

BAB II

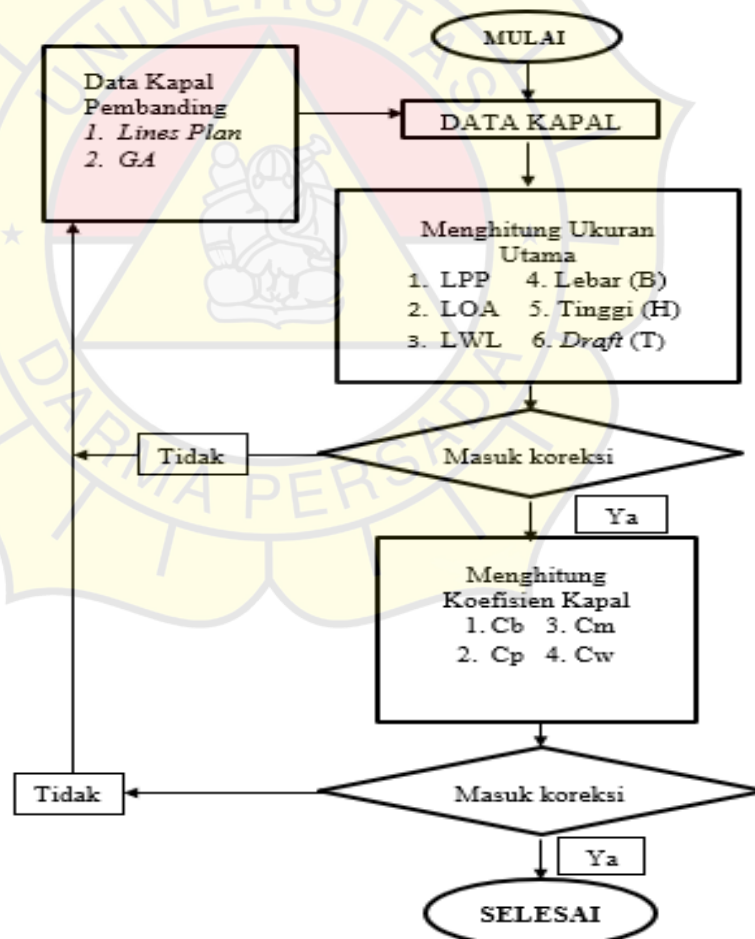
RENCANA AWAL

2.1 Estimasi Ukuran Utama Kapal

Estisimasi yang dilakukan untuk penentuan ukuran utama dari kapal rancangan ini adalah:

- *Length Between Perpendicular (LBP)*
- *Length Over All (LOA)*
- *Length Water Line (LWL)*
- *Breadth (B)*
- *Draft (D)*
- *Height (H)*

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

1. Estimasi Panjang Kapal

Untuk mendapatkan panjang kapal digunakan metode *comparison ship*:

- Estimasi Panjang Antara Garis Tegak (LBP)

Length Between Perpendicular (LBP) adalah panjang kapal yang diukur dari garis tegak dari sumbu poros kemudi (*AP*) sampai dengan garis tegak yang ditarik dari perpotongan antara garis air sarat muatan penuh dengan linggi muatan kapal (*FP*).

Untuk mendapatkan panjang kapal di gunakan metode *Comparison Ship*

Principal Dimension dengan kapal pembanding :

Ket : ₁ = Kapal Pembanding

₂ = Kapal Rancangan

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

Dimana : DWT_1 = Kapal Pembanding = 8842 ton

DWT_2 = Kapal Rancangan = 9000 ton

LBP_1 = Kapal Pembanding = 92,00 m

$$\begin{aligned} LBP &= \sqrt[3]{\frac{9000}{8842}} \times 92,00 \\ &= 92.54 \text{ m} \end{aligned}$$

Dari perhitungan tersebut di tetapkan harga **LBP = 92.60 m**

- Estimasi Panjang Keseluruhan Kapal (LOA)

Lenght Over All (LOA) panjang kapal yang diukur dari garis tegak yang ditarik dari bagian badan kapal yang paling belakang sampai dengan bagian badan kapal yang paling depan.

Dari kapal pembanding, diperoleh :

$$\begin{aligned} C &= \frac{LOA}{LBP} \\ &= \frac{98,90}{92,00} \\ &= 1,075 \end{aligned}$$

Untuk kapal rancangan :

$$\begin{aligned} LOA &= C \times LBP \\ &= 1,075 \times 92,60 \text{ m} = 99.54 \text{ m} \end{aligned}$$

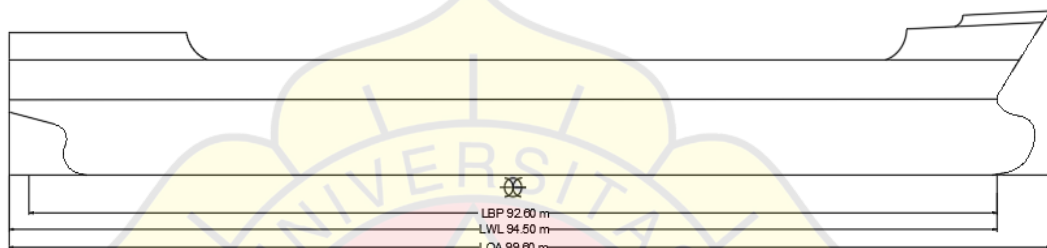
Dari perhitungan di atas ditetapkan harga **LOA = 99,60 m**

- Estimasi Panjang Garis Air (LWL)

Length Water of Line (LWL) adalah panjang kapal yang diukur dari garis tegak yang ditarik dari perpotongan antara garis air sarat muatan penuh dengan linggi buritan kapal sampai dengan garis tegak yang ditarik dari perpotongan antara garis air sarat muatan penuh dengan linggi haluan kapal (*FP*). Berikut perhitungannya :

$$\begin{aligned} \text{LWL} &= (2\%-4\% \times \text{LBP}) + \text{LBP} + 92,60 \\ &= (2\% \times 92,60) \\ &= 94,45 \text{ m} \end{aligned}$$

Dari perhitungan di atas ditetapkan harga **LWL = 94,50 m**



Sumber : Gambar Pribadi

Gambar 2.2. LOA, LWL, LBP Kapal Rancangan

2. Estimasi Lebar Kapal

Definisi lebar kapal dalam pembuatan gambar rencana garis dikenal dengan istilah *Breadth Moulded* yaitu lebar terbesar kapal (tidak termasuk kulit) yang diukur pada bagian tengah kapal. Berikut perhitungannya :

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

$$\begin{aligned} \text{L/B} &= \frac{92,00}{23,50} \\ &= 3,91 \end{aligned}$$

Untuk kapal rancangan :

$$\begin{aligned} \text{B} &= \frac{92,60}{\text{aspectratio}} \\ &= \frac{92,60}{3,91} \\ &= 23,68 \text{ m} \end{aligned}$$

Dari perhitungan di atas di tetapkan harga **B = 23,70 m**

3. Estimasi Tinggi Kapal

Height yaitu tinggi kapal yang diukur dari garis dasar (*baseline*) sampai dengan sisi geladak kapal pada bagian tengah kapal. Berikut perhitungannya :

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

$$\begin{aligned} L/H &= \frac{92,00}{10,00} \\ &= 9,20 \end{aligned}$$

Untuk kapal rancangan :

$$\begin{aligned} H &= \frac{93,60}{\text{aspectratio}} \\ &= \frac{92,60}{9,20} \\ &= 10,06 \text{ m} \end{aligned}$$

Dari perhitungan di atas di tetapkan harga **H = 10,10 m**

4. Estimasi Sarat Kapal

Garis tegak yang diukur dari garis dasar (*base line*) sampai dengan tinggi garis air. Berikut perhitungannya :

