

## BAB II

### RENCANA AWAL

Dalam penyusunan tugas desain kapal ini, rencana awal merupakan estimasi perhitungan yang diperlukan dalam menghitung perhitungan rencana utama. Perhitungan ini terdiri dari beberapa perhitungan dengan ketentuan koreksi perhitungannya sebagai batas ketentuan minimum perhitungan tersebut. Adapun perhitungan-perhitungan dalam rencana awal tersebut antara lain :

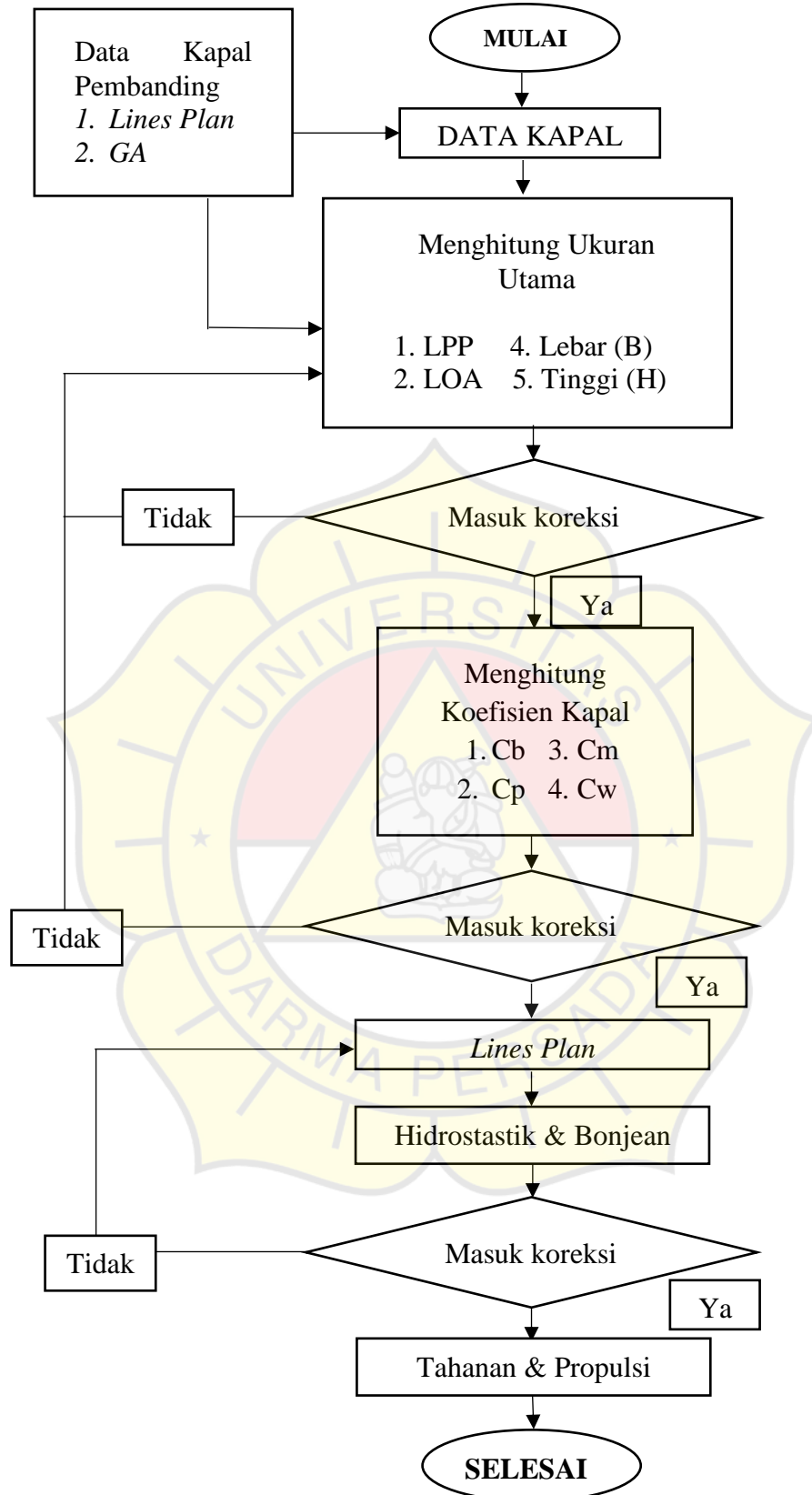
1. Estimasi Ukuran Utama, Koefisien Kapal dan Perkiraan Displasemen Kapal
2. Estimasi Tenaga Penggerak Kapal
3. Estimasi Anak Buah Kapal
4. Perkiraan Berat Kapal (*Dead Weight Ton dan Light Weight Ton*)
5. Koreksi Berat Kapal
6. Pemeriksaan *Freeboard* atau Lambung Timbul
7. Sketsa Rencana Umum
8. Estimasi Stabilitas Awal Kapal

#### **2.1 Estimasi Ukuran Utama, Koefisien dan Perkiraan Displacement 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 dan Koefisien 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 ( LPP )

$$LPP_2 = \sqrt[3]{\frac{DWT_2}{DWT_1}} \times LPP_1$$

Dimana :         DWT<sub>1</sub> = Kapal Pembanding

                  DWT<sub>2</sub> = Kapal Rancangan

                  LPP<sub>1</sub> = Kapal Pembanding

                  LPP<sub>2</sub> = Kapal Rancangan

$$\begin{aligned} LPP_2 &= \sqrt[3]{\frac{35.000}{34.251}} \times 199,0 \\ &= 200,440 \text{ m} \end{aligned}$$

Dari perhitungan tersebut di tetapkan harga **LBP = 200,5 m**

- Estimasi Panjang Keseluruhan Kapal (LOA).

Dari kapal pembanding, diperoleh :

$$\begin{aligned} C &= \frac{LOA}{LPP} \\ &= \frac{210,07}{199,00} \\ &= 1,056 \end{aligned}$$

Untuk kapal rancangan :

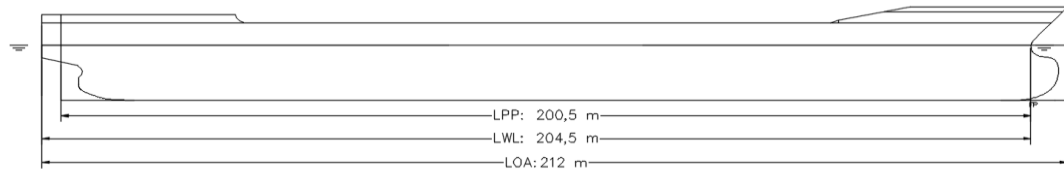
$$\begin{aligned} LOA &= C \times LPP \\ &= 1,056 \times 200,5 \\ &= 211,72 \text{ m} \end{aligned}$$

Dari perhitungan di atas ditetapkan harga **LOA= 212,0 m**

- Estimasi Panjang Garis Air (LWL).

$$\begin{aligned} LWL &= (2\% \times LPP) + LPP \\ &= (2\% \times 200,5) + 200,5 \\ &= 204,51 \end{aligned}$$

Dari perhitungan ditetapkan harga **LWL = 204,5 m**



Sumber: Pengolahan Data.

Gambar 2. 2 LOA, LWL, LPP Kapal Rancangan.

2. Estimasi Lebar Kapal.

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

$$\begin{aligned} \text{aspect ratio } L/B &= \frac{199,0}{30,2} \\ &= 6,589 \end{aligned}$$

Untuk kapal rancangan :

$$\begin{aligned} B &= \frac{LPP}{\text{aspect ratio}} \\ &= \frac{200,5}{6,589} \\ &= 30,429 \text{ m} \end{aligned}$$

Dari perhitungan di atas di tetapkan harga **B = 30,4 m.**

3. Estimasi Tinggi Kapal.

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

$$\begin{aligned} \text{aspect ratio } L/H &= \frac{199,0}{16,7} \\ &= 11,916 \end{aligned}$$

Untuk kapal rancangan :

$$\begin{aligned} H &= \frac{LPP}{\text{aspect ratio}} \\ &= \frac{200,5}{11,916} \\ &= 16,826 \text{ m} \end{aligned}$$

Dari perhitungan di atas di tetapkan harga **H = 17,0 m.**

4. Estimasi Sarat Kapal.

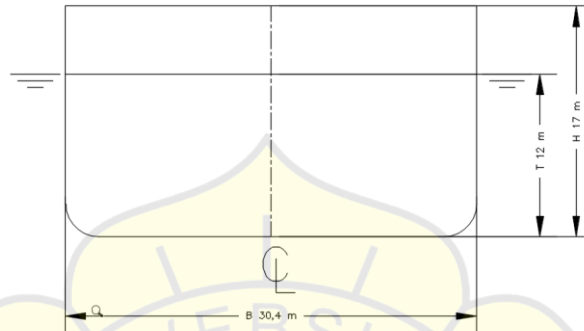
Menurut kapal perbandingan, nilai *aspect ratio* ( B/T ):

$$\begin{aligned} \text{aspect ratio } B/T &= \frac{30,2}{11,5} \\ &= 2,626 \end{aligned}$$

Untuk kapal rancangan:

$$\begin{aligned} T &= \frac{B}{\text{aspect ratio}} \\ &= \frac{30,5}{2,626} \\ &= 11,614 \text{ m} \end{aligned}$$

Dari perhitungan di atas di tetapkan harga **T = 12,0m.**



Sumber: Pengolahan Data

Gambar 2. 3 B, H, T Kapal Rancangan.

