

BAB II

RENCANA AWAL

Dalam penyusunan tugas desain kapal ini, rencana awal merupakan estimasi perhitungan yang diperlukan untuk 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 :

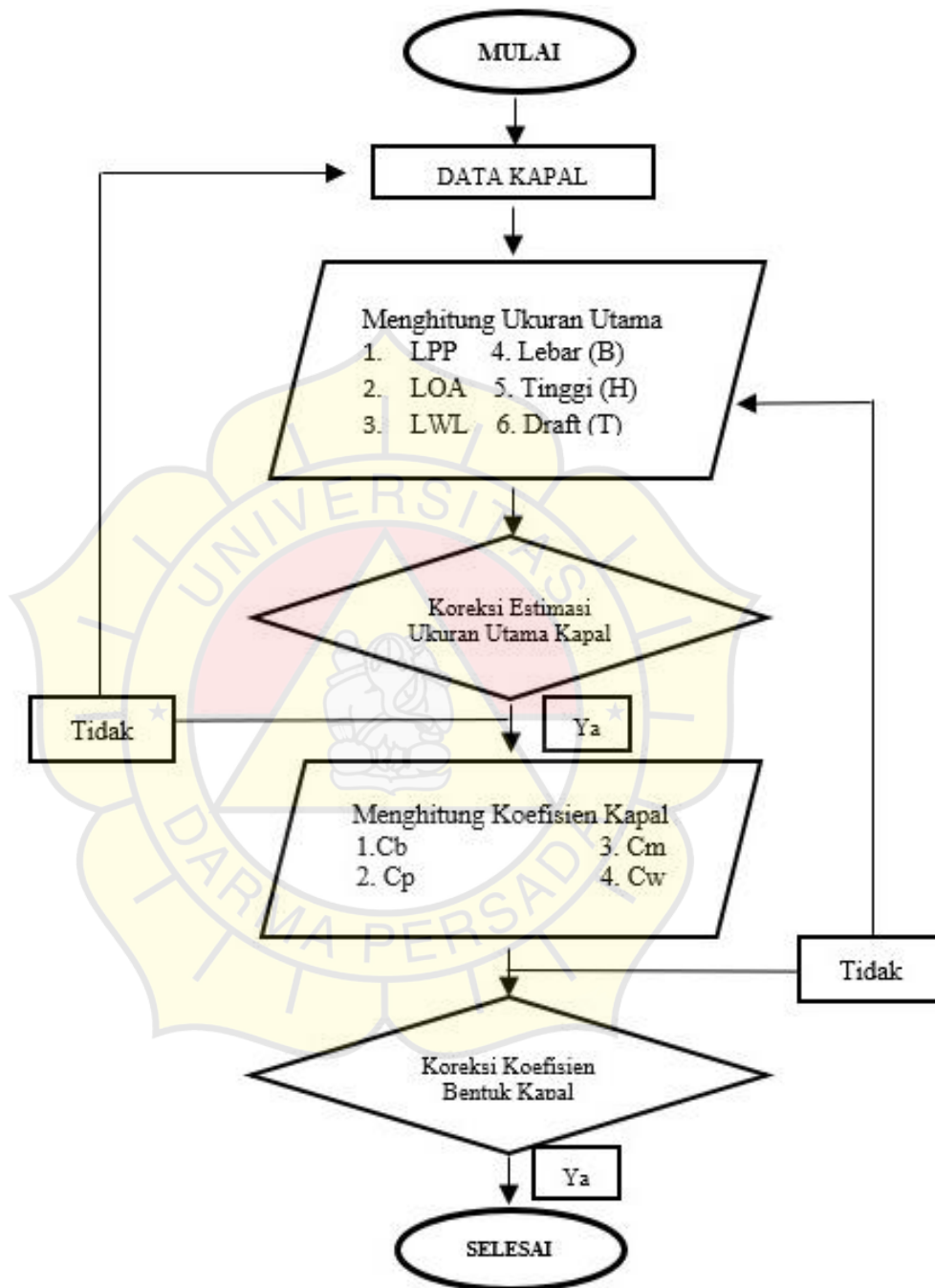
1. Estimasi Ukuran Utama, Koefisien Kapal dan Perkiraan Displasemen Kapal
2. Estimasi Tenaga Penggerak Kapal
3. Estimasi Kapasitas Ruang Muat
4. Estimasi Ukuran *Superstructure*
5. Pemeriksaan *Freeboard* atau Lambung Timbul
6. Sketsa Rencana Umum
7. Perkiraan Berat Kapal (*Dead Weight Ton* dan *Light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

2.1 ESTIMASI UKURAN UTAMA, KOEFISIEN DAN PERKIRAAN DISPLASEMEN KAPAL

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

- A. Menentukan *Length Between Perpendicular (LPP)*.
- 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 (LPP)

Untuk mendapatkan panjang kapal di gunakan metode *Comparison Ship*

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

Dimana : DWT₁ = Kapal Pembanding = 4178 ton

DWT₂ = Kapal Rancangan = 6000 ton

LPP₁ = Kapal Pembanding = 84,98 m

$$\begin{aligned} LPP &= \sqrt[3]{\frac{6000}{4178}} \times 84,98 \\ &= 95,87 \text{ m} \end{aligned}$$

Dari perhitungan tersebut di tetapkan harga **LPP = 96 m**

- Estimasi Panjang Keseluruhan Kapal (LOA)

Dari kapal pembanding, diperoleh :

$$\begin{aligned} C &= \frac{LOA}{LPP} \\ &= \frac{89,72}{84,98} \\ &= 1,05 \end{aligned}$$

Untuk kapal rancangan :

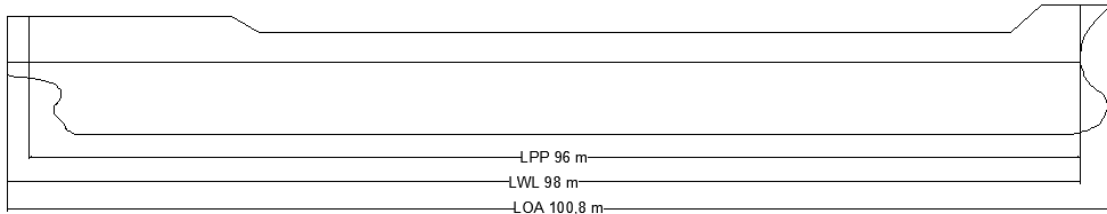
$$\begin{aligned} LOA &= C \times LPP \\ &= 1,05 \times 96 \text{ m} \\ &= 100,8 \text{ m} \end{aligned}$$

Dari perhitungan di atas ditetapkan harga **LOA = 100,8 m**

- Estimasi Panjang Garis Air (LWL)

$$\begin{aligned} LWL &= (2\% - 4\% \times Lpp) + Lpp \\ &= (2\% \times 96) + 96 \\ &= 97,92 \text{ m} \end{aligned}$$

Dari perhitungan di atas ditetapkan harga **LWL = 98 m**



Sumber : Gambar Pribadi

Gambar 2. 2 LOA, LWL, LPP Kapal Rancangan

2. Estimasi Lebar Kapal

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

$$\begin{aligned} L/B &= \frac{84,98}{13,6} \\ &= 6,24 \end{aligned}$$

Untuk kapal rancangan :

$$\begin{aligned} B &= \frac{LPP}{aspectratio} \\ &= \frac{96}{6,24} \\ &= 15,38 \text{ m} \end{aligned}$$

Dari perhitungan di atas di tetapkan harga **B = 15,4 m**

3. Estimasi Tinggi Kapal

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

$$\begin{aligned} L/H &= \frac{84,98}{7,2} \\ &= 11,8 \end{aligned}$$

Untuk kapal rancangan :

$$\begin{aligned} H &= \frac{LPP}{aspectratio} \\ &= \frac{96}{11,8} \\ &= 8,13 \text{ m} \end{aligned}$$

