

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 :

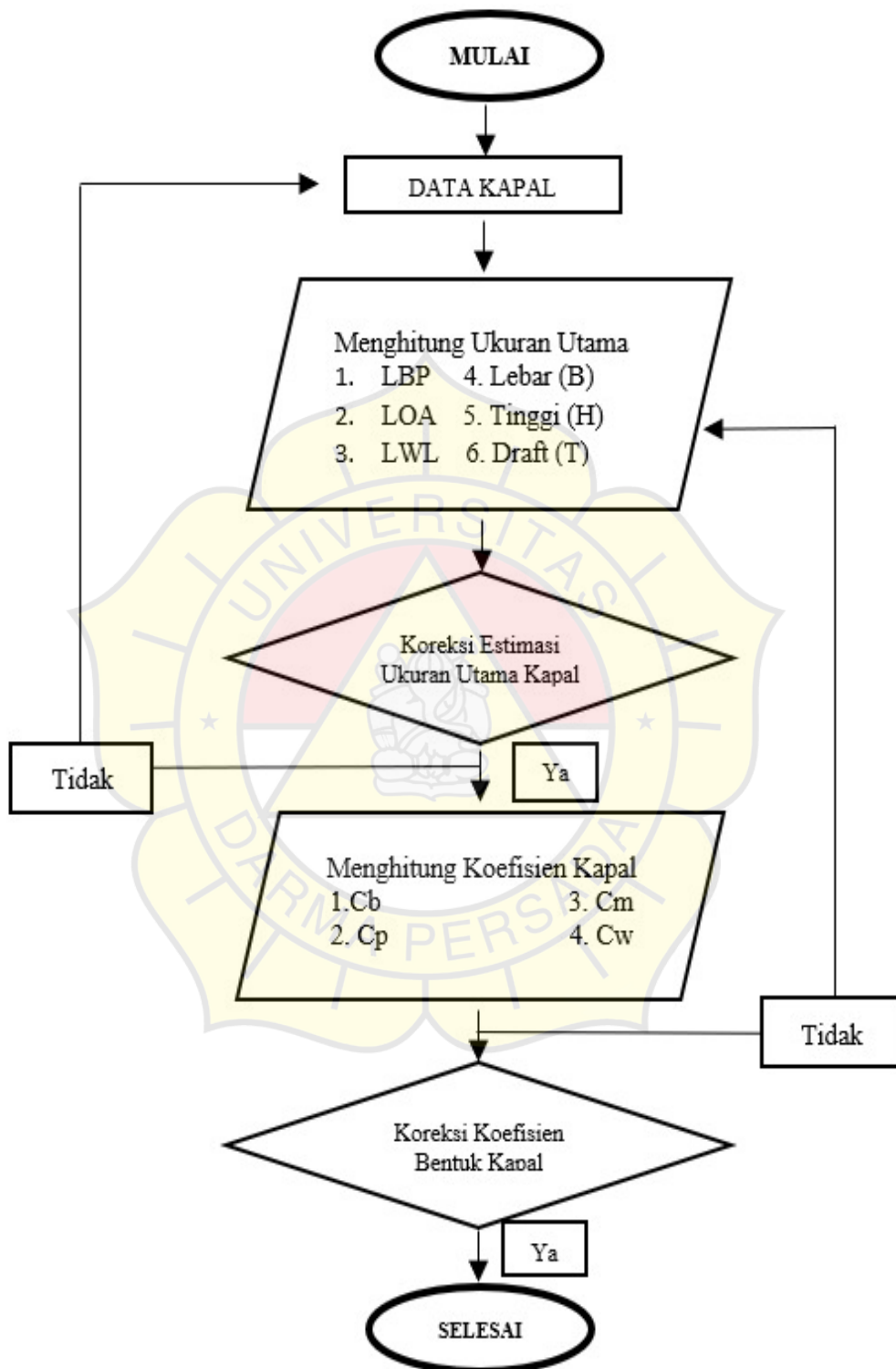
1. Estimasi Ukuran Utama, Koefisien Kapal dan Perkiraan Displasemen Kapal
2. Estimasi Tenaga Penggerak Kapal
3. Estimasi Kapasitas Ruang Muat
4. Estimasi Ukuran *Superstructure*
5. Pemeriksaan *Freeboard* atau Lambung Timbul
6. Sketsa Rencana Umum
7. Perkiraan Berat Kapal (*Dead Weight Ton* dan *Light 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 (LBP)*.
- B. Menentukan *Length Over All (LOA)*.
- C. Menentukan *Length Water Line (LWL)*.
- D. Menentukan *Breadth (B)*.
- E. Menentukan *Draft (T)*.
- F. Menentukan *Height (H)*.
- G. Menentukan *Freeboard (f)*.