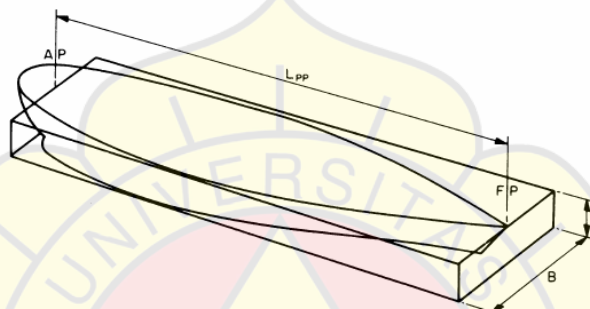
**Koreksi perbandingan ukuran utama kapal telah memenuhi syarat sebagai berikut:**

1.  $\frac{LPP}{B} = \frac{200,5}{30,5} = 6,573$       *Acc. Det Norske Veritas 1972 (5,0 – 7,0).*  
*Acc. Merancang Kapal I Ir. M.J Tamela Hal. 131 (5,0 – 7,0).*  
*Acc. Ship Design - Methodologies Of Preliminary Design, Hal. 102 (4,8 – 8,5).*
2.  $\frac{LPP}{H} = \frac{200,5}{17,0} = 11,794$       *Acc. Biro Klasifikasi Indonesia (9,0-14,0)*  
*Acc. Ship Design - Methodologies Of Preliminary Design, Hal. 102 (10,5 – 12,8).*
3.  $\frac{B}{H} = \frac{30,5}{17,0} = 1,79$       *Acc. USSR Ship Register 1956 (1,50-2,85).*
4.  $\frac{B}{T} = \frac{30,5}{12,0} = 2,54$       *Acc. Taylor (2,25 – 3,75).*  
*Acc. Ship Design - Methodologies Of Preliminary Design, Hal. 102 (2,1 – 3,2)*
5.  $\frac{T}{H} = \frac{12,0}{17,0} = 0,705$       *Acc. USSR Ship Register 1956 (0,66 – 0,82).*  
*Acc. R. Munro Smith (0,66 – 0,74).*

### 2.1.2 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 Block (Cb).*



Sumber : Buku Teknik Konstruksi Kapal Baja Jilid I.

Gambar 2. 4 Koeffisien Blok.

maka untuk mendapatkan Cb kapal rancangan dihitung dengan rumus Acc.

Kerlen (1970) :

$$C_b = 1,179 - 2,026 \times F_n$$

Dimana :  $F_n = \text{Froude Number} = \frac{V_s}{\sqrt{g \times L_{pp}}}$

$$V_s = 16,8 \text{ knots} = 8,643 \text{ m/s}$$

$$L_{pp} = 200,5 \text{ m}$$

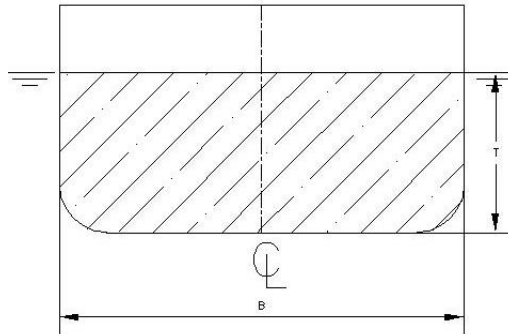
$$g = 9,81 \text{ m/s}^2$$

$$\text{Jadi : } F_n = \frac{8,643}{\sqrt{9,81 \times 200,5}} \quad C_b = 1,179 - 2,026 \times F_n$$

$$F_n = 0,1948 \quad C_b = 1,179 - 2,026 \times 0,1948$$

$$C_b = 0,7843$$

Dari perhitungan tersebut di tetapkan harga **Cb = 0,784**

b. *Coefficient Midship (Cm).*

Sumber : Data Olahan

Gambar 2. 5 Koeffisien Luasan Penampang Tengah.

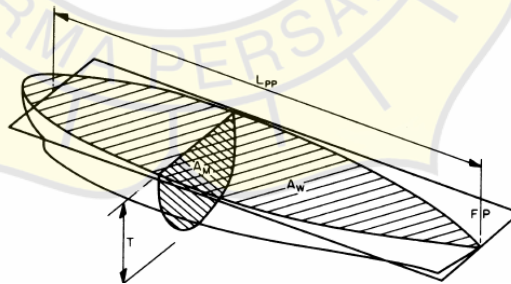
Maka untuk mendapatkan  $C_m$  kapal rancangan dihitung dengan menggunakan rumus dari *Sabit Series 60* (“*Ship Design and Ship Theory*” hal. 52)

$$\begin{aligned} C_m &= 0,93 + 0,08 \times C_b \\ &= 0,93 + 0,08 \times 0,784 \\ &= 0,99272 \end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas ditetapkan harga  **$C_m = 0,993$**

c. *Coefficient Prismatic (Cp).*

Menurut Van Lammeren, dalam *Harald Poehls* 1979.

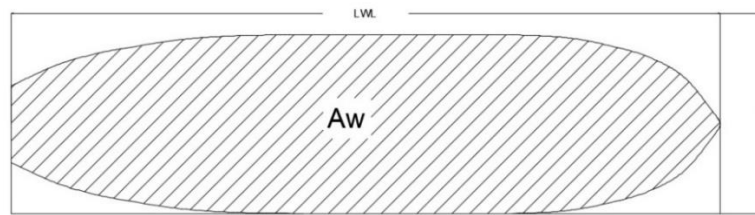


Sumber : Buku Teknik Konstruksi Kapal Baja Jilid I

Gambar 2. 6 Koeffisien Prismatic.

$$\begin{aligned} C_p &= \frac{C_b}{C_m} \\ &= \frac{0,784}{0,993} \\ &= 0,78952 \end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas ditetapkan harga  **$C_p = 0,790$**

d. *Coefficient Waterline (Cw).*

Sumber : Data Olahan

Gambar 2. 7 Koeffisien Garis Air.  
Menurut Vohler, dalam *Harald Poehls 1979*.

$$\begin{aligned} C_w &= (0,70 \times cb) + 0,3 \\ &= (0,70 \times 0,784) + 0,3 \\ &= 0,8488 \end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas ditetapkan harga **Cw = 0,849**

### 2.1.3 Displacement Kapal dan Volume Displacement Kapal.

#### 1. Displacement Kapal.

Berdasarkan Buku Teknik Konstruksi Kapal Baja, Indra Kusna Djaya jilid I halaman 27, untuk menghitung displacement kapal menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\Delta = LWL \times B \times T \times C_b \times \gamma$$

Dimana :  $\Delta$  = Displacement kapal rancangan.

LWL = Panjang antara garis air.

$$= 204,5 \text{ m}$$

B = Lebar kapal rancangan.

$$= 30,4 \text{ m}$$

T = Sarat air kapal rancangan.

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

Cb = Coefficient block kapal rancangan.

$$= 0,784$$

$\gamma$  = Coefficient air laut.

$$= 1,025 \text{ ton/m}^3$$

Maka :

$$\Delta = 204,5 \times 30,4 \times 12,0 \times 0,692 \times 1,025$$

$$= 59.949,84576 \text{ Ton}$$



Dari perhitungan diatas ditetapkan harga  $\Delta = \underline{59.949,850 \text{ Ton.}}$

## 2. Volume Displacement Kapal.

Untuk menentukan volume displacement ( $\nabla$ ) pada kapal rancangan digunakan rumus yang terdapat dalam buku Teknik Konstruksi Kapal Baja, Indra Kusna Djaya, jilid I halaman 27, yaitu :

$$\begin{aligned}\nabla &= LWL \times B \times T \times C_b \\ &= 204,5 \times 30,4 \times 12,0 \times 0,784 \\ &= 58.487,6544 \text{ m}^3\end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas ditetapkan  $\nabla = \underline{58.487,650 \text{ m}^3}$ .