Dari perhitungan di atas di tetapkan harga **H = 8,2 m**

4. Estimasi Sarat Kapal

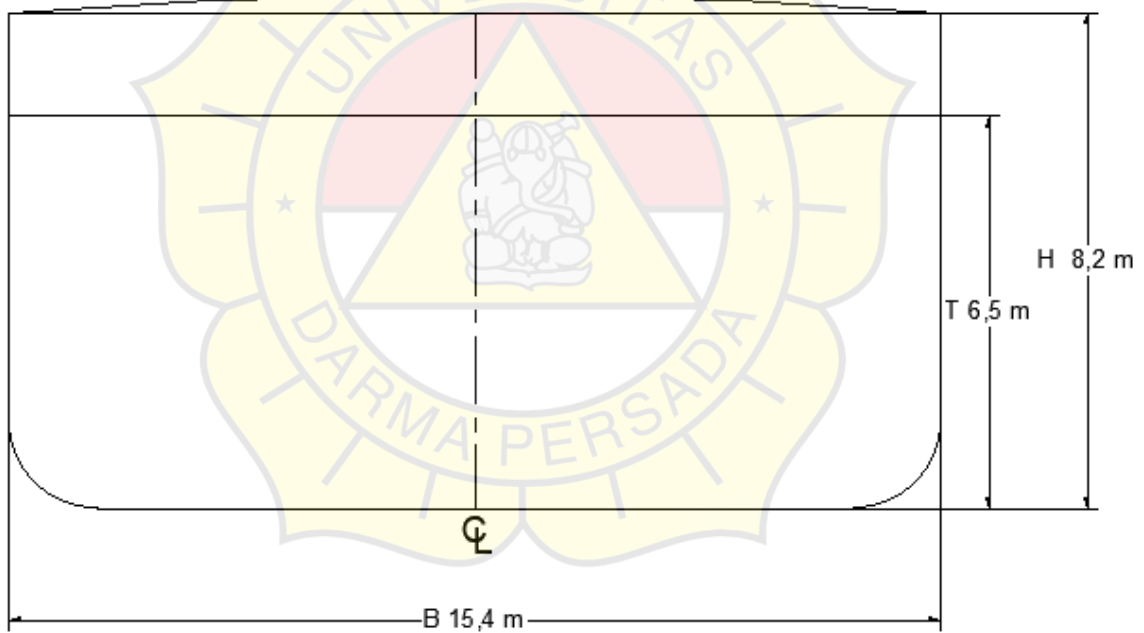
Menurut kapal pembanding, *nilai aspect ratio*(B/T)

$$\begin{aligned} B/T &= \frac{13,6}{5,725} \\ &= 2,375 \end{aligned}$$

Untuk kapal rancangan:

$$\begin{aligned} T &= \frac{B}{\text{aspectratio}} \\ &= \frac{15,4}{2,375} \\ &= 6,48 \text{ m} \end{aligned}$$

Dari perhitungan di atas di tetapkan harga **T = 6,5 m**



Sumber : Gambar Pribadi

Gambar 2. 3 B, H, T Kapal Rancangan

Koreksi perbandingan ukuran utama kapal adalah sebagai berikut:

1. $\frac{LPP}{B} = \frac{96}{15,4} = 6,23$ Acc. Merancang Kapal I, Ir. M.J. Tamaela hal.131(5,0-7,5)
2. $\frac{B}{T} = \frac{15,4}{6,5} = 2,36$ Acc. Ship Design for Efficiency and Economy (1,5 – 3,5)
3. $\frac{T}{H} = \frac{6,5}{8,2} = 0,79$ Acc. *USSR Ship Register* (0,66 – 0,82)
4. $\frac{LPP}{H} = \frac{96}{8,2} = 11,7$ Acc. Biro Klasifikasi Indonesia (9,0-14,0)
5. $\frac{B}{H} = \frac{15,4}{8,2} = 1,87$ Acc. *Practical Ship Design* hal.70 Fig.3.9 (1,50-2,85)

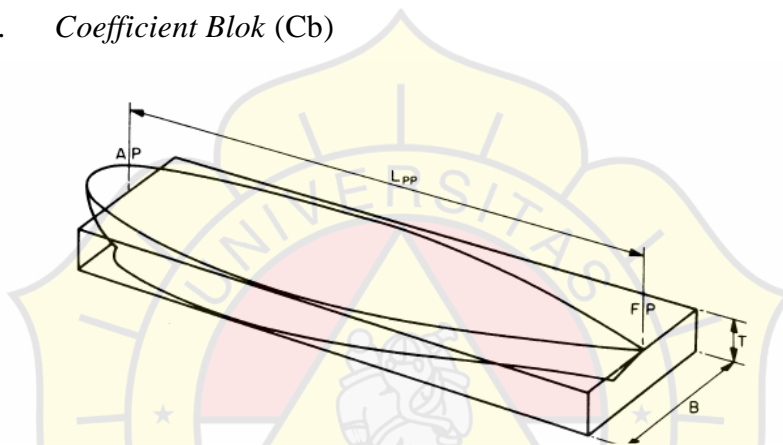


2.1.2 Estimasi Koefisien Bentuk Kapal

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 Blok (Cb)*



Sumber : Buku Teknik Konstruksi Kapal Baja Jilid I

Gambar 2. 4 Koefisien Blok

Koefisien ini digunakan untuk mengetahui bentuk lambung dari sebuah kapal rancangan yang mana semakin besar nilai sebuah koefisien bentuk, maka berdampak pada bentuk lambung yang gemuk. Berikut perhitungannya :

Menurut Kerlont

$$Cb = 1,179 - (0,333 \times \frac{Vs}{\sqrt{LBP}})$$

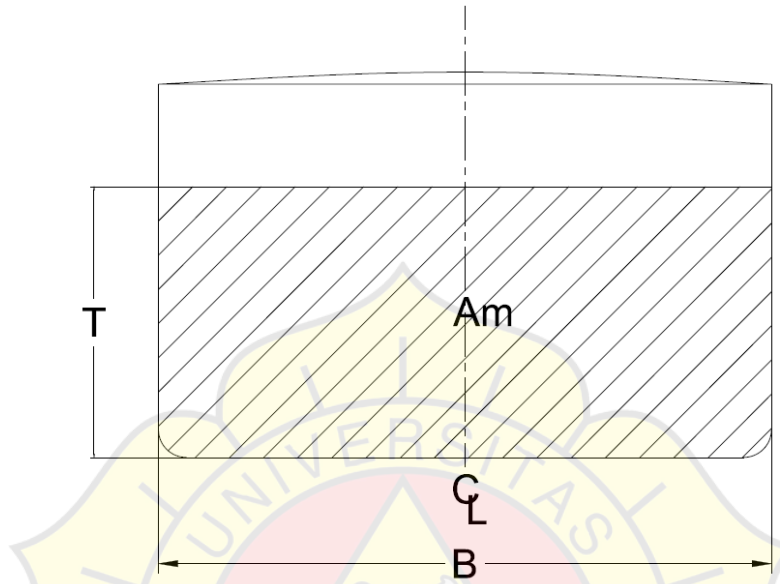
$$Cb = 1,179 - (0,333 \times \frac{12,00}{\sqrt{96}})$$

$$Cb = 0,771$$

Harga C_b yang diambil adalah 0,771

b. *Coefficient Midship* (C_m)

Acc. Sabit Series 60 (“*Ship Design and Ship Theory*” hal. 52)



Sumber : Gambar Pribadi

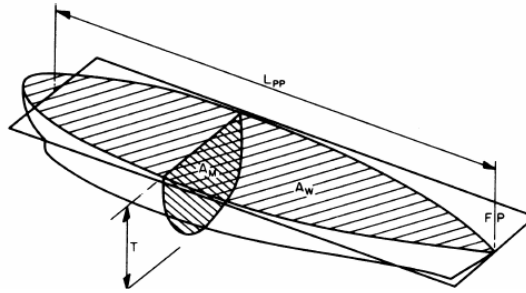
Gambar 2. 5 Koefisien Luasan Penampang Tengah

$$\begin{aligned} C_m &= 0,93 + 0,08 \times C_b \\ &= 0,93 + 0,08 \times 0,771 \\ &= 0,991 \end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas ditetapkan harga **$C_m = 0,991$**

c. *Coefficient Prismatic* (C_p)

