

BAB II

RENCANA AWAL

Dalam penyusunan tugas mendesain 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 :

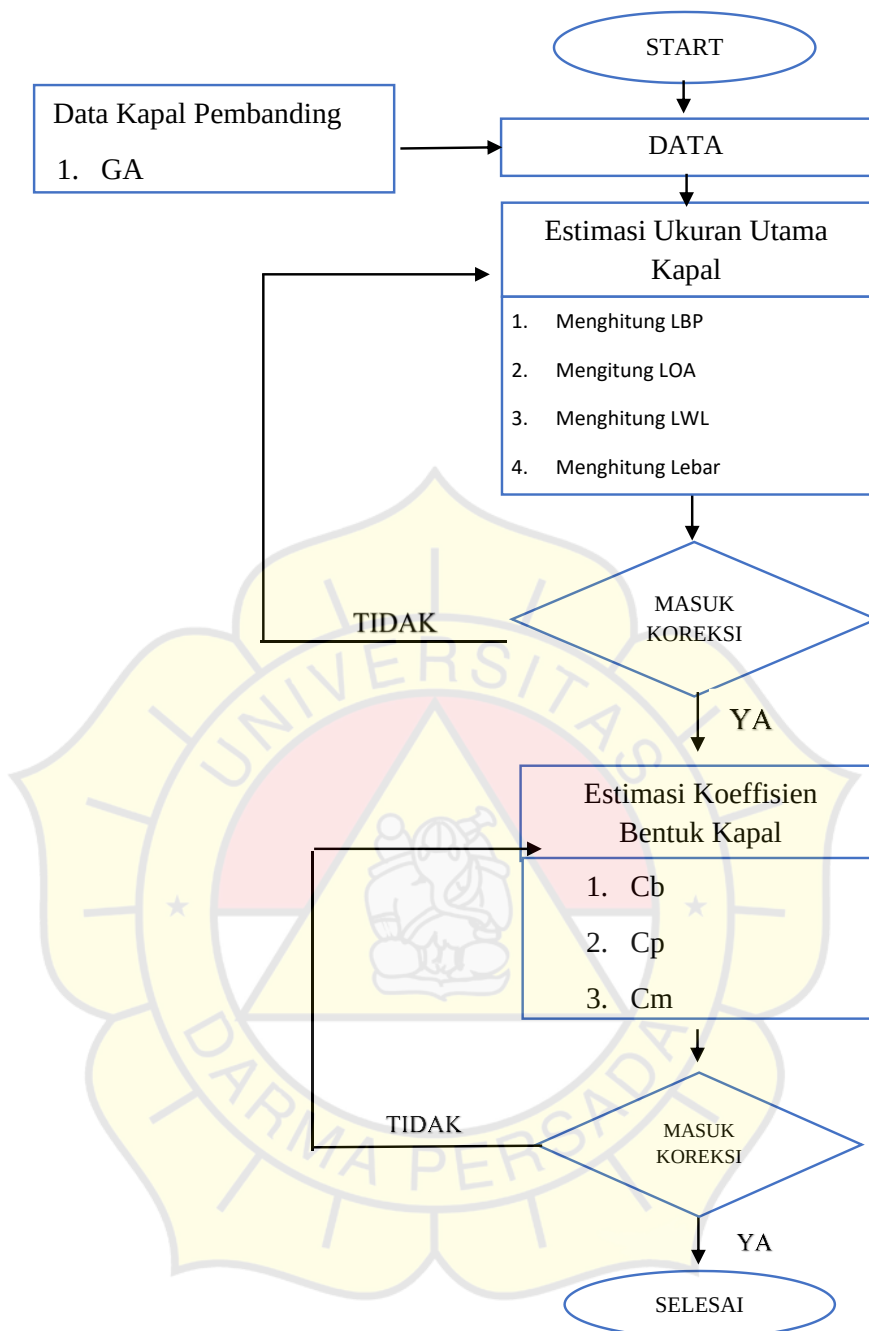
1. Estimasi Ukuran Utama, Koefisien Kapal dan Perkiraan Displasemen Kapal
2. Estimasi Tenaga Penggerak Kapal
3. Estimasi Kapasitas Ruang Muat
4. Estimasi Ukuran *Superstructure*
5. Pemeriksaan *Freeboard* atau Lambung Timbul
6. Sketsa Rencana Umum
7. Perkiraan Berat Kapal (*Dead Weight Ton* dan *Light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

2.1 ESTIMASI UKURAN UTAMA, KOEFISIEN DAN PERKIRAAN 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 2.1.1 Flow Chart Ukuran Utama & Koeffisien Kapal

2.1.1 Estimasi Ukuran Utama

2.1.1.1 Estimasi Panjang Kapal

a. Estimasi Panjang Antara Garis Tegak (LBP)

Untuk mendapatkan panjang kapal di gunakan metode *Comparrison Ship* :

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

Dimana : DWT_1 = Kapal Pembanding = 82000 ton

DWT_2 = Kapal Rancangan = 98000 ton

LBP_1 = Kapal Pembanding = 225,00 m

$$\begin{aligned} LBP &= \sqrt[3]{\frac{98000}{82000}} \times 225,00 \\ &= 238,773 \text{ m} \end{aligned}$$

Dari perhitungan tersebut di tetapkan harga **LBP = 238,80 m**

b. Estimasi Panjang Keseluruhan Kapal (LOA)

Dari kapal pembanding, diperoleh :

$$\begin{aligned} C &= \frac{LOA}{LBP} \\ &= \frac{229,00}{225,00} \\ &= 1,02 \end{aligned}$$

Untuk kapal rancangan :

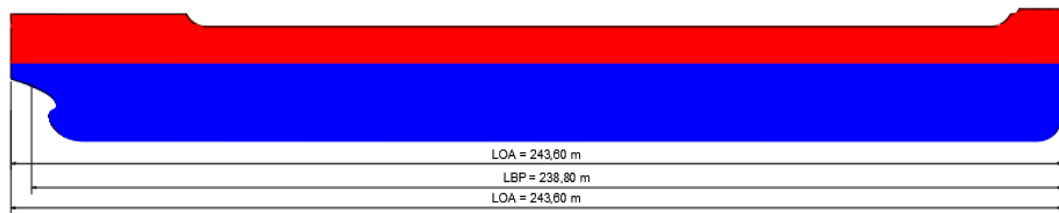
$$\begin{aligned} LOA &= C \times LBP_2 \\ &= 1,02 \times 238,80 \text{ m} \\ &= 243,60 \text{ m} \end{aligned}$$

Dari perhitungan di atas ditetapkan harga **LOA = 243,60 m**

c. Estimasi Panjang Garis Air (LWL)

$$\begin{aligned} LWL &= (2\% \times Lpp) + LPP \\ &= (2\% \times 238,8 \text{ m}) + 238,80 \text{ m} \\ &= 243,58 \text{ m} \end{aligned}$$

Dari perhitungan di atas ditetapkan harga **LWL = 243,60 m**



Sumber : Gambar Pribadi

Gambar 2.1.2 Ukuran Panjang Kapal Rancangan

2.1.1.2 Estimasi Lebar Kapal

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

$$\begin{aligned} L/B &= \frac{225,00}{32,26} \\ &= 6,97 \end{aligned}$$

Untuk kapal rancangan :

$$\begin{aligned} B &= \frac{LBP}{aspectratio} \\ &= \frac{238,80}{6,726} \\ &= 34,261 \text{ m} \end{aligned}$$

Dari perhitungan di atas di tetapkan harga **B = 34,30 m**

2.1.1.3 Estimasi Tinggi Kapal

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

$$\begin{aligned} L/H &= \frac{225,00}{20,20} \\ &= 11,13 \end{aligned}$$

Untuk kapal rancangan :

$$\begin{aligned} H &= \frac{LBP}{aspectratio} \\ &= \frac{238,8}{11,13} \\ &= 21,455 \text{ m} \end{aligned}$$