### 2.1.4 Estimasi Bentuk *Midship* Kapal.

#### 1. Menentukan *Radius of Bilge* (R).

Untuk menentukan *radius of bilge* kapal rancangan rumus yang terdapat dalam buku *Ship Design for Efficiency and Economy*, H. Schneekluth and V. Bertram, halaman 29 rumus *bilge radius*, yaitu:

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

Dimana: B = Lebar kapal rancangan.  
= 30,4 m.

C<sub>m</sub> = *Coefficient Midship* kapal rancangan.  
= 0,993

T = Sarat air kapal rancangan.  
= 12,0 m

Maka :

$$\begin{aligned}R &= \sqrt{2,33 \times (1 - 0,993) \times 30,40 \times 12,00} \\ &= 2,439239 \text{ m}\end{aligned}$$

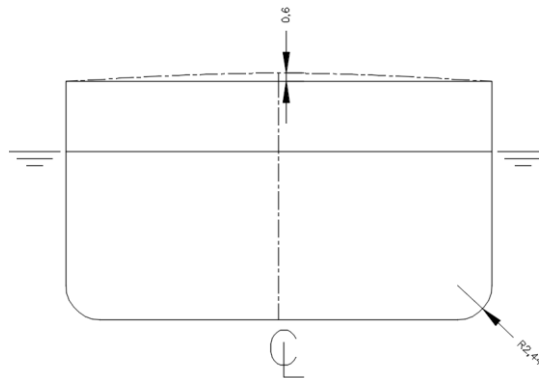
Dari perhitungan diatas ditetapkan harga  $R = \underline{2,44 \text{ m}}$

#### 2. Menentukan *Camber*:

Untuk menentukan *camber* digunakan rumus :

$$\text{Camber} = \frac{B}{50} = \frac{30,4}{50} = 0,608 \text{ m}$$

Dari perhitungan diatas ditetapkan harga  $\text{Camber} = \underline{0,600 \text{ m}}$



Sumber : Data Olahan

Gambar 2. 8 Skema Ukuran Radius Bilga dan Tinggi Chamber.

## 2.2 Estimasi Tenaga Penggerak.

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, hal.52)*.

$$\begin{aligned}
 R_f &= f \times S \times V^{1,825} \\
 \text{Dimana : } f &= 0,00871 + \frac{0,053}{(LPP+8,8)} \\
 &= 0,00871 + \frac{0,053}{[(200,5 \times 3,28) + 8,8]} \\
 &= 0,00879
 \end{aligned}$$

Menurut *Mumford*, dalam buku “Hambatan Kapal dan Daya Mesin Penggerak” Oleh *Teguh Sastrodiwongso* hal.64

$$\begin{aligned}
 S &= Lwl \times (1,7 \times T + Cb \times B) \\
 &= 204,5 \times (1,7 \times 12,0 + 0,784 \times 30,4) \\
 &= 9.045,771 \text{ m}^2 \\
 &= 97.367,869 \text{ ft}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Maka : } R_f &= 0,00879 \times 97.367,869 \times 16,8^{1,825} \\
 &= 147.432,754 \text{ lbs} \\
 &= 66.874,372 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

### b. Perkiraan Hambatan Sisa (Rr).

$$\begin{aligned}
 R_r &= 12,5 \times Cb \times \Delta \times \frac{V_s^4}{LPP^2} \\
 &= 12,5 \times 0,784 \times 59.949,85 \times \frac{16,8^4}{(200,5 \times 3,28)^2}
 \end{aligned}$$

$$= 108.211,86 \text{ lbs}$$

$$= 49.084,074 \text{ kg}$$

c. Perkiraan Hambatan Total (Rt).

$$R_t = R_f + R_r$$

$$= 66.874,372 \text{ kg} + 49.084,074 \text{ kg}$$

$$= 115.958,446 \text{ kg}$$

d. Penentuan Besar Tenaga Penggerak (EHP).

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

$$= \frac{115.958,446 \times 16.8 \times 0,5144}{75}$$

$$= 13.361,381 \text{ HP}$$

e. Penentuan Besar *Shaft Horse Power* (SHP).

$$SHP = \frac{EHP}{PC}$$

Dimana: PC diperkirakan 0,7

$$= \frac{13.361,381}{0,7}$$

$$= 19.087,687 \text{ HP}$$

f. Penentuan Besar Tenaga Penggerak (BHP).

Menurut buku "*Basic Principles of Ship Propulsion*" Oleh MAN Diesel

& Turbo pada halaman 29.

*Sea Margin* berkisar antara 10%~15%

$$BHP_{sm} = (15\% \times SHP) + SHP$$

$$= (15\% \times 19.087,687) + 19.087,687$$

$$= 21.950,840 \text{ HP}$$

$$= 16.368,738 \text{ KW}$$

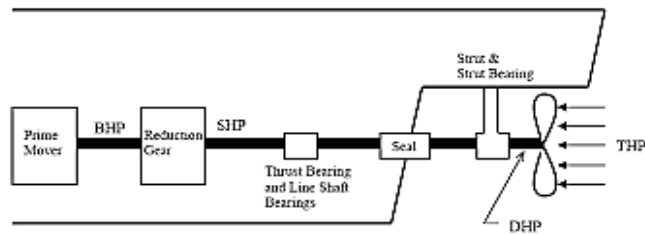
Faktor MCR :  $BHP_{sm} / 90\% - 85\%$

MCR = *Maximum continuous rating*

$$BHP_{mcr} = \frac{100}{90} \times 21.950,840 \text{ HP}$$

$$= 24.389,822 \text{ HP}$$

$$= 18.187,487 \text{ KW}$$



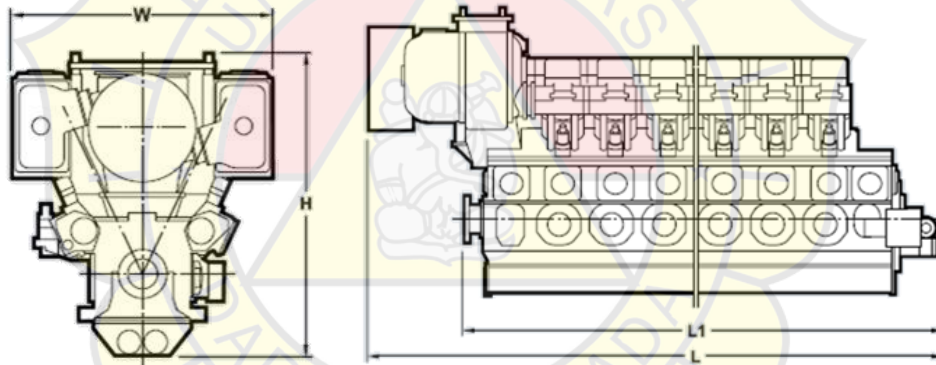
Sumber : <https://qdoc.tips/tahanan-kapal-pdf-free.html>

Gambar 2. 9 Tenaga Penggerak Kapal.

g. Penentuan Mesin Utama dan Mesin Bantu Sementara.

1. Mesin Utama.

Dengan didapatkan besar daya mesin diatas maka perancang menggunakan daya yang sedikit lebih besar dari daya perhitungan diatas sebesar **24.389,822 HP (18.187,487 KW)**. Dengan daya mesin yang telah didapatkan, maka perancang mencari spesifikasi tersebut dikatalog yang ada.



Sumber : Katalog Mesin MAN B&W.

Gambar 2. 10 Mesin Utama Sementara.

- *Merk* : MAN B&W.
- *Type* : 18V48/60CR.
- *Daya* : 21.600 kW (28966,077 HP).
- *Cylinders* : 18.
- *Stroke* : 600 mm.
- *Cylinder Bore* : 480 mm.
- *Speed* : 514 rpm.
- *SFOC* : 178 g/kWh.
- $P \times L \times T$  : 14.100 mm  $\times$  4.700 mm  $\times$  5.355 mm.

## 2. Mesin Bantu.

Untuk membantu pengoperasian pada kapal selama kapal tersebut berlayar, seperti menghidupkan mesin-mesin geladak, pompa-pompa hidrolis, lampu-lampu, Air Condition, navigasi dan lain sebagainya diperlukannya listrik.

