

BAB II

RENCANA AWAL

Dalam penyusunan Tugas Desain Kapal 1 ini, Langkah pertama yang diperlukan dalam merencanakan suatu kapal adalah dengan mencari terlebih dahulu ukuran-ukuran utama kapal yang dibutuhkan, kita harus mencari terlebih dahulu ukuran utama kapal melalui data kapal-kapal pembanding. Adapun susunan- susunan perhitungan dalam bab ini adalah sebagai berikut:

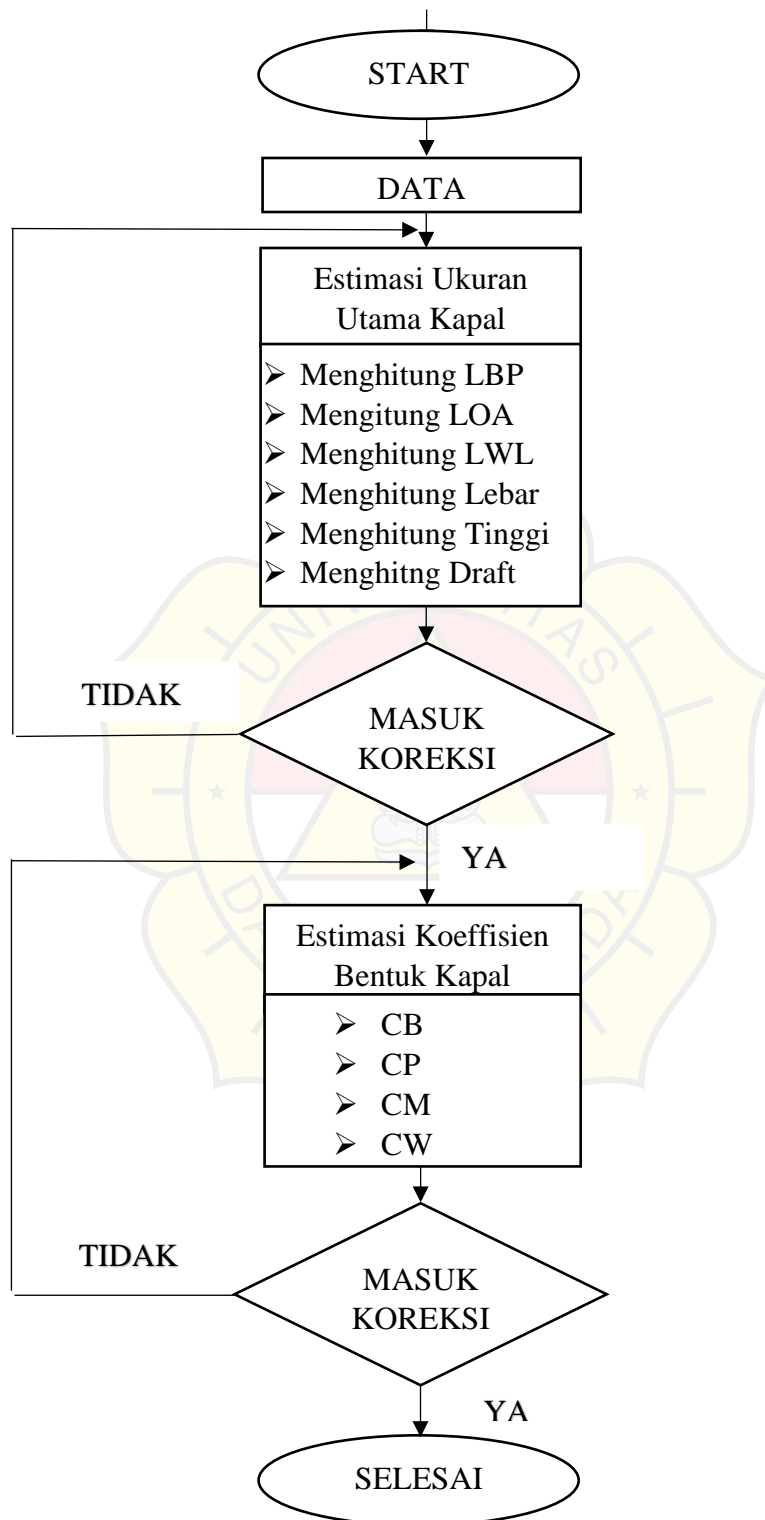
1. Estimasi Ukuran Utama Dan Koefisien Kapal
2. Estimasi Bentuk Buritan Dan Luas Kemudi
3. Perhitungan Hambatan Kapal
4. Estimasi Tenaga Penggerak
5. Estimasi Anak Buah Kapal
6. Estimasi Berat Kapal
7. Estimasi Kapasitas Ruang Muat
8. Estimasi Ukuran *Superstructure*
9. Pemeriksaan *Freeboard* atau Lambung Timbul
10. Sketsa Rencana Umum
11. Estimasi Stabilitas Awal Kapal

2.1 ESTIMASI UKURAN UTAM DAN KOEFISIEN KAPAL

Perhitungan yang dilakukan untuk menentukan estimasi ukuran utama dari kapal rancangan ini adalah :

- A. Menentukan *Length Between Perpendicular (LBP)*.
- B. Menentukan *Length Over All (LOA)*.
- C. Menentukan *Length Water Line (LWL)*.
- D. Menentukan *Breadth (B)*.
- E. Menentukan *Draft (T)*.
- F. Menentukan *Height (H)*.
- G. Menentukan *Freeboard (f)*.

Untuk memudahkan penulis dalam menghitung Ukuran Utama Kapal, maka penulis memberikan bagan sebagai berikut:



Sumber : Data Pribadi

Gambar 2.1. *Flow Chart* Ukuran Utama Kapal

2.1.1 Estimasi Ukuran Utama Kapal

1. Estimasi Panjang Kapal

Untuk mendapatkan panjang kapal digunakan metode *comparison ship*:

- Estimasi Panjang Antara Garis Tegak (LBP)

Untuk mendapatkan panjang kapal di gunakan metode *Comparison Ship*

$$LBP = \sqrt[3]{\frac{DWT_2}{DWT_1}} \times LBP_1$$

Dimana : DWT_1 = Kapal Pembanding = 76000 ton

DWT_2 = Kapal Rancangan = 78000 ton

LBP_1 = Kapal Pembanding = 217 m

$$LBP = \sqrt[3]{\frac{78000}{76000}} \times 217 \text{ m}$$

$$= 218,88 \text{ M}$$

Dari perhitungan tersebut di tetapkan harga **LBP = 219 m**

- Estimasi Panjang Keseluruhan Kapal (LOA)

Dari kapal pembanding, diperoleh :

$$C = \frac{LOA}{LBP}$$
$$= \frac{225}{217}$$
$$= 1,036$$

Untuk kapal rancangan :

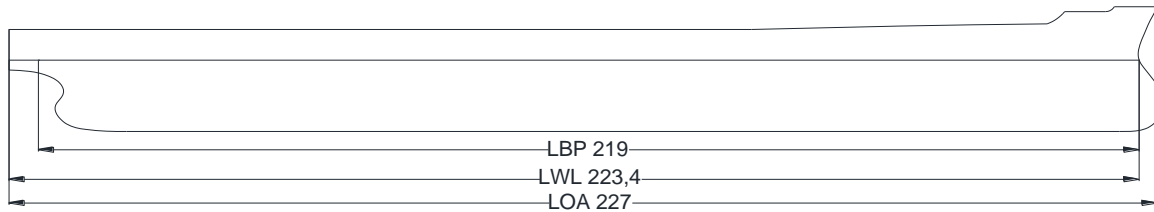
$$LOA = C \times LBP$$
$$= 1,036 \times 219 \text{ m}$$
$$= 226,88 \text{ m}$$

Dari perhitungan di atas ditetapkan harga **LOA = 227 m**

- Estimasi Panjang Garis Air (LWL)

$$LWL = (2\% \times Lpp) + LPP$$
$$= (2\% \times 219 \text{ m}) + 219 \text{ m}$$
$$= 223,38 \text{ m}$$

Dari perhitungan di atas ditetapkan harga **LWL = 223,4 m**



Sumber : Gambar Pribadi

Gambar 2.2. LOA, LWL, LBP Kapal Rancangan

2. Estimasi Lebar Kapal

Berdasarkan data pembanding, nilai *aspect ratio*(L/ B)

$$\begin{aligned} L/B &= \frac{217 \text{ m}}{32,26 \text{ m}} \\ &= 6,72 \end{aligned}$$

Untuk kapal rancangan :

$$\begin{aligned} B &= \frac{LBP}{\text{aspectratio}} \\ &= \frac{219 \text{ m}}{6,72} \\ &= 32,58 \text{ m} \end{aligned}$$

Dari perhitungan di atas di tetapkan harga **B = 32,6 m**

3. Estimasi Tinggi Kapal

Menurut kapal pembanding, nilai *aspect ratio*(L/H)

$$\begin{aligned} L/H &= \frac{217 \text{ m}}{19,60 \text{ m}} \\ &= 11,07 \end{aligned}$$

Untuk kapal rancangan :

$$\begin{aligned} H &= \frac{LBP}{\text{aspectratio}} \\ &= \frac{219 \text{ m}}{11,07} \\ &= 19,78 \text{ m} \end{aligned}$$

Dari perhitungan di atas di tetapkan harga **H = 19,8 m**

4. Estimasi Sarat Kapal

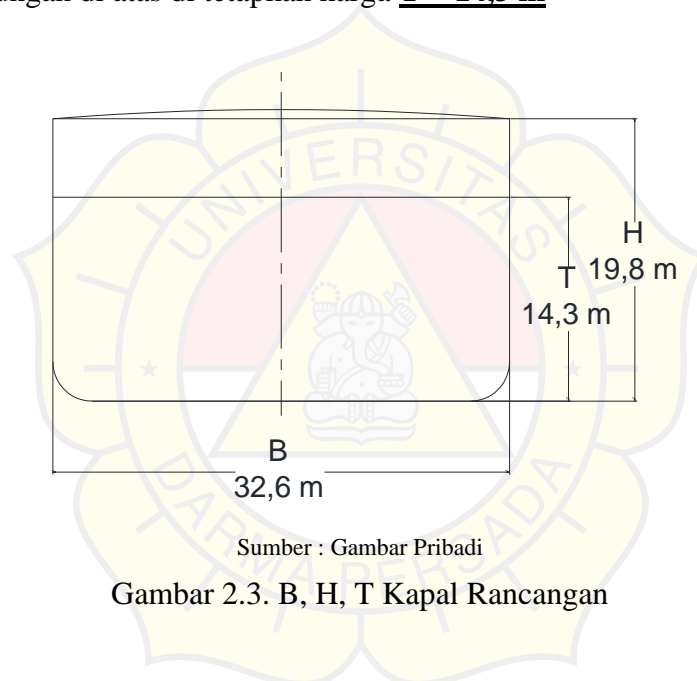
Menurut kapal pembeding, nilai *aspect ratio*(B/T)

$$\begin{aligned} B/T &= \frac{32,25 \text{ m}}{14,20 \text{ m}} \\ &= 2,28 \end{aligned}$$

Untuk kapal rancangan:

$$\begin{aligned} T &= \frac{B}{\text{aspectratio}} \\ &= \frac{32,6 \text{ m}}{2,28} \\ &= 14,29 \text{ m} \end{aligned}$$