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



Sumber : Data Pribadi

Gambar 2. 1 Flow Chart Ukuran Utama Kapal

2.1.1 Estimasi Ukuran Utama Kapal

1. Estimasi Panjang Kapal

Untuk mendapatkan panjang kapal digunakan metode *comparison ship*:

- Estimasi Panjang Antara Garis Tegak (LBP)

Untuk mendapatkan panjang kapal di gunakan metode *Comparison Ship*

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

Dimana : DWT₁ = Kapal Pembanding = 6500 ton

DWT₂ = Kapal Rancangan = 5000 ton

LBP₁ = Kapal Pembanding = 99,00 m

$$\begin{aligned} LBP &= \sqrt[3]{\frac{5000}{6500}} \times 99,00 \\ &= 90,70 \text{ m} \end{aligned}$$

Dari perhitungan tersebut di tetapkan harga **LBP = 90,70 m**

- Estimasi Panjang Keseluruhan Kapal (LOA)

Dari kapal pembanding, diperoleh :

$$\begin{aligned} C &= \frac{LOA}{LBP} \\ &= \frac{105,00}{99,00} \\ &= 1,060 \end{aligned}$$

Untuk kapal rancangan :

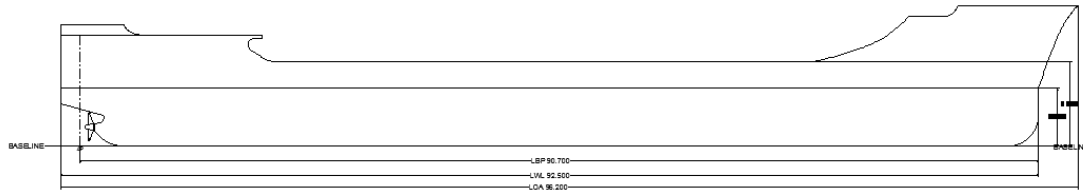
$$\begin{aligned} LOA &= C \times LBP \\ &= 1,060 \times 90,7 \text{ m} \\ &= 96,19 \text{ m} \end{aligned}$$

Dari perhitungan di atas ditetapkan harga **LOA = 96,20 m**

- Estimasi Panjang Garis Air (LWL)

$$\begin{aligned} LWL &= (2\% \times LBP) + LBP \\ &= (2\% \times 90,70 \text{ m}) + 90,70 \text{ m} \\ &= 92,514 \text{ m} \end{aligned}$$

Dari perhitungan di atas ditetapkan harga **LWL = 92,500 m**



Sumber : Gambar Pribadi

Gambar 2. 2 LOA, LWL, LBP Kapal Rancangan

2. Estimasi Lebar Kapal

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

$$\begin{aligned} L/B &= \frac{99,00}{18,80} \\ &= 5,265 \end{aligned}$$

Untuk kapal rancangan :

$$\begin{aligned} B &= \frac{LBP}{\text{aspectratio}} \\ &= \frac{90,70}{5,265} \\ &= 17,226 \text{ m} \end{aligned}$$

Dari perhitungan di atas di tetapkan harga **B = 17,22 m**

3. Estimasi Tinggi Kapal

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

$$\begin{aligned} L/H &= \frac{99,00}{8,5} \\ &= 11,647 \end{aligned}$$

Untuk kapal rancangan :

$$\begin{aligned} H &= \frac{LBP}{\text{aspectratio}} \\ &= \frac{90,7}{11,647} \\ &= 7,84 \text{ m} \end{aligned}$$