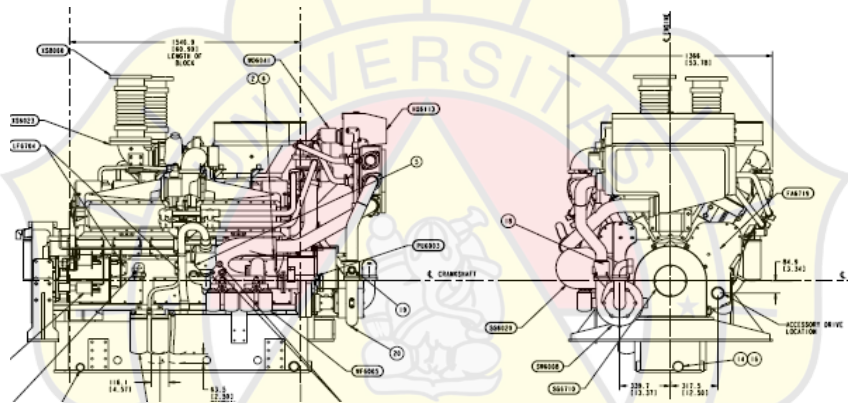
$$PAE = 10 - 15 \% \times BHP$$

Dimana :

PAE (*Power Auxiliary Engine*) = Daya mesin bantu kapal rancangan.

BHP (*Brake Horse Power*) = Daya mesin utama kapal rancangan  
= 28.966,077 HP.

Maka : PAE = 10 % x 28.966,077 = 2.896,607 HP ( 2.160 kW).



Sumber : Katalog Mesin Bantu Cummins.

Gambar 2. 11 Mesin Bantu Sementara.

Untuk kapal rancangan ini menggunakan 4 mesin bantu dengan konfigurasi 3 mesin menyala dan 1 mesin sebagai mesin darurat, spesifikasi mesin bantu yang digunakan sebagai berikut:

- *Merk* : Cummins Inc.
- *Type* : KTA38-M1.
- *Daya* : 746 kW (1.000 HP)/2.238 kW.
- *Cylinders* : 12.
- *Stroke* : 159 mm.
- *Cylinder bore* : 159 mm.
- *Speed* : 1800 rpm.
- *SFOC* : 185,1 g/KWh.
- *P x L x T* : 2.152 mm x 1.462 mm x 2.083 mm.

## 2.3 Estimasi Anak Buah Kapal.

### 2.3.1 Penentuan Jumlah Anak Buah Kapal.

Kapal – kapal berbendera Indonesia mengacu pada Keputusan Menteri No 70 Tahun 1998 yang dikeluarkan pada 21 Oktober 1998 tentang persyaratan minimal awak kapal dan sertifikat untuk kapal – kapal niaga pelayaran semua lautan dan di kawasan Indonesia. Susunan awak kapal sesuai dengan KM 70 Tahun 1998 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 sesuai dengan KM .70 Tahun 1998:

Tabel 2. 1 Persyaratan Awak Kapal Pelayaran.

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	RADIO OFFICER	ORU/GMDSS	ORU/GMDSS	ORU/GMDSS	ORU/GMDSS	
6	SERANG / BOSUN	1	1	1	1	
7	JURU MUDI	3	3	3	3	
8	KELASI	2	2	1	1	
9	KOKI	1	1	1	1	
10	PELAYANAN	1	1	1	1	
	JUMLAH AWAK	13	13	11	11	
		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 : KM.70 Tahun 1998 tentang persyaratan minimum pengawakan kapal.

### 2.3.2 Susunan Anak Buah Kapal.

Berikut merupakan susunan anak buah kapal hasil dari perhitungan:

- a. Captain : 1 Orang
- b. Deck Departemen
  - Mualim 1,2 dan 3(*Officers*) : 3 Orang
  - Bosun (*Boatswain*) : 1 Orang
  - Juru Mudi(*Quarter Master*) : 3 Orang
  - Kelasi (*Sailor*) : 2 Orang
  - Cadet : 2 Orang
- c. Engine Departement
  - Kepala Kamar Mesin (*Chief Engineer*): 1 Orang
  - Masinis 1,2 dan 3(*Engineer*) : 3 Orang
  - Mandor (*Eng.Foreman*) : 1 Orang
  - Juru Minyak (*Oiler*) : 3 Orang
  - *Wiper* : 2 Orang
- d. Catering Departement
  - Koki : 1 Orang
  - Asisten Koki : 2 Orang +  
25 Orang

### 2.4 Estimasi Berat Kapal (LWT & DWT).

*Displacement* ( $\Delta$ ) kapal adalah berat kapal dalam keadaan kosong ditambah daya angkut dari kapal tersebut, dapat ditulis dalam rumus sebagai berikut :

LWT = *Light Weight Ton* (Berat kapal kosong).

DWT = *Dead Weight Ton* (Bobot mati kapal).

$$\Delta = LWT + DWT$$

#### 2.4.1 Perhitungan Berat Kapal Kosong(LWT).

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

- a. Berat Baja Kapal ( $W_{ST}$ ).
- b. Berat Permesinan Kapal ( $W_{ME}$ ).

c. Berat Peralatan dan Perlengkapan ( $W_{E\&O}$ ).

d. Margin.

### 1. 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 :

$W_{ST}$  (*Weight Steel*)= Berat Baja Kapal .

$K = 0,054 \text{ ton/m}^2$

$E = \text{Hull Numeral (m}^2)$  untuk *container* (6000-13000)

$$\begin{aligned} \text{Maka : } W_{ST} &= 0,0054 \times 13000^{1,36} \\ &= 21.249,892 \text{ ton.} \end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas ditetapkan harga  **$W_{ST} = 21.249,892 \text{ ton.}$**

### 2. Perhitungan 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 :

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

Dimana :  $W_{ME}$  = Berat permesinan kapal

$K = 0,69$  untuk *container*

$\text{MCR} = \text{Maximum Countinuos Rating}$  kapal rancangan (kW)  
= 21.600 KW

$$\begin{aligned} \text{Maka : } W_M &= 0,69 \times (21.600)^{0,7} \\ &= 746,392 \text{ ton} \end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas ditetapkan  **$W_{ME} = 746,392 \text{ ton.}$**

### 3. Perhitungan Berat Peralatan dan Perlengkapan ( $W_{e\&o}$ ).

Untuk menentukan berat peralatan dan perlengkapan 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 :

$$W_{E\&O} = K \times L \times B$$



Dimana : WE&O (Weight Equipment & Outfitting)= Berat Peralatan dan Perlengkapan kapal rancangan:

$$K = 0,34- 0,38 \text{ ton/m}^2 \quad \text{untuk container}$$

$$L = \text{Panjang kapal rancangan} = 200,5 \text{ m}$$

$$B = \text{Lebar kapal rancangan} = 30,4 \text{ m}$$

$$\text{Maka: WE\&O} = 0,38 \times 200,5 \times 30,2$$

$$= 2.316,176 \text{ ton.}$$

Dari perhitungan diatas ditetapkan **WE&O = 2.316,176 ton.**

#### 4. Menentukan *Margin Light Weight Ton (LWT)*.

Untuk menentukan Margin dari LWT kapal rancangan ini menggunakan rumus pendekatan yang terdapat dalam buku D.G.M. Watson dengan judul Practical Ship Design halaman 114 sebagai berikut :

$$\text{Margin} = [\text{WST} + \text{WM} + \text{WE\&O}] \times 2\%$$

$$\text{Dimana : WST} = \text{Berat baja kapal rancangan} = 21.249,891 \text{ Ton}$$

$$\text{WME} = \text{Berat permesinan kapal} = 746,392 \text{ Ton}$$

$$\begin{aligned} \text{WE\&O} &= \text{Berat peralatan dan perlengkapan kapal} \\ &= 2.316,176 \text{ Ton} \end{aligned}$$

$$\text{Maka : Margin} = [21.249,891 + 746,392 + 2.316,176] \times 2\%$$

$$= 486,249 \text{ Ton.}$$

Dari perhitungan diatas ditetapkan harga Margin LWT = 486,249 Ton.