Dari perhitungan di atas di tetapkan harga **H = 21,50 m**

2.1.1.4 Estimasi Sarat Kapal

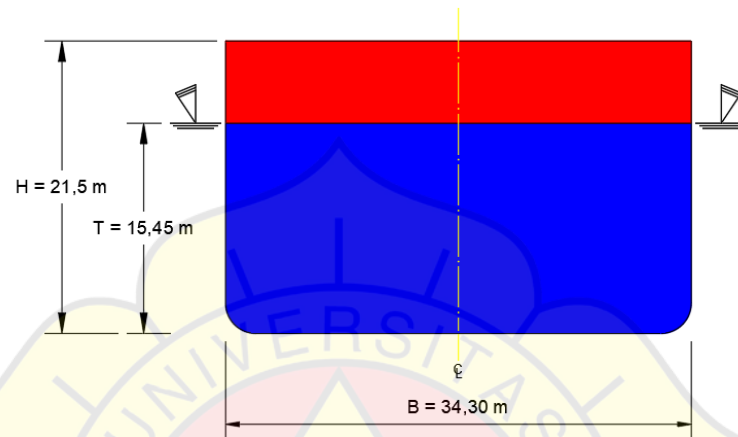
Menurut kapal pembanding, nilai *aspect ratio*(B/T)

$$\begin{aligned} B/T &= \frac{32,26}{14,50} \\ &= 2,22 \end{aligned}$$

Untuk kapal rancangan:

$$\begin{aligned} T &= \frac{B}{\text{aspectratio}} \\ &= \frac{34,30}{2,22} \\ &= 15,450 \end{aligned}$$

Dari perhitungan di atas di tetapkan harga **T = 15,450 m**



Sumber : Gambar Pribadi

Gambar 2.1.3 Ukuran Lebar, Sarat Air, dan Tinggi Kapal Rancangan

Koreksi perbandingan ukuran utama kapal adalah sebagai berikut:

1. $\frac{LBP}{B} = \frac{238,80}{34,30} = 6,962$ Ship Design – Methodologies of Preliminary Design
Hal 102 (4,8 – 8,5)
2. $\frac{B}{T} = \frac{34,30}{15,45} = 2,220$ Ship Design for Efficiency and Economy
(1,5 – 3,5)
3. $\frac{T}{H} = \frac{15,45}{21,50} = 0,720$ Practical Ship Design hal.70 Fig.3.9
(0,66 – 0,82)
4. $\frac{LBP}{H} = \frac{238,80}{21,50} = 11,106$ Ship Design – Methodologies of Preliminary Design
Hal 102 (10,5 – 12,8)
5. $\frac{B}{H} = \frac{34,30}{21,50} = 1,595$ Practical Ship Design hal.70 Fig.3.9 (1,50-2,85)

2.1.2 Estimasi Koefisien Kapal

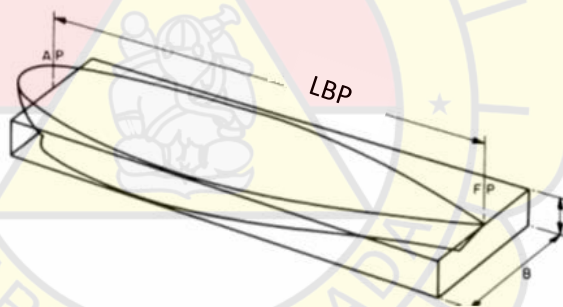
Estimasi yang dilakukan untuk koefisien bentuk dari kapal rancangan ini adalah:

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

Menurut Hararld Poehls, 1979.

Untuk memenuhi kebutuhan dan sesuai dengan persyaratan koefisien yang berlaku untuk kapal *medium speed*, maka perancang mengambil nilai $V_s = 16$ Knots untuk kecepatannya.

2.1.2.1 Coefficient Block (Cb)



Sumber : Google

Gambar 2.1.4 Koefisien Block

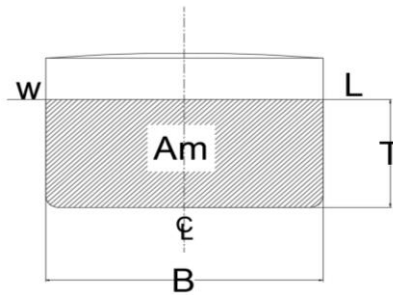
Koefisien ini digunakan untuk mengetahui bentuk lambung dari sebuah kapal rancangan yang mana semakin besar nilai sebuah koefisien bentuk, maka berdampak pada bentuk lambung yang gemuk. Berikut perhitungannya :

Menurut *Kerlent* nilai C_b adalah:

$$\begin{aligned} C_b &= 1,179 - (0,333 \times \frac{V_s}{\sqrt{LBP}}) \\ &= 1,179 - (0,333 \times \frac{16}{\sqrt{283,80}}) \\ &= 0,834 \end{aligned}$$

Harga C_b yang diambil **adalah 0,834**

2.1.2.2 Coefficient Midship (Cm)



Sumber : Google

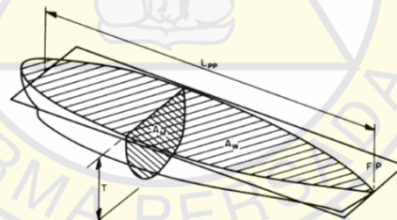
Gambar 2.1.5 Koefisien Midship

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*.

$$\begin{aligned} C_m &= 0,93 + (0,08 \times C_b) \\ &= 0,93 + (0,08 \times 0,834) \\ &= 0,996 \end{aligned}$$

Harga C_m yang diambil adalah 0,996

2.1.2.3 Coefficient Prismatic (Cp)



Sumber : Google

Gambar 2.1.6 Koefisien Prismatic

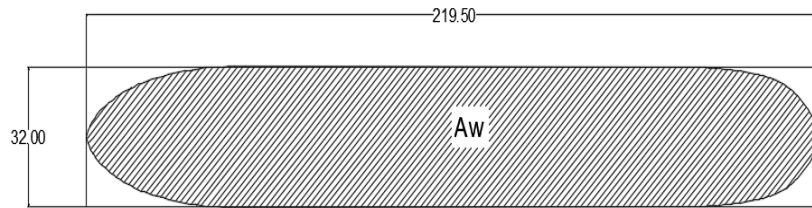
Koefisien prismatic adalah volume dibagi dengan panjang pada garis air dikali luas potongan di bawah garis air.

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

$$\begin{aligned} C_p &= \frac{C_b}{C_m} \\ &= \frac{0,834}{0,996} \\ &= 0,837 \end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas ditetapkan harga $C_p = 0,837$

2.1.2.4 Coefficient Waterline (Cw)



Sumber : Google — —

Gambar 2.1.7 Koefisien Waterline

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

$$\begin{aligned}C_w &= 0,18 + (0,85 \times C_p) \\&= 0,18 + (0,85 \times 0,837) \\&= 0,891\end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas ditetapkan harga **Cw = 0,891**

2.1.3 Displacement Kapal dan Volume Displacement Kapal

2.1.3.1 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
- L = Panjang antara garis air
= 243,60 m
- B = Lebar kapal rancangan
= 34,30 m
- T = Sarat air kapal rancangan
= 15,45 m
- C_b = *Coefficient block* kapal rancangan
= 0,834

$$\begin{aligned}\gamma &= \text{Coefficient air laut} \\ &= 1,025 \text{ ton/m}^3\end{aligned}$$

Maka :

$$\begin{aligned}\Delta &= 243,60 \times 34,30 \times 15,45 \times 0,834 \times 1,025 \\ &= 110354,438 \text{ Ton}\end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas ditetapkan **harga $\Delta = 110354,438 \text{ Ton}$**

2.1.3.2 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 :

$$\begin{aligned}\nabla &= C_b \times LWL \times B \times T \\ \nabla &= 0,834 \times 243,60 \times 34,3 \times 15,45 \\ &= 107662,866 \text{ m}^3\end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas ditetapkan **$\nabla = 107662,866 \text{ m}^3$**

2.1.4 Estimasi Bentuk Midship Kapal

2.1.4.1 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 :

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

$$\text{Dimana : } B = \text{Lebar Kapal Rancangan} = 34,30 \text{ m}$$

$$T = \text{Draft Kapal Rancangan} = 15,45 \text{ m}$$

$$C_m = \text{Coefficient Midship} = 0,996$$

$$\begin{aligned}\text{Maka : } R &= \sqrt{\frac{34,3 \times 15,45 (1 - 0,99)}{0,4292}} \\ &= 2,222 \text{ m}\end{aligned}$$