Dari perhitungan di atas di tetapkan harga **T = 14,3 m**



Sumber : Gambar Pribadi

Gambar 2.3. B, H, T Kapal Rancangan

Koreksi perbandingan ukuran utama kapal adalah sebagai berikut:

1. $\frac{LBP}{B} = \frac{219}{32,6} = 6,71$ Acc. *Nippon Kaiji Kyokai* (classNK) (L/B = > 5)(Memenuhi)

2. $\frac{B}{T} = \frac{32,6}{14,3} = 2,27$ Acc. *Nippon Kaiji Kyokai* (classNK)

(B/T = < 2,5).....(Memenuhi)

3. $\frac{T}{H} = \frac{14,3}{19,8} = 0,72$ Menurut Watson di *Practical Ship Design* 1998

Bulk Carrier $\approx 0,73$ (Memenuhi)

4. Biro Klasifikasi Indonesia. Volume II Part 1 A.20

L/16 For Unlimited Range Of Service and P (Restricted Ocean Service)

L/18 For L (Coasting Service)

L/19 For T (Sheltered Shallow Water Service)

$$\frac{219}{16} = 13,68$$

Nilai $H \geq 13,68$

Dimana nilai kapal rancangan $H \geq 13,68$(Memenuhi)

5. $\frac{B}{H} = \frac{32,6}{19,8} = 1,64$ Acc. *Schneekluth* 1985 (B/H = 1,47 – 2,38).....(Memenuhi)

2.1.2 Estimasi Displasemen Kapal

Koefisien displasemen kapal pemanding

$$Cd = \frac{DWT}{\Delta}$$

$$Cd = \frac{76000}{88339,59} = 0,860$$

Maka displasemen kapal rancangan (Δ) :

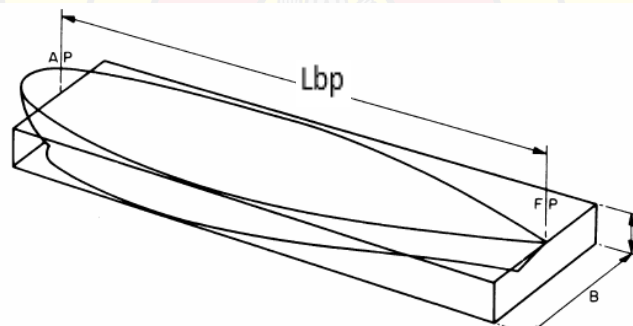
$$\Delta = \frac{DWT}{cd} = \frac{78000}{0,860} = 90697,67 \text{ Ton}$$

2.1.3 Estimasi Koefisien Bentuk Kapal

Estimasi yang dilakukan untuk koefisien bentuk dari kapal rancangan ini adalah:

- a. *Coefficient Block (Cb)*
- b. *Coefficient Midship (Cm)*
- c. *Coefficient Prismatic (Cp)*
- d. *Coefficient Waterline (Cw)*

- a. *Coefficient Blok (Cb)*



Sumber : Buku Teknik Konstruksi Kapal Baja Jilid I

Gambar 2.4. Koefisien Blok

$$Cb = \frac{\Delta}{Lwl \times B \times T \times \gamma}$$

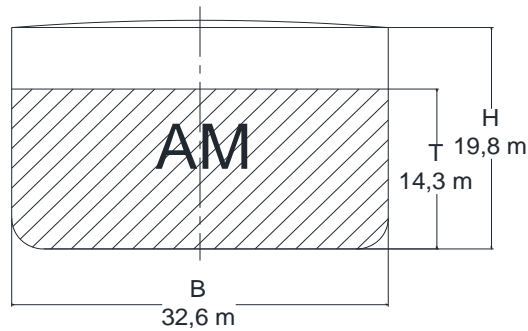
$$Cb = \frac{90697,67}{223,4 \times 32,6 \times 14,3 \times 1,025}$$

$$Cb = 0,848$$

Dari perhitungan diatas ditetapkan harga **Cb = 0,848**

b. *Coefficient Midship (Cm)*

Acc. *Arkent Bont Shocker* :



Sumber : Gambar pribadi

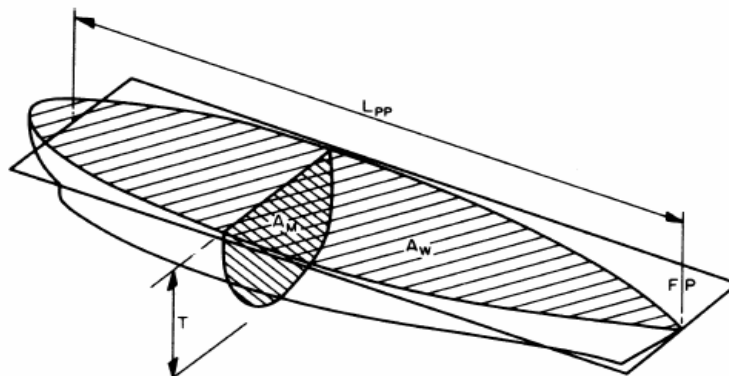
Gambar 2.5. Koefisien Luasan Penampang Tengah

$$\begin{aligned}
 C_m &= 0,90 + (0,10 \times \sqrt{Cb}) \\
 &= 0,90 + (0,10 \times \sqrt{0,848}) \\
 &= 0,993
 \end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas ditetapkan harga **Cm = 0,993**

c. *Coefficient Prismatic (Cp)*

Acc. *Van Lammeren*, dalam *Harald Poehls* 1979.



Sumber : Buku Teknik Konstruksi Kapal Baja Jilid I

Gambar 2.6. Koefisien Prismatik

$$\begin{aligned}
 C_p &= \frac{C_b}{C_m} \\
 &= \frac{0,848}{0,993}
 \end{aligned}$$

$$= 0,853$$

Dari perhitungan diatas ditetapkan harga **Cp = 0,853**

d. *Coefficient Waterline (Cw)*

Menurut buku *Ship Design for Efficiency and Economy*



Sumber : Gambar pribadi

Gambar 2.7. Koefisien Garis Air

$$\begin{aligned} C_w &= \frac{C_b}{0,471 + (0,551 \times C_b)} \\ &= \frac{0,848}{0,471 + (0,551 \times 0,848)} \\ &= 0,903 \end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas ditetapkan harga **Cw = 0,903**

2.1.4 Volume Displacement Kapal

Untuk menentukan volume *displacement* (∇) pada kapal rancangan digunakan rumus yang terdapat dalam buku *Principles Of Naval Architecture Volume 1* oleh *SNAME* pada halaman 18, yaitu :

$$\begin{aligned} \nabla &= \frac{\Delta}{1,025} \\ &= \frac{90697,67}{1,025} \\ &= 88485,53 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas ditetapkan **$\nabla = 88485,53\text{m}^3$**

2.1.5 Estimasi Bentuk *Midship* Kapal

a. Menentukan *Radius of Bilge* (R)

Untuk menentukan *radius of bilge* kapal rancangan rumus yang terdapat dalam buku *Ship Design for Efficiency and Economy* rumus *radius bilge* ,yaitu :

$$R = \sqrt{2,33 \times (1 - Cm) \times B \times T}$$

Dimana : B = Lebar kapal rancangan
= 32,6 m

Cm = *Coefficient midship* kapal rancangan
= 0,993 m

T = Sarat kapal rancangan
= 14,3 m

Maka :

$$R = \sqrt{2,33 \times (1 - 0,993) \times 32,6 \times 14,3}$$
$$= 2,75 \text{ m}$$

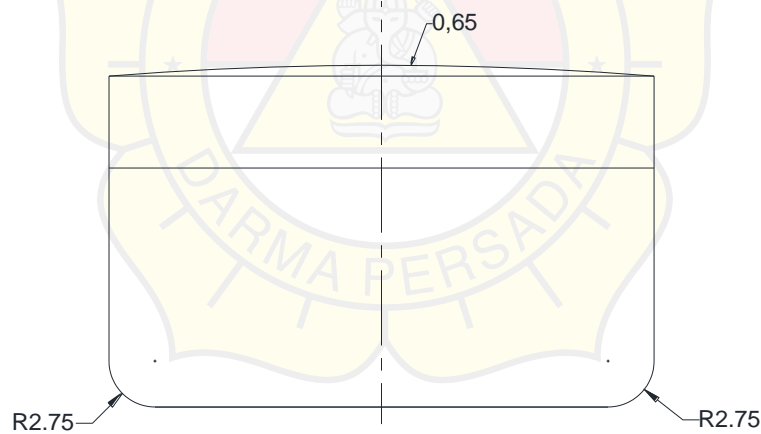
Dari perhitungan diatas ditetapkan harga **R = 2,75 m**

b. Menentukan *Camber*

Untuk menentukan *camber* digunakan rumus :

$$Camber = \frac{B}{50} = \frac{32,6}{50} = 0,652$$

Dari perhitungan diatas ditetapkan harga **Camber = 0,65 m**



Sumber : Gambar Pribadi

Gambar 2.8. *Camber* dan Radius *Bilga*

2.2 ESTIMASI BENTUK BURITAN DAN LUAS KEMUDI

1. Diameter Baling - baling

$$\text{Diameter Baling - baling} = D_{\max} = D_B = aT$$

Dimana : $a < 0,65$ untuk *Bulk Carriers and Tankers*

$$T = \text{Draft}$$

$$\begin{aligned} \text{Maka : } D_{\max} &= a \times T \\ &= 0,65 \times 14,3 \\ &= 9,29 \text{ m} \end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas ditetapkan harga **$D_{\max} = 9,3 \text{ m}$**

Clarence Baling - baling :

$$X = 5 \sim 10 \% D$$

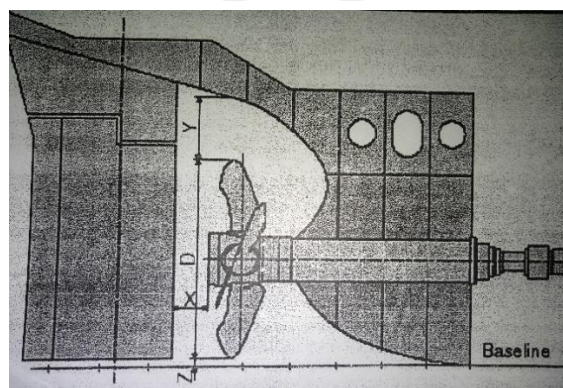
$$Y = 15 \sim 25 \% D$$

$$Z = \text{Up to } 5 \% D$$

$$\begin{aligned} \text{Maka : } X &= 10 \% \times D \\ &= 0,10 \times 9,3 \\ &= 0,93 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Y &= 16 \% \times D \\ &= 0,16 \times 9,3 \\ &= 1,48 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Z &= 5 \% \times D \\ &= 0,05 \times 9,3 \\ &= 0,46 \text{ m} \end{aligned}$$



Sumber : Materi Propulsi Kapal

Gambar 2.9. Ukuran *Clarence* Baling - baling

2. Perhitungan Luas Daun Kemudi

Perhitungan kemudi menurut *BKI 2014 Vol II (hal 14 Sec. 14-2/21)*

$$A = C1 \times C2 \times C3 \times C4 \times \frac{1,75 \times L \times T}{100} \quad (\text{m}^2)$$

Dimana :	A	= Luas kemudi (m ²)	
	L	= Lbp kapal rancangan	= 219 m
	T	= <i>Draaft</i> kapal rancangan	= 14,3 m
	C1	= <i>Factor type</i> kapal	= 0,9
	C2	= <i>Factor type</i> kemudi	= 0,9
	C3	= <i>Factor type</i> profil kemudi	= 1,0
	C4	= <i>Factor</i> untuk rancangan <i>type</i> kemudi	= 1,5