Dari perhitungan diatas ditetapkan harga **Margin LWT = 486,249 Ton.**

#### **TOTAL BERAT LIGHT WEIGHT (LWT) KAPAL :**

$$\text{Berat Baja Kapal (W}_{\text{ST}}) = 21.249,892 \text{ Ton.}$$

$$\text{Berat Permesinan Kapal (W}_{\text{ME}}) = 746,392 \text{ Ton.}$$

$$\text{Berat Peralatan dan Perlengkapan ( (W}_{\text{E\&O}}) = 2.316,176 \text{ Ton.}$$

$$\text{Margin LWT} = 486,249 \text{ Ton.}$$

+

$$\text{Berat Kapal Kosong (LWT)} = \mathbf{24.798,709 \text{ Ton.}}$$

#### 2.4.2 Perhitungan Bobot Mati Kapal (DWT).

##### 1. Berat Bahan Bakar Mesin.(W<sub>FO</sub>).

Menurut dalam buku *Lectures On Ship Design And Ship Theory*, Harald Poehls, 1979 adalah sebagai berikut :

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

Dimana :  $Pb_{ME} = M/E = 21.600 \text{ Kw}$   
 $b_{ME} = \text{Koefisien pemakaian BBM} = 178 \text{ g/kWh}$   
 $S = \text{Radius Pelayaran} = 10.025 \text{ mil laut}$   
 $V_s = 16,8 \text{ knots}$   
 $(1,3 \sim 1,5) = \text{nilai koefisien diambil } 1,5$   
 $W_{FO} = \text{Weight Fuel Oil}$

Maka :

$$W_{FO} = [(21.600 \times 178)] \times \frac{10.025}{16,8} \times 10^{-6} \times 1,5$$

$$= 3.441,439 \text{ Ton}$$

Dari perhitungan diatas ditetapkan harga  **$W_{FO} = 3.441,439 \text{ Ton}$**

## 2. Berat Bahan Bakar Mesin Bantu ( $W_{FB}$ ).

Menurut dalam buku *Lectures On Ship Design And Ship Theory*, Harald Poehls, 1979 adalah sebagai berikut :

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

Dimana :  $Pb_{AE} = A/E = 746 \text{ kW} \times 3$   
 $= 2.238 \text{ kW}$   
 $b_{AE} = \text{Koefisien pemakaian BBM (SFOC dari mesin bantu)} = 185,1 \text{ g/kWh}$   
 $S = \text{Radius Pelayaran} = 10.025 \text{ mil laut}$   
 $V_s = 16,8 \text{ Knots}$   
 $(1,3 \sim 1,5) = \text{nilai koefisien diambil } 1,5$

Maka :  $W_{FB} = [(2.238 \times 185,1)] \times \frac{10025}{16,8} \times 10^{-6} \times 1,5$   
 $= 370,794 \text{ Ton.}$

Dari perhitungan diatas ditetapkan harga  **$W_{FB} = 370,794 \text{ Ton.}$**

## 3. Berat Minyak Pelumas (*Weight Of Lubricating Oil* ( $W_{LO}$ )).

Menurut dalam buku *Lectures On Ship Design And Ship Theory*, Harald Poehls, 1979 adalah sebagai berikut :

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

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

$$\begin{aligned} \text{Maka : } W_{LO} &= [(21.600 \times 1,5) + ((2.238 \times 1,5))] \times \frac{10025}{16,8} \times 10^{-6} \times (1,5) \\ &= 32,005 \text{ Ton.} \end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas ditetapkan harga  **$W_{LO} = 32,005 \text{ Ton}$** .

#### 4. Berat Air Bersih dan tawar (*Weight Of Fresh Water* ( $W_{FW}$ )).

Menurut dalam buku *Lectures On Ship Design And Ship Theory*, Harald Poehls, 1979 adalah sebagai berikut :

Dimana :

- Jumlah penumpang ABK  $Z = 25$  Orang
- *Drinking Water*  $DW = 10$  kg/org/hari
- *Washing water + Bathing Room*  $WW+BR = 70$  kg/org/hari
- *Boiler Feed Water*  $BFW = 0,14$  kg/Kwh
- *Addition For Tank Volume*  $Add. = 3\% - 4\%$
- Daya mesin utama  $Pb_{ME} = 21.600$  Kw
- Daya mesin bantu  $Pb_{AE} = 746 \text{ kW} \times 3 = 2.238 \text{ Kw}$

$$\begin{aligned} W_{FW} &= \left[ \left( (DW + (WW + BR)) \times Z \right) + \left[ (BFW \times (Pb_{ME} + Pb_{AE})) \times 24 \right] \right] \times \frac{S}{V} \times \frac{1}{24} + Add \\ &= \left[ \frac{(10 + (15 + 55)) \times 25}{(0,14 \times (21.600 + 2238)) \times 24} \right] \times \frac{10.025}{16,8} \times \frac{1}{24} + 4\% \\ &= 2.116.635,217 \text{ kg} \\ &= 2.116,635 \text{ Ton} \end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas ditetapkan harga  **$W_{FW} = 2.116,635 \text{ Ton}$**

#### 5. Berat Makanan (*Weight Of Provision* ( $W_{PROV}$ )).

Menurut dalam buku *Lectures On Ship Design And Ship Theory*, Harald Poehls, 1979 adalah sebagai berikut :

$$W_{PROV} = C_p \times Z \times \frac{S}{V_s} \times \frac{1}{24}$$

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

$Z = 25 \text{ Orang}$

Maka :  $W_{\text{PROV}} = 2 \times 25 \times \frac{10.025}{16,8} \times \frac{1}{24}$

$= 1243.179 \text{ kg}$

$= 1,244 \text{ Ton}$

Dari perhitungan diatas ditetapkan harga  **$W_{\text{PROV}} = 1,244 \text{ Ton}$**

## 6. Berat Awak Kapal, Penumpang Dan Barang Bawaan (*Weight Of Person and Luggage* ( $W_{\text{P+L}}$ )).

Menurut dalam buku *Lectures On Ship Design And Ship Theory*, Harald Poehls, 1979 adalah sebagai berikut :

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

Dimana :  $P = \text{Berat rata-rata ABK } 75 \text{ kg/orang}$

$L = \text{Berat barang bawaan ABK } 70 \text{ kg/ orang}$

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

Maka :  $W_{\text{P+L}} = 25 \times (75 + 70)$

$= 3.625 \text{ kg}$

$= 3,625 \text{ Ton}$

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

## 7. Berat Muatan (*Pay Load*).

Untuk menentukan berat yang akan dimuat oleh kapal maka digunakan rumus sebagai berikut:

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

Dimana :  $W_{\text{FO}} = 3.441,439 \text{ Ton}$

:  $W_{\text{FB}} = 370,794 \text{ Ton}$

:  $W_{\text{LO}} = 32,005 \text{ Ton}$

:  $W_{\text{FW}} = 2.116,635 \text{ Ton}$

:  $W_{\text{PROV}} = 1,244 \text{ Ton}$

:  $W_{\text{P+L}} = 3,625 \text{ Ton}$

Maka :  $W_{\text{PL}} = 35.000 - 5.965,742 = 29.034,258 \text{ Ton}$

Dari perhitungan diatas ditetapkan harga  **$W_{\text{PL}} = 29.034,258 \text{ Ton}$** .

Sehingga kapal ini dapat memuat pay load sebanyak 29.034,258 ton atau dengan menggunakan ukuran dimensi dan minimum visibility kapal 5° maka dapat membawa muatan sebanyak 2630 Teus.