Dari perhitungan di atas di tetapkan harga **H = 8,00 m**

4. Estimasi Sarat Kapal

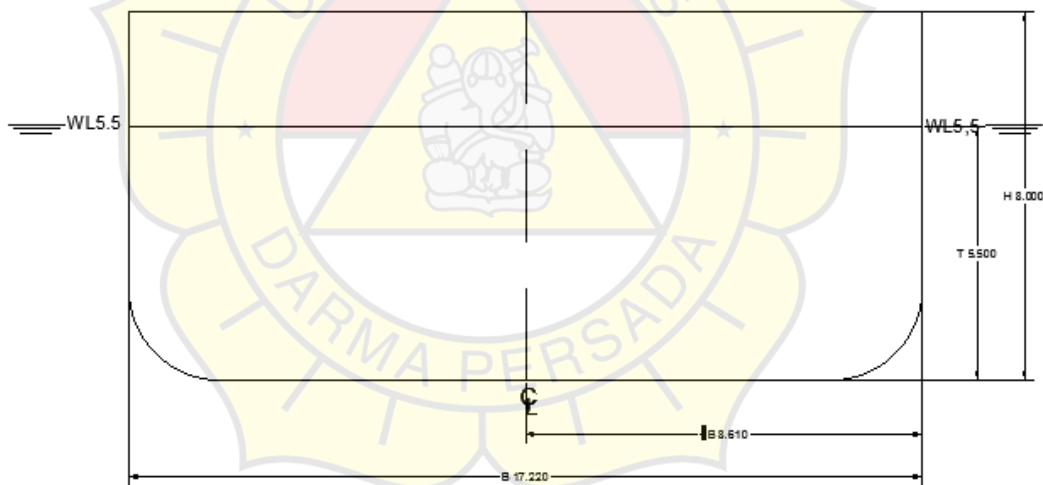
Menurut kapal pembanding, *nilai aspect ratio*(B/T)

$$\begin{aligned} B/T &= \frac{18,80}{6,00} \\ &= 3,13 \end{aligned}$$

Untuk kapal rancangan:

$$\begin{aligned} T &= \frac{B}{\text{aspectratio}} \\ &= \frac{17,22}{3,13} \\ &= 5,501 \text{ M} \end{aligned}$$

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



Sumber : Gambar Pribadi
Gambar 2. 3 B, H, T Kapal Rancangan

Koreksi perbandingan ukuran utama kapal adalah sebagai berikut:

Melalui *Methodical Series Experiment* yang dijelaskan pada buku *Principles Of Naval Architecture Vol II* Hal. 71 menjelaskan hubungan antara L/B dan B/T. Pada halaman yang sama, dari pernyataan tersebut nilai L/B dan B/T kapal dapat dilihat melalui *Taylor's Standards Series (Series 60)* yang dijelaskan berikut ini .

1. L/B

- Dalam buku Menurut aylot melalui *Particulars of Series 60 Models* dalam buku *Principles Of Naval Architectur Vol II* Hal. 74 dijelaskan besarnya nilai L/B berada pada rentang 5,50-7,50. Dengan L adalah Lwl

$$= L/B$$

$$= 90,7/17,22 \text{ m}$$

$$= 5,267$$

- Menurut Watson dalam buku *Parametric Design Chapter 11* Hal.7 untuk kapal Tanker memiliki nilai L/B $\approx 5,5$. Dan dapat dihitung dengan cara .

$L/B = 4,0 + 0,025x(L-30)$ untuk kapal dengan panjang $30 \leq L \leq 130$ m dengan L dapat berupa LBP atau Lwl

Dalam hal ini saya menggunakan LWL

$$= 4,0 + 0,025 \times (92,50 - 30)$$

$$= 4,0 + 0,025 \times (92,50 - 30)$$

$$= 5,562$$

2. B/T

- Menurut Taylor's dalam buku *Principles Of Naval Architectur Vole II* Hal. 74, untuk nilai L/B diatas, memiliki nilai B/T berada pada rentang 2,5 – 3,5

$$= B/T$$

$$= 17,22 / 5,5 \text{ m}$$

$$= 3,131$$

- Dalam buku *Parametric Design Chapter 11* Hal.9. menjelaskan secara general nilai B/T berada diantara $2,25 \leq B/T \leq 3,75$, dengan kemungkinan nilai tertinggi dapat mencapai 5,0 .