Maka :

$$A = C1 \times C2 \times C3 \times C4 \times \frac{1,75 \times L \times T}{100}$$
$$= 0,9 \times 0,9 \times 1,0 \times 1,5 \times \frac{1,75 \times 219 \times 14,3}{100}$$
$$= 66,58 \text{ m}^2$$

Dari perhitungan diatas ditetapkan harga **A = 66,58 m²**

3. Perhitungan Ukuran Daun Kemudi

$$A = h \times b$$

Menurut ketentuan perlengkapan kapal ITS Ratio perbandingan h/b = 0,8 – 2

Diambil 2 sehingga $2 = h/b$

$$h = 2 \times b$$

Dimana :	A	= Luas daun kemudi (m)
	b	= lebar daun kemudi (m)
	h	= tinggi daun kemudi (m)

Maka :

$$A = h \times b$$
$$66,58 = 2 \times b \times b$$
$$66,58 = 2 \times b^2$$
$$b^2 = 66,58 / 2$$
$$b^2 = \sqrt{33,29}$$
$$b = 5,76 \text{ m}$$
$$h = 2 \times 5,76$$
$$= 2 \times 5,76$$
$$= 11,52 \text{ m}$$

Luas bagian yang dibalansir dianjurkan < 23 %, diambil 23 %

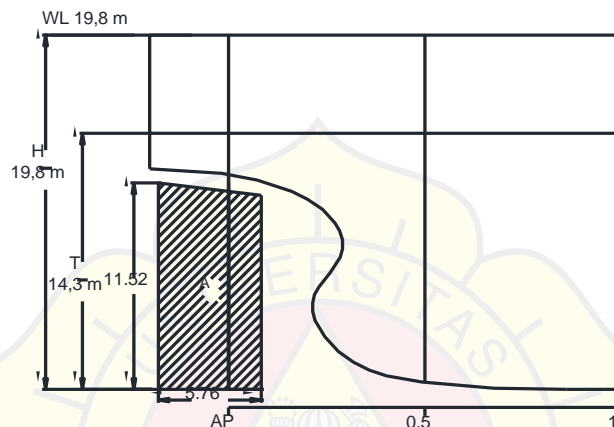
$$A' = 23 \% \times A$$
$$= 0,23 \times 66,58$$
$$= 15,31 \text{ m}^2$$

Lebar bagian yang dibalansir pada potongan sembarang horizontal

$$\begin{aligned} b' &= 32 \% \times b \\ &= 0,32 \times 5,76 \\ &= 1,84 \text{ m} \end{aligned}$$

Dari ukuran diatas dapat diambil ukuran daun kemudi :

- Luas daun kemudi (A) = **66,58 m²**
- Luas bagian balansir (A') = **15,31 m²**
- Tinggi daun kemudi (h) = **11,52 m**
- Labar daun kemudi (b) = **5,76 m**
- Lebar bagian balansir (b') = **1,84 m**



Sumber : Gambar Pribadi

Gambar 2.10. Ukuran Daun Kemudi

2.3 PERHITUNGAN HAMBATAN KAPAL

Perhitungan estimasi tenaga penggerak kapal rancangan ini menggunakan rumus *W. Froude* yang terdapat dalam buku *Resistance and Propulsion of ship, Harvald*

a. Perkiraan Hambatan Gesek

Menurut *W. Froude (Resistance and Propulsion of Ship, Harvald, 1992.Pg.53)*.

$$R_f = f \times S \times V^{1,825}$$

$$\begin{aligned} \text{Dimana : } f &= 0,00871 + \frac{0,053}{(LBP+8,8)} \\ &= 0,00871 + \frac{0,053}{[(219 \times 3,28) + 8,8]} \\ &= 0,00878 \end{aligned}$$

Menurut *Mumford*, dalam buku "*Hambatan Kapal dan Daya Mesin Penggerak*"
Karangan *Teguh Sastrodiwongso hal.64*

$$\begin{aligned} S &= Lwl \times (1,7 \times T + Cb \times B) \\ &= 223,4 \times (1,7 \times 14,3 + 0,866 \times 32,6) \\ &= 11737,79344 \text{ m}^2 \\ &= 126344,557 \text{ ft}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Maka : } R_f &= 0,00878 \times 126344,557 \times 15,5^{1,825} \\ &= 164970,5423 \text{ lbs} \\ &= 74829,3793 \text{ kg} \end{aligned}$$

b. Perkiraan Hambatan Sisa (Rr)

$$\begin{aligned} R_r &= 12,5 \times C_b \times \Delta \times \frac{V_s^4}{LPP^2} \\ &= 12,5 \times 0,866 \times 90697,67 \times \frac{15,5^4}{(219 \times 3,28)^2} \\ &= 109828,4643 \text{ lbs} \\ &= 49817,3534 \text{ kg} \end{aligned}$$

c. Perkiraan Hambatan Total (Rt)

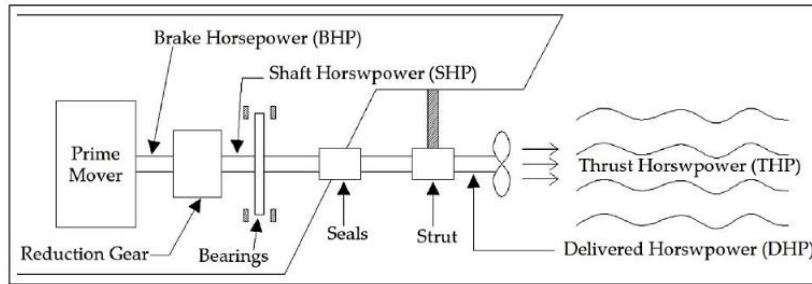
$$\begin{aligned} R_t &= R_f + R_r \\ &= 74829,3793 \text{ kg} + 49817,3534 \text{ kg} \\ &= 124646,7327 \text{ kg} \end{aligned}$$

d. Penentuan Besar Tenaga Penggerak (EHP)

$$\begin{aligned} \text{EHP} &= \frac{R_t \times V_s}{75} \\ &= \frac{124646,7327 \times 15,5 \times 0,5144}{75} \\ &= 13251,11106 \text{ HP} \end{aligned}$$

e. Penentuan Besar Shaft Horse Power (SHP)

$$\begin{aligned} \text{SHP} &= \frac{\text{EHP}}{\text{PC}} \\ \text{Dimana: PC diperkirakan } 0,7 \\ &= \frac{13251,11106}{0,7} \\ &= 18930,158 \text{ HP} \end{aligned}$$



Sumber : Google

Gambar 2.11. Tenaga Penggerak Kapal

f. Penentuan Besar Tenaga Penggerak (BHP)

Sea Margin berkisar antara 15%~20%

$$\begin{aligned} \text{BHP} &= (15\% \times \text{SHP}) + \text{SHP} \\ &= (15\% \times 18930,158) + 18930,158 \\ &= 21769,6817 \text{ HP} \\ &= 16233,6516 \text{ KW} \end{aligned}$$

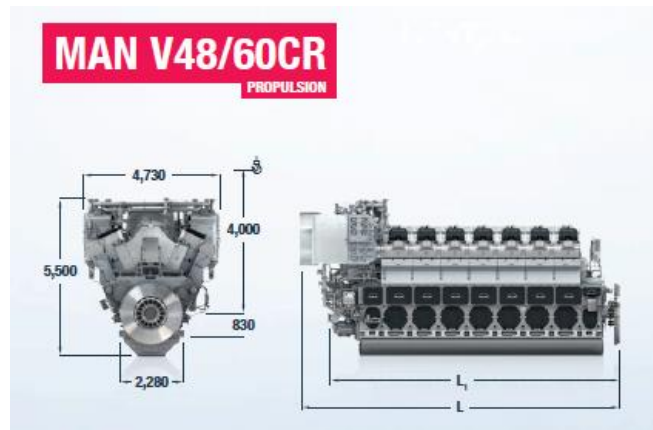
Faktor MCR : $\text{BHP}_{\text{sm}} / 85\%$

$$\begin{aligned} \text{BHP}_{\text{mcr}} &= \frac{100}{85} \times 21769,6817 \text{ HP} \\ &= 25611,39 \text{ HP} \\ &= 19098,4143 \text{ KW} \end{aligned}$$

2.4 ESTIMASI TENAGA PENGGERAK

1. Mesin Utama

Dengan didapatkan besar daya mesin diatas maka perancang menggunakan daya yang sedikit lebih besar dari daya perhitungan diatas sebesar **25747.62 HP (19200KW)**. Dengan daya mesin yang telah didapatkan, maka perancang mencari spesifikasi tersebut dikatalog yang ada.



Sumber : Katalog Mesin MAN B & W

Gambar 2.12. Mesin Utama Sementara

- *Merk* : MAN B & W
- *Type* : 16V48/60CR
- *Daya* : 19200 KW
- *Cylinders* : 16
- *Stroke* : 600 mm
- *Cylinder bore* : 480 mm
- *Speed* : 514 rpm
- *SFOC* : 173 g/KWh
- *P x L x T* : 13140 mm x 4730 mm x 5500 mm

2. Mesin Bantu

Menurut Peraturan *IMO MEPC 67/INF.325 July 2014* Tentang *Reduction Of GHZ Emissions From Ships third Imo Ghg Study 2014*.

Estimasi rasio perbandingan Untuk *Main Engine* dan *Auxiliary Engine* Untuk kapal *Bulk Carrier* >60000 DWT = 5,50

Maka : PAE = BHP ME : 5,50

Dimana : PAE = Daya mesin bantu kapal rancangan

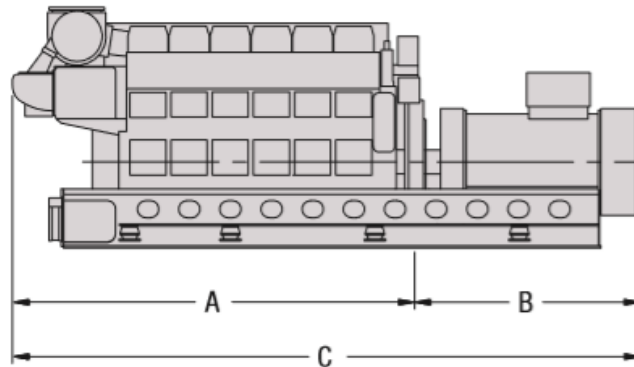
BHP ME = Daya mesin utama kapal rancangan = 25747,62 HP

Maka : PAE = 25747,62 : 5,5

= 4681,38 HP / 3

= 1560,46 HP

= 1163,63 kW



Sumber : Katalog Mesin MAN B & W

Gambar 2.13. Mesin Bantu Sementara

Untuk kapal rancangan ini menggunakan 3 Mesin Bantu dengan spesifikasi sebagai berikut :

- *Merk* : MAN B & W
- *Type* : MAN L28/32DF
- *Daya* : 1200 kW
- *Cylinders* : 5
- *Stroke* : 320 mm
- *Cylinder bore* : 280 mm
- *Speed* : 750 rpm
- *SFOC* : 175 g/KWh
- *P x L x T* : 6721 mm x 1800 mm x 2835 mm

