{0,815 \times 10^{-5}} \\ &= 23.877,300 \end{aligned}$$

Koefisien gesek pada pipa (λ):

$$\begin{aligned} \lambda &= 0,02 + (0,0005 / D) \\ &= 0,02 + (0,0005 / 0,1) \\ &= 0,025 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Head} &= 0,025 \times (17 / 0,1) \times 1,946^2 / (2 \times 9,81) \\ &= 0,8203 \text{ m} \end{aligned}$$

d. *Head* karena kerugian sepanjang pipa hisap

Diperkirakan didalam sistem pipa terdapat :

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

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

$$2 \text{ Pipa T} \quad k = 2 \times 1,80 = \underline{3,6}$$

$$\Sigma = 7,98$$

$$\begin{aligned} \text{Head} &= \Sigma k \times V_s^2 / 2.g \\ &= 7,98 \times 1,946^2 / (2 \times 9,81) \\ &= 1,5402 \text{ m} \end{aligned}$$

e. *Head* karena pipa *discharge*

Diperkirakan panjang pipa : 4 m

Diameter pipa : 0,1 m

Kecepatan aliran (V_s) : 1,946 m/s

Koefisien gesek pipa (λ) : 0,025

$$\begin{aligned} \text{Head} &= 0,025 \times (4 / 0,1) \times 1,946^2 / (2 \times 9,81) \\ &= 0,193 \text{ m} \end{aligned}$$

f. *Head* karena peralatan pipa *discharge*

Diperkirakan dalam pipa terdapat :

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

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

$$1 \text{ Reducer} \quad k = 1 \times 0,25 = 2,00$$

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

$$\Sigma = 10,1$$

$$\begin{aligned}\text{Daya Pompa} &= \frac{Q \times Ht \times \gamma}{3600 \times 102 \times 0,63} \\ &= \frac{3,35 \times 36,413 \times 900}{3600 \times 102 \times 0,83} \\ &= 0,360 \text{ kW}\end{aligned}$$

Pompa yang digunakan adalah :

Merk : SERO
Type : SON 112
Jenis : Gear Pump
Kapasitas : 3,6 m³/jam
Putaran : 1450 Rpm
Daya : 0,55 kW
Head : 36 m
Penggerak : Motor listrik
Jumlah : 1 buah

II.5.4. Sistem Pendinginan

II.5.4.1. Sistem Pendinginan Air Tawar

Jumlah pompa : 1 buah
Kapasitas pompa : 55 m³/jam
Daya penggerak : Motor listrik
Head total sistem

a. Head statis (Ha) :

$$Ha = 3 \text{ m}$$

Daya penggerak : Motor listrik

Head total sistem

a. Head statis (H_a) :

$$H_a = 2,00 \text{ m}$$

b. Head perbedaan tekanan

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

$$\text{Head} = 2 \times 10,333$$

$$= 20,666 \text{ m}$$

c. Head karena pipa hisap

Diperkirakan panjang pipa hisap = 4,5 m

Diameter pipa = 0,2 m

Kecepatan aliran dalam pipa (V_s) :

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

$$= \frac{115}{3600 \times 3,14 / 4 \times 0,2^2}$$

$$= 1,02 \text{ m/s}$$

Reynold number (Re) :

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

$$= \frac{1,02 \times 0,2}{0,815 \times 10^{-5}}$$

$$= 25.030,674 \text{ (Turbulen)}$$

Koefisien gesek pada pipa (λ):

$$\begin{aligned}\lambda &= 0,02 + (0,0005 / D) \\ &= 0,02 + (0,0005 / 0,2) \\ &= 0,0225\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Head} &= 0,0225 \times (4,5 / 0,2) \times 1,02^2 / (2 \times 9,81) \\ &= 0,0268 \text{ m}\end{aligned}$$

d. *Head* karena kerugian sepanjang pipa hisap

Diperkirakan didalam sistem pipa terdapat :

2 Stop Valve	$k = 2 \times 2,00 = 4,00$
5 Gate Valve	$k = 5 \times 0,19 = 0,95$
2 Reducer	$k = 2 \times 0,25 = 0,5$
2 Butterfly Valve	$k = 2 \times 2,00 = 4,00$
3 Filter	$k = 3 \times 1,00 = 3,00$
7 Pipa T	$k = 7 \times 0,38 = 12,60$
	$\Sigma = 25,05$

$$\begin{aligned}\text{Head} &= \Sigma k \times V_s^2 / 2.g \\ &= 25,05 \times 1,02^2 / (2 \times 9,81) \\ &= 1,328 \text{ m}\end{aligned}$$

e. *Head* karena pipa discharge

Diperkirakan panjang pipa : 5 m

Diameter pipa : 0,15 m

Kecepatan aliran (Vs) :

$$\begin{aligned} V_s &= \frac{Q}{3600 \times \pi / 4 \times d^2} \\ &= \frac{115}{3600 \times 3,14 / 4 \times 0,15^2} \\ &= 1,808 \text{ m/s} \end{aligned}$$

Reynold Number (Re) :

$$\begin{aligned} Re &= \frac{V \times d}{\nu} \\ &= \frac{1,02 \times 0,2}{0,815 \times 10^{-5}} \\ &= 25.030,674 \text{ (Turbulen)} \end{aligned}$$

Koefisien gesek pipa (λ) :

$$\begin{aligned} \lambda &= 0,02 + (0,0005 / D) \\ &= 0,02 + (0,0005 / 0,2) \\ &= 0,0225 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Head} &= 0,0225 \times (4,5 / 0,2) \times 1,02^2 / (2 \times 9,81) \\ &= 0,0268 \text{ m} \end{aligned}$$

f. *Head* karena peralatan pipa *discharge*

Diperkirakan dalam pipa terdapat :

1 <i>Butterfly Valve</i>	$k = 1 \times 2,00 = 2,00$
2 <i>SDNR Valve</i>	$k = 2 \times 2,50 = 5,00$
1 <i>Balancing Valve</i>	$k = 1 \times 2,00 = 2,00$

$$\begin{aligned}
 2 \text{ Reducer} & \quad k = 2 \times 0,25 = 0,50 \\
 5 \text{ Pipa T} & \quad k = 5 \times 1,80 = 9,00 \\
 4 \text{ Elbow } 90^{\circ} & \quad k = 4 \times 0,38 = \underline{1,52} \\
 & \quad \Sigma = 20,02
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Head} & = 20,02 \times 1,808^2 / (2 \times 9,81) \\
 & = 3,335 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Head total} & = 2,00 + 20,666 + 0,0268 + 1,328 + 0,130 + 3,335 \\
 & = 26,709 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Daya Pompa} & = \frac{Q \times H_t \times \gamma}{3600 \times 102 \times \eta_m} \\
 & = \frac{115 \times 26,709 \times 1025}{3600 \times 102 \times 0,85} \\
 & = 10,087 \text{ kW}
 \end{aligned}$$

Pompa yang digunakan adalah :

Merk : DESMI
 Type : SA-100-235/28
 Jenis : Sentrifugal
 Kapasitas : 120 m³/jam
 Putaran : 1750 Rpm
 Daya : 11,4 kW
 Head : 14 m
 Penggerak : Motor listrik
 Jumlah : 2 unit

II.6. Sistem Pelayanan Umum di Kapal

II.6.1. Sistem Bilga

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

a. Diameter Pipa Utama Bilga.