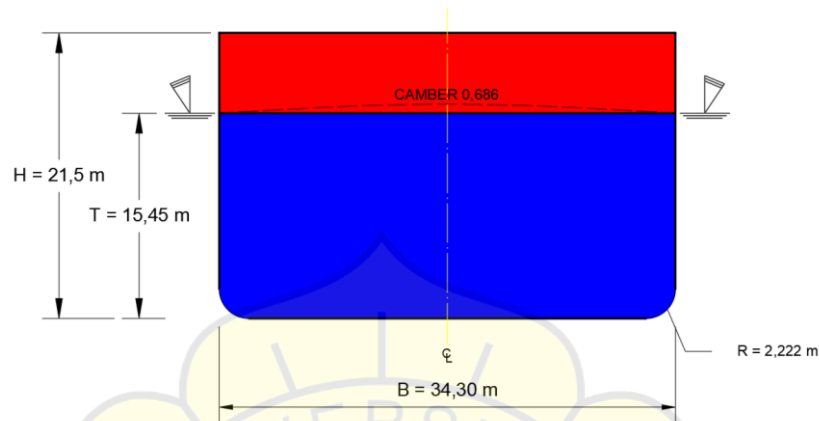
Dari perhitungan diatas ditetapkan harga **$R = 2,222 \text{ m}$**

2.1.4.2 Menentukan *Camber*

Untuk menentukan *camber* digunakan rumus :

$$Camber = \frac{B}{50} = \frac{34,3}{50} = 0,686 \text{ m}$$

Dari perhitungan diatas ditetapkan harga **Camber = 0,686 m**



Sumber : Gambar Pribadi

Gambar 2.1.8 Radius Bilga & Camber Kapal Rancangan

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)

2.2.1 Perkiraan Hambatan Gesek

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

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

$$\begin{aligned} \text{Dimana : } f &= 0,00871 + \frac{0,053}{(LBP+8,8)} \\ &= 0,00871 + \frac{0,053}{[(238,8 \times 3,28)+8,8]} \\ &= 0,00885 \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} S &= Lwl \times (1,7 \times T + Cb \times B) \\ &= 238,8 \times (1,7 \times 15,45 + 0,834 \times 34,3) \end{aligned}$$

$$= 13103,243 \text{ m}^2$$

$$= 141042,134 \text{ ft}^2$$

$$\begin{aligned} \text{Maka : } R_f &= 0,00885 \times 141042,134 \times 16^{1,825} \\ &= 196703,057 \text{ lbs} \\ &= 89222,983 \text{ kg} \end{aligned}$$

2.2.2 Perkiraan Hambatan Sisa (Rr) — —

$$\begin{aligned} R_r &= 12,5 \times C_b \times \Delta \times \frac{V_s^4}{LBP^2} \\ &= 12,5 \times 0,834 \times 110354,438 \times \frac{16^4}{(238,8 \times 3,28)^2} \\ &= 122893,656 \text{ lbs} \\ &= 55743,625 \text{ kg} \end{aligned}$$

2.2.3 Perkiraan Hambatan Total (Rt)

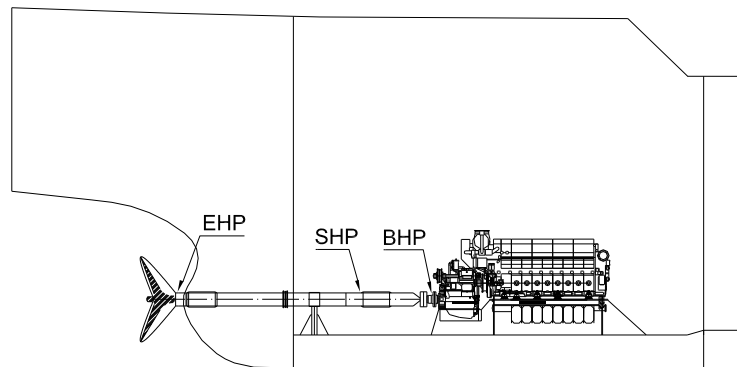
$$\begin{aligned} R_t &= R_f + R_r \\ &= 89222,983 \text{ kg} + 55743,625 \text{ kg} \\ &= 144966,608 \text{ kg} \end{aligned}$$

2.2.4 Penentuan Besar Tenaga Penggerak (EHP)

$$\begin{aligned} \text{EHP} &= \frac{R_t \times V_s}{75} \\ &= \frac{144966,608 \times 16 \times 0,5144}{75} \\ &= 15908,442 \text{ HP} \end{aligned}$$

2.2.5 Penentuan Besar *Shaft Horse Power* (SHP)

$$\begin{aligned} \text{SHP} &= \frac{\text{EHP}}{\text{PC}} \\ \text{Dimana: PC diperkirakan } 0,7 \\ &= \frac{15908,442}{0,7} \\ &= 22726,346 \text{ HP} \end{aligned}$$



Sumber : Gambar Pribadi

Gambar 2.2.1 Tenaga Penggerak Kapal Rancangan

2.2.6 Penentuan Besar Tenaga Penggerak (BHP)

Sea Margin berkisar antara 15%~20%

$$\begin{aligned} \text{BHP} &= (15\% \times \text{SHP}) + \text{SHP} \\ &= (15\% \times 22726,346) + 22726,346 \\ &= 26135,300 \text{ HP} \\ &= 19489,090 \text{ KW} \end{aligned}$$

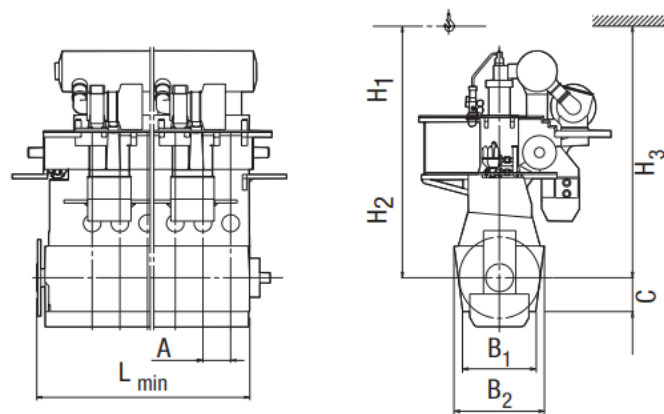
Faktor MCR : $\text{BHP}_{\text{sm}} / 85\%$

$$\begin{aligned} \text{BHP}_{\text{mcr}} &= \frac{100}{85} \times 26135,300 \text{ HP} \\ &= 30747,412 \text{ HP} \\ &= 22928,341 \text{ KW} \end{aligned}$$

2.3 PENENTUAN MESIN UTAMA DAN MESIN BANTU SEMENTARA

2.3.1 Mesin Utama

Dengan didapatkan besar daya mesin diatas maka perancang menggunakan daya yang sedikit lebih besar dari daya perhitungan diatas sebesar **30789,867 HP (22960 KW)**. Dengan daya mesin yang telah didapatkan, maka perancang mencari spesifikasi tersebut dikatalog yang ada.



Sumber : Katalog Mesin Man B & W

Gambar 2.3.1 Mesin Utama Sementara

- *Merk* : Man B & W
- *Type* : S65ME-C8
- *Daya* : 22960 KW
- *Cylinders* : 8
- *Stroke* : 2,730 mm
- *Speed* : 95,00 rpm
- *SFOC* : 169 g/KWh
- *P x L x T* : 11351 mm x 4454 mm x 11500 mm

2.3.2 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.