2.5 ESTIMASI ANAK BUAH KAPAL

1. Penentuan Jumlah Anak Buah Kapal

Kapal – kapal berbendera Indonesia mengacu pada Keputusan Direktur Jenderal Perhubungan Laut Nomor. UM.008/9/20/DJPL -12 yang dikeluarkan pada 16 Februari 2012 tentang persyaratan minimal awak kapal dan sertifikat untuk kapal – kapal niaga pelayaran semua lautan dan di kawasan Indonesia. Susunan awak kapal tergantung dari :

- a. Daerah Pelayaran
- b. Tonage Kapal (Gross Tonnage / GT)
- c. Ukuran tenaga penggerak kapal (Killowatt / KW)

Berikut ini adalah persyaratan minimum pengawakan kapal untuk pelayaran di semua lautan dan semua kapal:

Tabel 2.1 Persyaratan minimum Awak Kapal Pelayaran Semua lautan ,

NO	JABATAN	GT>10000	GT 3000 - 10000	GT 1500 - 3000	GT 500 – 1500	GT< 500
1	NAHKODA	ANT I	ANT I	ANT II	ANT II	NIL
2	MUALIM 1	ANT I	ANT I	ANT II	ANT II	
3	MUALIM 2	ANT III	ANT III	ANT III	ANT III	
4	MUALIM 3	ANT III	ANT III	-	-	
5	SERANG / BOSUN	1	1	1	1	
6	JURU MUDI	3	3	3	3	
7	KELASI	2	2	1	1	
8	KOKI	1	1	1	1	
9	PELAYANAN	1	1	1	1	
	JUMLAH AWAK	12	12	10	10	
		KW > 7500 KW	KW 3000 - 10000	KW 750 - 3000	KW > 750	KW < 750
1	KKM	ATT I	ATT I	ATT I	ATT II	
2	MASINIS II	ATT II	ATT II	ATT II	ATT III	
3	MASINIS III	ATT III	ATT III	ATT III	ATT III	
4	MASINIS IV	ATT III	-	-	-	
5	MANDOR	1	1	1	1	
6	JURU MINYAK	3	3	3	3	
7	WIPER	1	1	1	1	
	JUMLAH AWAK	9	8	8	8	
		22	21	19	19	

Sumber : Keputusan Direktur Jenderal Perhubungan Laut Nomor. UM.008/9/20/DJPL -12

2. Susunan Anak Buah Kapal

Berikut merupakan susunan anak buah kapal dari hasil perhitungan :

- a. Captain : 1 Orang
- b. Deck Departemen
 - Mualim : 3 Orang
 - Bosun : 1 Orang
 - Juru Mudi : 3 Orang
 - Kelasi : 2 Orang
 - Cadet : 1 Orang
- c. Engine Departement
 - Kepala Kamar Mesin (KKM) : 1 Orang

- Masinis : 3 Orang
 - Mandor : 1 Orang
 - Juru Las : 1 Orang
 - Electric Man : 1 Orang
 - Juru Minyak : 3 Orang
 - Wiper : 1 Orang
- d. Catering Departement
- Kepala Catering : 1 Orang
 - Koki : 1 Orang
 - Pelayan : 1 Orang +
-
- 25 Orang

2.6 ESTIMASI BERAT KAPAL

2.6.1 Perhitungan Berat Kapal Kosong (LWT)

Menurut buku *Mr. D. L Smith* dengan judul *Marin Design* halaman 29, bahwa *Light Weight Ton* terdiri dari :

- A. Berat Baja Kapal (W_{ST})
- B. Berat Permesinan Kapal (W_{ME})
- C. Berat Perkayuan dan *Outfitting* (W_{wo})
- D. Margin

A. Perhitungan Berat Baja Kapal (W_{st})

Untuk menentukan Berat Baja Kapal rancangan ini digunakan formula yang terdapat dalam buku *Practical Ship Design* halaman 85, yaitu :

$$W_{ST} = K \times E^{1,36}$$

Dimana :

W_{ST} = Berat Baja Kapal

K = untuk *bulk carrier* 0,031 ton/m²

E = *Hull Numeral* (m²) untuk *bulk carrier* (3000-15000)

Maka : $W_{ST} = 0,031 \times 11700^{1,36}$

$$= 10569,27 \text{ ton}$$

Dari perhitungan diatas ditetapkan harga **$W_{ST} = 10229,49 \text{ ton}$**

B. Berat Permesinan Kapal (W_{ME})

Untuk menentukan berat permesinan kapal rancangan ini digunakan rumus pendekatan yang terdapat dalam buku *D. G. M. Watson* dengan judul *Practical Ship Design* halaman 110, yaitu :

$$W_{ME} = K \times (MCR)^{0,7}$$

Dimana : W_{ME} = Berat permesinan kapal

K = 0,69 untuk *bulk carrier*

MCR = *Maximum Countinus Rating* kapal rancangan (KW)
= 19200 KW

$$\begin{aligned} \text{Maka : } W_{ME} &= 0,69 \times (19200)^{0,7} \\ &= 687,32 \text{ ton} \end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas ditetapkan **$W_{ME} = 687,32 \text{ ton}$**

C. Berat Perkayuan dan *Outfitting* (W_{wo})

Untuk menentukan berat perkayuan dan *outfitting* kapal rancangan ini digunakan rumus pendekatan yang terdapat dalam buku *H. Scneekluth and V. Betram* dalam judul *Ship Design for Efficiency in Economy* dalam *second edition* halaman 168, yaitu :

$$W_{wo} = K \times L \times B$$

Dimana : W_{wo} = Berat perkayuan dan *outfitting* kapal rancangan

K = 0,17- 0,18 ton/m² untuk *bulk carrier*

L = Panjang kapal rancangan = 219 m

B = Lebar kapal rancangan = 32,6 m

$$\begin{aligned} \text{Maka: } W_{wo} &= 0,17 \times 219 \times 32,6 \\ &= 1213,698 \text{ ton} \end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas ditetapkan **$W_{wo} = 1213,698 \text{ ton}$**

D. Menentukan *Margin Light Weight Ton* (LWT)

Untuk menentukan *Margin* dari LWT kapal rancangan ini menggunakan rumus pendekatan sebagai berikut :

$$\text{Margin} = [W_{ST} + W_{ME} + W_{wo}] \times 2\%$$

Dimana : W_{ST} = Berat baja kapal rancangan
= 9468,274 ton

$$W_{ME} = \text{Berat permesinan kapal} \\ = 687,32 \text{ ton}$$

$$W_{WO} = \text{Berat perkayuan dan } \textit{outfitting} \text{ kapal rancangan} \\ = 1213,698 \text{ ton}$$

$$\text{Maka : Margin} = [9468,274 + 687,32 + 1213,698] \times 2\% \\ = 227,38 \text{ ton}$$

Dari perhitungan diatas ditetapkan harga **Margin LWT = 227,38 ton**

TOTAL BERAT LIGHT WEIGHT (LWT) KAPAL :

1) Berat Baja Kapal (W_{ST})	= 10229,49	Ton
2) Berat Permesinan Kapal (W_{ME})	= 687,32	Ton
3) Berat Perkayuan & <i>Outfitting</i> (W_{WO})	= 1213,698	Ton
4) Margin LWT	= 227,38	Ton
<hr/>		
Berat Kapal Kosong (LWT)	= 12357,888	Ton

KOREKSI LWT

$$- LWT_1 = \Delta - DWT \\ = 90697,67 - 78000 \\ = 12697,67 \text{ Ton}$$

$$- LWT_2 = 12357,888 \text{ Ton}$$

$$\left| \frac{LWT_1 - LWT_2}{LWT_2} \right| \times 100\% \leq 0,5\%$$

$$\left| \frac{12697,67 - 12357,888}{12357,888} \right| \times 100\% = 0,027\% \leq 0,5\% \text{ (memenuhi)}$$

2.6.2 Perhitungan Bobot Mati Kapal (DWT)

Menurut *Harald Poehls, 1979*.

2.6.2.1 Berat Bahan Bakar Mesin Induk (W_{FO})

$$W_{FO} = [(Pb_{ME} \times b_{ME})] \times \frac{S}{V_s} \times 10^{-6} \times (1,3 \sim 1,5)$$

$$\text{Dimana : } Pb_{ME} = M/E = 19200 \text{ Kw}$$

$$b_{ME} = \text{Koefisien pemakaian BBM} = 173 \text{ g/kWh}$$

$$S = \text{Radius Pelayaran} = 3464 \text{ mil laut}$$

$$V_s = 15,5 \text{ knots}$$

(1,3~1,5) = nilai koefisien diambil 1,5

Maka :

$$W_{FO} = [(19200 \times 173)] \times \frac{3464}{15,5} \times 10^{-6} \times 1,5$$
$$= 1113 \text{ TON}$$

Dari perhitungan diatas ditetapkan harga **W_{FO} = 1113 Ton**

2.6.2.2 Berat Bahan Bakar Mesin Bantu (W_{DO})

$$W_{DO} = [(Pb_{AE} \times b_{AE})] \times \frac{S}{Vs} \times 10^{-6} \times (1,3 \sim 1,5)$$

Dimana : $Pb_{AE} = A/E = 1200 \text{ Kw}$

$b_{AE} = \text{Koefisien pemakaian BBM} = 175 \text{ g/kWh}$

$S = \text{Radius Pelayaran } 3464 \text{ mil laut}$

$Vs = 15,5 \text{ knots}$

(1,3~1,5) = nilai koefisien diambil 1,5

Maka :

$$W_{DO} = [(1200 \times 175)] \times \frac{3464}{15,5} \times 10^{-6} \times 1,5$$
$$= 70,39 \text{ Ton}$$

Dalam pelayaran menggunakan 2 mesin bantu

Maka:

$$W_{DO} = 70,39 \times 2$$
$$= 140,78 \text{ Ton}$$

Dari perhitungan diatas ditetapkan harga **W_{DO} = 140,78 Ton**

2.6.2.3 Berat Minyak Pelumas (*Weight Of Lubricating Oil* (W_{LO}))

$$W_{LO} = \left[(Pb_{ME} \times b_{LO} \times \frac{S}{Vs} \times 10^{-6} \times (1,3 \sim 1,5)) \right]$$
$$+ \left[(Pb_{AE} \times b_{LO} \times \frac{S}{Vs} \times 10^{-6} \times (1,3 \sim 1,5)) \times 2 \right]$$

Dimana : $B_{LO} = 1,2 - 1,6$

Maka :

$$W_{LO} = \left[(19200 \times 1,5 \times \frac{3464}{15,5} \times 10^{-6} \times 1,5) \right]$$
$$+ \left[(1200 \times 1,5 \times \frac{3464}{15,5} \times 10^{-6} \times 1,5) \times 2 \right]$$
$$= 10,86 \text{ Ton}$$

Dari perhitungan diatas ditetapkan harga **W_{LO} = 10,86 Ton**

2.6.2.4 Berat Air Bersih dan tawar (*Weight Of Fresh Water* (W_{FW}))

Dimana :

- Jumlah penumpang ABK $Z = 25$ Orang
- *Drinking Water* $DW = 10-20$ kg/org/hari
- *Washing water + Bathing Room* $WW + BR = 70$ kg/org/hari
- *Boilet Feed Water* $BFW = 0,14$ kg/Kwh
- *Addition For Tank Volume* $Add = 3\% - 4\%$

$$W_{FW} = \left[\frac{((DW + (WW + BR)) \times Z) + (BFW \times (Pb_{ME} + Pb_{AE}) \times 24)}{15,5} \right] \times \frac{3464}{15,5} \times \frac{1}{24} + Add$$

$$= \left[\frac{(10 + (15 + 55) \times 25) + (0,14 \times (19200 + 1980) \times 24)}{15,5} \right] \times \frac{3464}{15,5} \times \frac{1}{24} + 4\%$$

$$= 706225,71 \text{ kg}$$

$$= 706,225 \text{ Ton}$$

$$= 707 \text{ Ton}$$

Diasumsikan kebutuhan *Washing Water* dan *Bathing Room* diambil dari air laut

$$\text{Maka : } W_{FW} = (707 - 16,3) \text{ Ton}$$

$$= 690,7 \text{ Ton}$$

Dari perhitungan diatas ditetapkan harga $W_{FW} = \underline{\underline{691 \text{ Ton}}}$