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

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

Dimana :

$$B : \text{Lebar kapal} = 16,50 \text{ m}$$

$$H : \text{Tinggi kapal} = 7,80 \text{ m}$$

$$L : \text{Panjang garis tegak kapal} = 92,15 \text{ m}$$

Maka :

$$\begin{aligned} D_{pb} &= 1,68 \cdot \sqrt{[(16,50 + 7,80) \times 92,00]} + 25 \\ &= 104,498 \\ &= 104 \text{ mm} \end{aligned}$$

b. Diameter Pipa Cabang (dz).

Menurut (Ref. No. 2, Hal. 11-29) diameter pipa cabang (Dz) adalah :

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

Dimana :

L : panjang kompartemen kedap air = 11,50 m

Maka :

$$\begin{aligned} Dz &= 2,15 \times \sqrt{(16,36 \times 7,80) \times 11,50} + 25 \\ &= 60,941 \\ &= 61 \text{ mm} \end{aligned}$$

c. Kapasitas Pompa Bilga (Q).

Kapasitas pompa bilga (Qpb) menurut (Ref. No. 2, Hal. 11-29) adalah :

$$Q = 5,75 \times 10^{-3} \times (Dh_h)^2$$

Dimana :

Q = kapasitas minimum

Dh_h = garis tengah pipa bilga utama

Jadi :

$$\begin{aligned} Q &= 5,75 \times 10^{-3} \times (104)^2 \\ &= 62,192 \\ &= 62 \text{ m}^3/\text{jam} \end{aligned}$$

Diameter pipa diambil 76 mm dengan kapasitas pompa bilga adalah 62 m³/jam.

Perhitungan *Head* Pompa :

a. *Head* statis

$$H_a = 1 \text{ m}$$

b. Head perbedaan tekanan

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

$$\text{Head} = 2 \times 10,333$$

$$= 20,666 \text{ m}$$

c. Head karena pipa hisap

Diperkirakan panjang pipa hisap = 48 m

Diameter pipa = 0,2 m

Kecepatan aliran pada pipa (V_s):

$$\begin{aligned} V_s &= \frac{Q}{3600 \times \pi/4 \times d^2} \\ &= \frac{62}{3600 \times 3,14/4 \times 0,2^2} \\ &= 5,4847 \text{ m/s} \end{aligned}$$

Reynold number (Re):

$$\begin{aligned} Re &= \frac{V \times d}{\nu} \\ &= \frac{5,4847 \times 0,2}{0,815 \times 10^{-5}} \\ &= 136860,8858 \end{aligned}$$

Koefisien gesek pada pipa (λ):

$$\begin{aligned} \lambda &= 0,02 + (0,0005 / D) \\ &= 0,02 + (0,0005 / 0,2) \\ &= 0,0225 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Head} &= 0,0225 \times (48 / 0,2) \times 5,4847^2 / (2 \times 9,81) \\ &= 8,280 \text{ m} \end{aligned}$$

d. *Head* karena kerugian sepanjang pipa hisap

Diperkirakan didalam sistem pipa terdapat :

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

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

$$2 \text{ Elbow } 90^0 \quad k = 2 \times 0,38 = 0,76$$

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

$$\Sigma = 6,06$$

$$\begin{aligned} \text{Head} &= 6,06 \times 5,4847^2 / (2 \times 9,81) \\ &= 9,291 \text{ m} \end{aligned}$$

e. *Head* karena panjang pipa *discharge*

$$\text{Diperkirakan panjang pipa} = 9 \text{ m}$$

$$\text{Diameter} = 0,15 \text{ m}$$

$$\text{Kecepatan aliran (Vs)} = 5,4847 \text{ m/s}$$

$$\text{Koefisien gesek } (\lambda) = 0,0225$$

$$\begin{aligned} \text{Head} &= 0,0225 \times (9 / 0,15) \times 5,4847^2 / (2 \times 9,81) \\ &= 2,070 \text{ m} \end{aligned}$$

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

Diperkirakan didalam sistem pipa terdapat :

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

$$2 \text{ Gate Valve} \quad k = 2 \times 0,19 = 0,38$$

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

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

$$\Sigma = 10,46$$

$$\text{Head} = 10,46 \times 5,4847^2 / (2 \times 9,81)$$

$$= 16,0375 \text{ m}$$

$$\text{Head total} = 1,00 + 20,666 + 8,280 + 9,291 + 2,070 + 16,0375$$

$$= 56,5685 \text{ m}$$

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

$$= \frac{62 \times 56,5685 \times 1025}{3600 \times 102 \times 0,82}$$

$$= 12,0302 \text{ kW}$$

Pompa yang digunakan adalah :

Merk : DESMI

Type : SA-100-275/28

Jenis : Sentrifugal

Kapasitas : 80 m³/jam

Putaran : 2000 Rpm

Daya : 11 kW

Head : 27 m

Penggerak : Motor listrik

Jumlah : 1 buah

II.6.2. Sistem Ballast

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

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

Dimana :

V_b = Kecepatan aliran air yang masuk ke pompa

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

d_b = Diameter *ballast* = 10 mm

Maka :

$$Q_b = 0,2825 \times 2,5 \times 10^2$$

$$= 70,625 \text{ m}^3\text{/jam}$$

$$= 71,000 \text{ m}^3\text{/jam}$$

Head Total System :

a. *Head statis* :

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

b. *Head perbedaan tekanan*

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

$$= 2 \times 10,333$$

$$= 20,666 \text{ m}$$

c. *Head sepanjang pipa hisap* :

$$\text{Diperkirakan panjang pipa hisap} = 70 \text{ m}$$

$$\text{Diameter pipa} = 0,1 \text{ m}$$

Kecepatan aliran dalam pipa (V_s) :

$$\begin{aligned} V_s &= \frac{Q}{3600 \times \pi/4 \times d^2} \\ &= \frac{71}{3600 \times 3,14/4 \times 0,1^2} \\ &= 2,5124 \text{ m/s} \end{aligned}$$

Reynold number (Re) :

$$\begin{aligned} Re &= \frac{V_s \times D}{\nu} \\ &= 2,5124 \times 0,1 / (0,801 \times 10^{-6}) \\ &= 31365,7927 \text{ (Turbulen)} \end{aligned}$$