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



Sumber : Buku Teknik Konstruksi Kapal Baja Jilid I

Gambar 2. 6 Koefisien Prismatik

$$\begin{aligned}C_p &= \frac{C_b}{C_m} \\&= \frac{0,771}{0,991} \\&= 0,778\end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas ditetapkan harga **C_p = 0,778**

d. *Coefficient Waterline (C_w)*

Dalam Buku “*Ship Design and Ship Theory*” hal.37



Sumber : Gambar Pribadi

Gambar 2. 7 Koefisien Garis Air

$$\begin{aligned}C_w &= 0,18 + (0,85 \times C_p) \\C_w &= 0,18 + (0,85 \times 0,778) \\&= 0,18 + 0,661 \\&= 0,841\end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas ditetapkan harga **C_w = 0,841**

2.1.3 Displacement Kapal dan Volume Displacement Kapal

1. *Displacement Kapal*

Berdasarkan Buku Teknik Konstruksi Kapal Baja jilid I hal.27 bagian B, 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 garis air

$$= 98 \text{ m}$$

B = Lebar kapal rancangan

$$= 15,4 \text{ m}$$

T = Sarat air kapal rancangan

$$= 6,5 \text{ m}$$

C_b = *Coefficient block* kapal rancangan

$$= 0,771$$

γ = *Coefficient air laut*

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

Maka :

$$\begin{aligned} \Delta &= 98 \times 15,4 \times 6,5 \times 0,771 \times 1,025 \\ &= 7752,440 \text{ Ton} \end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas ditetapkan harga $\Delta = \underline{7752,440 \text{ Ton}}$

2. 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 :

$$\begin{aligned} \nabla &= C_b \times LWL \times B \times T \\ &= 0,771 \times 98 \times 15,4 \times 6,5 \\ &= 7563,355 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas ditetapkan $\nabla = \underline{7563,355 \text{ m}^3}$

2.1.4 Estimasi Bentuk *Midship* Kapal

A. Menentukan *Radius of Bilge* (R)

Untuk menentukan *radius of bilge* kapal rancangan rumus yang terdapat dalam buku Gaguk Suhardjito dengan judul Rencana Garis pada halaman 9 dimana rumus *radius bilge* ,yaitu :

$$R = \sqrt{\frac{B \times T (1 - C_m)}{0,4292}}$$

Dimana : B = Lebar kapal rancangan

$$= 15,4 \text{ m}$$

C_m = *Coefficient midship* kapal rancangan

$$= 0,991 \text{ m}$$

T = Sarat kapal rancangan

$$= 6,5 \text{ m}$$

Maka :

$$R = \sqrt{\frac{15,4 \times 6,5 (1 - 0,991)}{0,4292}}$$
$$= 1,448 \text{ M}$$

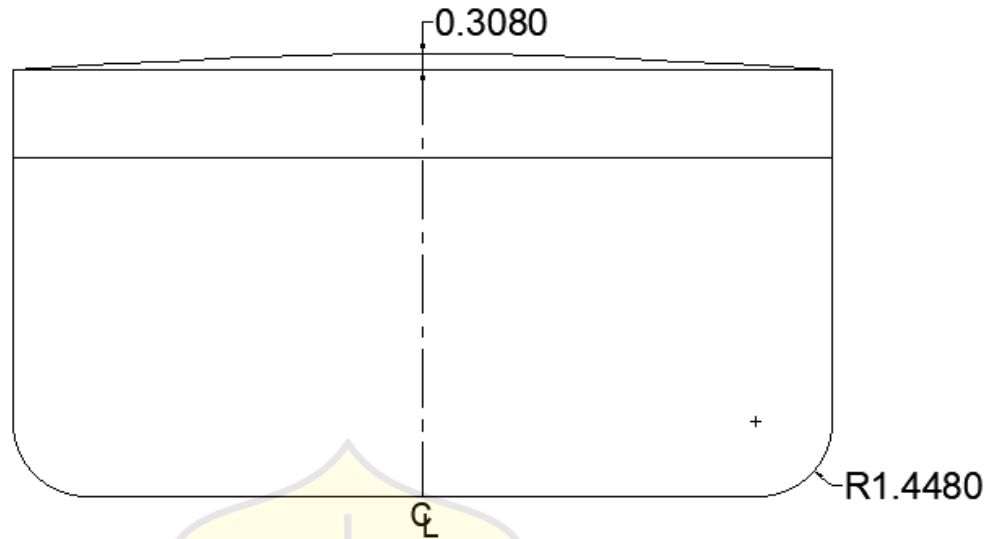
Dari perhitungan diatas ditetapkan harga **R = 1,448 M**

B. Menentukan *Camber*

Untuk menentukan *camber* digunakan rumus :

$$Camber = \frac{B}{50} = \frac{15,4}{50} = 0,308 \text{ m}$$

Dari perhitungan diatas ditetapkan harga **Camber = 0,308 m**



Sumber : Gambar Pribadi
Gambar 2. 8 Camber dan Radius Bilga

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, 1992.Pg.52).

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

$$\text{Dimana : } f = 0,00871 + \frac{0,053}{(LPP+8,8)}$$

$$= 0,00871 + \frac{0,053}{[(96 \times 3,28) + 8,8]}$$
$$= 0,00886$$

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

$$S = Lwl \times (1,7 \times T + Cb \times B)$$
$$= 98 \times (1,7 \times 6,5 + 0,771 \times 15,4)$$
$$= 2246,493 \text{ m}^2$$
$$= 24181,049 \text{ ft}^2$$

Maka : $R_f = 0,00886 \times 24181,049 \times 12^{1,825}$

$$= 19971,681 \text{ lbs}$$
$$= 9059,002 \text{ kg}$$

b. Perkiraan Hambatan Sisa (R_r)

$$R_r = 12,5 \times C_b \times \Delta \times \frac{V_s^4}{LPP^2}$$
$$= 12,5 \times 0,771 \times 7752,440 \times \frac{12^4}{(96 \times 3,28)^2}$$
$$= 15625,633 \text{ lbs}$$
$$= 7087,667 \text{ kg}$$

c. Perkiraan Hambatan Total (R_t)

$$R_t = R_f + R_r$$
$$= 9059,002 \text{ kg} + 7087,667 \text{ kg}$$
$$= 16146,669 \text{ kg}$$

d. Penentuan Besar Tenaga Penggerak (EHP)

$$EHP = \frac{R_t \times V_s}{75}$$
$$= \frac{16146,669 \times 12 \times 0,5144}{75}$$
$$= 1328,935 \text{ HP}$$

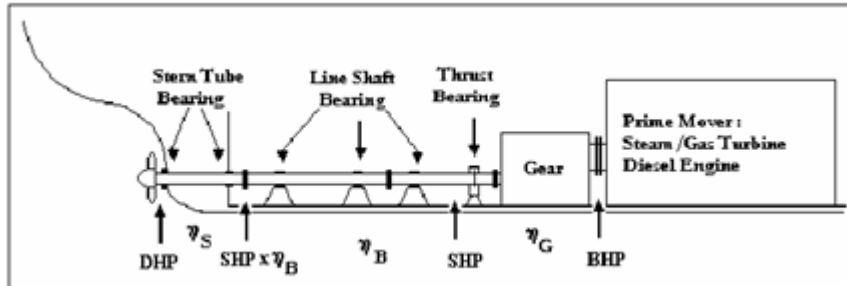
e. Penentuan Besar *Shaft Horse Power* (SHP)

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

Dimana: PC diperkirakan 0,7

$$= \frac{1328,935}{0,7}$$

$$= 1898,478 \text{ HP}$$



Sumber : Google

Gambar 2. 9 Tenaga Penggerak Kapal

f. Penentuan Besar Tenaga Penggerak (BHP)

Sea Margin berkisar antara 15%~20%

$$\begin{aligned} \text{BHP} &= (15\% \times \text{SHP}) + \text{SHP} \\ &= (15\% \times 1898,478) + 1898,478 \\ &= 18923,219 \text{ HP} \\ &= 1628,048 \text{ KW} \end{aligned}$$