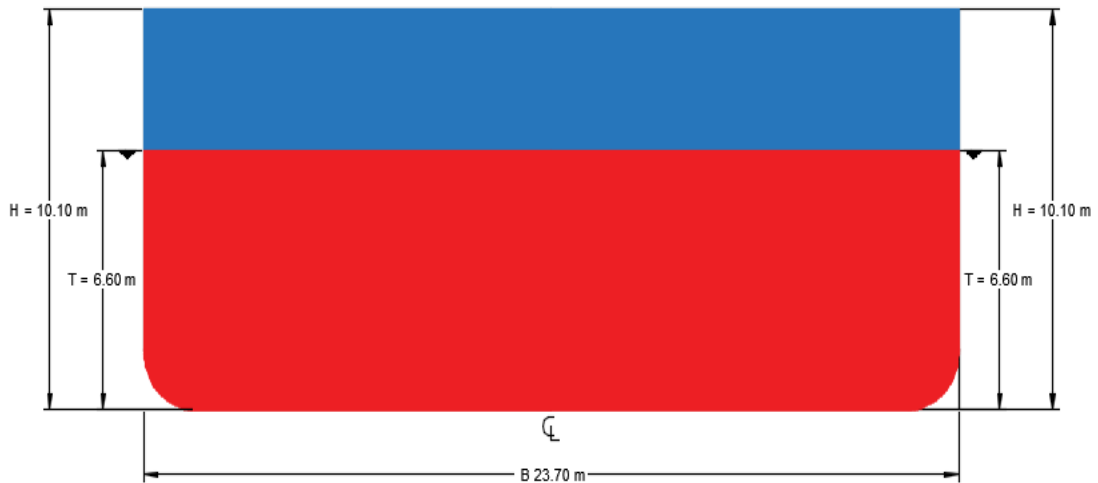
Menurut kapal pembanding, nilai *aspect ratio* (B/T)

$$\begin{aligned} B/T &= \frac{23,50}{6,50} \\ &= 3,61 \end{aligned}$$

Untuk kapal rancangan:

$$\begin{aligned} T &= \frac{23,70}{\text{aspectratio}} \\ &= \frac{23,70}{3,61} \\ &= 6,56 \text{ m} \end{aligned}$$

Dari perhitungan di atas di tetapkan harga **T = 6,60m**



Sumber : Gambar Pribadi

Gambar 2.3. B, H, T Kapal Rancangan

Koreksi perbandingan ukuran utama kapal adalah sebagai berikut:

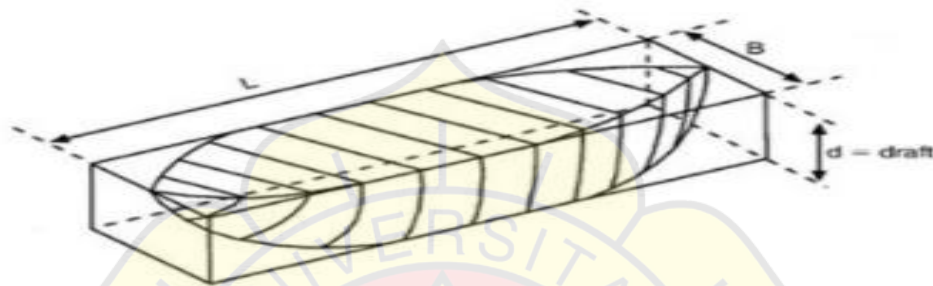
1. $\frac{LBP}{B} = \frac{92,60}{23,70} = 3,91$ Acc. Ship Design – Methodologies of Preliminary Design, Hal 102 (4,8 – 8,5)
2. $\frac{B}{T} = \frac{23,70}{6,6} = 3,62$ Acc. Ship Design for Efficiency and Economy (1,5 – 3,5)
3. $\frac{T}{H} = \frac{6,6}{10,10} = 0,64$ Acc. Practical Ship Design hal.70 Fig.3.9 (0,66 – 0,82)
4. $\frac{LBP}{H} = \frac{92,60}{10,10} = 9,17$ Acc. Ship Design – Methodologies of Preliminary Design, Hal 102 (10,5 – 12,8)
5. $\frac{B}{H} = \frac{23,70}{10,10} = 2,34$ Acc. Practical Ship Design hal.70 Fig.3.9 (1,50-2,85)

5. Estimasi Koefisien Bentuk Kapal

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

- a. *Coefficient Block* (C_b)
- b. *Coefficient Midship* (C_m)
- c. *Coefficient Prismatic* (C_p)
- d. *Coefficient Waterline* (C_w)

- a. *Coefficient Blok* (C_b)



Sumber : Google

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*

$$C_b = 1,179 - \left(0,333 \times \frac{V_s}{\sqrt{LBP}}\right)$$

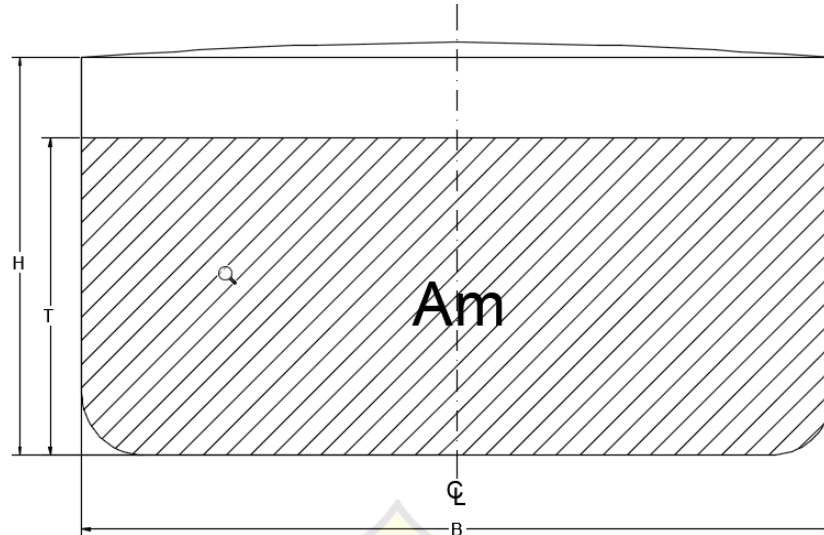
$$C_b = 1,179 - \left(0,333 \times \frac{11}{\sqrt{92,60}}\right)$$

$$C_b = 1,179 - 0,395$$

$$C_b = 0,784$$

Dari perhitungan diatas ditetapkan harga **$C_b = 0,784$**

b. *Coefficient Midship (Cm)*



Sumber : Gambar Pribadi

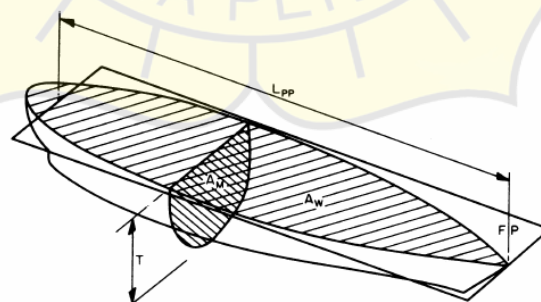
Gambar 2.5. Koefisien Luasan Penampang Tengah

Koefisien midship adalah potongan melintang pada bagian tengah kapal, atau bagian terbesar atau bagian terbesar yang dibagi dengan lebar (*beam*). Berikut perhitungannya : Menurut *Sabit series 60*, dalam *Harald Poehls 1979*.

$$\begin{aligned} C_m &= 0,93 + 0,08 \times C_b \\ &= 0,93 + 0,08 \times 0,784 \\ &= 0,992 \end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas ditetapkan harga **Cm = 0,992**

c. *Coefficient Prismatic (Cp)*



Sumber : Buku Teknik Konstruksi Kapal Baja Jilid I

Gambar 2.6. Koefisien Prismatik

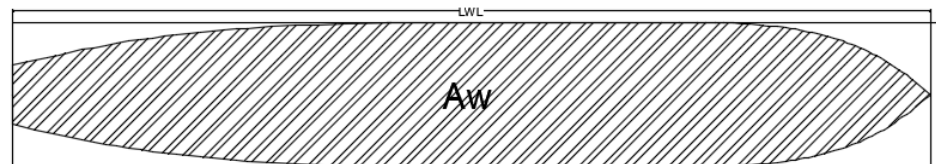
Koefisien prismatik adalah volume dibagi dengan panjang pada garis air dikali luas potongan di bawah garis air.