Koefisien gesek pada pipa (λ) :

$$\begin{aligned} \lambda &= 0,02 + (0,0005 / D) \\ &= 0,02 + (0,0005 / 0,1) \\ &= 0,025 \end{aligned}$$

Head sepanjang pipa hisap :

$$\begin{aligned} \text{Head} &= \lambda \times L / D \times V_s^2 / 2.g \\ &= 0,025 \times 70 / 0,1 \times 2,5124^2 / (2 \times 9,81) \\ &= 5,6301 \text{ m} \end{aligned}$$

d. Head karena peralatan pipa

Diperkirakan didalam sistem pipa terdapat :

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

$$5 \text{ Gate Valve} \quad k = 5 \times 0,19 = 0,95$$

2 Reducer	$k = 2 \times 0,25 = 0,50$
3 Filter	$k = 3 \times 1,00 = 3,00$
10 Pipa T	$k = 10 \times 1,80 = 18,00$
5 Elbow 90°	$k = 5 \times 0,38 = 1,90$

$$\Sigma = 34,35$$

$$\begin{aligned} \text{Head} &= 34,35 \times 2,5124^2 / (2 \times 9,81) \\ &= 11,0512 \text{ m} \end{aligned}$$

e. Head karena pipa discharge :

$$\text{Diperkirakan panjang pipa} = 9 \text{ m}$$

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

$$\text{Kecepatan aliran} = 2,5124 \text{ m/s}$$

$$\text{Koefisien gesek pipa} = 0,025$$

$$\begin{aligned} \text{Head} &= \lambda \times L / D \times Vs^2 / 2.g \\ &= 0,025 \times 9 / 0,125 \times 2,5124^2 / (2 \times 9,81) \\ &= 0,580 \text{ m} \end{aligned}$$

f. Head karena peralatan pipa discharge :

Diperkirakan didalam sistim pipa terdapat :

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

$$2 \text{ Gate Valve} \quad k = 2 \times 0,19 = 0,38$$

$$1 \text{ Reducer} \quad k = 1 \times 0,25 = 0,25$$

$$6 \text{ Pipa T} \quad k = 6 \times 1,80 = 10,80$$

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

$$\Sigma = 19,31$$

$$\text{Head} = 19,31 \times 2,5124^2 / (2 \times 9,81)$$

$$= 6,21 \text{ m}$$

$$\text{Head total} = 2 + 20,666 + 5,6301 + 11,0512 + 0,580 + 6,21$$

$$= 45,3613 \text{ m}$$

Daya Pompa :

$$N = \frac{Q \times H_t \times \gamma}{3600 \times 102 \times \eta_m}$$

$$= \frac{71 \times 45,3613 \times 1025}{3600 \times 102 \times 0,82}$$

$$= 10,963 \text{ kW}$$

Pompa yang digunakan adalah :

Merk : DESMI

Type : SA-150-260/53

Jenis : Sentrifugal

Kapasitas : 80 m³/jam

Putaran : 1450 Rpm

Daya : 11,5 kW

Head : 16 m

Penggerak : Motor listrik

Jumlah : 1 buah

II.6.3. Sistem Sanitary

A. Tangki *Hydrophore* Air Tawar

Kebutuhan air tawar untuk minum, mandinya 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
: $0,5 m^3/jam$

a. *Head* statis : $H_a = 12 m$

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

Kecepatan aliran (V_s) :

$$\begin{aligned} V_s &= \frac{Q}{3600 \times \pi / 4 \times d^2} \\ &= \frac{5}{3600 \times 3,14 / 4 \times 0,04^2} \\ &= 1,12 m/s \end{aligned}$$

Reynold number (Re) :

$$\begin{aligned} Re &= V_s \times D / \nu \\ &= 1,12 \times 0,040 / (0,801 \times 10^{-5}) \\ &= 5.593,01 \text{ (Turbulen)} \end{aligned}$$

Koefisien gesek pipa (λ) :

$$\begin{aligned}\lambda &= 0,02 + (0,0005 / D) \\ &= 0,02 + (0,0005 / 0,040) \\ &= 0,033\end{aligned}$$

b. Head karena panjang pipa hisap = 40 m

$$\begin{aligned}\text{Head} &= \lambda \times L / D \times Vs^2 / 2.g \\ &= 0,033 \times 40 / 0,040 \times 1,12^2 / (2 \times 9,81) \\ &= 21,10 \text{ m}\end{aligned}$$

c. Head karena peralatan pipa hisap

Diperkirakan dalam pipa terdapat :

6 Stop Valve $k = 6 \times 2,50 = 15,00$

1 Reducer $k = 1 \times 0,25 = 0,25$

4 Pipa T $k = 4 \times 1,80 = 7,20$

3 Elbow 90° $k = 3 \times 0,38 = 1,14$

$$\Sigma = 23,59$$

$$\begin{aligned}\text{Head} &= 23,59 \times 1,12^2 / (2 \times 9,81) \\ &= 1,51 \text{ m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Head total} &= 12 + 21,10 + 1,51 \\ &= 34,61 \text{ m}\end{aligned}$$

$$P_1 = 34,61 \times 1000 = 34,610 \text{ Kg/m}^2 = 339,2 \text{ N/m}^2$$

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

$$P_0 = P_1 + P_2 = 34,610 + 10300 = 10334,61 \text{ Kg/m}^2$$

$$= 1012747,78 \text{ N/m}^2$$

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

Maka :

$$V_h = 0,04 + \frac{0,739 \times 45000}{(45000 - 10334,61)}$$

$$= 0,999 = 1 \text{ m}^3$$

B. Tangki *Hydrophore* Air Laut

Kebutuhan air laut :

Toilet bowl : 12 liter/hari/orang.

Urinal : 2 liter/hari/orang.

Saniter : 5 liter/hari/orang.

Jumlah : 19 liter/hari/orang.