### TOTAL BERAT DEAD WEIGHT TONNAGE SHIP (DWT)

1)	Berat Bahan Bakar ( $W_{FO}$ )	=	3.441,439	Ton
2)	Berat Bahan Bakar ( $W_{FB}$ )	=	370,794	Ton
3)	Berat Minyak Pelumas ( $W_{LO}$ )	=	32,005	Ton
4)	Berat Air Bersih dan Tawar ( $W_{FW}$ )	=	2.116,635	Ton
5)	Berat Makanan ( $W_{PROV}$ )	=	1,244	Ton
6)	Berat Awak Kapal dan Barang ( $W_{p+L}$ )	=	3,625	Ton
7)	Berat Muatan ( $W_{PL}$ )	=	29.034,258	Ton

---

**TOTAL PERHITUNGAN DWT = 35.000Ton**

### 2.5 Koreksi Berat Kapal.

*Displacement* menurut Hukum Archimedes ( $\Delta_1$ ), yaitu :

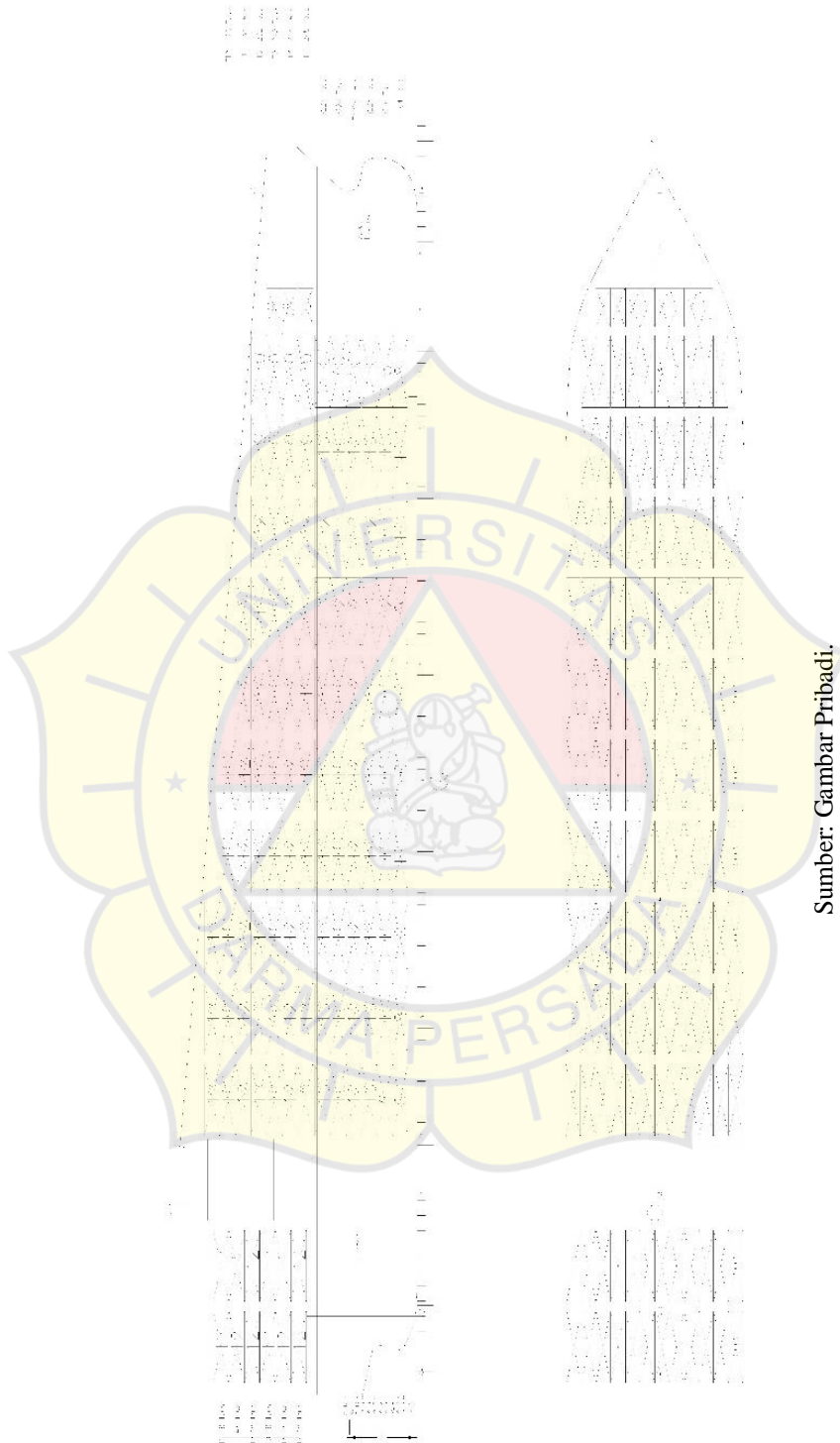
$$\begin{aligned}\Delta_1 &= LWL \times B \times T \times C_b \times \gamma \\ &= 204,5 \times 30,4 \times 12 \times 0,784 \times 1,025 \\ &= 59.949,850 \text{ Ton}\end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned}\text{Dimana : } \Delta_2 &= LWT + DWT \\ &= 24.798,709 \text{ Ton} + 35.000 \text{ ton} \\ &= 59.798,709 \text{ Ton}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Maka Koreksi} &= \left| \frac{59.949,850 - 59.798,709}{59.949,850} \right| \times 100\% \dots\dots\dots < 0,5 \% \\ &= 0,252 \% \dots\dots\dots < 0,5 \text{ (memenuhi)}\end{aligned}$$

## 2.6 Sketsa Rencana Umum.



Sumber: Gambar Pribadi.

Gambar 2. 12 Sketsa Rencana Umum.

## 2.7 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.

### 2.7.1 Pehitungan Titik Tekan dan Titik Berat.

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

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

$$\begin{aligned}\overline{KB} &= T \times \left( \frac{5 \times C_w - 2 \times C_b}{6 \times C_w} \right) \\ &= 12 \times \left( \frac{5 \times 0,849 - 2 \times 0,784}{6 \times 0,849} \right) \\ &= 6,306 \text{ m}\end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas ditetapkan  **$\overline{KB} = 6,306 \text{ m}$**

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

Untuk titik berat diperkirakan sebesar 60% dari tinggi kapal (H) maka:

$$\begin{aligned}\overline{KG} &= 0,6 \times H \\ &= 0,6 \times 17,0 \\ &= 10,2 \text{ m}\end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas ditetapkan  $\overline{KG} = 10,2 \text{ m}$

### 2.7.2 Pehitungan Stabilitas Melintang.

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

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

$$\begin{aligned}\overline{BM} &= \frac{B^2}{T} \times \frac{Cw(Cw+0,04)}{12xCb} \\ \text{Maka } \overline{BM} &= \frac{30,4^2}{12} \times \frac{0,849(0,849+0,04)}{12 \times 0,784} \\ &= 6,178 \text{ m}\end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas ditetapkan harga  $\overline{BM} = 6,178 \text{ m}$

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

$$\begin{aligned}\overline{KM} &= \overline{KB} + \overline{BM} \\ &= 6,306 + 6,178 \\ &= 12,484 \text{ m}\end{aligned}$$

Dari perhitungan ditetapkan  $\overline{KM} = 12,484 \text{ m}$

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

$$\begin{aligned}\overline{GM} &= \overline{KM} - \overline{KG} \\ &= 12,484 - 10,2 \\ &= 2,284 \text{ m}\end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas ditetapkan  $\overline{GM} = 2,284 \text{ m}$

### 2.7.3 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) tahun 2008, yaitu:

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

Dimana :  $T_R$  = Periode oleng kapal rancangan

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

$$B = 30,40 \text{ m}$$

$$T = 12,00 \text{ m}$$

$$LWL = 204,5 \text{ m}$$



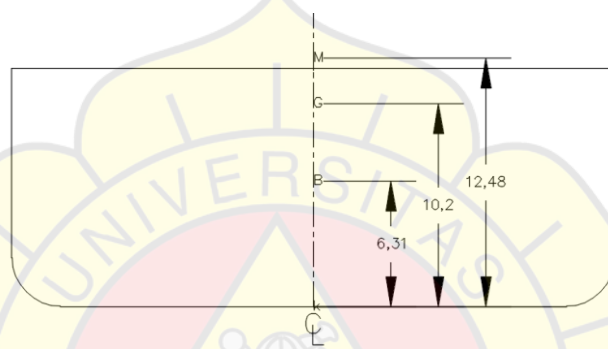
$$= 0,373 + \left(0,023 \times \frac{30,40}{12,00}\right) - \left(0,043 \times \frac{204,50}{100}\right) = 0,343$$

Maka :

$$= \frac{2 \times 0,343 \times 30,4}{\sqrt{2,284}}$$

$$= 13,799 \text{ detik} \dots\dots (\text{Memenuhi})$$

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: Data Pribadi.

Gambar 2. 13 Titik Stabilitas Kapal.