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

$$\begin{aligned} C_p &= \frac{C_b}{C_m} \\ &= \frac{0,784}{0,992} \\ &= 0,790 \end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas ditetapkan harga **Cp = 0,790**

d. *Coefficient Waterline (Cw)*



Sumber : Gambar Pribadi

Gambar 2.7. Koefisien Garis Air

Coefficient Waterline adalah luas bagian kapal yang berada digaris air dibagi panjang pada garis air dikali lebar kapal. Berikut perhitungannya :

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

$$\begin{aligned} C_w &= 0,18 + (0,85 \times C_p) \\ C_w &= 0,18 + (0,85 \times 0,790) \\ &= 0,851 \end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas ditetapkan harga **Cw = 0,851**

6. *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 : Δ = *Displacement* kapal rancangan

LWL = Panjang garis air

$$= 94,50 \text{ m}$$

B = Lebar kapal rancangan

$$= 23,70 \text{ m}$$

T = Sarat air kapal rancangan

$$= 6,60 \text{ m}$$

C_b = *Coefficient block* kapal rancangan

$$= 0,784$$

$$\gamma = \text{Coefficient air laut}$$

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

Maka :

$$\Delta = 94,50 \times 23,70 \times 6,60 \times 0,784 \times 1,025$$

$$= 11878,56 \text{ Ton}$$

Dari perhitungan diatas ditetapkan harga **$\Delta = 11878,56 \text{ Ton}$**

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 :

$$\nabla = C_b \times LWL \times B \times T$$

$$= 0,784 \times 94,50 \times 23,70 \times 6,60$$

$$= 11588,84 \text{ m}^3$$

Dari perhitungan diatas ditetapkan **$\nabla = 11588,84 \text{ m}^3$**

7. Estimasi Bentuk *Midship* Kapal

A. Menentukan *Radius of Bilge* (R)

Untuk menentukan *radius of bilge* kapal rancangan rumus yang terdapat dalam buku *Practical Ship Design*, Hal 243 dimana rumus *radius bilge* ,yaitu :

$$R = \sqrt{\frac{B \times T (1 - C_m)}{2 (1 - \frac{\pi}{4})}}$$

Dimana : B = Lebar kapal rancangan

$$= 23,70 \text{ m}$$

Cm = *Coefficient midship* kapal rancangan

$$= 0,992 \text{ m}$$

T = Sarat kapal rancangan

$$= 6,60 \text{ m}$$

Maka : R = $\sqrt{\frac{23,70 \times 6,60 (1 - 0,992)}{0,4292}}$

$$= 1,707 \text{ m}$$

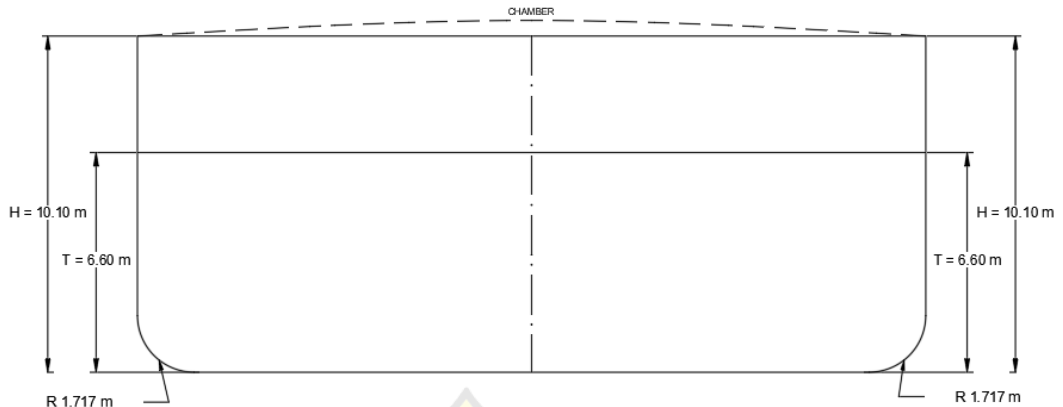
Dari perhitungan diatas ditetapkan harga **$R = 1,707 \text{ m}$**

B. Menentukan *Camber*

Untuk menentukan *camber* digunakan rumus :

$$\text{Camber} = \frac{B}{50} = \frac{23,70}{50} = 0,474 \text{ m}$$

Dari perhitungan diatas ditetapkan harga **Camber = 0,474 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).

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

$$\begin{aligned} \text{Dimana : } f &= 0,00871 + \frac{0,053}{(LBP+8,8)} \\ &= 0,00871 + \frac{0,053}{[(92,60 \times 3,28)+8,8]} \\ &= 0,00887 \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} S &= LWL \times (1,7 \times T + C_b \times B) \\ &= 94,50 \times (1,7 \times 6,60 + 0,784 \times 23,70) \\ &= 2816,175 \text{ m}^2 \\ &= 30313,055 \text{ ft}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Maka : } R_f &= 0,00887 \times 29431,697 \times 12^{1,825} \\ &= 23869,335 \text{ lbs} \\ &= 10826,948 \text{ kg} \end{aligned}$$

b. Perkiraan Hambatan Sisa (R_r)

$$\begin{aligned} R_r &= 12,5 \times C_b \times \Delta \times \frac{V_s^4}{LBP^2} \\ &= 12,5 \times 0,784 \times 11878,56 \times \frac{11^4}{(92,60 \times 3,28)^2} \\ &= 18475,276 \text{ lbs} \\ &= 83802,227 \text{ kg} \end{aligned}$$

c. Perkiraan Hambatan Total (R_t)

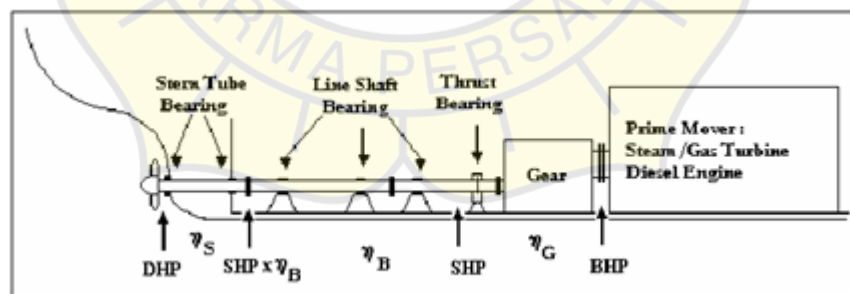
$$\begin{aligned} R_t &= R_f + R_r \\ &= 10826,948 \text{ kg} + 883802,227 \text{ kg} \\ &= 19207.192 \text{ kg} \end{aligned}$$

d. Penentuan Besar Tenaga Penggerak (EHP)

$$\begin{aligned} EHP &= \frac{R_t \times V_s}{75} \\ &= \frac{19207,192 \times 11 \times 0.5144}{75} \\ &= 1447,966 \text{ HP} \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} SHP &= \frac{EHP}{PC} \\ \text{Dimana: PC diperkirakan } 0,7 \\ &= \frac{1447,966}{0,7} \\ &= 2068,522 \text{ HP} \end{aligned}$$