Jumlah awak kapal : 23 orang

Kapasitas air laut yang digunakan :

$$Q = 23 \times 19 = 0,437 \text{ liter/hari.}$$

$$= 0,437 / 1000 = 0,000437 \text{ m}^3/\text{hari.}$$

$$= 0,000437 / 24 = 0,02 \text{ m}^3/\text{jam.}$$

a. *Head* statis (H_a) : 2 m

b. *Head* karena panjang pipa :

$$\text{Panjang pipa} = 12 \text{ m}$$

Diameter pipa = 0,2 m

Kapasitas pompa = 5 m³/jam

Kecepatan aliran pada pipa (Vs) :

$$\begin{aligned} V_s &= \frac{Q}{3600 \times \pi / 4 \times d^2} \\ &= \frac{5}{3600 \times 3,14 / 4 \times 0,2^2} \\ &= 0,044 \text{ m/s} \end{aligned}$$

Reynold number (Re) :

$$\begin{aligned} Re &= \frac{V_s \times D}{\nu} \\ &= \frac{0,04 \times 0,2}{0,801 \times 10^{-5}} \\ &= 1098,627 \end{aligned}$$

Koefisien gesek pipa (λ) :

$$\begin{aligned} \lambda &= 0,02 + (0,0005 / D) \\ &= 0,02 + (0,0005 / 0,2) \\ &= 0,0225 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Head} &= \lambda \times L / D \times V_s^2 / 2.g \\ &= 0,0225 \times 12 / 0,2 \times 0,044^2 / (2 \times 9,81) \\ &= 0,000133 \text{ m} \end{aligned}$$

c. Head karena peralatan pipa

Diperkirakan didalam sistem pipa terdapat :

5 Gate Valve	$k = 5 \times 0,19 = 0,95$
4 Stop Valve	$k = 4 \times 2,00 = 8,00$
3 Filter	$k = 3 \times 1,00 = 3,00$
8 Pipa T	$k = 8 \times 1,80 = 14,40$
3 Elbow 90°	$k = 3 \times 0,38 = \underline{1,14}$
	$\Sigma = 27,49$

$$\text{Head} = 27,49 \times 0,044^2 / (2 \times 9,81)$$

$$= 0,00271 \text{ m}$$

$$\text{Head total} = 2 + 0,000133 + 0,00271$$

$$= 2,0028 = 2 \text{ m}$$

$$P_1 = 2 \times 1025 = 2050 \text{ Kg/m}^2 = 2090 \text{ N/m}^2$$

$$P_2 = 10300 \text{ Kg/m}^2 = 100940 \text{ N/m}^2$$

$$P_0 = P_1 + P_2$$

$$= 2050 + 10300 = 12350 \text{ Kg/m}^2$$

$$= 121030 \text{ N/m}^2$$

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

Maka :

$$V_h = 0,04 + \frac{5 \times 45000}{(45000 - 12350)}$$

$$= 6,931 \text{ m}^3$$

C. Pompa Air Tawar

Sesuai hasil perhitungan pada bab II.4.4. pemakaian air tawar untuk kebutuhan sehari-hari yang digunakan untuk minum dan mandi/wc adalah sebesar : 0,265 m³/jam.

Jumlah pompa : 2 buah

Kapasitas pompa : 5 m³/jam

Daya Penggerak : Motor Listrik.

Head total sistem :

a. Head statis

Ha : 2,5 m

b. Head perbedaan tekanan

$\Delta p = 4 \text{ bar}$

$= 4 \times 10,333$

$= 41,332 \text{ m}$

c. Head karena pipa hisap

Diperkirakan panjang pipa hisap = 17,5 m

Diameter pipa = 0,05 m

Kecepatan pada pipa (Vs) :

$$\begin{aligned} V_s &= \frac{Q}{3600 \times \pi/4 \times d^2} \\ &= \frac{5}{3600 \times 3,14/4 \times 0,05^2} \\ &= 0,708 \text{ m/s} \end{aligned}$$

Reynold number (Re) :

$$\begin{aligned} \text{Re} &= \frac{V_s \times D}{\nu} \\ &= \frac{0,708 \times 0,05}{0,801 \times 10^{-5}} \\ &= 4419,4756 \text{ (Aliran Turbulen)} \end{aligned}$$

Koefisien gesek pipa (λ) :

$$\begin{aligned} \lambda &= 0,02 + (0,0005 / D) \\ &= 0,02 + (0,0005 / 0,05) \\ &= 0,03 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Head} &= 0,03 \times 17,5 / 0,05 \times 0,708^2 / (2 \times 9,81) \\ &= 0,2683 \text{ m} \end{aligned}$$

d. Head karena peralatan pipa

Diperkirakan didalam sistem pipa terdapat :

4 S.D. Valve $k = 4 \times 2,50 = 5,00$

2 Filter $k = 2 \times 1,00 = 2,00$

2 Reducer $k = 2 \times 0,25 = 0,50$

4 Pipa T $k = 4 \times 1,80 = 7,20$

2 Elbow 90⁰ $k = 2 \times 0,38 = \underline{0,76}$

$$\Sigma = 20,46$$

$$\text{Head} = 20,46 \times 0,708^2 / (2 \times 9,81)$$

$$= 0,523 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \text{Head total} &= 2,50 + 41,332 + 0,2683 + 0,523 \\ &= 44,066 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Daya Pompa} &= \frac{Q \times Ht \times \gamma}{3600 \times 102 \times \eta_m} \\ &= \frac{5 \times 44,066 \times 1000}{3600 \times 102 \times 0,85} \\ &= 0,706 \text{ kW} \end{aligned}$$

Pompa yang digunakan adalah :

Merk : DESMI
 Type : SA-35-135/12
 Kapasitas : 5 m³/jam
 Putaran : 2500 Rpm
 Daya : 1 kW
 Head : 17 m
 Penggerak : Motor listrik
 Jumlah : 2 buah

D. Pompa Air Laut

Jumlah pompa : 2 buah
 Kapasitas pompa : 5 m³/jam
 Daya penggerak : Motor listrik
 Perhitungan *head* pompa :

a. *Head* statis

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

b. *Head* perbedaan tekanan

$$\Delta p = 1 \text{ bar}$$

$$= 1 \times 10,333$$

$$= 10,333 \text{ m}$$

c. *Head* karena pipa hisap

$$\text{Diperkirakan panjang pipa hisap} = 12,5 \text{ m}$$

$$\text{Diameter pipa} = 0,10 \text{ m}$$

Kecepatan aliran pada pipa (V_s):

$$\begin{aligned} V_s &= \frac{Q}{3600 \times \pi/4 \times d^2} \\ &= \frac{5}{3600 \times 3,14/4 \times 0,10^2} \\ &= 0,177 \text{ m/s} \end{aligned}$$

Reynold number (Re):

$$\begin{aligned} Re &= \frac{V_s \times D}{\nu} \\ &= \frac{0,177 \times 0,20}{0,801 \times 10^{-5}} \end{aligned}$$

$$= 4419,476 \text{ (Aliran Turbulen)}$$

Koefisien gesek pipa (λ):