#### 2.7.4 Pengecekan $\overline{GM}$ Dengan Metode *Prohaska*.

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

##### A. $Hid = \text{Ideal Free Board}$

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

Dimana :

$$\begin{aligned} Sh &= 50 \times \left(\frac{LPP}{3} + 10\right) \\ &= 50 \times \left(\frac{200,50}{3} + 10\right) \\ &= 3841 \text{ mm} \\ &= 3,841 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Sf &= 25 \times \left(\frac{LPP}{3} + 10\right) \\ &= 25 \times \left(\frac{200,50}{3} + 10\right) \\ &= 1920 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$= 1,920 \text{ m}$$

Maka :

$$H_{id} = H + \frac{Sh+Sf}{6}$$

$$H_{id} = 17,0 + \frac{3,841+1,920}{6}$$

$$= 17,960 \text{ m}$$

### B. MTF (*Mean Time to Failure*).

$$MTF = \frac{t}{C_b} \times \frac{B^2}{T}$$

Dimana :

$$t = \frac{(2 C_w + 1)^3}{323}$$

$$= \frac{(2 \times 0,849 + 1)^3}{323}$$

$$= 0,060$$

$$\text{Maka : } MTF = \frac{0,060}{0,784} \times \frac{30,4^2}{12,0}$$

$$= 5,893$$

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

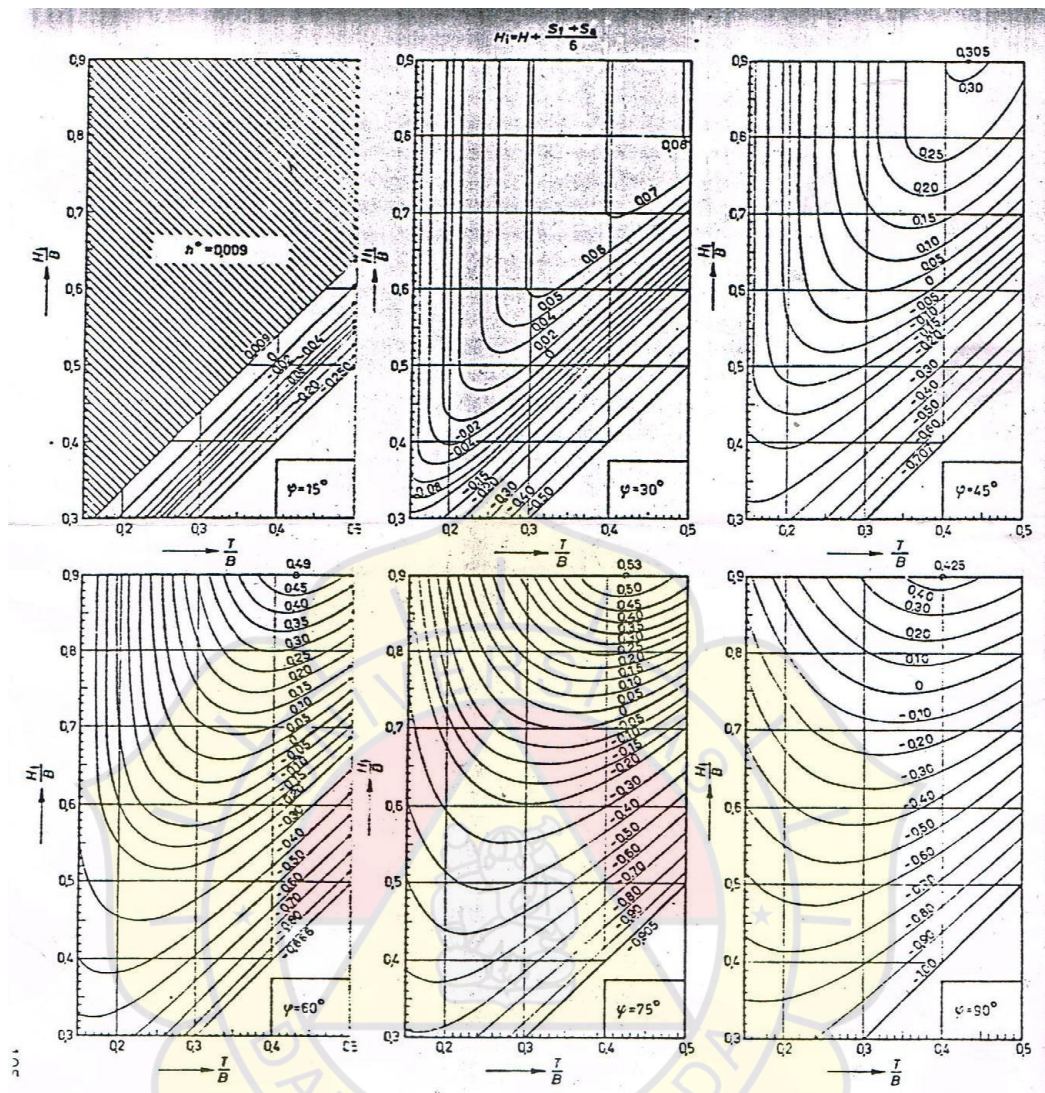
$$\frac{T}{B} = \frac{12,0}{30,4} = 0,395$$

$$\overline{MTF} = \overline{BM} = 6,178 \text{ m}$$

$$\frac{H_{id}}{B} = \frac{17,960}{30,4} = 0,591$$

$$\overline{GM} = 2,284 \text{ m}$$

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



Sumber: Buku Buoyancy and stability of ship.

Gambar 2. 14 Grafik Prohaska.

**c. Tabel Kurva Lengan Stabilitas Awal.**

Tabel 2. 2 Kurva Lengan Stabilitas Awal.

$\Phi$	0°	15°	30°	45°	60°	75°	90°
1. $\sin \phi$	0	0,259	0,500	0,707	0,866	0,965	1,000
2. $h*f$	0	0,009	0,02	-0,03	-0,15	-0,30	-0,43
3. $h*f \times MTF$	0	0,056	0,123	-0,185	-0,927	-1,853	-2,656
4. $GM \times \sin \phi$	0	0,592	1,142	1,614	1,978	2,204	2,204
5. $GZ = (3) + (4)$	0	0,648	1,265	1,429	1,051	0,351	-0,452

Sumber: Perhitungan Pribadi.

**D. Pengecekan Kurva Stabilitas Awal.**

Setelah kurva stabilitas awal didapatkan, kurva stabilitas tersebut harus di periksa berdasarkan standart dari IMO (International Of Maritime Organization), untuk stabilitas menggunakan buku Code O Intact Stability dari IMO 2009 Edition, yaitu :

**a.  $GM > 0,15$** 

Dimana :

$$GM = 2,284 \text{ m} > 0,15 \text{ m (memenuhi).}$$

**b.  $GZ - 30^\circ > 0,20$** 

Dimana GZ kapal rancangan pada titik  $30^\circ = 1,265 \text{ m}$  (memenuhi).

**c.  $\Delta GZ-30^\circ > 0,055 \text{ m - rad}$** 

Pengecekan Kurva Stabilitas Awal GZ- $30^\circ$

Tabel 2. 3 Tinggi kurva GZ  $0^\circ - 30^\circ$ .

NO.	$\Phi$	GZ (m)	FS	GZ x FS (m)
1	$0^\circ$	0,000	1	0
2	$5^\circ$	0,210	4	0,840
3	$10^\circ$	0,425	2	0,850
4	$15^\circ$	0,648	4	2,592
5	$20^\circ$	0,877	2	1,754
6	$25^\circ$	1,092	4	4,368
7	$30^\circ$	1,265	1	1,265
$\sum_1 =$				11,669

Sumber : Perhitungan Pribadi

$$\text{Dimana : } \Delta GZ - 30^\circ = \frac{\left(\frac{1}{3}\right) \times 5^\circ \times \sum_1}{57,3^\circ} = \frac{\left(\frac{1}{3}\right) \times 5^\circ \times 11,669}{57,3^\circ} = 0,339$$

Maka :

$$\Delta GZ - 30^\circ = 0,339 \text{ m-rad} > 0,055 \text{ m-rad (memenuhi)}$$

**d.  $\Delta GZ-40^\circ > 0,09 \text{ m} - \text{rad}$** Tabel 2. 4 Tinggi kurva GZ  $30^\circ - 40^\circ$ .

NO.	$\Phi$	GZ	FS	GZ x FS
1	$30^\circ$	1,265	1	1,265
2	$35^\circ$	1,380	4	5,52
3	$40^\circ$	1,436	1	1,436
$\Sigma_2$				8,221