2.6.2.5 Berat Makanan (*Weight Of Provision* (W_{PROV}))

$$W_{PROV} = Cp \times Z \times \frac{S}{Vs} \times \frac{1}{24}$$

$$\text{Dimana : } Cp = 2 - 5 \text{ kg/org/hari}$$

$$Z = 25 \text{ Orang}$$

$$\text{Maka : } W_{PROV} = 5 \times 25 \times \frac{3464}{15,5} \times \frac{1}{24}$$

$$= 1163,97 \text{ kg}$$

$$= 1164 \text{ kg}$$

$$= 1,164 \text{ Ton}$$

Dari perhitungan diatas ditetapkan harga $W_{PROV} = \underline{\underline{1,164 \text{ Ton}}}$

2.6.2.6 Berat Awak Kapal, Penumpang Dan Barang Bawaan (*Weight Of Person and Luggage* (W_{P+L}))

$$W_{P+L} = Z \times (P + L)$$

Dimana : P = Berat rata-rata ABK 75 kg/orang

L = Berat barang bawaan ABK 70 kg/ orang

Z = Jumlah ABK = 25 Orang

$$\begin{aligned} \text{Maka : } W_{P+L} &= 25 \times (75 + 70) \\ &= 3625 \text{ kg} \\ &= 3,625 \text{ Ton} \end{aligned}$$

Dari perhitungan di atas ditetapkan harga **$W_{P+L} = 3,625 \text{ Ton}$**

2.6.2.7 Berat Air Ballast (W_{WB})

Dalam Buku *Global Maritime Transport And Ballast Water Management* Karangan *Matej David* Hal. 20

Ballast Water untuk *Bulk Carrier* = 30 – 50 %

$$\text{Ballast} = (30 - 50)\% \times \Delta$$

Dimana : $\Delta = 90697,67 \text{ Ton}$

$$\begin{aligned} \text{Maka : Ballast} &= 0,39 \times 90697,67 \text{ Ton} \\ &= 35372,09 \text{ Ton} \end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas ditetapkan harga **$W_{WB} = 35372,09 \text{ Ton}$**

2.6.2.8 Berat Muatan (*Pay Load*)

$$W_{PL} = DWT - (W_{FO} + W_{DO} + W_{LO} + W_{FW} + W_{PROV} + W_{P+L})$$

$$\begin{aligned} \text{Dimana : } W_{FO} &= 1113 && \text{Ton} \\ &: W_{DO} &= 140,78 && \text{Ton} \\ &: W_{LO} &= 10,86 && \text{Ton} \\ &: W_{FW} &= 691 && \text{Ton} \\ &: W_{PROV} &= 1,164 && \text{Ton} \\ &: W_{P+L} &= 3,625 && \text{Ton} \end{aligned}$$

Maka :

$$W_{PL} = 78000 - 1960,42 = 76039,58 \text{ Ton}$$

Dari perhitungan diatas ditetapkan harga **$W_{PL} = 76039,58 \text{ Ton}$**

TOTAL BERAT DEAD WEIGHT TONNAGE SHIP (DWT)

1)	Berat Bahan Bakar (W_{FO})	= 1113	Ton
2)	Berat Bahan Bakar (W_{do})	= 140,78	Ton
3)	Berat Minyak Pelumas (W_{LO})	= 10,86	Ton
4)	Berat Air Bersih dan Tawar (W_{FW})	= 691	Ton
5)	Berat Makanan (W_{PROV})	= 1,164	Ton
6)	Berat Awak Kapal dan Barang (W_{p+1})	= 3,625	Ton
7)	Berat Muatan (W_{PL})	= 76039,58	Ton
			+
TOTAL PERHITUNGAN DWT		= 78000	Ton

KOREKSI BERAT KAPAL

$$\Delta_1 = 90697,67$$

$$\text{Koreksi} = \left| \frac{\Delta_1 - \Delta_2}{\Delta_1} \right| \times 100\% \dots\dots\dots < 0,5 \%$$

Dimana :

$$\begin{aligned} \Delta_2 &= LWT + DWT \\ &= 12357,888 \text{ Ton} + 78000 \text{ Ton} \\ &= 90357,888 \text{ Ton} \end{aligned}$$

Maka Koreksi

$$\begin{aligned} &= \left| \frac{90697,67 - 90357,888}{90357,888} \right| \times 100\% \dots\dots\dots < 0,5 \% \\ &= 0,0037 \% \dots\dots < 0,5 \text{ (memenuhi)} \end{aligned}$$

2.7 ESTIMASI KAPASITAS RUANG MUAT

2.7.1 Luas Penampang Tengah Kapal

$$\begin{aligned} A_m &= B \times T \times C_m \\ &= 32,6 \times 14,3 \times 0,993 \\ &= 462,91 \text{ m} \end{aligned}$$

2.7.2 Jarak Gading

- NK Class
Transverse Frame Spacing (Chapter 7.2.1 Hal. 64) Standard spacing of transverse frames :

$$\begin{aligned} F_s &= 450 + 2L \\ &= 450 + 2(219 \text{ m}) \end{aligned}$$

$$= 888 \text{ mm} \approx 900 \text{ mm}$$

Ditetapkan jarak gading *Transverse* yaitu **900 mm**

Longitudinal Frame Spacing (Chapter 7.2.2 Hal. 64) *Standard spacing of longitudinal frames* :

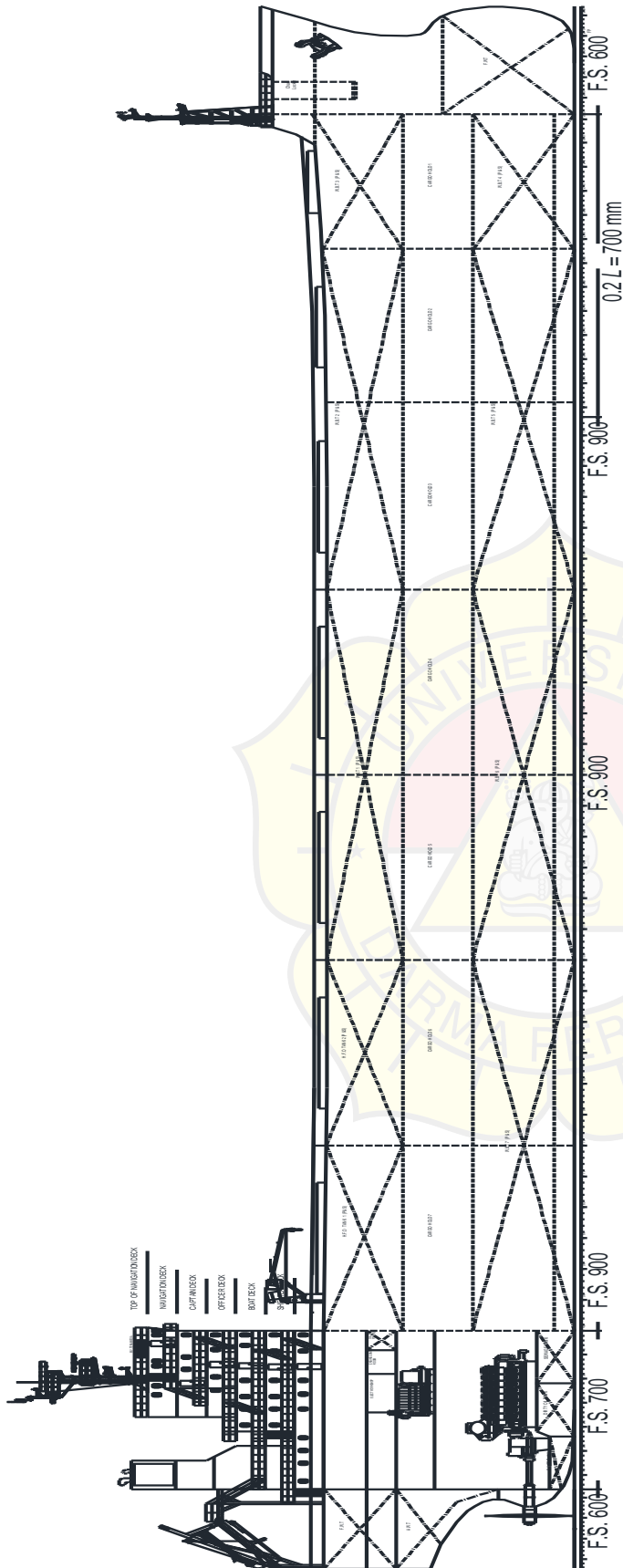
$$F_s = 550 + 2L$$

$$= 550 + 2(219 \text{ m})$$

$$= 988 \text{ mm} \approx 1000 \text{ mm}$$

Ditetapkan jarak gading *Longitudinal* yaitu **1000 mm**





Sumber : Gambar Pribadi

Gambar 2.14. *Frame Spacing* Kapal Rancangan

2.7.3 Jarak Sekat Ceruk Haluan Dari *Fore Peak*

- NK Class
$$\begin{aligned} Sh &= 0,08 \times L \\ &= 0,08 \times 219 \\ &= 17,52 \text{ m} \end{aligned}$$