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

$$= 0,02 + (0,0005 / 0,10)$$

$$= 0,025$$

$$\text{Head} = 0,025 \times 12,5 / 0,20 \times 0,177^2 / (2 \times 9,81)$$

$$= 0,0025 \text{ m}$$

d. *Head* karena peralatan pipa

Diperkirakan didalam sistem pipa terdapat :

$$5 \text{ Gate Valve} \quad k = 5 \times 0,19 = 0,95$$

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

$$3 \text{ Filter} \quad k = 3 \times 1,00 = 3,00$$

$$7 \text{ Pipa T} \quad k = 7 \times 1,80 = 12,60$$

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

$$\Sigma = 25,69$$

$$\text{Head} = 25,69 \times 0,177^2 / (2 \times 9,81)$$

$$= 0,041 \text{ m}$$

$$\text{Head total} = 2,00 + 10,333 + 0,0025 + 0,041$$

$$= 11,988 \text{ m}$$

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

$$= \frac{5 \times 11,988 \times 1025}{3600 \times 102 \times 0,82}$$

$$= 0,204 \text{ kW}$$

Pompa yang digunakan adalah :

Merk : DESMI
 Type : SA-35-135/12
 Jenis : Sentrifugal
 Kapasitas : 5 m³/jam
 Putaran : 2500 Rpm
 Daya : 0,21 kW
 Head : 5,0 m
 Penggerak : Motor listrik
 Jumlah : 2 buah

II.6.4. Sistem Pemadam Kebakaran dan *General Service*

Kapasitas pompa pemadam kebakaran (Qpk) menurut (Ref.

No. 4, Hal. 69) dapat ditentukan dengan rumus :

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

Dimana :

$$Q_b : \text{Kapasitas pompa bilga} = 45 \text{ m}^3\text{/jam}$$

Maka :

$$\begin{aligned} Q_{pk} &= 4/3 \times 45 \\ &= 59,99 \\ &= 60 \text{ m}^3\text{/jam} \end{aligned}$$

Perhitungan *head* pompa :

a. *Head* statis

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

b. *Head* perbedaan tekanan

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

$$= 2 \times 10,333$$

$$= 20,666 \text{ m}$$

c. *Head* karena pipa hisap

Diperkirakan panjang pipa hisap = 45 m

Diameter pipa = 0,2 m

Kecapatan aliran pada pipa (V_s) :

$$\begin{aligned} V_s &= \frac{Q}{3600 \times \pi/4 \times d^2} \\ &= \frac{45}{3600 \times 3,14/4 \times 0,2^2} \\ &= 0,4 \text{ m/s} \end{aligned}$$

Reynold number (Re) :

$$\begin{aligned} Re &= \frac{V_s \times D}{\nu} \\ &= \frac{0,4 \times 0,2}{0,801 \times 10^{-5}} \\ &= 9987,516 \text{ (Aliran Turbulen)} \end{aligned}$$

Koefisien pada pipa (λ) :

$$\begin{aligned}\lambda &= 0,02 + (0,0005 / D) \\ &= 0,02 + (0,0005 / 0,2) \\ &= 0,0225\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Head} &= 0,0225 \times 45 / 0,2 \times 0,4^2 / (2 \times 9,81) \\ &= 0,041 \text{ m}\end{aligned}$$

d. Head karena peralatan pipa

Diperkirakan didalam sistem pipa terdapat :

5 Gate Valve	$k = 5 \times 0,19 = 0,95$
4 Stop Valve	$k = 4 \times 2,00 = 8,00$
3 Filter	$k = 3 \times 1,00 = 3,00$
2 Reducer	$k = 2 \times 0,25 = 0,50$
10 Pipa T	$k = 10 \times 1,80 = 18,00$
5 Elbow 90 ⁰	$k = 5 \times 0,38 = 1,90$
	$\Sigma = 32,35$

$$\begin{aligned}\text{Head} &= 32,35 \times 0,4^2 / (2 \times 9,81) \\ &= 0,264 \text{ m}\end{aligned}$$

e. Head kerugian karena pipa discharge :

Diperkirakan panjang pipa	: 100 m
Diameter pipa	: 0,1 m
Kecepatan aliran	: 0,4

Koefisien gesek pipa : 0,025

$$\begin{aligned} \text{Head} &= 0,0225 \times 100 / 0,1 \times 0,4^2 / (2 \times 9,81) \\ &= 0,1835 \end{aligned}$$

f. Head loss karena peralatan pipa discharge :

Diperkirakan dalam pipa tersebut terdapat :

2 SDNR Valve	$k = 2 \times 2,50 = 5,00$
7 Hose Valve	$k = 7 \times 2,00 = 14,00$
7 Stop Valve	$k = 7 \times 2,00 = 14,00$
3 Gate Valve	$k = 3 \times 0,19 = 0,57$
5 Reducer	$k = 5 \times 0,25 = 1,25$
13 Pipa T	$k = 13 \times 1,80 = 23,40$
18 Elbow 90 ⁰	$k = 18 \times 0,38 = 6,84$
	$\Sigma = 65,06$

$$\begin{aligned} \text{Head} &= 65,06 \times 0,4^2 / (2 \times 9,81) \\ &= 0,53 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Head total} &= 2,00 + 20,666 + 0,041 + 0,264 + 0,1835 + 0,531 \\ &= 22,910 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Daya Pompa} &= \frac{Q \times H_t \times \gamma}{3600 \times 102 \times \eta_m} \\ &= \frac{45 \times 22,910 \times 1025}{3600 \times 102 \times 0,82} \\ &= 3,510 \text{ kW} \end{aligned}$$

Pompa yang digunakan adalah :

Merk : DESMI
Type : SA-80-220/17
Jenis : Sentrifugal
Kapasitas : 60 m³/jam
Putaran : 1750 Rpm
Head : 11 m
Penggerak : Motor listrik
Jumlah : 1 buah



II.7. Pengkondisian Udara

II.7.1. Sistem Ventilasi

Sistem pengaturan udara dalam kapal bertujuan untuk mensupply kebutuhan udara bersih maupun untuk menetralsir pancaran yang disebabkan oleh panas mesin dan peralatan-peralatan lainnya.

a. Penggerak Fan Untuk Kamar Mesin

Penentuan tenaga penggerak fan, menurut (Ref. No. 4, Hal. 312) dapat dicari dengan rumus :

$$N_m = \frac{Q_a \cdot H}{75 \cdot \eta_f \cdot 3600} \quad (\text{HP})$$

Dimana :

Q_a : Kapasitas udara yang diperlukan (m^3/jam)

$$Q_a : V_{\text{comp}} \times n_{re}$$

Dimana :

V_{comp} : Volume ruangan mesin (compartment)

$$: 945 \text{ m}^3$$

n_{re} : Jumlah penggantian udara tiap jam menurut

(Ref. No. 4, Hal. 310 – Table 42)

- Untuk Exhaust = 35/jam

- Untuk Inlet = 30/jam.