Sumber : Google

Gambar 2.9. Tenaga Penggerak Kapal

f. Penentuan Besar Tenaga Penggerak (BHP)

Sea Margin berkisar antara 15%~20%

$$\begin{aligned}\text{BHP} &= (15\% \times \text{SHP}) + \text{SHP} \\ &= (15\% \times 2068,522) + 2068,522 \\ &= 2378,800 \text{ HP} \\ &= 1773,870 \text{ KW}\end{aligned}$$

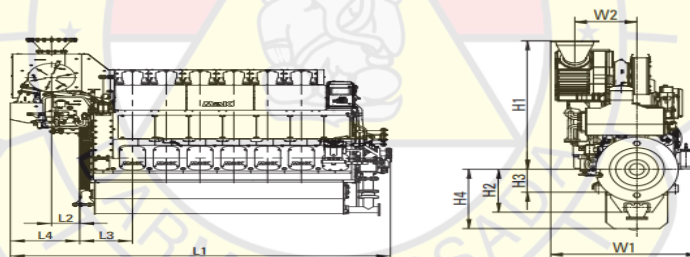
Faktor MCR : $\text{BHP}_{\text{sm}} / 85\%$

$$\begin{aligned}\text{BHP}_{\text{mcr}} &= \frac{100}{85} \times 2378,800 \text{ HP} \\ &= 3051,811 \text{ HP} \\ &= 2798,588 \text{ KW}\end{aligned}$$

2.2.1 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 3760 HP **(2800KW)**. Dengan daya mesin yang telah didapatkan, maka perancang mencari spesifikasi tersebut dikatalog yang ada.



Sumber : Katalog Mesin Caterpillar

Gambar 2.10. Mesin Utama Sementara

Untuk kapal rancangan ini menggunakan 1 Mesin Utama dengan spesifikasi sebagai berikut :

- *Merk* : Caterpillar
- *Type* : 8 M 25 E
- *Daya* : 2800 KW (3760 HP)
- *Cylinders* : 6
- *Stroke* : 400 mm
- *Cylinder bore* : 255 mm
- *Speed* : 720 rpm
- *SFOC* : 187 g/KWh

➤ P x L x T : 5700 mm x 2230 mm x 3621 mm

2. Mesin Bantu

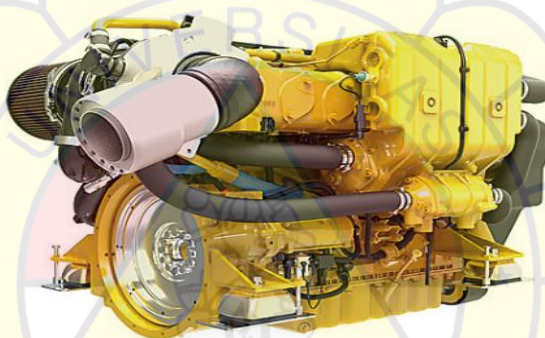
Untuk membantu pengoperasian pada kapal selama kapal tersebut berlayar, seperti menghidupkan mesin-mesin geladak, pompa-pompa hidrolik, lampu-lampu, *Air Condition*, navigasi dan lain sebagainya diperlukannya listrik.

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

Dimana : PAE = Daya mesin bantu kapal rancangan

BHP = Daya mesin utama kapal rancangan = 3760 HP

$$\begin{aligned} \text{Maka : PAE} &= 10 \% \times 3760 &&= 376 \text{ HP} \\ &&&= 280,383 \text{ KW} \\ &&&= 280,383 : 2 \\ &&&= 140,191 \end{aligned}$$



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 : 150 KW
- Cylinders : 6
- Stroke : 135 mm
- Cylinder bore : 105 mm
- Speed : 1500 rpm
- SFOC : 216,5 g/KWh
- P x L x T : 1095 mm x 850 mm x 891 mm

Keterangan : 2 mesin bekerja secara bergantian dan 1 mesin berfungsi sebagai mesin cadangan

2.3 Estimasi Kapasitas Ruang Muat

1. Luas Penampang Tengah Kapal

$$\begin{aligned}A_m &= B \times T \times C_m \\&= 23,70 \text{ m} \times 6,60 \text{ m} \times 0,991 \\&= 155,168 \text{ m}^2\end{aligned}$$

2. Jarak *frame space*

• NK Class (**Nippon Kaiji Kyokai Chapter 7.2.1 Hal. 64**)

Standard frame space untuk bangunan depan

Standard spacing of transverse frames :

$$\begin{aligned}&= 450 + 2L \quad (\text{mm}) \\&= 450 + (2 \times 92,60) \\&= 635,2 \text{ mm} \\&= 0,600 \text{ mm}\end{aligned}$$

Frame space ditetapkan 0,60 m

3. Jarak Sekat Ceruk Haluan dari *ForePeak*

$$\begin{aligned}S_h &= (5 - 8)\% \times LBP \\&= 5\% \times 92,60 \text{ m} \\&= 4,63 \text{ m}\end{aligned}$$

4. Jarak Sekat Ceruk Buritan dari *AfterPeak*

$$\begin{aligned}S_b &= (3 - 5) \times a_0 \\&= 3 \times 600 \text{ mm} \\&= 1800 \text{ mm} \\&= 1,8 \text{ m}\end{aligned}$$

5. Sekat Kamar Mesin

$$\begin{aligned}S_{km} &= (17 - 22)\% \times LBP \\&= 20\% \times 92,60 \text{ m} \\&= 18,52 \text{ m}\end{aligned}$$

6. Tinggi *Double Bottom*

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

$$\begin{aligned}H_{db} &= \frac{B}{20} \quad (\text{m}) \\&= \frac{23,70}{20}\end{aligned}$$

$$= 1,185 \text{ m} \approx \underline{\underline{1,00 \text{ m}}}$$

d_{DB} =Tinggi minimum untuk *double bottom* yaitu 0,76 m dan tinggi maksimum yaitu 1 m

6. Volume Ruang Muat

$$\begin{aligned} V_{rm} &= \frac{\text{Berat Muatan}}{\text{Massa Jenis Muatan}} \\ &= \frac{7857,815 \text{ ton}}{1,44 \text{ ton/m}^3} \\ &= 5441,693 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

2.4 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 $30 < L < 122 \text{ m}$