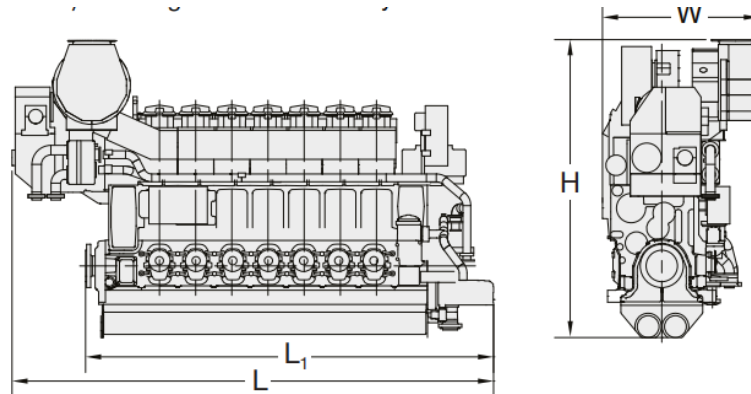
$$PAE = 10 - 15 \% \times BHP$$

Dimana : PAE = Daya mesin bantu kapal rancangan

BHP = Daya mesin utama kapal rancangan

$$= 30789,867 \text{ HP}$$

Maka : PAE = 10 % x 30789,867 = 3078,987 HP



Sumber : Katalog Mesin Man B & W

Gambar 2.3.2 Mesin Bantu Sementara Kapal Rancangan

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

- *Merk* : Man B & W
- *Type* : L35/44DF
- *Daya* : 3180 KW (4264,45 HP)
- *Cylinders* : 6
- *Stroke* : 440 mm
- *Cylinder bore* : 350 mm
- *Speed* : 750 rpm
- *SFOC* : 179,5 g/KWh
- *P x L x T* : 6485mm x 2539 mm x 4163 mm

2.4 ESTIMASI KAPASITAS RUANG MUAT

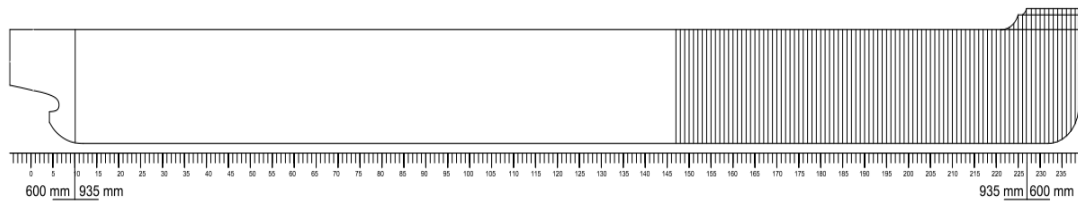
2.4.1 Frame Space (a_0)

Berdasarkan peraturan **ABS 2019 Pt. 3 Ch. 2 Sec. 5/1.7**

$$\begin{aligned} S &= 2,08 \times L_{bp} + 438 \text{ mm} \\ &= 2,08 \times (238,80) + 438 \text{ mm} \\ &= 934,704 \text{ mm} \end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas ditetapkan **S = 935 mm**

- Jarak gading transverse yang direncanakan :
 1. AP – Station 10 = 600 mm
 2. Station 10 – station 227 = 935 mm
 3. Station 227 – FP = 600 mm



Sumber: Gambar Pribadi

Gambar 2.4.1 Gading Transverse Kapal Rancangan

- Jarak gading longitudinal yang direncanakan :

Aturan menurut buku class ABS steel vessel 2018 Part 3 *Hull Construction And Equipment* Halaman 93.

$$\begin{aligned} S &= 2,08 \times Lbp + 438 \text{ mm} \\ &= 2,08 \times (238,80) + 438 \text{ mm} \\ &= 934,704 \text{ mm (jarak gading standard)} \end{aligned}$$



Sumber: Gambar Pribadi

Gambar 2.4.2 Gading Longitudinal Kapal Rancangan

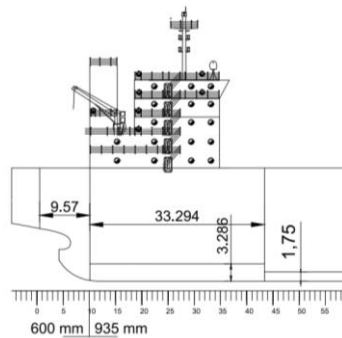
2.4.2 Double botom

Berdasarkan peraturan kelas ABS (*American Bureau of Shipping*) Rules for *General arrangement* 2019 Part 3 ch 2, untuk tinggi *double bottom* yaitu :

$$\begin{aligned} Hdb &= \frac{B}{20} \text{ (m)} \\ &= 1,715 \text{ m} \end{aligned}$$

Tinggi min untuk *double bottom* yaitu 0,76 m dan tinggi maks yaitu 2,0 m

Maka dari itu ditetapkan tinggi *double bottom* sebesar **1,715 m**



Sumber: Gambar Pribadi

Gambar 2.4.3 Double Bottom Kapal Rancangan

2.4.3 Sekat Tubrukan (Collision Bulkheads)

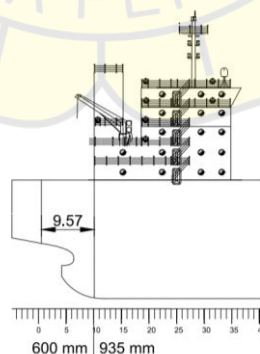
Berdasarkan peraturan **ABS 2019 Pt. 3 Ch. 2 Sec. 9/3.1.2**

$$\begin{aligned} Sh &= 5\% - 8\% \times LBP \\ &= 0,0511 \times 238,8 \text{ m} \\ &= 11,94 \text{ m} \end{aligned}$$

Maka dari itu ditetapkan panjang sekat tubrukan sebesar **11,94 m**

2.4.4 Sekat Buritan (After Peak Bulkheads)

Berdasarkan Gaguk Suhardjito dalam buku Rencana Umum hal. 4 Sekat tabung poros (*Stern tube bulkhead*) sekat bagian belakang ruang mesin paling kurang harus berjarak 3 jarak gading dari ujung stern tube, sekat ini harus menerus hingga poop deck **Maka Jarak Sekat Buritan dari AP = 9,57 m**



Sumber: Gambar Pribadi

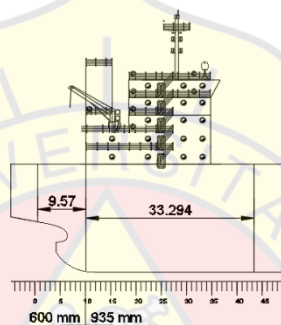
Gambar 2.4.4 Sekat Buritan Kapal Rancangan

2.4.5 Sekat Ruang Mesin

$$\begin{aligned}\text{Panjang Kamar Mesin} &= (17 - 20)\% \times L_{pp} \\ &= 18\% \times 238,8 \text{ m} \\ &= 42,984 \text{ m}\end{aligned}$$

Panjang Kamar Mesin dari Sekat Ceruk Buritan = $42,984 - 9,57 = 33,414 \text{ m}$

Dari perhitungan diatas dan perhitungan jarak gading-gading maka ditetapkan Panjang Kamar Mesin = **33,294 m**

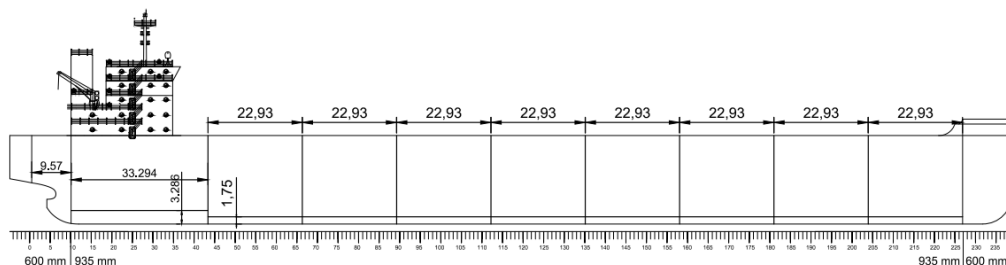


Sumber: Gambar Pribadi

Gambar 2.4.5 Sekat Ruang Mesin Kapal Rancangan

2.4.6 Sekat Ruang Muat

Jumlah Sekat Keseluruhan Menurut IACS , part 1 chapter 2 section 2 halaman 70, perencanaan jumlah *bulkhead* untuk kapal ukuran $L > 200 \text{ m}$ adalah >9 buah. Dan karena pertimbangan kekuatan *transverse* kapal di tambahkan 2 sekat di kapal. Sehingga jumlah keseluruhan sekat yang direncanakan adalah 11 buah



Sumber: Gambar Pribadi

Gambar 2.4.6 Sekat Ruang Muat Kapal Rancangan

2.4.7 Luas Penampang Tengah Kapal

$$\begin{aligned} Am &= B \times T \times C_m \\ &= 34,3m \times 15,45m \times 0,996 \\ &= 527,815m^2 \end{aligned}$$

2.5 ESTIMASI UKURAN SUPERSTRUCTURE

Dalam buku “*Ship Design for Efficiency and Economy*” second edition, halaman 21 table 1.5 a standard height (m) of superstructure oleh H. Schneekluth dan V. Betram :

Tabel 2.4.7.1 Height Standard Of Superstructure

L (m)	Raised Quarterdeck	All Other Superstructure
≤ 30	0,90	1,80
75	1,20	1,80
≥ 125	1,80	2,30

Sumber : buku Ship Design for Efficiency and Economy” second edition

Dari data di atas kita bisa menggunakan formulasi interpolasi, untuk mencari nilai ukuran dari panjang kapal (L) 238,8 m.