Untuk sistem Exhaust :

$$\begin{aligned} Q_u &= 945 \times 35 \\ &= 3307,5 \text{ m}^3/\text{jam}. \end{aligned}$$

Untuk sistem Inlet :

$$\begin{aligned} Q_u &= 945 \times 30 \\ &= 2835,0 \text{ m}^3/\text{jam.} \end{aligned}$$

Actual Heat (H) berdasarkan (Ref. No. 4, Hal. 311) adalah :

$$H = \rho \cdot \psi h \cdot U_2^2 \quad (\text{mmH}_2\text{O})$$

Dimana :

ρ : mass density udara = $0,012648 \text{ kg}\cdot\text{sec}^2/\text{m}^3$

ψh : head factor = $0,8 - 1,1$

: $0,8$ (direncanakan)

U_2 : peripheral speed (medium fan : $40 - 50 \text{ m/s}$)

: 40 m/s .

Jadi :

$$\begin{aligned} H &= 0,012648 \times 0,8 \times (40)^2 \\ &= 16,19 \text{ mmH}_2\text{O.} \end{aligned}$$

$$\eta = 0,75$$

Maka :

Daya pada sistem Exhaust berdasarkan (Ref. No. 4, Hal 312)

adalah :

$$N_m = \frac{Q_a \cdot H}{75 \cdot \eta_f \cdot 3600}$$

$$N_m = \frac{33075 \times 16,19}{75 \times 0,75 \times 3600}$$

$$= 2,664 \text{ HP} \times 0,736$$

$$= 1,95 \text{ kW}$$

Daya pada sistem Inlet :

$$\begin{aligned} N_m &= \frac{Q_a \cdot H}{75 \cdot \eta_f \cdot 3600} \\ &= \frac{28350 \times 16,19}{75 \times 0,75 \times 3600} \\ &= 2,27 \text{ HP} \times 0,736 \\ &= 1,67 \text{ kW} \end{aligned}$$

b. Penggerak Fan Untuk Ruang Akomodasi

Kapasitas kipas udara untuk fan yang didefinisikan untuk melayani tempat tinggal harus cukup untuk memelihara komposisi kimia, kelembaban dan temperatur udara sesuai ketentuan peraturan dalam sanitasi. Tidak sehat atau tercemarnya udara didalam ruangan atau kompartmen, karena kehadiran orang pada umumnya diperkirakan oleh adanya kandungan carbon dioxide (CO_2), yang mana bertambah dengan bertambahnya kotoran udara (Ref. No. 4, Hal. 305).

Kandungan CO_2 di udara harus tidak lebih dari 0,1 – 0,15% dari volume. Sesuai dengan (Ref. No. 4, Hal. 305), kapasitas kipas udara yang dibutuhkan untuk mempertahankan komposisi kimia yang diperlukan udara didalam kompartmen, dapat dicari dengan rumus :

$$Q_{ch} = V_r \times \frac{V_{rc}}{V_{mr} - V_{ca}} \quad (\text{m}^3/\text{jam})$$

Dimana :

V_{rc} : Volume CO₂ yang dihasilkan tiap-tiap m³ dari ruangan (lt/m³)

V_r : Volume Ruang (m³)

V_{mr} : Kandungan maximum CO₂ yang dihasilkan dari ruangan (lt/m³)

: 1 lt/m³

V_{ca} : Kandungan CO₂ tiap m³ udara luar yang masuk ruangan dalam volume ruang (m³)

: 0,3 m³

Untuk perhitungan volume ruang (V_r) dan kapasitas kipas udara (Q_{ch}) dapat dilihat pada Tabel - Kapasitas Udara Tiap-Tiap Ruang berikut ini :

Tabel 9. Kapasitas Udara Tlap-Tlap Ruangan

Upper Deck :

Nama Ruang	Panjang (m)	Lebar (m)	Tinggi (m)	Volume (m ³)	CO ₂ (lt/m ³)	Qch (m ³ /jam)
Q. Master	4,0	4,0	2,6	41,6	0,0624	3,708
Cadet	2,0	4,0	2,6	20,8	0,0312	0,93
Oiler	2,9	4,6	2,6	34,7	0,052	2,558
Galley	6,8	3,8	2,6	67,184	0,1	9,6
Crew Mess Room	5,7	4,3	2,6	63,73	0,1	9,10
Shower Room x 2	0,9	2,0	2,6	4,68	0,007	0,047
WC x 3	1,0	3,3	2,6	8,58	0,013	0,16
Vegetable	2,9	2,0	2,6	15,08	0,023	0,5
Fish	1,6	1,5	2,6	6,24	0,01	0,09
Meat	1,6	1,3	2,6	5,41	0,02	0,15
<i>Total</i>						89,537

Tabel 10. Kapasitas Udara Pada Poop Deck :

Nama Ruang	Panjang (m)	Lebar (m)	Tinggi (m)	Volume (m ³)	CO ₂ (lt/m ³)	Qch (m ³ /jam)
Engineer	2,85	3,6	2,6	26,676	0,04	1,524
Officer	2,5	3,6	2,6	23,4	0,035	1,17
Off. Sal. Room	2,5	4,7	2,6	30,55	0,05	2,18
Off. Mess. Room	5,2	4,6	2,6	62,192	0,10	8,90
Pantry	1,8	3,5	2,6	16,38	0,02	0,468
WC	0,85	3,0	2,6	6,63	0,01	0,10
<i>Total II</i>						14,342

Tabel 11. Kapasitas Udara Pada Boat Deck :

Nama Ruang	Panjang (m)	Lebar (m)	Tinggi (m)	Volume (m ³)	CO ₂ (lt/m ³)	Qch (m ³ /jam)
Chief Officer	4,2	2,4	2,6	26,21	0,04	1,50
Officer	3,0	3,1	2,6	24,18	0,04	1,40
Engineer	3,0	3,3	2,6	25,74	0,04	1,50
1 st Engineer	4,0	3,8	2,6	39,52	0,06	3,40
Bath Room x 2	2,3	0,8	2,6	4,78	0,007	0,045
WC	1,5	3,9	2,6	15,21	0,023	0,50
<i>Total III</i>						8,345

Tabel 12. Kapasitas Udara Pada Bridge Deck :

Nama Ruang	Panjang (m)	Lebar (m)	Tinggi (m)	Volume (m ³)	CO ₂ (lt/m ³)	Qch (m ³ /jam)
Captain Engineer	4,0	4,0	2,6	41,6	0,0624	3,71
Radio Officer	2,9	3,0	2,6	22,62	0,034	1,010
Spare	2,9	3,0	2,6	22,62	0,034	1,010
Captain	4,0	4,0	2,6	41,6	0,0624	3,71
WC	1,3	0,8	2,6	2,074	0,004	0,012
<i>Total IV</i>						9,452

Tabel 13. Kapasitas Udara Pada Navigation Bridge Deck :

Nama Ruang	Panjang (m)	Lebar (m)	Tinggi (m)	Volume (m ³)	CO ₂ (lt/m ³)	Qch (m ³ /jam)
Wheel House	4,3	6,0	2,6	67,08	0,101	9,68
Radio Room	2,3	1,7	2,6	10,17	0,015	0,218
WC	1,4	1,15	2,6	4,186	0,006	0,036
<i>Total V</i>						9,934