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

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 2,40 m

Deck A 2,40 m

Deck B 2,40 m

Deck C 2,40 m

Navigation Deck 2,40 m

Total Tinggi 12,00 m

2.5 Pemeriksaan Freeboard Atau Lambung Timbul

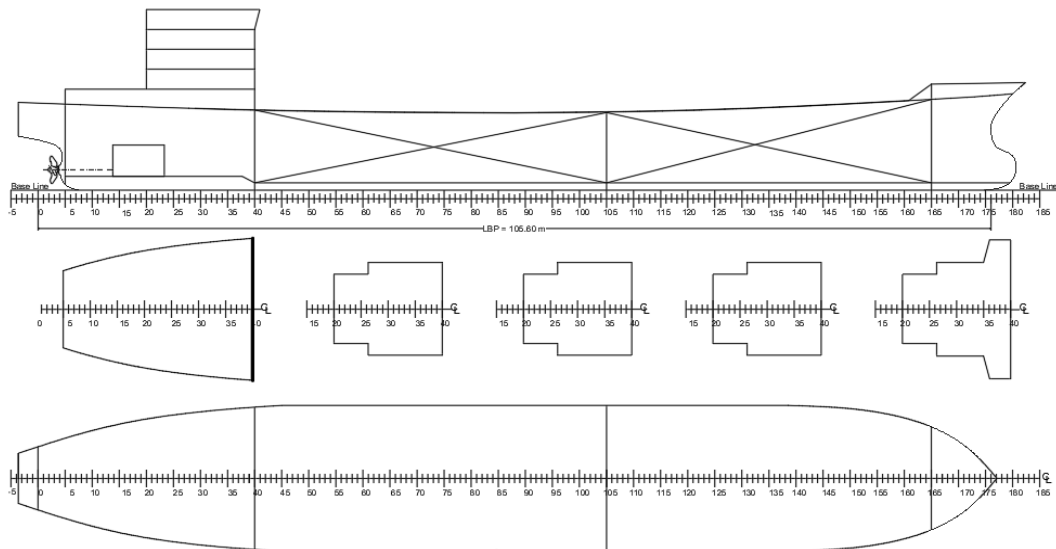
Perhitungan *Freeboard* atau Lambung Timbul

$$f = H - T$$

$$= 10,10 \text{ m} - 6,60 \text{ m}$$

$$= 3,5 \text{ m}$$

2.6 Sketsa Rencana Umum



Sumber : Gambar Pribadi

Gambar 2.12. Sketsa Rencana Umum Kapal Rancangan

2.7 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 :

2.7.1. 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

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} = Berat Baja Kapal

K = untuk *General Cargo* 0,029 ton/m²

E = *Hull Numeral* (m²) untuk *General Cargo* (2000 - 7000)

$$\begin{aligned} \text{Maka : } W_{ST} &= 0,029 \times 3500^{1,36} \\ &= 1737,560 \text{ ton} \end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas ditetapkan harga **$W_{ST} = 1737,560 \text{ ton}$**

2. 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 *General Cargo*

MCR = *Maximum Countinus Rating* kapal rancangan (KW)
= 2800 KW

Maka : $W_{ME} = 0,69 \times (2800)^{0,7}$
= 186,36 ton

Dari perhitungan diatas ditetapkan **$W_{ME} = 186,36$ ton**

3. 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 = 0,4 ton/m² untuk *General Cargo*

L = Panjang kapal rancangan = 94,50 m

B = Lebar kapal rancangan = 23,70 m

Maka: $W_{wo} = 0,4 \times 94,50 \times 23,70$
= 895,860 ton

Dari perhitungan diatas ditetapkan **$W_{wo} = 895,860$ 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 = 1574,562 ton

W_{ME} = Berat permesinan kapal = 186,360 ton

W_{wo} = Berat perkayuan dan *outfitting* kapal rancangan
= 895,860 ton

Maka : $\text{Margin} = [1574,562 + 186,360 + 895,860] \times 2\%$

$$= 53,140 \text{ ton}$$

Dari perhitungan diatas ditetapkan harga **Margin LWT = 53,140 ton**

TOTAL BERAT LIGHT WEIGHT (LWT) KAPAL :

1) Berat Baja Kapal (W_{ST})	= 894,950	Ton
2) Berat Permesinan Kapal (W_{ME})	= 186,360	Ton
3) Berat Perkayuan & <i>Outfitting</i> (W_{WO})	= 895,860	Ton
4) Margin LWT	= 53,140	Ton

Berat Kapal Kosong (LWT) = 2030,31 Ton

Koreksi LWT

$$\begin{aligned} - \text{LWT}_1 &= \Delta - \text{DWT} \\ &= 11878,56 - 9000 \\ &= 2878,56 \text{ Ton} \end{aligned}$$

$$- \text{LWT}_2 = 2872,92 \text{ Ton}$$

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

$$\left| \frac{2878,56 - 2872,92}{2872,92} \right| \times 100\% = 0,208\% \leq 0,5\% \text{ (memenuhi)}$$

2.7.2 Perhitungan Bobot Mati Kapal (DWT)

Menurut Harald Poehls, 1979.

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

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

$$\text{Dimana : } Pb_{ME} = M/E = 2800 \text{ Kw}$$

$$b_{ME} = \text{Koefisien pemakaian BBM} = 187 \text{ g/kWh}$$

$$S = \text{Radius Pelayaran} = 2186,6 \text{ mil laut}$$

$$V_s = 11 \text{ knots}$$

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

Maka :

$$\begin{aligned} W_{FO} &= [2800 \times 187] \times \frac{2186,6}{11} \times 10^{-6} \times 1,5 \\ &= 156,123 \text{ Ton} \end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas ditetapkan harga **$W_{FO} = 156,123 \text{ Ton}$**

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

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

Dimana : $Pb_{AE} = A/E = 150 \text{ Kw}$

$b_{AE} = \text{Koefisien pemakaian BBM} = 216,5 \text{ g/kWh}$

$S = \text{Radius Pelayaran} = 2186,6 \text{ mil laut}$

$V_s = 11 \text{ knots}$

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

Maka :

$$\begin{aligned} WFO &= [300 \times 216,5] \times \frac{2186,6}{11} \times 10^{-6} \times 1,5 \\ &= 19,366 \text{ Ton} \end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas ditetapkan harga **$W_{DO} = 19,366 \text{ Ton}$**

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

1. Berat Minyak Pelumas Mesin Utama

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

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

Maka :

$$\begin{aligned} W_{LO} &= [2800 \times 1,5] \times \frac{2186,6}{11} \times 10^{-6} \times (1,5) \\ &= 1,252 \text{ Ton} \end{aligned}$$

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 :

$$\begin{aligned} W_{LO} &= [300 \times 1,5] \times \frac{2186,6}{11} \times 10^{-6} \times (1,5) \\ &= 0,134 \text{ Ton} \end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas ditetapkan harga $W_{LO} = 1,252 + 0,134$

$$W_{LO} = \mathbf{1,386 \text{ Ton}}$$

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

Dimana :

- Jumlah penumpang ABK $Z = 21 \text{ Orang}$
- *Drinking Water* $DW = 10\text{-}20 \text{ kg/org/hari}$
- *Washing water + Bathing Room* $WW \text{ BR} = 70 \text{ kg/org/hari}$
- *Boilet Feed Water* $BFW = 0,14 \text{ kg/Kwh}$

➤ *Addition For Tank Volume* Add = 3% - 4%

Diasumsikan kebutuhan *Fresh Water* untuk pendingin mesin diambil dari air laut dan untuk kebutuhan mandi & minum membawa dari pelabuhan, maka :

$$\begin{aligned} W_{FW} &= \left[((DW + (WW + BR)) \times Z) + (BFW \times (Pb_{ME} + Pb_{AE}) \times 24) \right] \times \frac{S}{V_S} \times \frac{1}{24} + \text{Add} \\ &= \left[((10 + 70) \times 21) + (0,14 \times (2800 + 300) \times 24) \right] \times \frac{2186,6}{11} \times \frac{1}{24} + 4\% \\ &= 50227,95 \text{ kg} + 2009,118 \text{ kg} \\ &= 52237,068 \text{ kg} \\ &= 52,237 \text{ Ton} \end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas ditetapkan harga **$W_{FW} = 52,237 \text{ Ton}$**

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

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

Dimana : C_p = 2 – 5 kg/org/hari

Z = 21 Orang

Maka :

$$\begin{aligned} W_{PROV} &= 5 \times 21 \times \frac{2186,6}{11} \times \frac{1}{24} \\ &= 904,209 \text{ kg} \\ &= 0,904 \text{ Ton} \end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas ditetapkan harga **$W_{PROV} = 0,904 \text{ Ton}$**