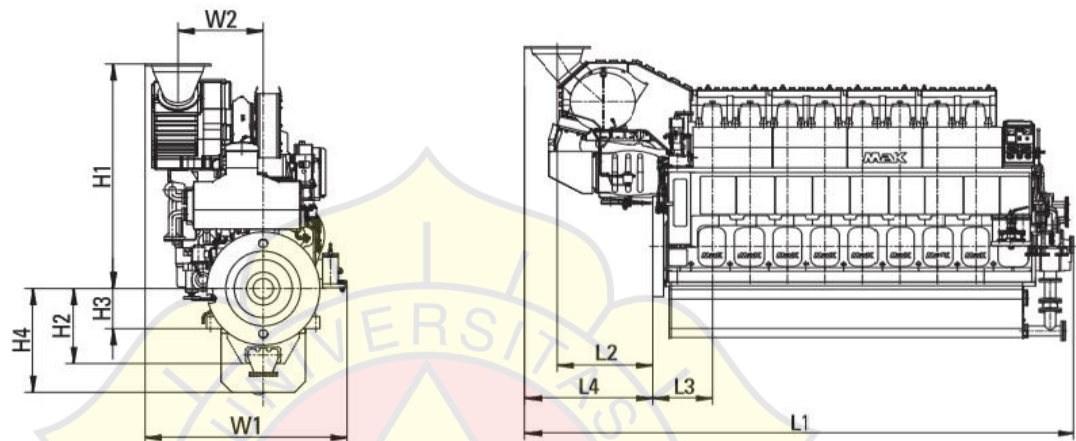
Faktor MCR : $\text{BHP}_{\text{sm}} / 85\%$

$$\begin{aligned} \text{BHP}_{\text{mcr}} &= \frac{100}{85} \times 2183,249 \text{ HP} \\ &= 2568,249 \text{ HP} \\ &= 1915,142 \text{ KW} \end{aligned}$$

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 **2682,044 HP (2000 KW)**. Dengan daya mesin yang telah didapatkan, maka perancang mencari spesifikasi tersebut dikatalog yang ada.



Gambar 2. 10 Mesin Utama Sementara

- *Merk* : Caterpillar
- *Type* : 6M 25 C
- *Daya* : 2000 KW (2682,044 HP)
- *Cylinders* : 8
- *Stroke* : 400 mm
- *Cylinder bore* : 255 mm
- *Speed* : 750 rpm
- *SFOC* : 186 g/KWh
- *P x L x T* : 5345 mm x 2237 mm x 3717 mm

2. Mesin Bantu

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

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

Dimana : PAE = Daya mesin bantu kapal rancangan
BHP = Daya mesin utama kapal rancangan = 2682,044 HP
Maka : PAE = 10 % x 2682,044 = 268,204 HP

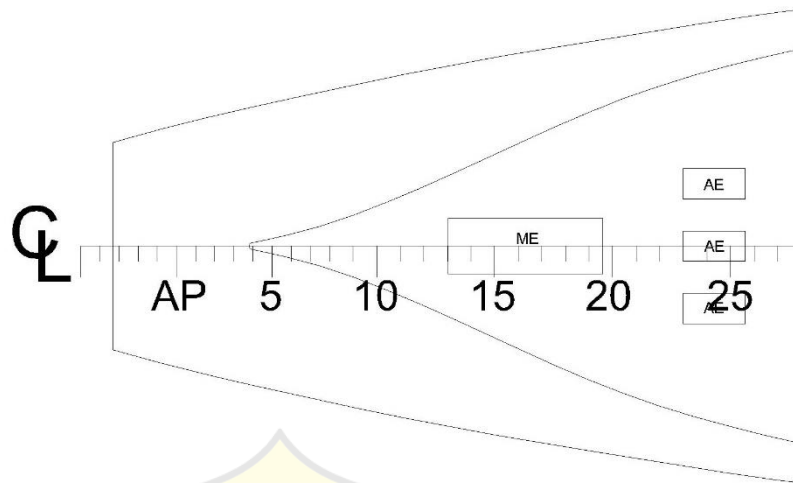


Sumber : Katalog Mesin Caterpillar

Gambar 2. 11 Mesin Bantu Sementara

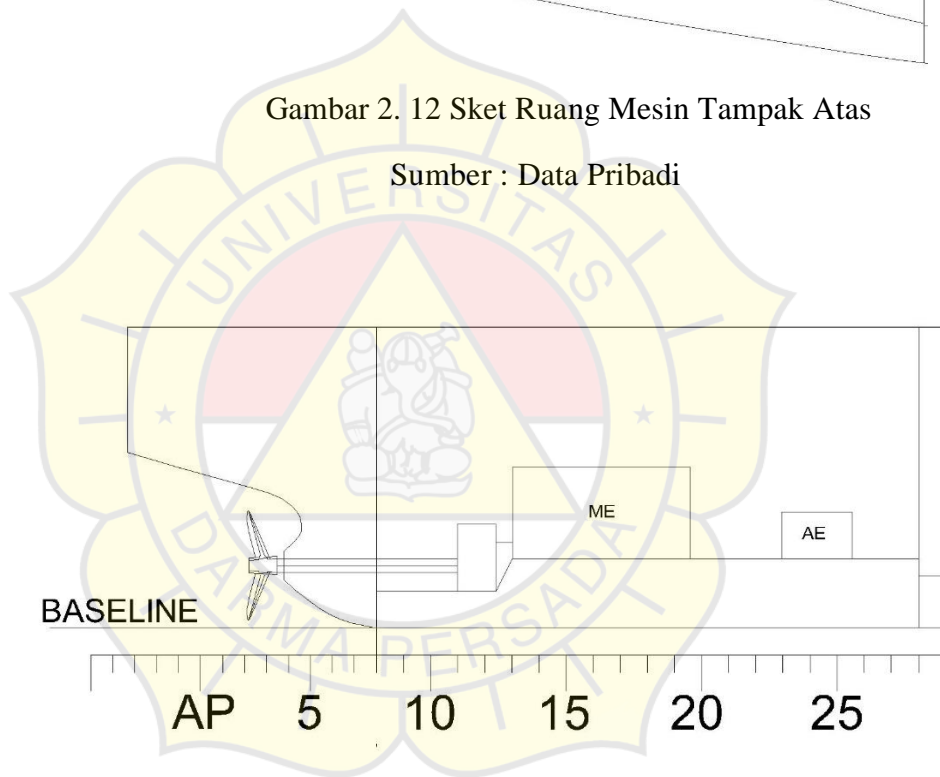
Untuk kapal rancangan ini menggunakan 3 Mesin Bantu dengan spesifikasi sebagai berikut :

- *Merk* : *Caterpillar*
- *Type* : C7.1
- *Daya* : 118 KW (158,241 HP)
- *Cylinders* : 6
- *Stroke* : 135 mm
- *Cylinder bore* : 105 mm
- *Speed* : 1500 rpm
- *SFOC* : 227,5 g/KWh
- *P x L x T* : 1935 mm x 956 mm x 1263 mm



Gambar 2. 12 Sket Ruang Mesin Tampak Atas

Sumber : Data Pribadi



Gambar 2. 13 Sket Ruang Mesin Tampak Samping

Sumber : Data Pribadi

2.3 ESTIMASI KAPASITAS RUANG MUAT

1. Luas Penampang Tengah Kapal

$$\begin{aligned}A_m &= B \times T \times C_m \\ &= 15,4 \text{ m} \times 6,5 \text{ m} \times 0,991 \\ &= 99,199 \text{ m}^2\end{aligned}$$

2. Jarak Gading Normal (a_0) (**Nippon Kaiji Kyokai Chapter 7.2.1 Hal. 64**)

Standard spacing of transverse frames :

$$\begin{aligned}F_s &= 450 + 2L \text{ (mm)} \\ &= 450 + 2(96 \text{ m}) \\ &= 642 \text{ mm} \approx 650 \text{ mm} \\ &= \underline{650 \text{ mm}} \approx \underline{0,65 \text{ m}}\end{aligned}$$

Untuk jarak *Transverse Frame spacing* $0,05 L$ Dari AP dan FP Kapal tidak melebihi 610 mm.