Tabel 14. Kapasitas Udara Pada 2nd Deck :

Nama Ruang	Panjang (m)	Lebar (m)	Tinggi (m)	Volume (m ³)	CO ₂ (lt/m ³)	Qch (m ³ /jam)
Cargo Hold 1	22,4	20,8	5,6	2609,15	3,914	14588,89
Cargo Hold 2	22,1	16,5	6,8	2479,62	3,719	13175,40
Cargo Hold 3	21,9	16,5	6,8	2457,18	3,686	12938,00
<i>Total VI</i>						40729,13

$$\begin{aligned} \text{Jumlah Total Qch} &= 26,843 + 14,342 + 8,345 + 9,452 + 9,934 + 40729,13 \\ &= 40771,206 \text{ m}^3/\text{jam} \end{aligned}$$

Jadi :

$$\begin{aligned} \text{Daya fan} &= \frac{Q_{ch} \cdot H_{vent}}{75 \cdot \eta_f \cdot 3600} \\ &= \frac{40771,206 \cdot 16,19}{75 \cdot 0,75 \cdot 3600} \\ &= 3,260 \text{ HP} \times 0,736 \\ &= 2,4 \text{ kW} \end{aligned}$$

c. Refrigerasi Cold Storage

Beban pendinginan bahan makanan yang dimasukkan dalam cold storage untuk ABK sejumlah 23 orang adalah jumlah konsumsi ABK diperkirakan 5 kg/hari.

<u>Bahan (Kg)</u>	<u>Kalor Laten</u>
- Beras 1,5	-
- Telur 0,3	0,152 Kcal/kg ⁰ C
- Daging 0,3	0,152 Kcal/kg ⁰ C
- Ikan 0,3	0,152 Kcal/kg ⁰ C
- Sayur 1,0	0,201 Kcal/kg ⁰ C
- Buah 1,6	0,179 Kcal/kg ⁰ C

Beban pendinginan :

- Telur	0,0456 kW
- Daging	0,0456 kW
- Ikan	0,0456 kW

- Sayur	0,2010 kW
- Buah	0,2865 kW
	0,6242 kW

Jadi beban pendinginan adalah :

$$= 23 \times 0.6242$$

$$= 14,356 \text{ kW}$$

Maka daur kompresi uap standart menghasilkan 14,356 kW refrigerasi dengan menggunakan refrigerant 22, bekerja pada suhu pengembunan 35 °C dan suhu penguapan - 10 °C, maka dapat dicari :

- Dampak refrigerasi dalam Kcal/Kg.
- Laju pendauran refrigeran dalam Kg/dt.
- Daya yang dibutuhkan oleh kompresor dalam kW.

Untuk menentukan entalphi berdasarkan (Ref. No. 7, 188-189) dapat ditentukan dari entalphi uap jenuh pada - 10 °C, yaitu 401,6 Kcal/Kg (1681,42 kJ/N).

Untuk menentukan h2 melalui garis entropi tetap geser titik 1 hingga mencapai tekanan jenuh yang sesuai dengan suhu 35 °C. Tekanan pengembunan ini adalah 1354 Kpa, dan nilai h2 = 435,2 Kcal/Kg (1822,10 kJ/N).

Nilai h_3 dan h_4 identik, dan sama dengan entalpi cairan jenuh pada $35\text{ }^\circ\text{C}$ yaitu $243,1\text{ Kcal/Kg}$ ($1017,81\text{ kJ/N}$), sehingga :

- $h_1 = 401,6\text{ Kcal/Kg}$ ($1681,42\text{ kJ/N}$)
- $h_2 = 435,2\text{ Kcal/Kg}$ ($1822,10\text{ kJ/N}$)
- $h_3 = h_4 = 243,1\text{ Kcal/Kg}$ ($1017,81\text{ kJ/N}$)

a. Dampak refrigerasi

$$h_1 - h_4 = 401,6 - 243,1 = 158,5\text{ Kcal/Kg} = 663,61\text{ kJ/N}$$

b. Laju alir

$$\begin{aligned} &= 14,356\text{ kW} / 158,5\text{ Kcal/Kg} \\ &= 0,09 = 0,1\text{ Kg/dt} = 0,98\text{ N/dt} \end{aligned}$$

c. Daya kompresor

$$\begin{aligned} &= (0,1\text{ Kg/dt}) (435,2 - 401,6\text{ Kcal/Kg}) \\ &= 3,36\text{ kW} \end{aligned}$$

d. Untuk menjaga Instrumen di ruang navigasi, Captain cabin dan crew's space agar suhu dan kelembaban terjaga dengan baik maka dipasang satu set Air Conditioner sbb :

Merk	: Mitsubishi / PW – 2AS
Type	: Sea Water Cooled Package Type
Cooling capacity	: 6000 kcal/h
Motor output	: 1,5 kw
Refrigerant	: R – 22



FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN

II.8. Motor Bantu

II.8.1. Perhitungan Daya Kebutuhan Listrik Kapal

Motor bantu atau generator berfungsi sebagai pensupply berbagai kebutuhan listrik di kapal, dimana kapasitas dan jumlah yang diperlukan disesuaikan dengan kebutuhan.

Pembagian dari tenaga listrik ini pada keperluan didalam kapal dapat digolongkan sebagai berikut :

A. Arus dari Generator Listrik dibagikan menuju :

- Lampu Penerangan
- Lampu Navigasi
- Radio dan Peralatan Elektronik
- Pompa-pompa dan mesin penggerak dari alat bantu.

B. Kondisi Pemakaian Beban Tenaga Listrik

Pemakaian dari listrik dalam kapal digolongkan dari macam – macam kebutuhan dari operasi kapal dan digolongkan sebagai berikut :

- Kondisi saat berlayar siang dan malam
- Kondisi saat manuver siang dan malam
- Kondisi saat sandar dan bongkar muat

Untuk memudahkan perhitungan, maka pemakaian listrik untuk penerangan dikapal dibuat pada perhitungan tersendiri dibawah ini, sedangkan untuk kebutuhan listrik seluruhnya

dapat dilihat pada tabel perhitungan kebutuhan listrik dibawah ini :