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 = 20 Orang

Maka :

$$\begin{aligned} W_{P+L} &= 21 \times (75 + 70) \\ &= 3045 \text{ kg} \\ &= 3,045 \text{ Ton} \end{aligned}$$

Dari perhitungan di atas ditetapkan harga **$W_{P+L} = 3,04 \text{ Ton}$**

7. Berat Air Ballast (W_{WB})

Dalam buku *Global Maritime Transport and Ballast Water Management* Karangan Matej David Hal20

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

$$\text{Dimana} : \Delta = 11878,56 \text{ Ton}$$

Maka :

$$Ballast = 0,3 \times 11878,56 \text{ Ton}$$

$$= 3563,563 \text{ Ton}$$

Dari perhitungan diatas ditetapkan harga **$W_{WB} = 3563,563 \text{ Ton}$**

8. Berat Muatan (Pay Load)

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

$$\text{Dimana : } W_{FO} = 156,123 \text{ Ton}$$

$$: W_{DO} = 19,366 \text{ Ton}$$

$$: W_{LO} = 1,250 \text{ Ton}$$

$$: W_{FW} = 61,237 \text{ Ton}$$

$$: W_{PROV} = 0,904 \text{ Ton}$$

$$: W_{p+l} = 3,04 \text{ Ton}$$

Maka :

$$W_{PL} = 9000 - 236,303 = 8767,915 \text{ Ton}$$

Dari perhitungan diatas ditetapkan harga **$W_{PL} = 8767,915 \text{ Ton}$**

TOTAL BERAT DEAD WEIGHT TONNAGE SHIP (DWT)

1)	Berat Bahan Bakar W_{FO}	= 156,21	Ton
2)	Berat Bahan Bakar W_{DO}	= 11,288	Ton
3)	Berat Minyak Pelumas (W_{LO})	= 0,678	Ton
4)	Berat Air Bersih dan Tawar (W_{FW})	= 61,237	Ton
5)	Berat Makanan (W_{PROV})	= 0,482	Ton
6)	Berat Awak Kapal dan Barang (W_{p+l})	= 2,9	Ton
7)	Berat Muatan (W_{PL})	= 8767,915	Ton

TOTAL PERHITUNGAN DWT = 9000 Ton

KOREKSI BERAT KAPAL

Displacement menurut Hukum Archimedes (Δ_1), yaitu :

$$\begin{aligned}\Delta_1 &= LWL \times B \times T \times C_b \times \gamma \\ &= 94,50 \times 23,7 \times 6,6 \times 0,784 \times 1,025 \\ &= 11878,56 \text{ Ton}\end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned}\text{Dimana : } \Delta_2 &= LWT + DWT \\ &= 2872,92 \text{ Ton} + 9000 \text{ Ton} \\ &= 11872,92 \text{ Ton}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Maka Koreksi} &= \left| \frac{11878,56 - 11872,920}{11878,920} \right| \times 100\% \dots\dots\dots < 0,5 \% \\ &= 0,047 \% \dots\dots\dots < 0,5 \text{ (memenuhi)}\end{aligned}$$

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 *Buoyancy and Stability of Ships* hal 81 :

$$\overline{KB} = T \times \left(\frac{5 \times C_w - 2 \times C_b}{6 \times C_w} \right)$$

$$= 6,6 \times \left(\frac{5 \times 0,851 - 2 \times 0,784}{6 \times 0,851} \right)$$

$$= 3,47 \text{ m}$$

Dari perhitungan diatas ditetapkan **KB = 3,55 m**

b. Perhitungan Titik Berat (KG)

Untuk titik berat diperkirakan sebesar 60% dari tinggi kapal (H) maka: $\overline{KG} = 0,6 \times H$

$$= 0,6 \times 10,10$$

$$= 6,060 \text{ m}$$

Dari perhitungan diatas ditetapkan **KG = 6,060 m**

2) Perhitungan Stabilitas Melintang

a. Radius Metacenter Melintang (BM)

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

$$\overline{BM} = \frac{B^2}{T} \times \frac{Cw(Cw+0,04)}{11 \times Cb}$$

$$\text{Maka } \overline{BM} = \frac{23,70^2}{6,6} \times \frac{0,851(0,8+0,04)}{11 \times 0,784}$$

$$= 6,859 \text{ m}$$

Dari perhitungan diatas ditetapkan harga **BM = 6,859 m**

b. Tinggi Metacentre Melintang dari Garis Dasar (KM)

$$\overline{KM} = \overline{KB} + \overline{BM}$$

$$= 3,47 + 6,859$$

$$= 10,33 \text{ m}$$

Dari perhitungan ditetapkan **KM = 10,33 m**

c. Tinggi Metacentre Melintang (GM)

$$\overline{GM} = \overline{KM} - \overline{KG}$$

$$= 10,33 - 6,060$$

$$= 4,27 \text{ m}$$

Dari perhitungan diatas ditetapkan **GM = 4,27 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

$$C = 0.373 + \left(0.023 \times \frac{B}{T}\right) - \left(0.043 \times \frac{LWL}{100}\right)$$

$$B = 23,70 \text{ m}$$

$$T = 6,60 \text{ m}$$

$$LWL = 94,50 \text{ m}$$

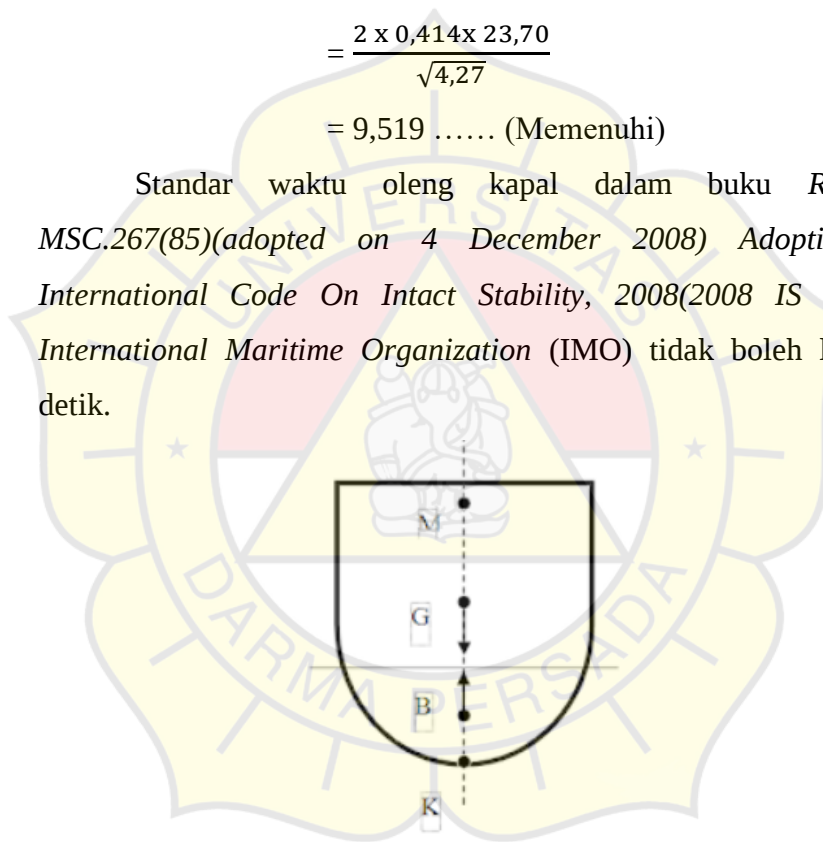
$$= 0,373 + \left(0,023 \times \frac{23,70}{6,6}\right) - \left(0,043 \times \frac{94,50}{100}\right) = 0,415$$