2.7.4 Jarak Sekat Ceruk Buritan dari *After Peak*

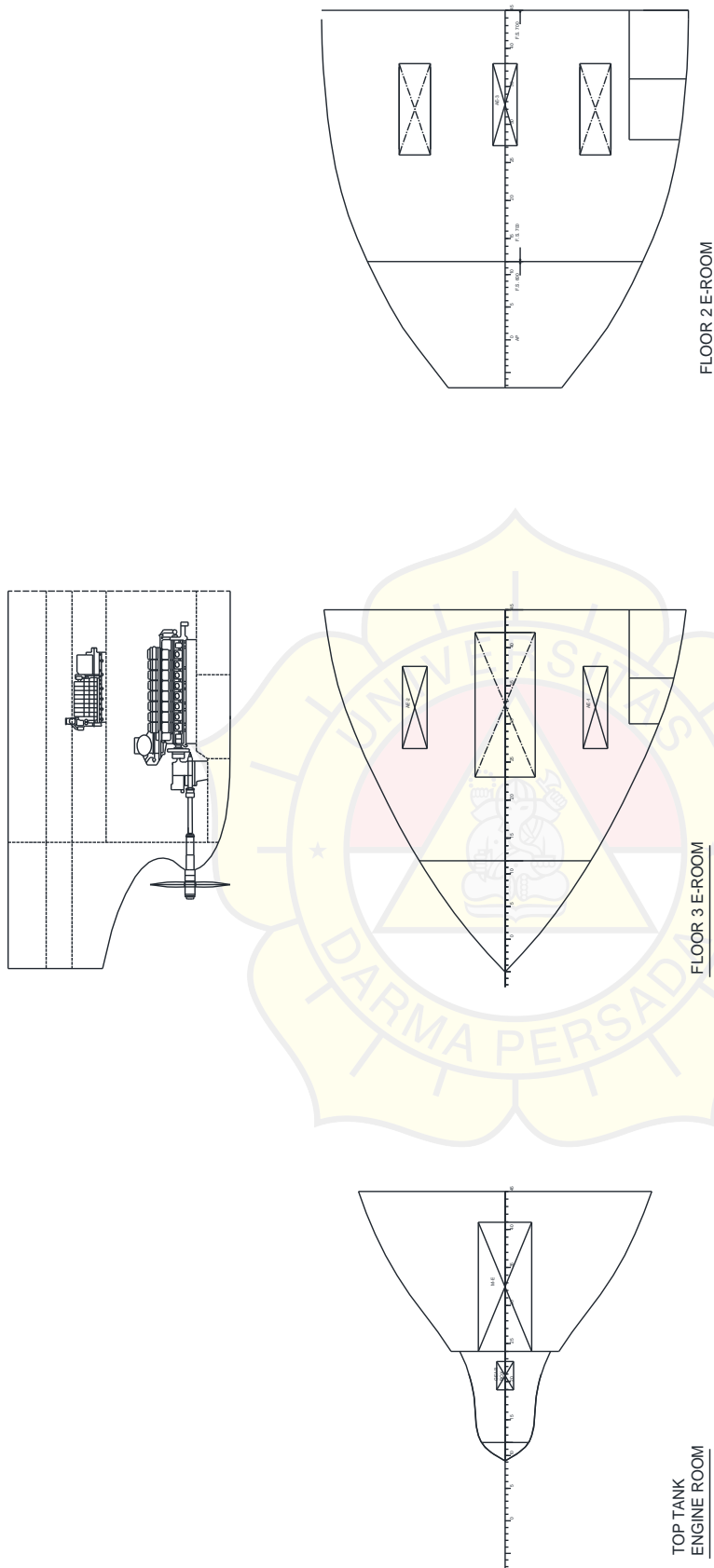
- NK Class
$$\begin{aligned} Sb &= 0,03 \times L \\ &= 0,03 \times 219 \\ &= 6,57 \text{ m} \end{aligned}$$

2.7.5 Panjang Kamar Mesin

- Dalam Buku *Gagug Suhardjito* Perencanaan panjang kamar mesin
17 – 22 % LBP
Panjang ruang mesin minimum diambil :
$$\begin{aligned} L_{km} &= 17 \% \times 219 \text{ m} \\ &= 37,23 \text{ m} \end{aligned}$$
- Menurut data kapal pembanding
Panjang kamar mesin pembanding
$$\begin{aligned} L_{km} &= 0,094 \times LBP \\ &= 0,094 \times 217 \\ &= 20,39 \text{ m} \end{aligned}$$

Panjang kamar mesin kapal rancangan
$$\begin{aligned} L_{km} &= 0,094 \times LBP \\ &= 0,094 \times 219 \\ &= 20,58 \text{ m} \end{aligned}$$

Ditetapkan panjang kamar mesin kapal rancangan sesuai dengan kebutuhan mesin serta perlengkapan-perengkapan kamar mesin yaitu **23,1 m**



Sumber : Gambar Pribadi

Gambar 2.15. *Layout Kamar Mesin*

2.7.6 Tinggi Double Bottom

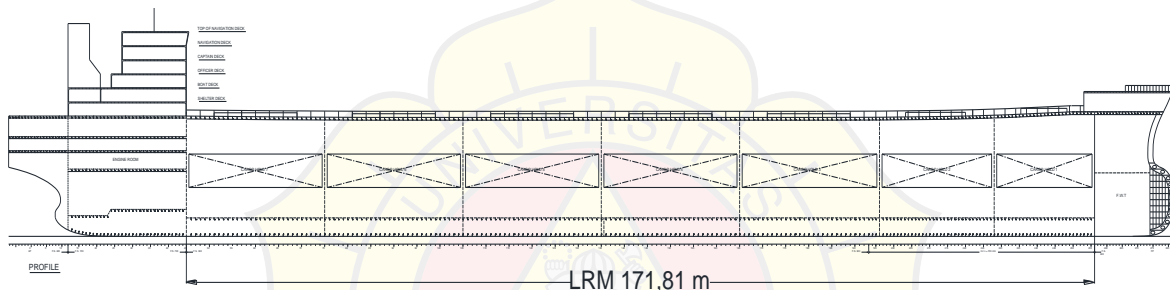
Berdasarkan Peraturan Dari *NK Class Chapter 13.1.1* Hal. 98

Tinggi *double bottom* yaitu :

$$\begin{aligned} H_{db} &= \frac{B}{20} \quad (\text{m}) \\ &= \frac{32,6}{20} \quad (\text{m}) \\ &= 1,63 \text{ m} \end{aligned}$$

2.7.7 Panjang Ruang Muat

$$\begin{aligned} L_{rm} &= L_{pp} - (Sh + Sb + L_{km}) \\ &= 219 - (17,52 + 6,57 + 23,1) \\ &= 171,81 \text{ m} \end{aligned}$$



Sumber : Gambar Pribadi

Gambar 2.16. Panjang Ruang Muat

2.7.8 Sekat Ruang Muat

Ruang Muat ditempatkan pada gd. 45 - gd. 256 dengan jarak gading 0,9 m dan dengan jumlah 211 gading dengan Panjang 78 % x L

Pembagian sekat ruang muat :

- | | | | |
|------------------------------|------------|----------|----------------|
| 1. Jarak = gd. 45 – gd.75 | = 0,9 x 30 | = 27 m | (Ruang Muat 7) |
| 2. Jarak = gd. 75 – gd. 105 | = 0,9 x 30 | = 27 m | (Ruang Muat 6) |
| 3. Jarak = gd. 105 – gd. 135 | = 0,9 x 30 | = 27 m | (Ruang Muat 5) |
| 4. Jarak = gd 135 – gd. 165 | = 0,9 x 30 | = 27 m | (Ruang Muat 4) |
| 5. Jarak = gd 165 – gd. 196 | = 0,9 x 28 | = 25,2 m | |
| | 0,7 x 3 | = 2,1 m | (Ruang Muat 3) |
| 6. Jarak = gd. 196 – gd. 228 | = 0,7 x 32 | = 22,4 m | (Ruang Muat 2) |
| 7. Jarak = gd. 228 – gd. 256 | = 0,7x 28 | = 19,6 m | (Ruang Muat 1) |

2.7.9 Luas *Double Bottom* pada *Midship*

$$\begin{aligned} A_{dbm} &= B \times H_{db} \times C_m \\ &= 32,6 \times 1,625 \times 0,993 \\ &= 52,6 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

2.7.10 Volume Ruang Muat

$$\begin{aligned} V_{rm} &= \frac{\text{Berat Muatan}}{\text{Massa Jenis Muatan}} \\ &= \frac{76078,57 \text{ ton}}{1,346 \text{ ton/m}^3} \\ &= 56521,98 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

2.8 ESTIMASI UKURAN *SUPERSTRUCTURE*

Sesuai dengan peraturan *NK Class Part C Chapter 18.4 hal 136 table C18.2 Standard Height of Superstructure* oleh NK Class ditetapkan :

Tabel 2.2 *Standard Height of Superstructure*

Length of ship for freeboard (L_f)	Standard Height of Superstructure (m)
75 m or less	1.80
125 m or more	2.30

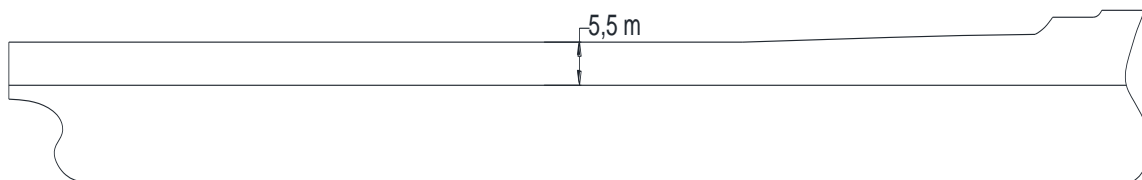
Sumber : Peraturan NK Class Tahun 2017 Part C

Dari tabel diatas ditentukan tinggi *superstructure* untuk kapal rancangan dengan Panjang LPP = 219 m yaitu **2,3 m**

2.9 PEMERIKSAAN *FREEBOARD* ATAU LAMBUNG TIMBUL

Perhitungan *Freeboard* atau Lambung Timbul

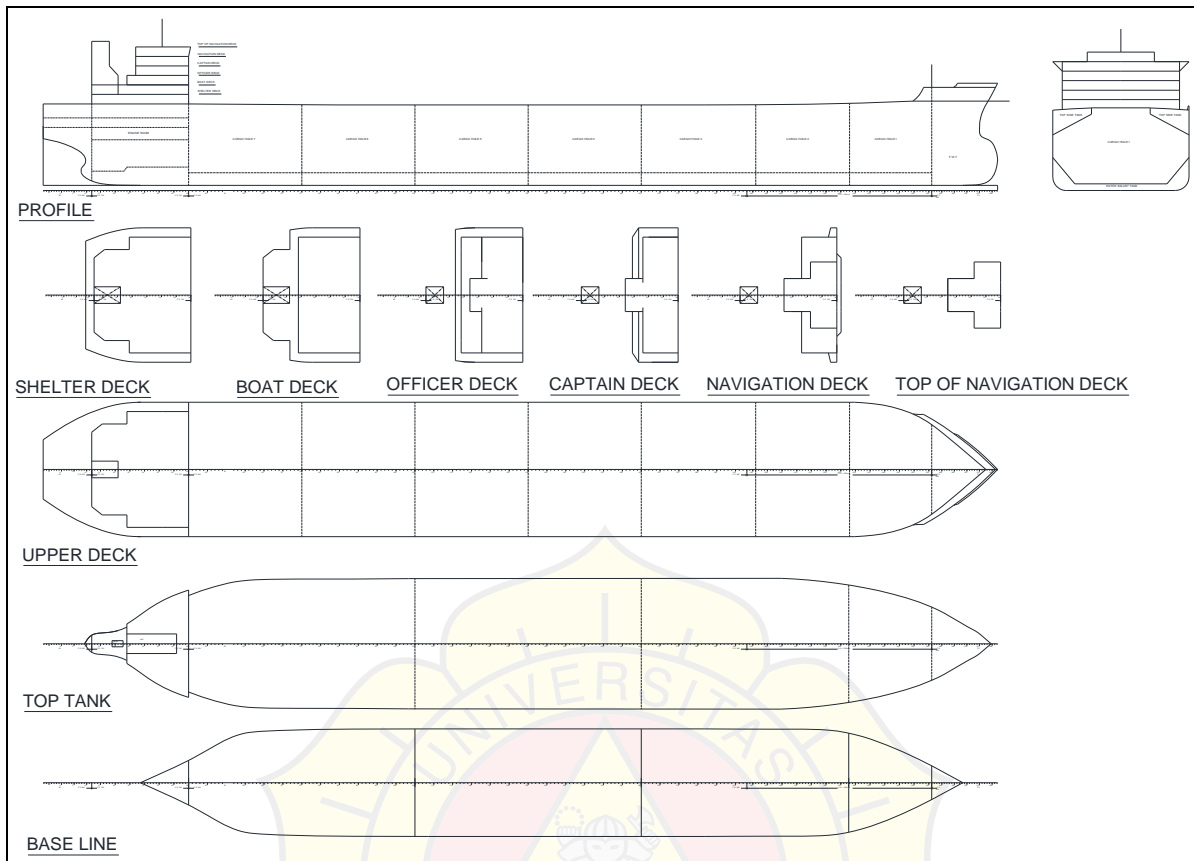
$$\begin{aligned} F_b &= H - T \\ &= 19,8 \text{ m} - 14,3 \text{ m} \\ &= 5,5 \text{ m} \end{aligned}$$



Sumber : Perhitungan Pribadi

Gambar 2.17. *Freeboard* Kapal Rancangan

2.10 SKETSA RENCANA UMUM



Sumber : Gambar Pribadi

Gambar 2.18. Sketsa Rencana Umum Kapal Rancangan

2.11 ESTIMASI STABILITAS AWAL KAPAL

Stabilitas kapal adalah kesetimbangan kapal pada saat diapungkan, tidak miring ke kiri atau ke kanan, demikian pula pada saat berlayar, pada saat kapal diolengkan oleh ombak atau angin, kapal dapat tegak kembali.