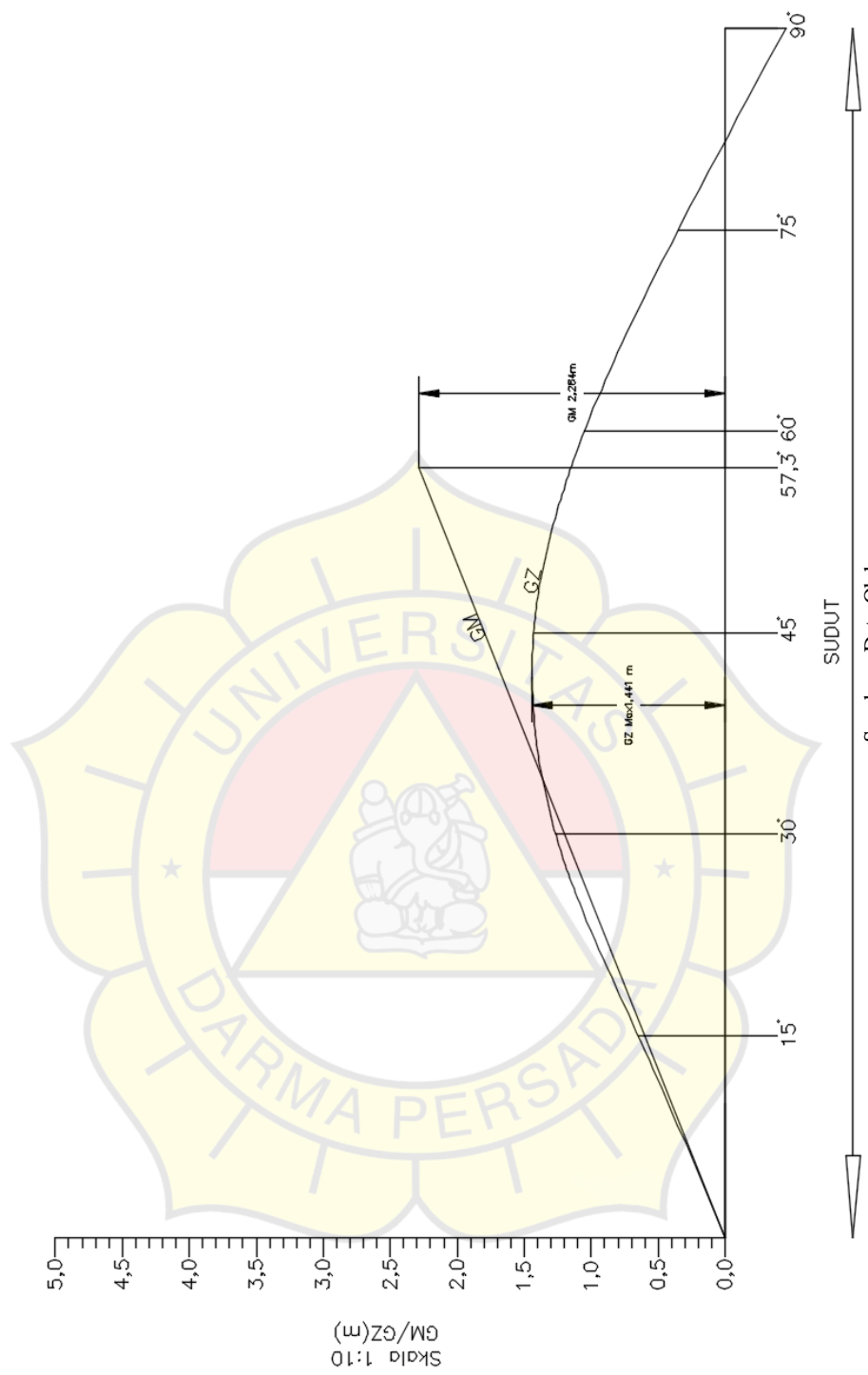
Sumber: Perhitungan Pribadi.

Dimana :

$$\Delta GZ - 40^\circ = \frac{\left(\frac{1}{3}\right) \times 5^\circ \times \Sigma_2}{57,3^\circ} + \Delta GZ - 30^\circ = \frac{\left(\frac{1}{3}\right) \times 5^\circ \times 8,221}{57,3^\circ} + 0,339$$

$$= 0,578$$

Maka :  $\Delta GZ - 40^\circ = 0,578 \text{ m-rad} > 0,09 \text{ m-rad}$  (memenuhi).**e.  $(\Delta GZ-40^\circ) - (\Delta GZ-30^\circ) > 0,03 \text{ m} - \text{rad}$** Dimana :  $\Delta GZ-40^\circ = 0,601 \text{ m} - \text{rad}$  $\Delta GZ-30^\circ = 0,356 \text{ m} - \text{rad}$ Maka :  $= (\Delta GZ-40^\circ) - (\Delta GZ-30^\circ)$  $= (0,578) - (0,339)$  $= 0,239 > 0,03 \text{ m-rad}$  (memenuhi)



Sumber : Data Olahan

Gambar 2. 15 Kurva Lengan Stabilitas Awal.

### E. Pemeriksaan Momen Pengganggu Stabilitas

Pemeriksaan momen pengganggu stabilitas kapal dari kapal yang akan dirancangan 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 (  $M_c$  )
2. Momen Angin (  $M_w$  )
3. Momen Pengganggu (  $M_p$  )
4. Momen Stabilitas (  $M_s$  )

#### 1. Momen Cikar ( $M_c$ )

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* oleh *IR. R. F Scheltema De Heere* dan *DRS. A.R. Bakker*, halaman 142, yaitu :

$$M_c = 0,233 \times ((\rho \times \nabla \times (0,8 \times V_s)^2) / LPP) \times (KG - 0,5 \times T)$$

Dimana :  $M_c$  = Momen cikar kapal rancangan

$\rho$  = Kepadatan air laut  
=  $104,5 \text{ Kg/sec}^2/\text{m}^4$

$\nabla$  = Volume *displacement* kapal rancangan  
=  $58.487,650 \text{ m}^3$

$V_s$  = Kecepatan kapal rancangan  
= 16,8 knot  
= 8,642 m/s

KG = *Center of Gravity* diatas *baseline*  
= 10,2 m

T = *Draft* kapal rancangan  
= 12,0 m

LPP = panjang kapal rancangan  
= 200,50 m

Maka :

$$M_c = 0,233 \times \frac{104,5 \times 58487,654 \times (0,8 \times 8,642)^2}{200,5} \times 4,2$$

$$= 1.425.869,551 \text{ Kg/meter}$$

Dari perhitungan diatas didapat nilai  **$M_c = 1.425,870 \text{ Ton/meter}$**

## 2. Momen Angin ( $M_w$ ).

Untuk menentukan momen angin dari kapal rancangan digunakan rumus pendekatan yang terdapat dalam buku *Buoyancy And Stability Of Ships* oleh *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
- $\xi$  = Faktor kekuatan angin 1,2 ~ 1,3  
= 1,3
- $\rho$  = Kepadatan udara =  $1,3 \times 10^{-4} \text{ ton. sec}^2/\text{m}^4$
- $V_w$  = Kecepatan angin  
= 15,5 m/s
- $A$  = Luas bidang tangkap angin  
= 1.524,696 m<sup>2</sup>
- $a$  = Jarak titik tangkap angin diatas lambung kapal  
= 0,5 x T  
= 0,5 x 12,0  
= 6 m

Maka :

$$M_w = 1,3 \times 0,5 \times 1,3 \times 10^{-4} \times 15,5^2 \times 1524,696 \times 6$$

$$= 1851,718 \text{ ton meter}$$

Dari perhitungan diatas ditetapkan  **$M_w = 1.851,718 \text{ ton meter}$**

## 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



$$= 1.425,870_{\text{ton}}$$

Mw = Momen angin kapal rancangan

$$= 1.851,718 \text{ ton meter}$$

Maka : Mp = 1.425,870+ 1.851,718

$$= 3.277,588\text{ton meter}$$

Dari perhitungan diatas diketahui nilai **Mp = 3.277,588 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.

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

Dimana: Ms = momen stabilitas kapal rancangan

h maks = h tertinggi pada kurva stabilitas awal

$$= 1,441 \text{ m}$$

$\Delta$  = *Displacement* kapal rancangan

$$= 59.949,850 \text{ ton}$$

Maka : Ms = 1,441 m x 59949,850 Ton

$$= \mathbf{86.387,734 \text{ ton meter.}}$$

Dari hasil perhitungan momen pengganggu dan momen stabilitas, selanjutnya dilakukan pengkoreksian pada momen stabilitas terhadap momen pengganggu. Menurut standar IMO 2009 Edition bahwa momen stabilitas harus lebih besar daripada momen pengganggu. Momen stabilitas ( MS ) > Momen Pengganggu ( Mp ).

Dimana : Ms = momen stabilitas kapal rancangan

$$= 86.387,734 \text{ ton meter}$$

Mp = Momen pengganggu kapal rancangan

$$= 192,125 \text{ ton meter}$$

Maka : 86.387,734 ton meter > 192,125 ton meter (**Memenuhi** ).