Maka :

$$= \frac{2 \times 0,414 \times 23,70}{\sqrt{4,27}}$$

$$= 9,519 \text{ (Memenuhi)}$$

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 : MaritimeWorld

Gambar 2.13. Titik Stabilitas Kapal

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

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

A. Hid = Ideal Free Board

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

Dimana :

$$a. \quad Sh = 50 \times \left(\frac{LBP}{3} + 10\right)$$

$$= 50 \times \left(\frac{92,60}{3} + 10 \right)$$

$$= 2043 \text{ mm}$$

$$= 2,04 \text{ m}$$

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

$$= 25 \times \left(\frac{92,60}{3} + 10 \right)$$

$$= 1022 \text{ mm}$$

$$= 1,022 \text{ m}$$

Maka :

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

$$\text{Hid} = 10,10 + \frac{2,04 + 1,02}{6}$$

$$= 10,611 \text{ m}$$

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

Dimana :

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

$$= \frac{(2 \times 0,851 + 1)^3}{323}$$

$$= 0,061$$

Maka :

$$\text{MTF} = \frac{0,065}{0,784} \times \frac{23,70^2}{11}$$

$$= 6,622$$

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

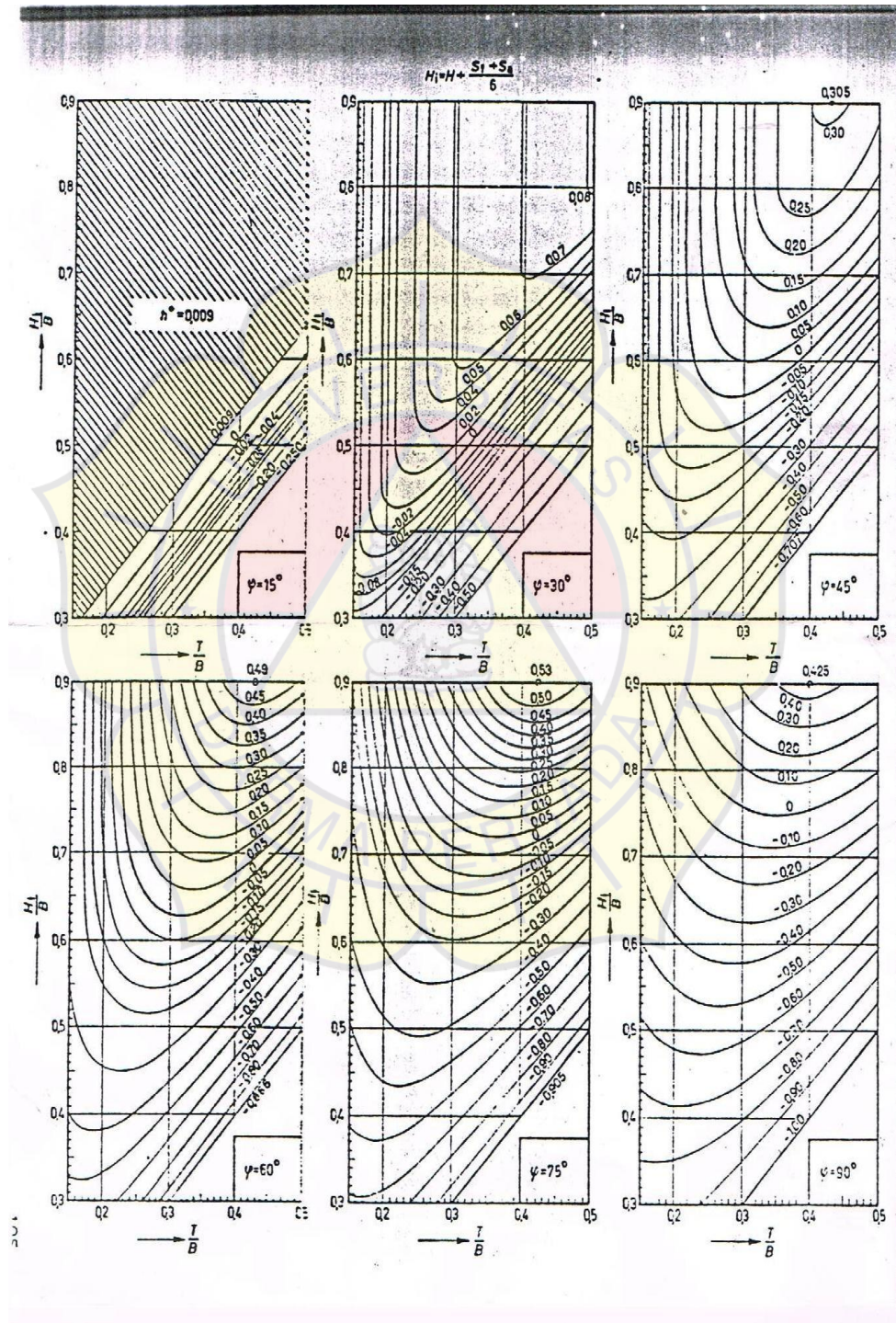
$$\bullet \quad \frac{T}{B} = \frac{6,6}{23,70} = 0,278$$

$$\bullet \quad \overline{MF} = \overline{BM} = 6,859$$

$$\bullet \quad \frac{\text{Hid}}{B} = \frac{10,611}{23,70} = 0,448$$

$$\bullet \quad \overline{GM} = 4,270$$

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



Sumber : buku *Buoyancy and stability of ship*

Gambar 2.14. Grafik *Prohaska*

5) Perhitungan Kurva Lengan Stabilitas Awal

Tabel 2.1. Kurva Lengan Stabilitas Awal

Φ	0°	15°	30°	45°	60°	75°	90°
1. $\sin \phi$	0.000	0.259	0.5	0.707	0.866	0.965	1
2. $h \cdot f$	0.000	0.009	-0.06	-0.17	-0.33	-0.47	-0.58
3. $h \cdot f \times MF$	0.000	0.062	-0.412	-1.166	-2.263	-3.224	-3.978
4. $GM \times \sin \phi$	0.000	1.106	2.135	3.019	3.698	4.121	4.270
5. $GZ = (3) + (4)$	0.000	1.168	1.723	1.853	1.435	0.897	0.292

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 :

$GM = 4,270 \text{ m} > 0,15 \text{ m}$ memenuhi

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

Dimana GZ kapal rancangan pada titik $30^\circ = 1,723 \text{ m}$ memenuhi

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

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

Tabel 2.2. Tinggi kurva $GZ 0^\circ - 30^\circ$

NO.	Φ	GZ (m)	FS	GZ x FS (m)
1	0°	0	1	0
2	5°	0,389	4	1,556
3	10°	0,778	2	1,646
4	15°	1,168	4	4,627
5	20°	1,331	2	2,662
6	25°	1,539	4	6,156
7	30°	1,723	1	1,723
$\Sigma_1 =$				18,415

Sumber : Perhitungan Pribadi

$$\text{Dimana : } \Delta GZ - 30^\circ = \frac{\left(\frac{1}{3}\right) \times 5^\circ \times \Sigma_1}{57,3^\circ} = \frac{\left(\frac{1}{3}\right) \times 5^\circ \times 11,291}{57,3^\circ} = 0,536$$

Maka : $\Delta GZ - 30^\circ = 0,328 \text{ m-rad} > 0,055 \text{ m-rad}$ memenuhi

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

Tabel 2.3. Tinggi kurva GZ $30^\circ - 40^\circ$

NO.	Φ	GZ	FS	GZ x FS
1	30°	1,723	1	1,723
2	35°	1,774	4	7,096
3	40°	1,804	1	1,803
Σ_2				10,622

Sumber : Perhitungan Pribadi

$$\text{Dimana : } \Delta GZ - 40^\circ = \frac{\left(\frac{1}{3}\right) \times 5^\circ \times \Sigma_2}{57,3^\circ} + \Delta GZ - 30^\circ = \frac{\left(\frac{1}{3}\right) \times 5^\circ \times 9,105}{57,3^\circ} + 0, \\ = 0,845$$