3. Jarak Sekat Ceruk Haluan dari *ForePeak*

$$\begin{aligned}S_h &= (5 - 8)\% \times L_{pp} \\ &= 5\% \times 96 \text{ m} \\ &= 4,8 \text{ m}\end{aligned}$$

4. Jarak Sekat Ceruk Buritan dari *AfterPeak*

$$\begin{aligned}S_b &= (3 - 5) \times a_0 \\ &= 5 \times 650 \text{ mm} \\ &= 3250 \text{ mm} \\ &= 3,25 \text{ m}\end{aligned}$$

5. Sekat Kamar Mesin

$$\begin{aligned}S_{km} &= (17 - 22)\% \times L_{pp} \\ &= 20\% \times 96 \text{ m} \\ &= 19,2 \text{ m}\end{aligned}$$

6. Tinggi *Double Bottom*

Berdasarkan peraturan kelas NK *Chapter 6.1.1* Hal. 53 tinggi *double bottom* untuk *Cargo* yaitu :

$$\begin{aligned} H_{db} &= \frac{B}{20} \quad (\text{m}) \\ &= \frac{15,4}{20} \\ &= 0,77 \text{ m} \approx \mathbf{0,77 \text{ m.}} \end{aligned}$$

Tinggi minimum untuk *double bottom* yaitu 0,76 m dan tinggi maksimum yaitu 2,0 m

7. Volume Ruang Muat

$$\begin{aligned} V_{rm} &= \frac{\text{Berat Muatan}}{\text{Massa Jenis Muatan}} \\ &= \frac{5894,739 \text{ ton}}{1,5 \text{ ton/m}^3} \\ &= 3929,826 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

2.3 ESTIMASI UKURAN SUPERSTRUCTURE

Dalam buku "*Practical Ship Design*" *Chapter 11*, halaman 310 a *standard height (m) of superstructure* dijelaskan :

Raised Quarter Deck 0,9-1,07 m untuk kapal $30 < L < 122$ m

Other Superstructures 1,8-2,3 m untuk kapal $75 < L < 125$ m

Dari data di atas ditetapkan :

Raised Quarter Deck **1,0 m**

Other Superstructures **2,3 m**

Maka didapat tinggi Superstructure sebesar :

Total ketinggian *Superstructure* dari *Main Deck*

Poop Deck 2,30 m

Deck A 2,30 m

Deck B 2,30 m

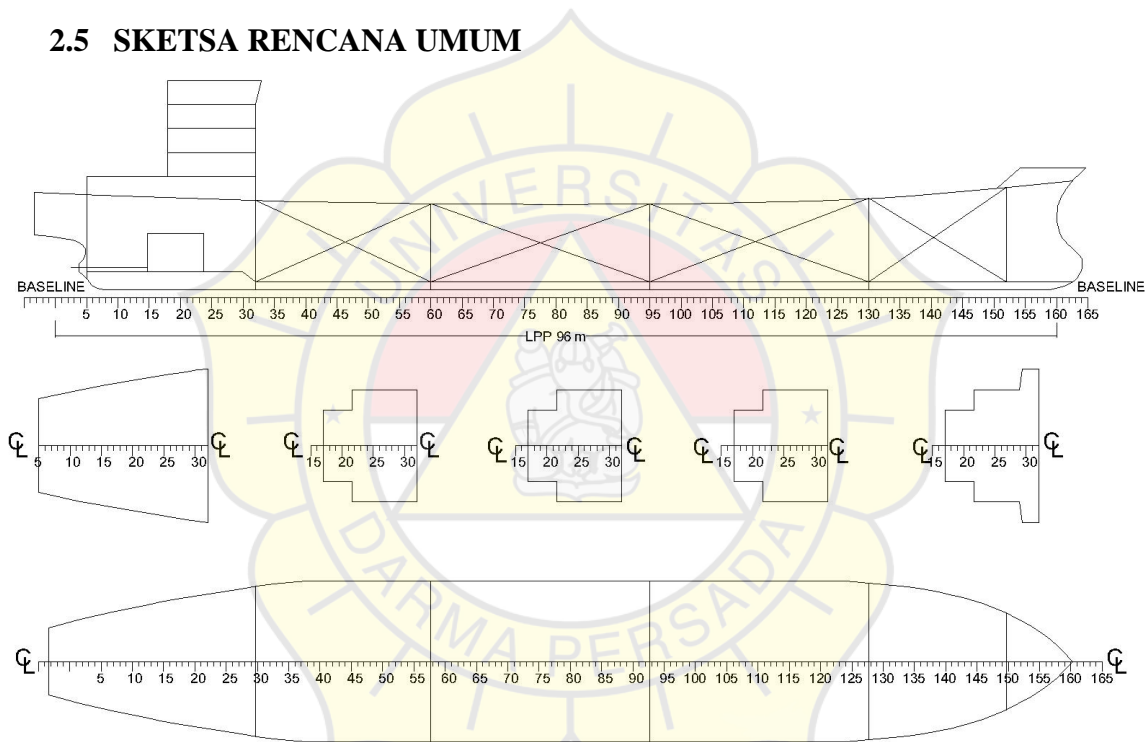
<i>Deck C</i>	2,30 m
<i>Navigation Deck</i>	2,30 m
Total Tinggi	11,5 m

2.4 PEMERIKSAAN *FREEBOARD* ATAU LAMBUNG TIMBUL

Perhitungan *Freeboard* atau Lambung Timbul

$$\begin{aligned} f &= H - T \\ &= 8,2 \text{ m} - 6,5 \text{ m} \\ &= 1,7 \text{ m} \end{aligned}$$

2.5 SKETSA RENCANA UMUM



Sumber : Gambar Pribadi

Gambar 2. 14 Sketsa Rencana Umum Kapal Rancangan

2.6. ESTIMASI BERAT KAPAL (LWT & DWT)

Displacement kapal adalah berat kapal dalam keadaan kosong ditambah daya angkut dari kapal tersebut, dapat ditulis dalam rumus sebagai berikut :

3. Berat Perlengkapan dan *Outfitting* (W_{wo})

Untuk menentukan berat perlengkapan 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 perlengkapan dan *outfitting* kapal rancangan

$$K = 0,40- 0,48 \text{ ton/m}^2 \quad \text{untuk } \textit{general cargo}$$

$$L = \text{Panjang kapal rancangan} = 96 \text{ m}$$

$$B = \text{Lebar kapal rancangan} = 15,4 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \text{Maka: } W_{wo} &= 0,40 \times 96 \times b \\ &= 591,360 \text{ ton} \end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas ditetapkan **$W_{wo} = 591,360 \text{ ton}$**

4. 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 = 985,578 ton

$$W_{me} = \text{Berat permesinan kapal} = 141,114 \text{ ton}$$

$$\begin{aligned} W_{wo} &= \text{Berat perlengkapan dan } \textit{outfitting} \text{ kapal rancangan} \\ &= 591,360 \text{ ton} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Maka : Margin} &= [985,578 + 141,114 + 591,360] \times 2\% \\ &= 34,361 \text{ ton} \end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas ditetapkan harga **Margin LWT = 34,361 ton**

TOTAL BERAT LIGHT WEIGHT (LWT) KAPAL :

1) Berat Baja Kapal (W_{st})	= 985,578 Ton
2) Berat Permesinan Kapal (W_{me})	= 141,114 Ton
3) Berat Perlengkapan & <i>Outfitting</i> (W_{wo})	= 591,360 Ton
4) Margin LWT	= 34,361 Ton

+

Berat Kapal Kosong (LWT) = 1752,410 Ton

Koreksi LWT

$$\begin{aligned} - \text{LWT}_1 &= \Delta - \text{DWT} \\ &= 7752,440 - 6000 \\ &= 1752,410 \text{ Ton} \end{aligned}$$

$$- \text{LWT}_2 = 1752,440 \text{ Ton}$$

$$\left| \frac{\text{LWT}_1 - \text{LWT}_2}{\text{LWT}_2} \right| \times 100\% \leq 0,5\%$$

$$\left| \frac{1752,410 - 1752,440}{1752,440} \right| \times 100\% = 0,001\% \leq 0,5\% \text{ (memenuhi)}$$

2.6.2 Perhitungan Bobot Mati Kapal (DWT)

Menurut Harald Poehls, 1979.