Salah satu penyebab kecelakaan kapal di laut ,baik yang terjadi di laut lepas maupun ketika di pelabuhan, adalah peranan dari para awak kapal yang tidak memperhatikan perhitungan stabilitas kapalnya sehingga dapat mengganggu kesetimbangan secara umum yang akibatnya dapat menyebabkan kecelakaan fatal seperti kapal tidak dapat dikendalikan, kehilangan kesetimbangan dan bahkan tenggelam yang pada akhirnya dapat merugikan harta benda, kapal, nyawa manusia bahkan dirinya sendiri. Sedemikian pentingnya pengetahuan menghitung stabilitas kapal untuk keselamatan pelayaran, maka setiap awak kapal yang bersangkutan bahkan calon awak kapal harus dibekali dengan seperangkat pengetahuan dan keterampilan

dalam menjaga kondisi stabilitas kapalnya sehingga keselamatan dan kenyamanan pelayaran dapat dicapai.

1) **Perhitungan Titik Tekan dan Titik Berat**

a. **Titik Tekan Vertikal (\overline{KB})**

Menurut Jaeger – Morrish dalam buku *Bouyancy and Stability of Ships* hal 81 :

$$\begin{aligned}\overline{KB} &= T \times \left(\frac{5 \times Cw - 2 \times Cb}{6 \times Cw} \right) \\ &= 14,3 \times \left(\frac{5 \times 0,903 - 2 \times 0,848}{6 \times 0,903} \right) \\ &= 7,44 \text{ m}\end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas ditetapkan **$\overline{KB} = 7,44 \text{ m}$**

b. **Perhitungan Titik Berat (\overline{KG})**

Untuk titik berat diperkirakan sebesar 56% dari tinggi kapal (H) maka:

$$\begin{aligned}\overline{KG} &= 0,56 \times H \\ &= 0,56 \times 19,8 \\ &= 11,08 \text{ m}\end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas ditetapkan **$\overline{KG} = 11,08 \text{ m}$**

2) **Perhitungan Stabilitas Melintang**

a. **Radius Metacenter Melintang (\overline{BM})**

Menurut Posidiunine dalam buku *Bouyancy and Stability of Ships* hal 81 :

$$\begin{aligned}\overline{BM} &= \frac{B^2}{T} \times \frac{Cw(Cw+0,04)}{12 \times Cb} \\ \text{Maka } \overline{BM} &= \frac{32,6^2}{14,3} \times \frac{0,903(0,903+0,04)}{12 \times 0,848} \\ &= 6,21 \text{ m}\end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas ditetapkan harga **$\overline{BM} = 6,21 \text{ m}$**

b. **Tinggi Metacentre Melintang dari Garis Dasar (\overline{KM})**

$$\begin{aligned}\overline{KM} &= \overline{KB} + \overline{BM} \\ &= 7,44 + 6,21 \\ &= 13,65 \text{ m}\end{aligned}$$

Dari perhitungan ditetapkan **$\overline{KM} = 13,65 \text{ m}$**

c. **Tinggi Metacentre Melintang (\overline{GM})**

$$\begin{aligned}\overline{GM} &= \overline{KM} - \overline{KG} \\ &= 13,65 - 11,08 \\ &= 2,57 \text{ m}\end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas ditetapkan **$\overline{GM} = 2,57 \text{ m}$**

3) **Perhitungan Waktu Oleng Kapal (*Rolling Period*)**

Untuk menentukan periode oleng atau rolling periode dari kapal rancangan digunakan rumus pendekatan yang terdapat dalam buku *Code On Intact Stability* oleh *International Maritime Organization* (IMO), yaitu:

$$T_R = \frac{2 \times c \times B}{\sqrt{GM}}$$

Dimana : T_R = Periode oleng kapal rancangan

$$c = 0,373 + \left(0,023 \times \frac{B}{T}\right) - \left(0,043 \times \frac{LWL}{100}\right)$$

$$B = 32,6 \text{ m}$$

$$T = 14,3 \text{ m}$$

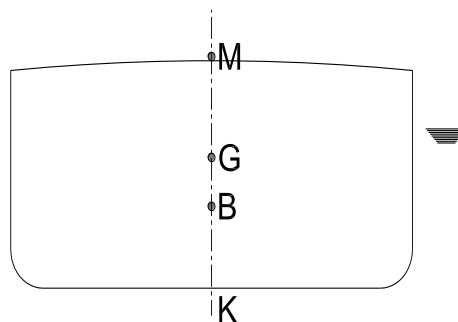
$$LWL = 223,4 \text{ m}$$

$$= 0,373 + \left(0,023 \times \frac{32,6}{14,3}\right) - \left(0,043 \times \frac{223,4}{100}\right) = 0,329$$

$$\text{Maka : } = \frac{2 \times 0,329 \times 32,6}{\sqrt{2,57}}$$

$$= 13,38 \text{ detik (Memenuhi)}$$

Standar waktu oleng kapal dalam buku *RESOLUTION MSC.267(85)* (*adopted on 4 December 2008*) *ADOPTION OF THE INTERNATIONAL CODE ON INTACT STABILITY, 2008(2008 IS CODE)* oleh *International Maritime Organization* (IMO) tidak boleh lebih dari 20 detik.



Sumber : Gambar Pribadi

Gambar 2.19. Titik Stabilitas Kapal

4) Pengecekan \overline{GM} Dengan Metode *Prohaska*

Dalam *Henscke, 1978* (Sciffbautechnisches Handbuch Band I : 169)

A. **Hid** = **Ideal Free Board**

$$\text{Hid} = H + \frac{Sh+Sf}{6}$$

Dimana :

$$\begin{aligned} \text{a. Sh} &= 50 \times \left(\frac{\text{LBP}}{3} + 10 \right) \\ &= 50 \times \left(\frac{219}{3} + 10 \right) \\ &= 4150 \text{ mm} \\ &= 4,150 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{b. Sf} &= 25 \times \left(\frac{\text{LBP}}{3} + 10 \right) \\ &= 25 \times \left(\frac{219}{3} + 10 \right) \\ &= 2075 \text{ mm} \\ &= 2,075 \text{ m} \end{aligned}$$

Maka :

$$\begin{aligned} \text{Hid} &= H + \frac{Sh+Sf}{6} \\ \text{Hid} &= 19,8 + \frac{4,150+2,075}{6} \\ &= 20,83 \text{ m} \end{aligned}$$

B. **MTF** = $\frac{t}{Cb} \times \frac{B^2}{T}$

Dimana :

$$\begin{aligned} t &= \frac{(2 Cw+1)^3}{323} \\ &= \frac{(2 \times 0,903+1)^3}{323} \\ &= 0,068 \end{aligned}$$

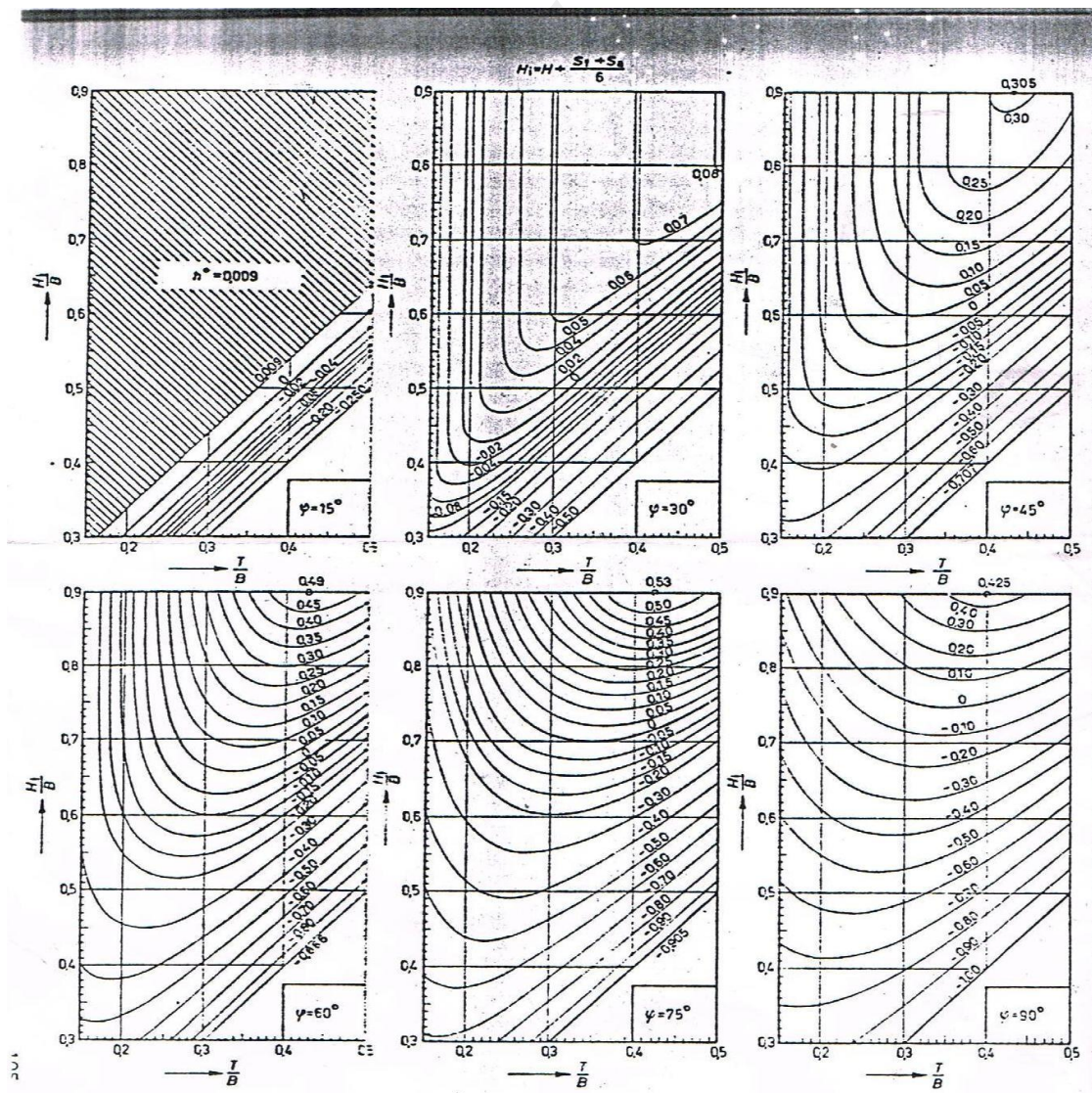
Maka :

$$\begin{aligned} \text{MTF} &= \frac{0,068}{0,848} \times \frac{32,6^2}{14,3} \\ &= 5,95 \end{aligned}$$