Maka : $\Delta GZ - 40^\circ = 0,593 \text{ m-rad} > 0,09 \text{ m-rad}$
memenuhi

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

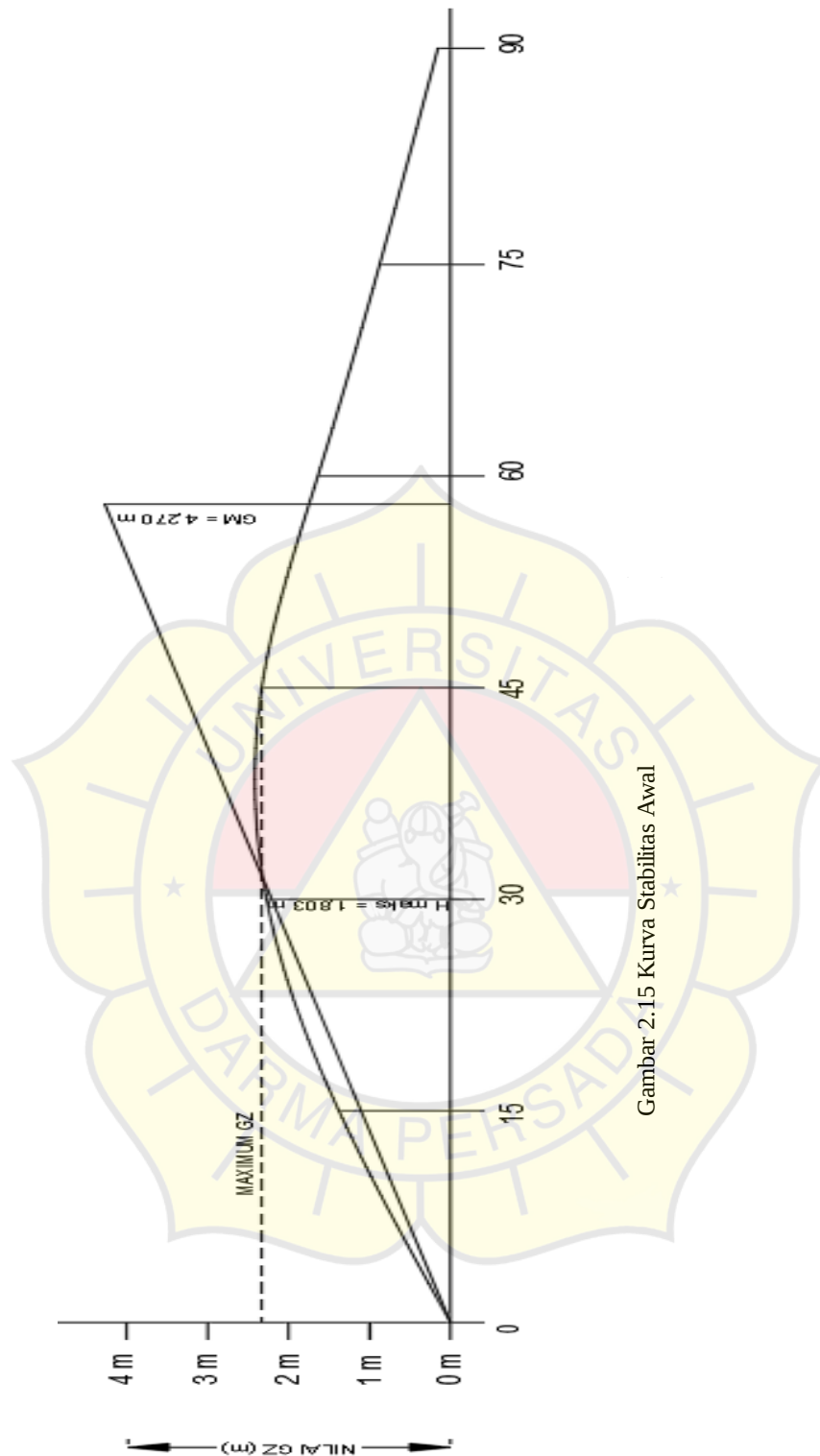
$$\text{Dimana : } \Delta GZ-40^\circ = 0,845 \text{ m} - \text{rad}$$

$$\Delta GZ-30^\circ = 0,536 \text{ m} - \text{rad}$$

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

$$= (0,845) - (0,536)$$

$$= 0,30 > 0,03 \text{ m-rad} \text{ memenuhi}$$



Gambar 2.15 Kurva Stabilitas Awal

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

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

Dimana : M_c = Momen cikir kapal rancangan

ρ = Kepadatan air laut

$$= 1,025 \text{ Kg/sec}^2/\text{m}^4$$

∇ = Volume *displacement* kapal rancangan

$$= 11588,840 \text{ m}^3$$

V_s = Kecepatan kapal rancangan

$$= 11 \text{ knot}$$

$$= 5,658 \text{ m/s}$$

KG = *Center Of Gravity* diatas *baseline*

$$= 6,060 \text{ m}$$

T = *Draft* kapal rancangan

$$= 6,60 \text{ m}$$

LBP = panjang kapal rancangan

$$= 92,60 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \text{Maka : } M_c &= 0,233 \times \frac{(1,025 \times 11588,840 \times (0,8 \times 5,658)^2) \times (6,060 - 0,5 \times 6,60)}{92,60} \\ &= 168,848 \text{ ton meter} \end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas didapat nilai **$M_c = 168,848 \text{ ton meter}$**

2. Momen Angin (M_w)

Untuk menentukan momen angin dari kapal rancangan digunakan rumus pendekatan yang terdapat dalam buku *Buoyancy And Stability Of Ships* 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 = $1,3 \times 10^{-4} \text{ ton} \cdot \text{sec}^2 / \text{m}^4$

V_w = Kecepatan angin
= 14,5 m/s

A = Luas bidang tangkap angin
= 455,616 m²

a = Jarak titik tangkap angin diatas lambung kapal
= 0,5 x T
= 0,5 x 6,6
= 3,3 m

$$\begin{aligned} \text{Maka : } M_w &= 1,3 \times 0,5 \times 1,3 \times 10^{-4} \times 14,5^2 \times 455,616 \times 3,3 \\ &= 28,586 \text{ ton meter} \end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas ditetapkan **$M_w = 28,586 \text{ ton meter}$**

3. Momen Pengganggu (M_p)

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

$$M_p = M_c + M_w$$

Dimana : M_p = Momen pengganggu kapal rancangan

M_c = Momen cikal kapal rancangan
= 168,848 ton

M_w = Momen angin kapal rancangan
= 28,586 ton meter

$$\begin{aligned}\text{Maka : } M_p &= 168,848 + 28,586 \\ &= 197,434 \text{ ton meter}\end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas diketahui nilai **$M_p = 197,434 \text{ ton meter}$**

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
= 1,803 m

Δ = *Displacement* kapal rancangan
= 11878,560 ton

Maka :

$$\begin{aligned}M_s &= 1,803 \text{ m} \times 11878,560 \text{ Ton} \\ &= \mathbf{21417,043 \text{ ton meter.}}\end{aligned}$$

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

Dimana : M_s = Momen stabilitas kapal rancangan
= 21417,043 ton meter

M_p = Momen pengganggu kapal rancangan
= 197,434 ton meter

Maka : 21417,043 ton meter > 197,434 ton meter (**Memenuhi**)