1. Berat Bahan Bakar Mesin Induk (W_{FO})

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

Dimana : $\text{Pb}_{ME} = \text{M/E} = 2000 \text{ Kw}$

$b_{ME} = \text{Koefisien pemakaian BBM} = 186 \text{ g/kWh}$

$S = \text{Radius Pelayaran} = 1597 \text{ mil laut}$

$V_s = 12 \text{ knots}$

$(1,3 \sim 1,5) = \text{nilai koefisien diambil } 1,5$

Maka :

$$\begin{aligned} W_{FO} &= [(2000 \times 186)] \times \frac{1597}{12} \times 10^{-6} \times 1,5 \\ &= 60,686 \text{ Ton} \end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas ditetapkan harga **$W_{FO} = 60,686 \text{ Ton}$**

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

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

Dimana : $\text{Pb}_{AE} = \text{M/E} = 118 \text{ Kw}$

$$b_{AE} = \text{Koefisien pemakaian BBM} = 227,5 \text{g/kWh}$$

$$S = \text{Radius Pelayaran } 1597 \text{ mil laut}$$

$$V_s = 12 \text{ knots}$$

$$(1,3 \sim 1,5) = \text{nilai koefisien diambil } 1,5$$

Maka :

$$W_{FO} = [(118 \times 227,5)] \times \frac{1597}{12} \times 10^{-6} \times 1,5 \times 2$$

$$= 10,717 \text{ Ton}$$

Dari perhitungan diatas ditetapkan harga **W_{DO} = 10,717 Ton**

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

1. Berat Minyak Pelumas Mesin Induk

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

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

Maka :

$$W_{LO} = [2000 \times 1,5] \times \frac{1597}{12} \times 10^{-6} \times (1,5)$$

$$= 0,479 \text{ Ton}$$

Dari perhitungan diatas ditetapkan harga **W_{LO} = 0,479Ton**

2. Berat Minyak Pelumas Mesin Bantu

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

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

Maka :

$$W_{LO} = [118 \times 1,5] \times \frac{1597}{12} \times 10^{-6} \times (1,5) \times 2$$

$$= 0,070 \text{ Ton}$$

Dari perhitungan diatas ditetapkan harga **W_{LO} = 0,070Ton**

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

Dimana :

➤ Jumlah penumpang ABK $Z = 18 \text{ Orang}$

- *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%

$$W_{FW} = \left[((DW + (WW + BR)) \times Z) + (BFW \times (Pb_{ME} + Pb_{AE}) \times 24) \right] \times \frac{520}{15} \times$$

$$\frac{1}{24} + Add$$

$$= \left[((15 + 70) \times 18) + (0,14 \times (2000 + 0) \times 24) \right] \times \frac{1597}{12} \times \frac{1}{24} + 4\%$$

$$= 45747,395 \text{ kg} + 1829,895 \text{ kg}$$

$$= 47577,29 \text{ kg}$$

$$= 47,577 \text{ Ton}$$

Dari perhitungan diatas ditetapkan harga **W_{FW} = 47,577 Ton**

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

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

Dimana : Cp = 2 – 5 kg/org/hari

Z = 18 Orang

Maka :

$$W_{PROV} = 5 \times 18 \times \frac{1597}{12} \times \frac{1}{24}$$

$$= 499,062 \text{ kg}$$

$$= 0,499 \text{ Ton}$$

Dari perhitungan diatas ditetapkan harga **W_{PROV} = 0,499 Ton**

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 = 18 Orang

Maka :

$$\begin{aligned}W_{P+1} &= 18 \times (75 + 70) \\ &= 2610 \text{ kg} \\ &= 2,610\text{Ton}\end{aligned}$$

Dari perhitungan di atas ditetapkan harga **$W_{P+1} = 2,610 \text{ Ton}$**

7. Berat Air Ballast (W_{WB})

Dalam buku *Global Maritime Transport and Ballast Water Management*

Karangan Matej David Hal20

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

$$\text{Dimana} : \Delta = 7752,440 \text{ Ton}$$

Maka :

$$\begin{aligned}\text{Ballast} &= 0,3 \times 7752,440 \text{ Ton} \\ &= 2325,732 \text{ Ton}\end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas ditetapkan harga **$W_{WB} = 2325,732\text{Ton}$**

8. Berat Muatan (*Pay Load*)

$$W_{PL} = DWT - (W_{FO} + W_{FB} + W_{LO} + W_{FW} + W_{PROV} + W_{P+1})$$

$$\text{Dimana} : W_{FO} = 60,686 \text{ Ton}$$

$$: W_{FB} = 10,717 \text{ Ton}$$

$$: W_{LO} = 0,479 \text{ Ton}$$

$$: W_{FW} = 47,577 \text{ Ton}$$

$$: W_{PROV} = 0,499 \text{ Ton}$$

$$: W_{P+1} = 2,610 \text{ Ton}$$

Maka :

$$W_{PL} = 6000 - 122,638 = 5894,739 \text{ Ton}$$

Dari perhitungan diatas ditetapkan harga **$W_{PL} = 5894,739 \text{ Ton}$**

TOTAL BERAT DEAD WEIGHT TONNAGE SHIP (DWT)

1)	Berat Bahan Bakar W_{FO}	= 60,686	Ton
2)	Berat Bahan Bakar W_{fb}	= 10,717	Ton
3)	Berat Minyak Pelumas Mesin Utama	= 0,479	Ton
4)	Berat Minyak Pelumas Mesin Bantu	= 0,070	Ton
5)	Berat Air Bersih dan Tawar (W_{FW})	= 47,577	Ton

6)	Berat Makanan (W_{PROV})	= 0,499	Ton
7)	Berat Awak Kapal dan Barang (W_{p+l})	= 2,610	Ton
8)	Berat Muatan (W_{PL})	= 5894,739	Ton
			+
TOTAL PERHITUNGAN DWT		= 6000 Ton	

2.7 KOREKSI BERAT KAPAL

Displacement menurut Hukum Archimedes (Δ_1), yaitu :

$$\begin{aligned}\Delta_1 &= LPP \times B \times T \times C_b \times \gamma \\ &= 96 \times 15,4 \times 6,5 \times 0,771 \times 1,025 \\ &= 7752,440 \text{ Ton}\end{aligned}$$

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

Dimana :

$$\begin{aligned}\Delta_2 &= LWT + DWT \\ &= 1751,774 \text{ Ton} + 6000 \text{ Ton} \\ &= 7751,774 \text{ Ton}\end{aligned}$$

Maka Koreksi

$$\begin{aligned}&= \left| \frac{7752,440 - 7751,774}{7752,440} \right| \times 100\% \dots\dots\dots < 0,5 \% \\ &= 0,008 \% \dots\dots\dots < 0,5 \text{ (memenuhi)}\end{aligned}$$

2.8 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 :

$$\begin{aligned}\overline{KB} &= T \times \left(\frac{5 \times Cw - 2 \times Cb}{6 \times Cw} \right) \\ &= 6,5 \times \left(\frac{5 \times 0,841 - 2 \times 0,771}{6 \times 0,841} \right) \\ &= 3,430 \text{ m}\end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas ditetapkan **$\overline{KB} = 3,430 \text{ m}$**

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

Untuk titik berat diperkirakan sebesar 60% dari tinggi kapal

$$\begin{aligned}\text{(H) maka: } \overline{KG} &= 0,6 \times 8,2 \\ &= 0,6 \times 8,2 \\ &= 4,92 \text{ m}\end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas ditetapkan **$\overline{KG} = 4,92 \text{ m}$**

2) Perhitungan Stabilitas Melintang

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

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

$$\overline{BM} = \frac{B^2}{T} \times \frac{Cw(Cw+0,04)}{12 \times Cb}$$

$$\begin{aligned}\text{Maka } \overline{BM} &= \frac{15,4^2}{6,5} \times \frac{0,841(0,841+0,04)}{12 \times 0,771} \\ &= 2,921 \text{ m}\end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas ditetapkan harga **$\overline{BM} = 2,921 \text{ m}$**

b. Tinggi Metacentre Melintang dari Garis Dasar (KM)

$$\begin{aligned}\overline{KM} &= \overline{KB} + \overline{BM} \\ &= 3,430 + 2,921 \\ &= 6,351 \text{ m}\end{aligned}$$