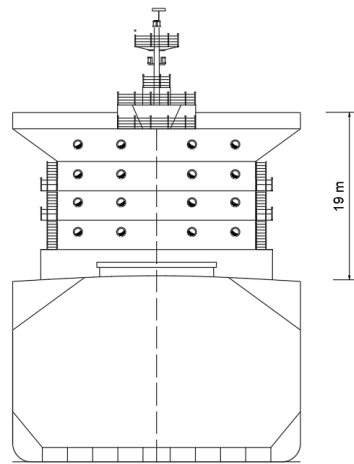
Raised Quarterdeck :

$$\begin{aligned} &= 1,8 + \left[\frac{238,8-75}{125-75} \right] \times (2,3 - 1,8) \\ &= 3,438 \text{ m} \\ &= 3,4 \text{ m} \end{aligned}$$

All other Superstructure

$$\begin{aligned} &= 2,3 + \left[\frac{238,8-75}{125-75} \right] \times (2,3 - 1,8) \\ &= 3,938m \\ &= 3,9 \text{ m} \end{aligned}$$

Maka ditetapkan tinggi All other Superstructure 3,9 m



Sumber: Gambar Pribadi

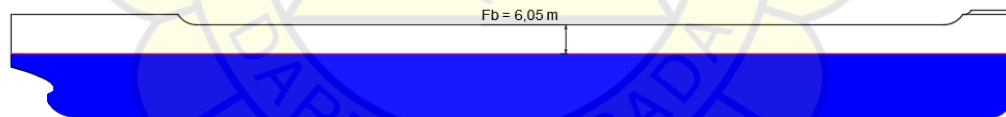
Gambar 2.5.1 Super Structure Kapal Rancangan

2.6 PEMERIKSAAN *FREEBOARD* ATAU LAMBUNG TIMBUL

Perhitungan *Freeboard* atau Lambung Timbul

$$\begin{aligned} Fb &= H - T \\ &= 21,50 - 15,45 \text{ m} \\ &= 6,05 \text{ m} \end{aligned}$$

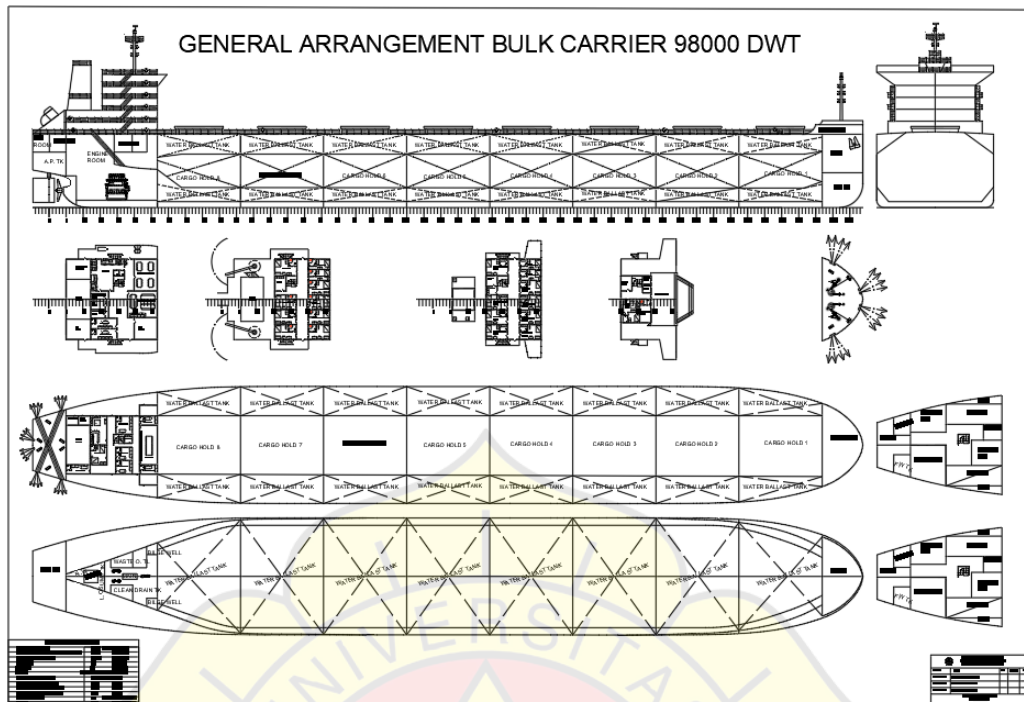
Dari perhitungan diatas ditetapkan **Fb = 6,05 m**



Sumber : Gambar Pribadi

Gambar 2.6.1 Freeboard Kapal Rancangan

2.7 SKETSA RENCANA UMUM



Sumber : Gambar Pribadi

Gambar 2.7.1 Sketsa Rencana Umum Kapal Rancangan

2.8 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 :

2.8.1 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

2.8.1.1 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 Bulk Carrier 0,031 ton/m²
E = Hull Numeral (m²) untuk Bulk Carrier
(3000-15000)

Maka : $W_{ST} = 0,031 \times 10000^{1,36}$
 $= 8538,109 \text{ ton}$

Dari perhitungan diatas ditetapkan harga **$W_{ST} = 8538,109 \text{ ton}$**

2.8.1.2 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 Bulk Carrier
MCR = Max Countinus Rating kapal rancangan (KW)
 $= 22960 \text{ KW}$

Maka : $W_{ME} = 0,69 \times (22960)^{0,7}$
 $= 778,985 \text{ ton}$

Dari perhitungan diatas ditetapkan **$W_{ME} = 778,985 \text{ ton}$**

2.8.1.3 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 = 0,17- 0,18 ton/m² untuk Bulk Carrier
L = Panjang kapal rancangan = 238,80 m
B = Lebar kapal rancangan = 34,30 m

Maka: $W_{WO} = 0,18 \times 238,80 \times 34,30$
 $= 1474,351 \text{ ton}$

Dari perhitungan diatas ditetapkan **$W_{WO} = 1474,351 \text{ ton}$**

2.8.1.4 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 = 8538,109 ton

W_{ME} = Berat permesinan kapal = 778,985 ton

W_{WO} = Berat perkayuan dan *outfitting* kapal rancangan
= 1474,351 ton

Maka : $\text{Margin} = [8538,109 + 778,985 + 1474,351] \times 2\%$
= 215,809 ton

Dari perhitungan diatas ditetapkan harga **Margin LWT = 215,809 ton**

TOTAL BERAT *LIGHT WEIGHT* (LWT) KAPAL :

1) Berat Baja Kapal (W_{ST})	= 8538,109	Ton
2) Berat Permesinan Kapal (W_{ME})	= 778,985	Ton
3) Berat Perkayuan & <i>Outfitting</i> (W_{WO})	= 1474,351	Ton
4) Margin LWT	= 215,809	Ton

Berat Kapal Kosong (LWT) = 11007,254 Ton

Koreksi LWT

$$\begin{aligned} - \text{LWT}_1 &= \Delta - \text{DWT} \\ &= 110354,438 - 98000 \\ &= 12354,438 \text{ Ton} \end{aligned}$$

$$- \text{LWT}_2 = 11007,254 \text{ Ton}$$

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

$$\left| \frac{12354,438 - 11007,254}{11007,254} \right| \times 100\% = 0,122\% \leq 0,5\% \text{ (memenuhi)}$$

2.8.1.5 Perhitungan Bobot Mati Kapal (DWT)

Menurut Harald Poehls, 1979.