Untuk mendapatkan harga h^* dan dalam perhitungan kurva lengan stabilitas awal. Maka harus ditetapkan lebih dahulu nilai :

- $\frac{T}{B} = \frac{14,3}{32,6} = 0,43$
- $\overline{MF} = \overline{BM} = 6,21 \text{ m}$
- $\frac{Hid}{B} = \frac{20,83}{32,6} = 0,63$
- $\overline{GM} = 2,57 \text{ m}$

Sedangkan untuk harga h^* dari grafik *Prohaska* dalam buku *Bouyancy and stability of ship* karangan Ir. R. F. Scheltema De Heere hal 105



Sumber : buku Bouyancy and stability of ship

Gambar 2.20. Grafik *Prohaska*

5) Perhitungan Kurva Lengan Stabilitas Awal

Tabel 2.3. Kurva Lengan Stabilitas Awal

Φ	0°	15°	30°	45°	60°	75°	90°
1. Sin ϕ	0	0,259	0,500	0,707	0,866	0,965	1,000
2. h*f	0	0,009	0,030	-0,010	-0,120	-0,250	-0,400
3. h*f x MF	0	0,054	0,182	-0,060	-0,728	-1,517	-2,428
4. GM x Sin ϕ	0	0,603	1,165	1,647	2,017	2,248	2,330
5. GZ = (3) + (4)	0	0,657	1,347	1,587	1,289	0,731	-0,098

Sumber : Perhitungan Pribadi

6) Pengecekan Kurva Stabilitas Awal

Setelah kurva stabilitas awal didapatkan, kurva stabilitas tersebut harus di periksa berdasarkan *standart* dari IMO (*International Of Maritime Organization*) yaitu :

a. GM > 0,15

Dimana :

$$GM = 2,57 \text{ m} > 0,15 \text{ m} \dots\dots\dots \text{memenuhi}$$

b. GZ – 30° > 0,20

Dimana GZ kapal rancangan pada titik 30° = 1,347 mmemenuhi

c. ΔGZ-30° > 0,055 m - rad

Pengecekan Kurva Stabilitas Awal GZ-30°

Tabel 2.4. Tinggi kurva GZ 0° - 30°

NO.	Φ	GZ (m)	FS	GZ x FS (m)
1	0°	0	1	0
2	5°	0,219	4	0,876
3	10°	0,438	2	0,876
4	15°	0,657	4	2,628
5	20°	0,887	2	1,774
6	25°	1,117	4	4,468
7	30°	1,117	1	1,117
$\sum_1 =$				11,739

Sumber : Perhitungan Pribadi

$$\text{Dimana : } \Delta GZ - 30^\circ = \frac{\left(\frac{1}{3}\right) \times 5^\circ \times \sum_1}{57,3^\circ} = \frac{\left(\frac{1}{3}\right) \times 5^\circ \times 11,739}{57,3^\circ} = 0,341$$

Maka : $\Delta GZ - 30^\circ = 0,341 \text{ m-rad} > 0,055 \text{ m-rad}$ memenuhi

d. $\Delta GZ-40^\circ > 0,09 \text{ m - rad}$

Tabel 2.5 Tinggi kurva GZ $30^\circ - 40^\circ$

NO.	Φ	GZ	FS	GZ x FS
1	30°	1,117	1	1,117
2	35°	1,273	4	5,092
3	40°	1,430	1	1,430
Σ_2				7,639

Sumber : Perhitungan Pribadi

$$\text{Dimana : } \Delta GZ - 40^\circ = \frac{\left(\frac{1}{3}\right) \times 5^\circ \times \Sigma_2}{57,3^\circ} + \Delta Gz - 30^\circ = \frac{\left(\frac{1}{3}\right) \times 5^\circ \times 7,639}{57,3^\circ} + 0,341$$

$$= 0,563$$

Maka : $\Delta GZ - 40^\circ = 0,563 \text{ m-rad} > 0,09 \text{ m-rad}$ memenuhi

e. $(\Delta GZ-40^\circ) - (\Delta GZ-30^\circ) > 0,03 \text{ m - rad}$

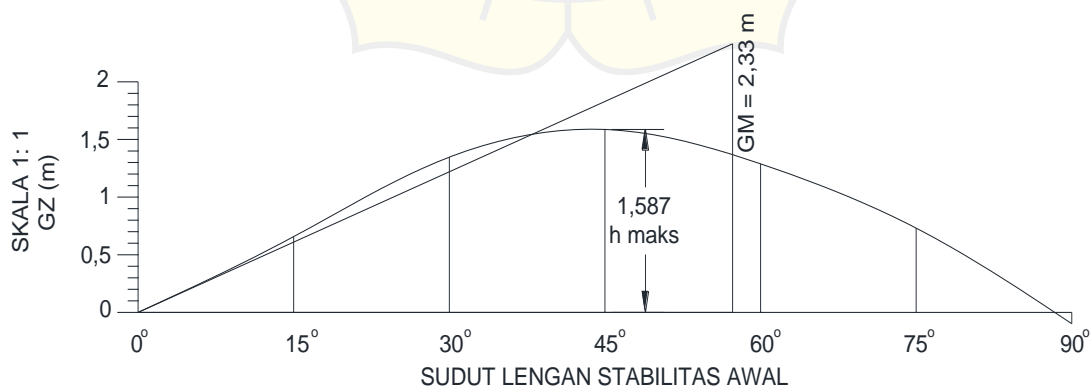
Dimana : $\Delta GZ-40^\circ = 0,563 \text{ m - rad}$

$\Delta GZ-30^\circ = 0,341 \text{ m - rad}$

Maka : $= (\Delta GZ-40^\circ) - (\Delta GZ-30^\circ)$

$= (0,563) - (0,341)$

$= 0,222 > 0,03 \text{ m-rad}$ memenuhi



Sumber : Perhitungan Pribadi

Gambar 2.21. Kurva Stabilitas Awal

7) Pemeriksaan Momen Pengganggu Stabilitas

Pemeriksaan momen pengganggu stabilitas kapal dari kapal yang akan direncanakan perlu dipertimbangkan, karena dalam kenyataannya kapal tidaklah selalu berlayar dalam keadaan kondisi pada saat air tenang (*still water*).

Langkah – langkah yang dilakukan untuk melakukan perhitungan momen pengganggu stabilitas adalah dengan menentukan jenis momen – momen pengganggunya, yaitu :

1. Momen Cikar (Mc)
2. Momen Angin (Mw)
3. Momen Pengganggu (Mp)
4. Momen Stabilitas (Ms)

1. Momen Cikar (Mc)

Momen cikar adalah momen yang terjadi pada saat kapal melakukan olah gerak yaitu belok kanan maupun ke kiri. Untuk menentukan momen cikar kapal rancangan ini digunakan rumus pendekatan yang terdapat dalam buku *Buoyancy And Stability Of Ships* karangan IR. R. F Scheltema De Heere dan DRS. A.R. Bakker, halaman 142, yaitu :

$$Mc = 0,233 \times (\rho \times \nabla \times (0,8 \times Vs)^2) / LBP \times (KG - 0,5 \times T)$$

Dimana :

Mc = Momen cikar kapal rancangan

ρ = Kepadatan air laut
= $104 \text{ Kg/sec}^2/\text{m}^4$

∇ = Volume *displacement* kapal rancangan
= $88485,53 \text{ m}^3$

Vs = Kecepatan kapal rancangan
= 15,5 knot
= 7,97 m/s

KG = *Center Of Gravity* diatas *baseline*
= 11,08 m

T = *Draft* kapal rancangan
= 14,3 m

LBP = panjang kapal rancangan
= 219 m

$$\begin{aligned} \text{Maka :} \quad M_c &= 0,233 \times \frac{104 \times 88485,53 \times (0,8 \times 7,97)^2}{219} \times 3,93 \\ &= 1564,251 \text{ ton meter} \end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas didapat nilai **$M_c = 1564,251 \text{ ton meter}$**

2. Momen Angin (M_w)

Untuk menentukan momen angin dari kapal rancangan digunakan rumus pendekatan yang terdapat dalam buku *Bouyancy And Stability Of Ships* karangan IR. R.F. Scheltema De Heere dan DRS. A. R. Bakker, halaman 85 dan 138, yaitu :

$$M_w = \xi \times 0,5 \times \rho \times V_w^2 \times A \times a$$

Dimana :

- M_w = Momen angin kapal rancangan
- ξ = Faktor kekuatan angin 1,2 ~ 1,3
= 1,3
- ρ = Kepadatan udara = $1,3 \times 10^{-4} \text{ ton. sec}^2/\text{m}^4$
- V_w = Kecepatan angin
= 15 m/s
- A = Luas bidang tangkap angin
= $1566,48 \text{ m}^2$
- a = Jarak titik tangkap angin diatas lambung kapal
= $0,5 \times T$
= $0,5 \times 14,3$
= 7,15 m

$$\begin{aligned} \text{Maka :} \quad M_w &= 1,3 \times 0,5 \times 1,3 \times 10^{-4} \times 15^2 \times 1566,48 \times 7,15 \\ &= 212,946 \text{ ton meter} \end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas ditetapkan **$M_w = 212,946 \text{ ton meter}$**

3. Momen Pengganggu (M_p)

Untuk menentukan momen pengganggu kapal rancangan adalah dengan menjumlahkan momen cikar dan momen angin.

$$M_p = M_c + M_w$$

Dimana :

- M_p = Momen pengganggu kapal rancangan
- M_c = Momen cikar kapal rancangan
= 1561,230 ton

$$\begin{aligned}M_w &= \text{Momen angin kapal rancangan} \\ &= 212,946 \text{ ton meter} \\ \text{Maka : } M_p &= 1564,251 + 212,946 \\ &= 1777,197 \text{ ton meter}\end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas diketahui nilai **$M_p = 1777,197 \text{ ton meter}$**

4. Momen Stabilitas (Ms)

Untuk menentukan momen stabilitas kapal rancangan adalah dengan mengalihkan h maks dari kurva stabilitas awal dengan volume *displacement* dari kapal rancangan.

$$M_s = h_{\text{maks}} \times \Delta$$

Dimana:

$$\begin{aligned}M_s &= \text{momen stabilitas kapal rancangan} \\ h_{\text{maks}} &= \text{h tertinggi pada kurva stabilitas awal} \\ &= 1,587 \text{ m} \\ \Delta &= \text{Displacement kapal rancangan} \\ &= 90697,67 \text{ ton}\end{aligned}$$

Maka :

$$\begin{aligned}M_s &= 1,587 \text{ m} \times 90697,67 \text{ Ton} \\ &= \mathbf{143937,20 \text{ ton meter.}}\end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan momen pengganggu dan momen stabilitas, selanjutnya dilakukan pengkoreksian pada momen stabilitas terhadap momen pengganggu. Menurut standar IMO bahwa momen stabilitas harus lebih besar daripada momen pengganggu .momen stabilitas (MS) > Momen Pengganggu (Mp).

$$\begin{aligned}\text{Dimana : } M_s &= \text{momen stabilitas kapal rancangan} \\ &= 143937,20 \text{ ton meter} \\ M_p &= \text{Momen pengganggu kapal rancangan} \\ &= 1777,197 \text{ ton meter}\end{aligned}$$

Maka : $143937,20 \text{ ton meter} > 1777,197 \text{ ton meter}$ (**Memenuhi**)