Dari perhitungan ditetapkan **$\overline{KM} = 6,351 \text{ m}$**

c. Tinggi Metacentre Melintang (GM)

$$\begin{aligned}\overline{GM} &= \overline{KM} - \overline{KG} \\ &= 6,351 - 4,92 \\ &= 1,282 \text{ m}\end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas ditetapkan **$\overline{GM} = 1,282 \text{ m}$**

3) Perhitungan Waktu Olang 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

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

$$B = 15,4 \text{ m}$$

$$T = 6,5 \text{ m}$$

$$LWL = 98 \text{ m}$$

$$= 0,373 + \left(0,023 \times \frac{15,4}{6,5}\right) - \left(0,043 \times \frac{98}{100}\right) = 0,385$$

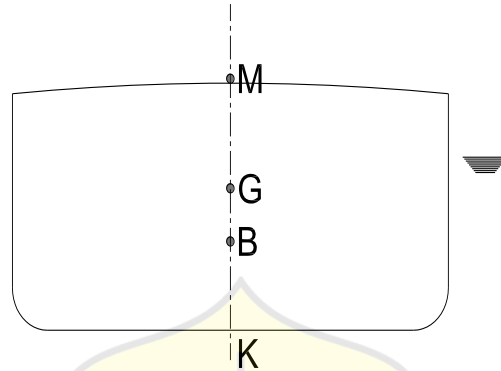
Maka :

$$= \frac{2 \times 0,385 \times 15,4}{\sqrt{1,282}}$$

$$= 10,472 \text{ detik} \dots\dots (\text{Memenuhi})$$

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 : Gambar Pribadi

Gambar 2. 15 Titik Stabilitas Kapal

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 :

$$\begin{aligned} \text{a. } Sh &= 50 \times \left(\frac{LPP}{3} + 10 \right) \\ &= 50 \times \left(\frac{96}{3} + 10 \right) \end{aligned}$$

$$= 2100 \text{ mm}$$

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

$$\text{b. } Sf = 25 \times \left(\frac{LPP}{3} + 10 \right)$$

$$= 25 \times \left(\frac{96}{3} + 10 \right)$$

$$= 1050 \text{ mm}$$

$$= 1,05 \text{ m}$$

Maka :

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

$$Hid = 8,2 + \frac{2,1+1,05}{6}$$
$$= 8,725 \text{ m}$$

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

Dimana :

$$t = \frac{(2 Cw+1)^3}{323}$$
$$= \frac{(2 \times 0,841+1)^3}{323}$$
$$= 0,0597$$

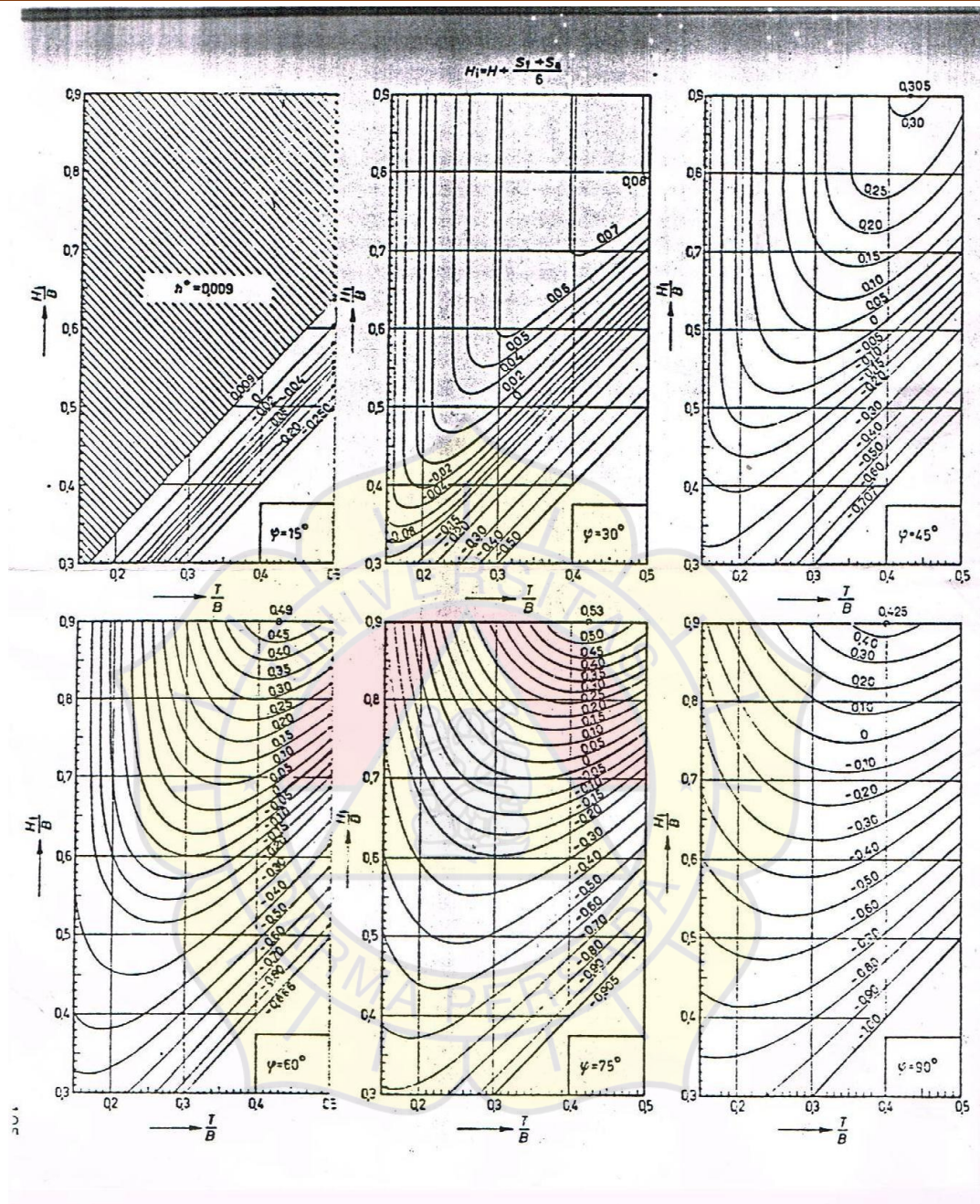
Maka :

$$MTF = \frac{0,0597}{0,771} \times \frac{15,4^2}{6,5}$$
$$= 2,825$$

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

- $\frac{T}{B} = \frac{6,5}{15,4} = 0,422$
- $\overline{MTF} = \overline{BM} = 2,921 \text{ m}$
- $\frac{Hid}{B} = \frac{8,725}{15,4} = 0,566$
- $\overline{GM} = 1,282 \text{ m}$

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. 16 Grafik *Prohaska*

5) Perhitungan Kurva Lengan Stabilitas Awal

Tabel 2. 1 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	-0,06	-0,2	-0,35	-0,45	-0,58
3. h*f x MTF	0	0,026	-0,175	-0,584	-1,022	-1,314	-1,694
4. GM x Sin ϕ	0	0,332	0,641	0,906	1,110	1,237	1,282
5. GZ = (3) + (4)	0	0,358	0,466	0,322	0,088	-0,077	-0,412

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*), untuk stabilitas menggunakan buku *Code On Intact Stability* dari IMO 2009 Edition, yaitu :

a. $GM > 0,15$

Dimana :

$$GM = 1,282 \text{ m} > 0,15 \text{ m} \dots\dots\dots \text{memenuhi}$$

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

Dimana GZ kapal rancangan pada titik $30^\circ = 0,475 \text{ m} \dots\dots\dots \text{memenuhi}$

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

Pengecekan Kurva Stabilitas Awal GZ-30°

Tabel 2. 2 Tinggi kurva GZ 0° - 30°

NO.	Φ	GZ (m)	FS	GZ x FS (m)
1	0°	0	1	0
2	5°	0,136	4	0,544

3	10°	0,260	2	0,520
4	15°	0,358	4	1,432
5	20°	0,421	2	0,842
6	25°	0,455	4	1,820
7	30°	0,466	1	0,466
$\Sigma_1 =$				5,624

Sumber : Perhitungan Pribadi

$$\text{Dimana : } \Delta GZ - 30^\circ = \frac{\left(\frac{1}{3}\right) \times 5^\circ \times \Sigma_1}{57,3^\circ} = \frac{\left(\frac{1}{3}\right) \times 5^\circ \times 5,624}{57,3^\circ} = 0,164$$