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

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

Dimana : Pb_{ME} = $M/E = 22960 \text{ Kw}$
 b_{ME} = Koefisien pemakaian BBM = 169 g/KWh
 S = Radius Pelayaran $\pm 2.466,22 \text{ Nautikal Mil}$
 Vs = 16 knots
 $(1,3 \sim 1,5)$ = nilai koefisien diambil 1,5

Maka :

$$\begin{aligned} W_{FO} &= [(22960 \times 169)] \times \frac{2466,22}{16} \times 10^{-6} \times 1,5 \\ &= 897,143 \text{ Ton} \end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas ditetapkan harga **$W_{FO} = 897,143 \text{ Ton}$**

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

$$W_{fb} = (0,1 - 0,2) W_{fo}$$

Dimana : $W_{fo} = 897,143 \text{ Ton}$

Maka :

$$\begin{aligned} W_{fb} &= 0,1 \times W_{fo} \\ &= 0,1 \times 897,143 \text{ Ton} \\ &= 89,714 \text{ Ton} \end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas ditetapkan harga **$W_{DO} = 89,714 \text{ Ton}$**

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

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

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

Maka :

$$\begin{aligned} W_{LO} &= [22960 \times 1,5] \times \frac{2466,22}{16} \times 10^{-6} \times (1,5) \\ &= 7,963 \text{ Ton} \end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas ditetapkan harga **$W_{LO} = 7,963 \text{ Ton}$**

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

Dimana :

- Jumlah penumpang ABK $Z = 31$ Orang
- *Drinking Water* $DW = 10-20$ kg/org/hari
- *Washing water + Bathing Room* $BR = 70$ kg/org/hari
- *Boilet Feed Water* $BFW = 0,14$ kg/Kwh
- *Addition For Tank Volume* $Add = 3\% - 4\%$

$$W_{FW} = \left[((DW + (WW + BR)) \times Z) + (BFW \times (Pb_{ME} + Pb_{AE}) \times 24) \right] \times \frac{2466,22}{16} \times \frac{1}{24} + Add$$

$$= \left[((10 + 70) \times 31) + (0,14 \times (22960 + 3180) \times 24) \right] \times \frac{2466,22}{16} \times \frac{1}{24} + 4\%$$

$$= 566566,209 \text{ kg}$$

$$= 566,566 \text{ Ton}$$

Dari perhitungan diatas ditetapkan harga **$W_{FW} = 566,566 \text{ Ton}$**

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

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

Dimana :

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

$$Z = 31 \text{ Orang}$$

Maka :

$$W_{PROV} = 5 \times 31 \times \frac{2466,22}{16} \times \frac{1}{24}$$

$$= 995,479 \text{ kg}$$

$$= 0,995 \text{ Ton}$$

Dari perhitungan diatas ditetapkan harga **$W_{PROV} = 0,995 \text{ Ton}$**

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

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

Dimana :

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

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

$$Z = \text{Jumlah ABK } = 31 \text{ Orang}$$

Maka :

$$W_{p+l} = 31 \times (75 + 70)$$

$$= 4495 \text{ kg}$$

$$= 4,495 \text{ Ton}$$

Dari perhitungan di atas ditetapkan harga **$W_{p+l} = 4,495 \text{ Ton}$**

7. Berat Air *Ballast* (W_{WB})

$$Ballast = (10 - 15)\% \times \Delta$$

Dimana : $\Delta = 110354,438 \text{ Ton}$

Maka :

$$Ballast = 0,15 \times 110354,438 \text{ Ton}$$

$$= 16553,166 \text{ Ton}$$

Dari perhitungan diatas ditetapkan harga **$W_{WB} = 16553,166 \text{ Ton}$**

8. Berat Muatan (*Pay Load*)

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

Dimana :

W_{FO}	= 897,143	Ton
W_{FB}	= 89,714	Ton
W_{LO}	= 7,963	Ton
W_{FW}	= 566,566	Ton
W_{PROV}	= 0,995	Ton
W_{p+l}	= 4,495	Ton

Maka : $W_{PL} = 98000 - 1566,876 = 96433,124 \text{ Ton}$

Dari perhitungan diatas ditetapkan harga **$W_{PL} = 96433,124 \text{ Ton}$**

TOTAL BERAT DEAD WEIGHT TONNAGE SHIP (DWT)

1) Berat Bahan Bakar (W_{FO})	= 897,143	Ton
2) Berat Bahan Bakar (W_{fb})	= 89,714	Ton
3) Berat Minyak Pelumas (W_{LO})	= 7,963	Ton
4) Berat Air Bersih dan Tawar (W_{FW})	= 566,566	Ton
5) Berat Makanan (W_{PROV})	= 0,995	Ton
6) Berat Awak Kapal dan Barang (W_{p+l})	= 4,495	Ton
7) <u>Berat Muatan (W_{PL})</u>	<u>= 96433,124</u>	<u>Ton+</u>
TOTAL PERHITUNGAN DWT	= 98000	Ton

2.9 KOREKSI BERAT KAPAL

Displacement menurut Hukum Archimedes (Δ_1), yaitu :

$$\begin{aligned}\Delta_1 &= LWL \times B \times T \times C_b \times \gamma \\ &= 243,60 \times 34,3 \times 15,45 \times 0,834 \times 1,025 \\ &= 110354,438 \text{ Ton}\end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned}\text{Dimana : } \Delta_2 &= LWT + DWT \\ &= 11007,254 \text{ Ton} + 98000 \text{ Ton} \\ &= 109007,254 \text{ Ton}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Maka Koreksi} &= \left| \frac{110354,438 - 109007,254}{109007,254} \right| \times 100\% \dots\dots\dots < 0,5 \% \\ &= 0,0123 \% \dots\dots\dots < 0,5 \text{ (memenuhi)}\end{aligned}$$

2.10 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.

2.10.1 Perhitungan Titik Tekan dan Titik Berat

2.10.1.1 Titik Tekan Vertikal ($\overline{KB}$)

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

$$\begin{aligned}\overline{KB} &= T \times \left(\frac{5 \times Cw - 2 \times Cb}{6 \times Cw} \right) \\ &= 15,45 \times \left(\frac{5 \times 0,916 - 2 \times 0,825}{3664} \right) \\ &= 8,237 \text{ m}\end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas ditetapkan **$\overline{KB} = 8,237 \text{ m}$**

2.10.1.2 Perhitungan Titik Berat ($\overline{KG}$)

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

$$\begin{aligned}\overline{KG} &= 0,6 \times H \\ &= 0,6 \times 21,5 \\ &= 12,90 \text{ m}\end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas ditetapkan **$\overline{KG} = 12,90 \text{ m}$** ★

2.10.2 Perhitungan Stabilitas Melintang

2.10.2.1 Radius Metacenter Melintang ($\overline{BM}$)

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

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

Maka:

$$\begin{aligned}\overline{BM} &= \frac{34,3^2}{15,45} \times \frac{0,916(0,916+0,04)}{12 \times 0,825} \\ &= 6,735 \text{ m}\end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas ditetapkan harga **$\overline{BM} = 6,735 \text{ m}$**

2.10.2.2 Tinggi Metacentre Melintang dari Garis Dasar ($\overline{KM}$)

$$\begin{aligned}\overline{KM} &= \overline{KB} + \overline{BM} \\ &= 8,237 + 6,735 \\ &= 14,972 \text{ m}\end{aligned}$$

Dari perhitungan ditetapkan **$\overline{KM} = 14,972 \text{ m}$**

2.10.2.3 Tinggi Metacentre Melintang ($\overline{GM}$)

$$\begin{aligned}\overline{GM} &= \overline{KM} - \overline{KG} \\ &= 14,972 - 12,90 \\ &= 2,072 \text{ m}\end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas ditetapkan **$\overline{GM} = 2,072 \text{ m}$**

2.10.3 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) 2009, yaitu:

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

Dimana T_R = Periode oleng kapal rancangan

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

$$B = 34,3 \text{ m}$$

$$T = 15,45 \text{ m}$$

$$LWL = 243,60 \text{ m}$$

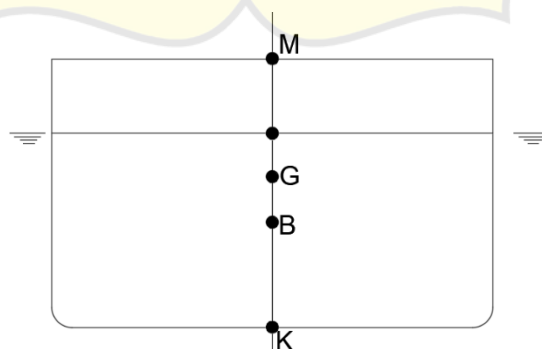
$$c = 0,373 + \left(0,023 \times \frac{34,3}{15,45}\right) - \left(0,043 \times \frac{243,60}{100}\right) = 0,319$$

Maka :

$$= \frac{2 \times 0,319 \times 34,3}{\sqrt{2,072}}$$

$$= 15,203 \text{ detik}$$

Menurut IMO standar periode oleng maksimal 20 detik, dimana periode oleng kapal rancangan ini adalah 15,203 detik.....(memenuhi)



Sumber : Gambar Pribadi

Gambar 2.10.1 Titik Stabilitas

2.10.4 Pengecekan $\overline{GM}$ Dengan Metode *Prohaska*

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

2.10.4.1 Hid = Ideal Free Board

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

Dimana :

$$\begin{aligned} \text{a. } Sh &= 50 \times \left(\frac{LBP}{3} + 10 \right) \\ &= 50 \times \left(\frac{238,8}{3} + 10 \right) \\ &= 4480 \text{ mm} \\ &= 4,480 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{b. } Sf &= 25 \times \left(\frac{LBP}{3} + 10 \right) \\ &= 25 \times \left(\frac{238,8}{3} + 10 \right) \\ &= 2240 \text{ mm} \\ &= 2,240 \text{ m} \end{aligned}$$

Maka :

$$\begin{aligned} Hid &= H + \frac{Sh+Sf}{6} \\ Hid &= 21,5 + \frac{4,480 + 2,240}{6} \\ &= 22,620 \text{ m} \end{aligned}$$

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

Dimana :

$$\begin{aligned} t &= \frac{(2 Cw+1)^3}{323} \\ &= \frac{(2 \times 0,916+1)^3}{323} \\ &= 0,0703 \end{aligned}$$

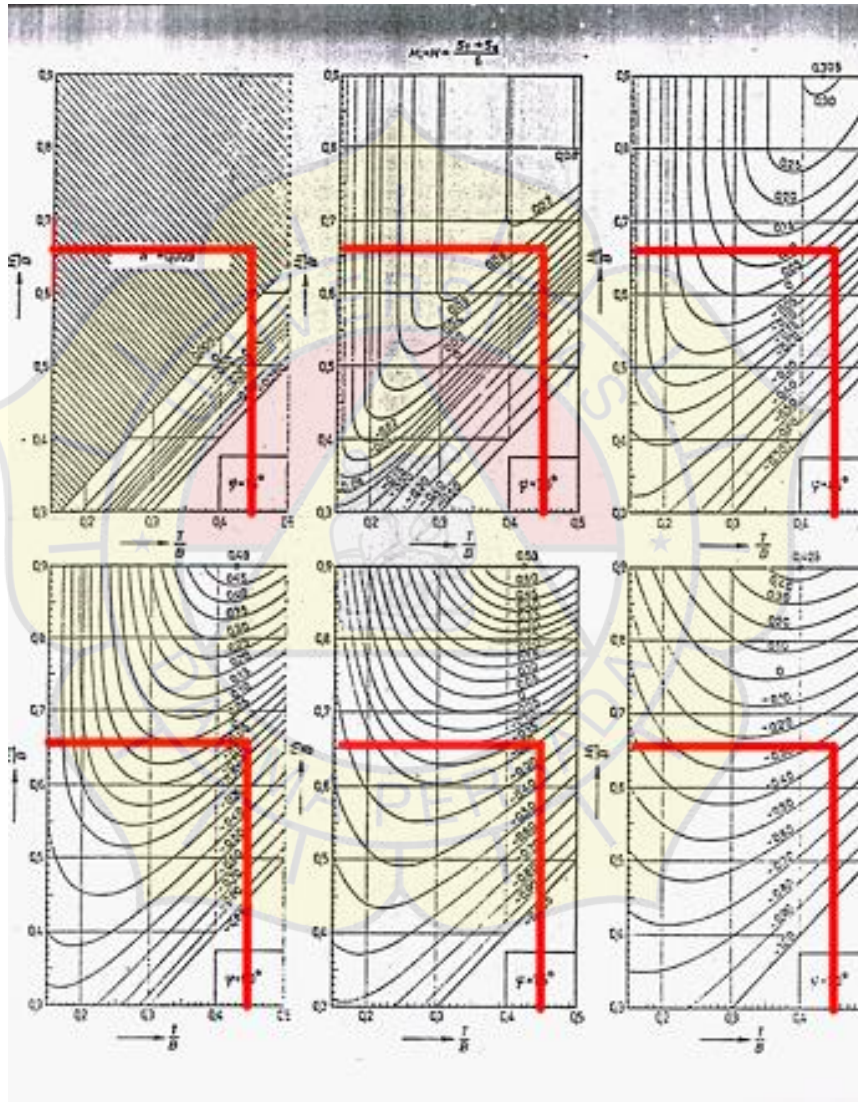
Maka :

$$\begin{aligned} MTF &= \frac{0,0703}{0,825} \times \frac{34,3^2}{15,45} \\ &= 6,489 \end{aligned}$$

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

- $\frac{T}{B} = \frac{15,45}{34,3} = 0,450$
- $\overline{MF} = \overline{BM} = 6,735 \text{ m}$
- $\frac{Hid}{B} = \frac{22,620}{34,3} = 0,659$
- $\overline{GM} = 2,072 \text{ m}$

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



Sumber : buku *Bouyancy and stability of ship*

Gambar 2.10.2 Grafik Prohaska

2.10.5 Perhitungan Kurva Lengan Stabilitas Awal

Tabel 2.10.5.1 Kurva Lengan Stabilitas Awal

Φ	0°	15°	30°	45°	60°	75°	90°
1. $\sin \phi$	0	0,259	0,5	0,707	0,866	0,965	1
2. $h \cdot f$	0	0,009	0,045	0,025	-0,1	-0,21	-0,38
3. $h \cdot f \times MF$	0	0,06	0,303	0,168	-0,673	-1,414	-2,559
4. $GM \times \sin \phi$	0	0,537	1,036	1,464	1,794	1,999	2,072
5. $GZ = (3) + (4)$	0	0,597	1,339	1,632	1,121	0,585	-0,487

Sumber : Analisa Data Pribadi

2.10.6 Pengecekan Kurva Stabilitas Awal

Setelah kurva stabilitas awal didapatkan, kurva stabilitas tersebut harus di periksa berdasarkan standart dari IMO (*International Of Maritime Organization*) 2009 yaitu :

a. $GM > 0,15$

Dimana :

$$GM = 2,072 \text{ m} > 0,15 \text{ m} \dots \dots \dots \text{memenuhi}$$

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

Dimana GZ kapal rancangan pada titik $30^\circ = 1,339 \text{ m} \dots \dots \dots$ memenuhi

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

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

Tabel 2.10.6.1 Tinggi kurva $GZ 0^\circ - 30^\circ$

NO.	Φ	$GZ \text{ (m)}$	FS	$GZ \times FS \text{ (m)}$
1	0°	0	1	0
2	5°	0,199	4	0,796
3	10°	0,398	2	0,796
4	15°	0,597	4	2,388
5	20°	0,893	2	1,786
6	25°	1,116	4	4,464
7	30°	1,339	1	1,339
$\Sigma_1 =$				11,569

Sumber : Perhitungan Pribadi

$$\text{Dimana : } \Delta GZ - 30^\circ = \frac{\left(\frac{1}{3}\right) \times 5^\circ \times \Sigma_1}{57,3^\circ} = \frac{\left(\frac{1}{3}\right) \times 5^\circ \times 11,569}{57,3^\circ} = 0,336$$

Maka : $\Delta GZ - 30^\circ = 0,336 \text{ m-rad} > 0,055 \text{ m-rad}$ memenuhi