Tabel 15. Perhitungan Kebutuhan Listrik

NO.	BEBAN PEMAKAIAN	KW	Jumlah	Total	Kondisi Kapal					
					Berlayar		Manuver		Sandar / Bongkar Muat	
					L.F	kw	L.F	kw	L.F	kw
1	F.O. Service Pump	1,7	2	11	1,00	11	1,0	11	0	0
2	Air Compressor	5,8	2	11,6	0,4	4,64	0,4	4,64	0,40	4,64
3	F.O. Transfer Pump	0,43	2	11	0,10	1,1	0	0	0,20	2,2
4	L.O. Pump	0,55	1	0,55	0,20	0,11	0	0	0,35	0,19
5	Air Condition Compressor	23	2	46	1,0	23	1,0	23	0,5	11,5
6	S.W. Cooling	11,4	2	22,8	1,0	22,8	1,0	22,8	0	0
7	F.W. Cooling	12	2	24	1,0	24	1,0	24	0	0
8	Ballast & GS Pump	13,5	1	13,5	0	0	0	0	0,5	6,75
9	Bilge Pump	13,5	1	13,5	0,2	2,7	0,2	2,7	0,1	1,35
10	Sludge Pump	13,5	1	13,5	0,3	4,05	0,3	4,05	0,3	4,05
11	F.W. Sanitary Pump	1,0	2	2	0,5	1	0,5	1	0,5	1
12	S.W. Sanitary Pump	0,21	2	0,42	0,5	0,2	0,5	0,2	0,5	0,21
13	Fire Fighting Pump	4,7	2	9,4	0,1	0,94	0,05	0,47	0	0
14	Cargo Winch	28	3	84	0	0	0	0	1,0	84
15	Windlass	18	2	36	0	0	0	0	1,0	36
16	Capstan	9,06	8	72,48	0	0	0	0	1,0	72,48
17	Cadet Room	0,03	2	0,06	0,5	0,03	0,5	0,03	0,5	0,03
18	Oiler Room	0,03	2	0,06	1,0	0,06	1,0	0,06	0,5	0,03
19	Galley	0,03	4	0,12	1,0	0,12	1,0	0,12	0,5	0,06
20	Crew Mess Room	0,03	10	0,3	1,0	0,3	1,0	0,3	0,5	0,15
21	Shower & WC	0,03	10	0,3	1,0	0,3	1,0	0,3	0,5	0,15
22	Store	0,03	2	0,06	1,0	0,06	0,5	0,03	1,0	0,06
23	Engineer Room	0,04	2	0,08	1,0	0,08	1,0	0,08	0,5	0,04
24	Officer Room	0,04	2	0,08	1,0	0,08	1,0	0,08	0,5	0,04
25	Officer Sal. Room	0,04	2	0,08	1,0	0,08	1,0	0,08	0,5	0,04
26	Officer Mess Room	0,04	2	0,08	1,0	0,08	1,0	0,08	0,5	0,04
27	Pantry	0,03	2	0,06	1,0	0,06	1,0	0,06	0,5	0,03
28	Chief Officer Room	0,04	2	0,08	1,0	0,08	1,0	0,08	0,5	0,04

29	Captain Engineer	0,04	2	0,08	1,0	0,08	1,0	0,08	0,5	0,04
30	Radio Officer	0,04	2	0,08	1,0	0,08	1,0	0,08	0,5	0,04
31	Engine Control Room	0,03	4	0,12	1,0	0,12	1,0	0,12	1,0	0,12
32	Captain	0,04	2	0,08	1,0	0,08	1,0	0,08	0,5	0,04
33	Wheel House	0,04	7	0,28	1,0	0,28	1,0	0,28	1,0	0,28
34	Radio Room	0,04	2	0,08	0,25	0,02	0,5	0,04	0	0
35	Gang Way	0,03	40	1,2	1,0	1,2	1,0	1,2	0,5	0,6
36	Engine Room	0,05	40	2	1,0	2	1,0	2	1,0	2
37	VHF Radio Telephone	0,5	1	0,5	1,0	0,5	1,0	0,5	0	0
38	SSB Radio Telephone	0,5	1	0,5	1,0	0,5	1,0	0,5	0	0
39	Radar	5	1	5	1,0	5	0,4	2	0	0
40	Echo Sounder	0,08	1	0,08	1,0	0,08	0,5	0,04	0,5	0,04
41	Call Signal System	0,5	1	0,5	1,0	0,5	1,0	0,5	0	0
42	Electric Washing Machine	0,1	1	0,1	0,5	0,6	0	0	0	0
43	Electric Rice Cooker	0,3	1	0,3	1,0	0,3	0,2	0,06	0,5	0,15
44	Plant Provision Cooling	18,73	1	18,73	0,8	14,98	0,8	14,98	0,5	9,365
45	Side Lamp	0,05	2	1,0	0,5	0,5	0,5	0,5	0	0
					123,69	118,12	98,255			

Jumlah dari daya yang dipergunakan adalah :

- Kondisi saat berlayar : 123,69 kW
- Kondisi saat manuver : 118,12 kW
- Kondisi berlabuh dan bongkar muat : 98,255 kW

II.8.2. Perencanaan Perhitungan Generator

Untuk memenuhi kebutuhan listrik tersebut maka akan direncanakan generator yang mampu memenuhi kebutuhan listrik tersebut, dengan perencanaan pertimbangan pada besarnya efisiensi dari generator :

$$Kwh = Pmaks + (0,2 \times Pmaks)$$

Dimana :

Kwh : Daya yang dibutuhkan (Kwh)

Pmaks : 123,69 kW (Daya maksimum dari pemakaian beban)

ng : Efisiensi generator = 80% = 0,8

Jadi :

$$\begin{aligned} kWh &= 123,69 + (0,2 \times 123,69) \\ &= 148,428 \text{ kW.} \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan diatas maka dapat direncanakan generator yang akan digunakan . Banyaknya generator yang akan

digunakan adalah sebanyak 3 buah. Dan didapatkan masing-masing generator mempunyai daya yang sama yaitu 148,428 kW. Dari katalog yang ada dipilih generator dengan spesifikasi sebagai berikut :

- Merk : Yanmar
- Type : 6 KHL-STN
- Generator Capacity : 160 kW
- Putaran mesin : 1200 Rpm
- No. Of Cylinder : 6

II.8.3. Perencanaan Generator Darurat

Perencanaan generator darurat (Emergency Generator) apabila generator dalam ruang mesin mengalami kerusakan dan secara otomatis generator darurat akan bekerja. Penggunaan generator darurat hanya untuk melayani komponen – komponen tertentu saja, yaitu :

- Perlengkapan navigasi : 6,5 kW
- Radio dan telepon : 1 kW
- Fan untuk kamar mesin : 15 kW
- Ballast & GS Pump : 13,5 kW
- Fire fighting Pump : 9,4 kW
- Aux. Starting Air Compressor : 11,6 kW

- Air Conditioner	: 23 kW
- Penerangan darurat	: 3,32 kW
Total	: 83,32 kW

Dengan demikian dapat dipilih 1 buah generator darurat dengan spesifikasi sebagai berikut :

- Merk : Yanmar
- Type : YMGH 100
- Generator capacity : 100 kW
- Putaran mesin : 1800 Rpm