Maka : $\Delta GZ - 30^\circ = 0,164 \text{ m-rad} > 0,055 \text{ m-rad}$ memenuhi

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

Tabel 2. 3 Tinggi kurva GZ 30° - 40°

NO.	Φ	GZ	FS	GZ x FS
1	30°	0,466	1	0,466
2	35°	0,458	4	1,832
3	40°	0,435	1	0,435
Σ_2				2,726

Sumber : Perhitungan Pribadi

$$\text{Dimana : } \Delta GZ - 40^\circ = \frac{\left(\frac{1}{3}\right) \times 5^\circ \times \Sigma_2}{57,3^\circ} + \Delta GZ - 30^\circ = \frac{\left(\frac{1}{3}\right) \times 5^\circ \times 2,726}{57,3^\circ} + 0,164$$

$$= 0,243$$

Maka : $\Delta GZ - 40^\circ = 0,243 \text{ m-rad} > 0,09 \text{ m-rad}$ memenuhi

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

$$\text{Dimana : } \Delta GZ - 40^\circ = 0,460 \text{ m - rad}$$

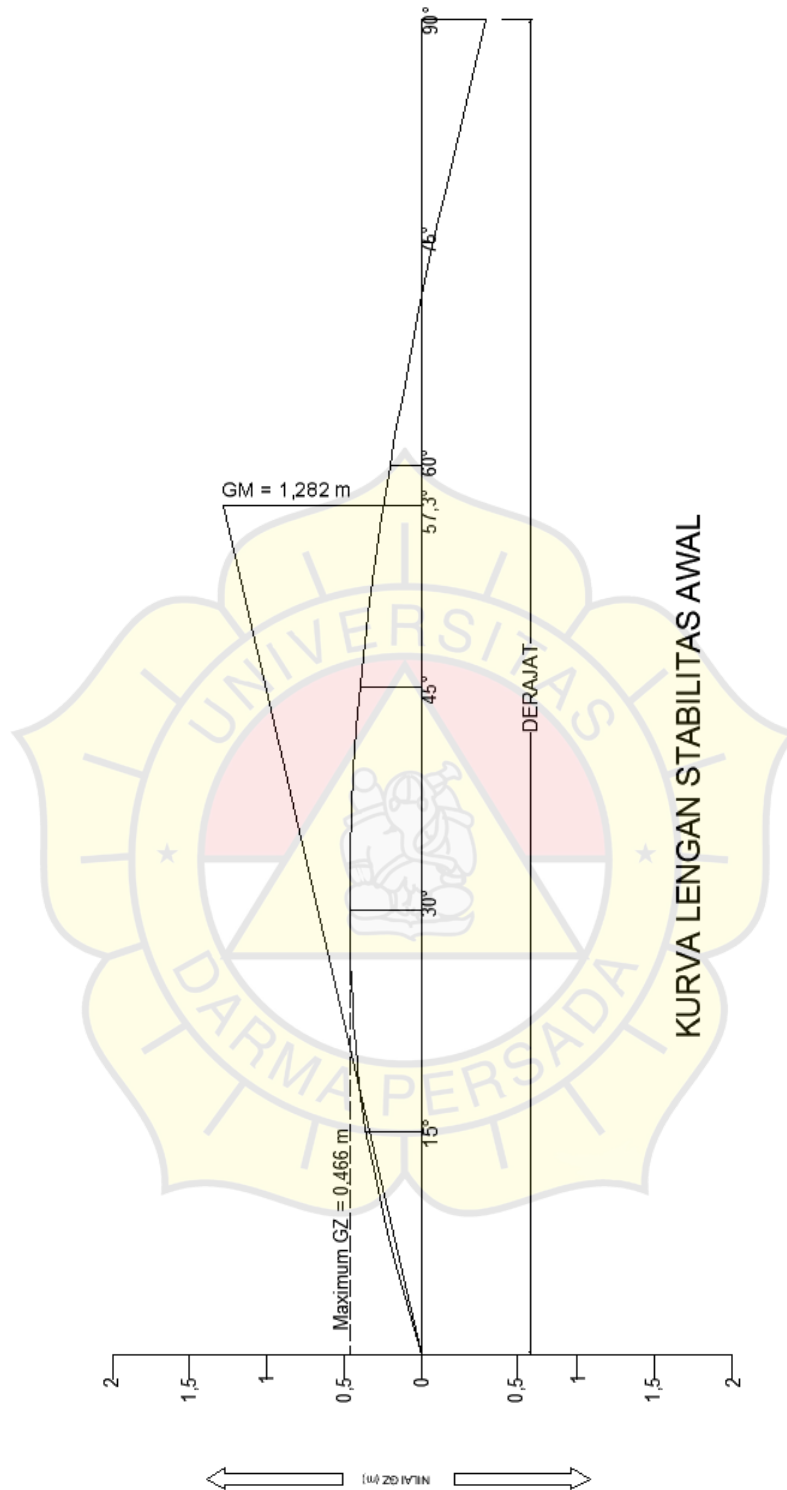
$$\Delta GZ-30^\circ = 0,259 \text{ m} - \text{rad}$$

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

$$= (0,243) - (0,164)$$

$$= 0,07 > 0,03 \text{ m-rad} \quad \text{..... memenuhi}$$





Gambar 2. 17 Kurva Stabilitas

7) 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 cिकar adalah momen yang terjadi pada saat kapal melakukan olah gerak yaitu belok kanan maupun ke kiri. Untuk menentukan momen cिकar 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 :

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

Dimana :

M_c = Momen cिकar kapal rancangan

ρ = Kepadatan air laut

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

∇ = Volume *displacement* kapal rancangan

$$= 7563,355 \text{ m}^3$$

V_s = Kecepatan kapal rancangan

$$= 12 \text{ knot}$$

$$= 6,173 \text{ m/s}$$

KG = *Center Of Gravity* diatas *baseline*

$$= 4,92$$

T = *Draft* kapal rancangan

$$= 6,5 \text{ m}$$

LPP = panjang kapal rancangan

$$= 96 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \text{Maka : } \quad Mc &= 0,233 \times \frac{104,5 \times 7563,355 \times (0,8 \times 6,173)^2}{96} \times 1,67 \\ &= 78,127 \end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas didapat nilai **Mc = 78127,596 ton meter**

2. Momen Angin (Mw)

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 :

$$Mw = \xi \times 0,5 \times \rho \times Vw^2 \times A \times a$$

Dimana : Mw = Momen angin kapal rancangan

ξ = Faktor kekuatan angin 1,2 ~ 1,3
= 1,3

ρ = Kepadatan udara = $1,3 \times 10^{-4} \text{ ton} \cdot \text{sec}^2 / \text{m}^4$

Vw = Kecepatan angin

$$= 14,5 \text{ m/s}$$

A = Luas bidang tangkap angin

$$= 144,76 \text{ m}^2$$

a = Jarak titik tangkap angin diatas lambung kapal

$$= 0,5 \times T$$

$$= 0,5 \times 6,5$$

$$= 3,25 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \text{Maka : } \quad Mw &= 1,3 \times 0,5 \times 1,3 \times 10^{-4} \times 14,5^2 \times 144,76 \times 3,25 \\ &= 8,358 \text{ ton meter} \end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas ditetapkan **Mw = 8,358 ton meter**

3. Momen Pengganggu (Mp)

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

$$M_p = M_c + M_w$$

Dimana : M_p = Momen pengganggu kapal rancangan

M_c = Momen cakar kapal rancangan
= 322,553 ton

M_w = Momen angin kapal rancangan
= 8,358 ton meter

Maka : M_p = 78,127 + 8,358
= 86,485 ton meter

Dari perhitungan diatas diketahui nilai **$M_p = 86,485$ ton meter**

4. Momen Stabilitas (M_s)

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:

M_s = momen stabilitas kapal rancangan

h maks = h tertinggi pada kurva stabilitas awal
= 1,18 m

Δ = *Displacement* kapal rancangan
= 7563,355 ton

Maka :

M_s = 0,466 m x 7563,355 Ton
= **3524,523 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 (M_s) > Momen Pengganggu (M_p).