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

Tabel 2.10.6.2 Tinggi kurva GZ $30^\circ - 40^\circ$

NO.	Φ	GZ	FS	GZ x FS
1	30°	1,339	1	1,339
2	35°	1,437	4	5,748
3	40°	1,534	1	1,534
			Σ_2	8,621

Sumber : Perhitungan Pribadi

$$\text{Dimana : } \Delta GZ - 40^\circ = \frac{\left(\frac{1}{3}\right) \times 5^\circ \times \Sigma_2}{57,3^\circ} + \Delta GZ - 30^\circ = \frac{\left(\frac{1}{3}\right) \times 5^\circ \times 8,621}{57,3^\circ} + 0,336$$

$$= 0,587$$

Maka : $\Delta GZ - 40^\circ = 0,587 \text{ m-rad} > 0,09 \text{ m-rad}$ memenuhi

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

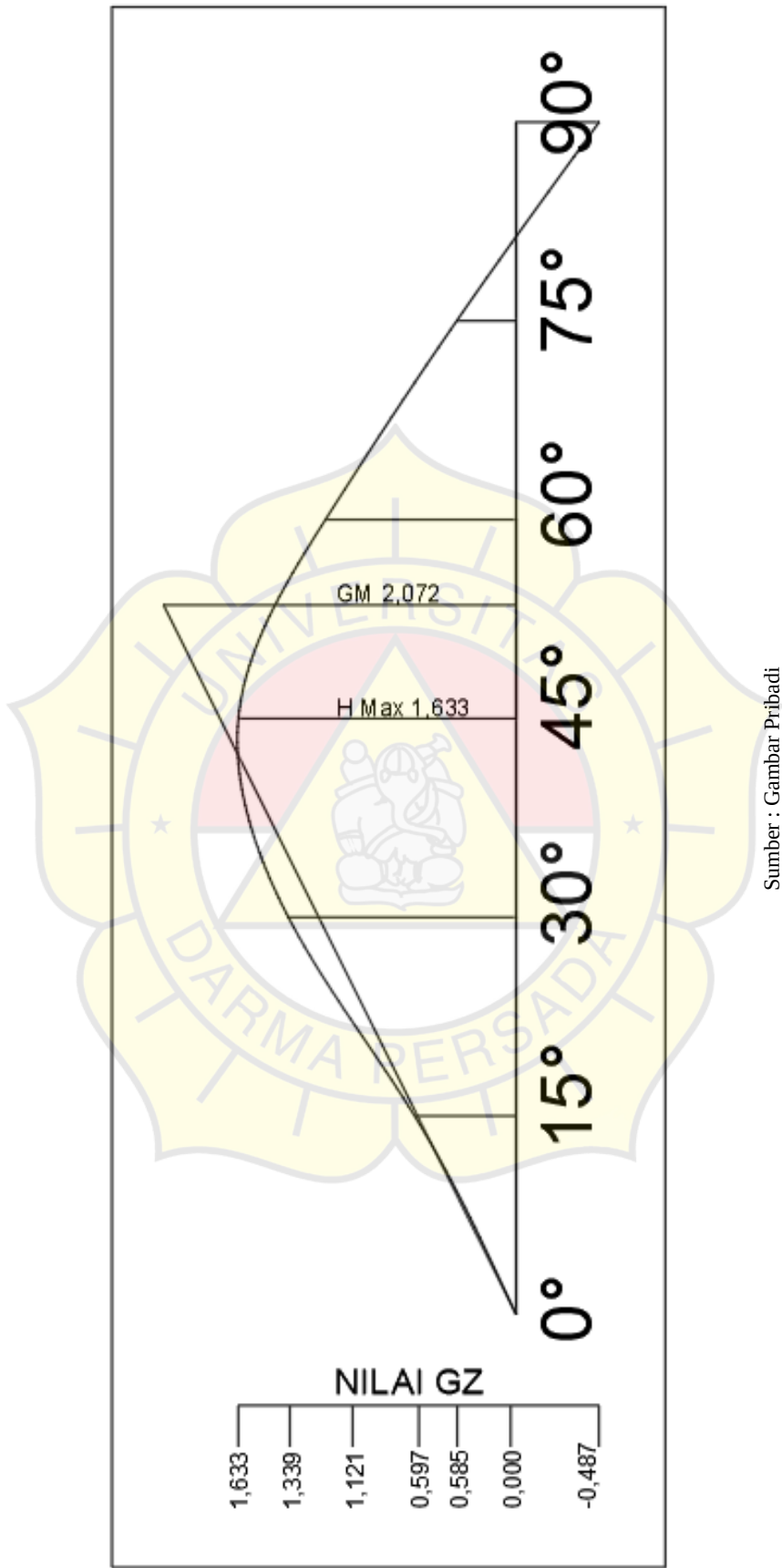
Dimana : $\Delta GZ-40^\circ = 0,537 \text{ m-rad}$

$\Delta GZ-30^\circ = 0,331 \text{ m-rad}$

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

$$= (0,587) - (0,336)$$

$$= 0,251 > 0,03 \text{ m-rad} \text{memenuhi}$$



Sumber : Gambar Pribadi

Gambar 2.10.3 Kurva Stabilitas

2.11 Pemeriksaan Momen Pengganggu Stabilitas

Pemeriksaan momen pengganggu stabilitas kapal dari kapal yang akan dirancang 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)

2.11.1 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* 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 cikar kapal rancangan

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

∇ = Volume *displacement* kapal rancangan
= $107662,866 \text{ m}^3$

V_s = Kecepatan kapal rancangan
= 16 knot
= $8,231 \text{ m/s}$

KG = *Center Of Gravity* diatas *baseline*
= 12,90 m

T = *Draft* kapal rancangan
= 15,45 m

LBP = panjang kapal rancangan = 238,8 m

$$\begin{aligned} \text{Maka : } \quad M_c &= 0,233 \times \frac{104,5 \times 107662,866 \times (0,8 \times 8,231)^2}{238,8} \times 5,175 \\ &= 2463198,192 \text{ ton meter} \end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas didapat nilai **$M_c = 2463198,192 \text{ ton meter}$**

2.11.2 Momen Angin (M_w)

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

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

Dimana :

- M_w = Momen angin kapal rancangan
- ξ = Faktor kekuatan angin 1,2 ~ 1,3
= 1,3
- ρ = Kepadatan udara = $1,3 \times 10^{-4} \text{ ton} \cdot \text{sec}^2 / \text{m}^4$
- V_w = Kecepatan angin
= 15 m/s
- A = Luas bidang tangkap angin
= $1634,313 \text{ m}^2$
- a = Jarak titik tangkap angin diatas lambung kapal
= $0,5 \times T$
= $0,5 \times 15,45$
= 7,725 m

$$\begin{aligned} \text{Maka : } \quad M_w &= 1,3 \times 0,5 \times 1,3 \times 10^{-4} \times 15^2 \times 1634,313 \times 7,725 \\ &= 240,034 \text{ ton meter} \end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas ditetapkan **$M_w = 240,034 \text{ ton meter}$**

2.11.3 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
= 2463198,192 ton
- M_w = Momen angin kapal rancangan

$$= 240,034 \text{ ton meter}$$

$$\begin{aligned} \text{Maka : } M_p &= 2463198,192 + 240,034 \\ &= 2463438,226 \text{ ton meter} \end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas diketahui nilai **$M_p = 2463438,226 \text{ ton meter}$**

2.11.4 Momen Stabilitas (Ms)

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

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

Dimana:

$$\begin{aligned} M_s &= \text{momen stabilitas kapal rancangan} \\ h_{\text{maks}} &= h \text{ tertinggi pada kurva stabilitas awal} \\ &= 1,633 \text{ m} \\ \Delta &= \text{Displacement kapal rancangan} \\ &= 110354,438 \text{ Ton} \end{aligned}$$

Maka :

$$\begin{aligned} M_s &= 2,072 \text{ m} \times 110354,438 \text{ Ton} \\ &= \mathbf{180208,797 \text{ ton meter.}} \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} \text{Dimana : } M_s &= \text{momen stabilitas kapal rancangan} \\ &= 180208,797 \text{ ton meter} \\ M_p &= \text{Momen pengganggu kapal rancangan} \\ &= 2463438,226 \text{ ton meter} \end{aligned}$$

Maka : $2463438,226 \text{ ton meter} > 180208,797 \text{ ton meter}$ (**Memenuhi**)