3. L//H

Biro Klasifikasi Indonesia , Volume II part I A.20.

L/16 for *Unlimited Range of Service and P (Restricted Ocean Service)* .

L/18 for L (*Coasting Service*).

L/19 for T (*Sheltered Shallow Water Service*).

$$\frac{90,700}{16} = 5,668$$

Nilai $H \geq 5,668$.

Dimana nilai kapal rancangan $H \geq 5,668$(memenuhi).

4. T/H

Nilai T/H berpengaruh terhadap aturan dalam freeboard kapal. Dalam buku *Practical Ship Design Chapter 3* hal 71, dijelaskan bilai T/H untuk kapal type A, khususnya tanker berkisar antara $\approx 0,67$. Nilai kapal rancangan sebesar :

$$= T/H$$

$$= 5,5/8$$

$$= 0,6875$$

2.1.2 Froude Number

Acc Principles of Naval Architecture Vol II page 5

$$Fn = \frac{Vs}{\sqrt{g \times Lwl}}$$

$$Fn = \frac{6,425 \text{ m/s}}{\sqrt{9,8 \frac{m}{s^2} \times 92,50 \text{ m}}}$$

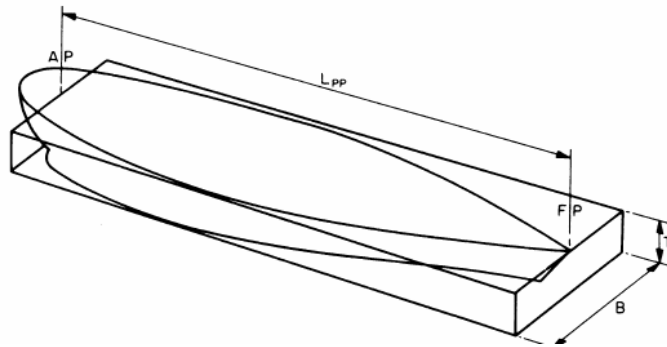
$$Fn = 0,213$$

2.1.3 Estimasi Koefisien Bentuk Kapal

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

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

Watson and Gilfillan (*Parametric Design Chapter 11 page 11*)



Sumber : Buku Teknik Konstruksi Kapal Baja Jilid I

Gambar 2. 4 Koefisien Blok

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

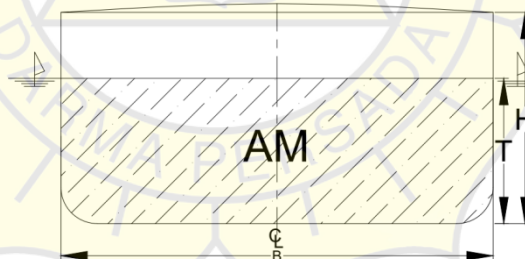
$$Cb = 1,179 - (0,333 \times \frac{12,5}{\sqrt{90,70}})$$

$$Cb = 0,79$$

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

b. *Coefficient Midship (Cm)*

Parametric Design Chapter 11 page 12



Sumber : Gambar Pribadi

Gambar 2. 5 Koefisien Luasan Penampang Tengah

$$Cm = 0,977 + 0,085 (Cb - 0,60)$$

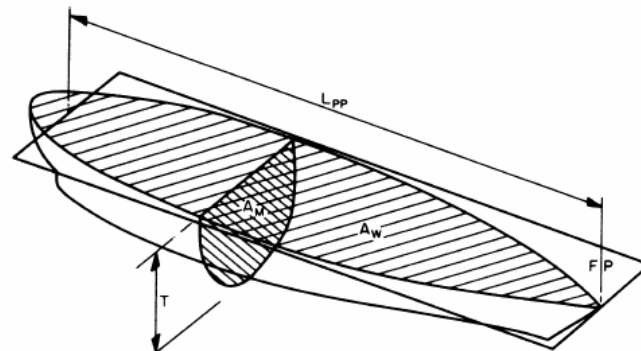
$$Cm = 0,977 + 0,085 (0,790 - 0,60)$$

$$Cm = 0,982$$

Dari perhitungan diatas ditetapkan harga **Cm = 0,982**

c. *Coefficient Prismatic (Cp)*

Van Lammeren, dalam Harald Poehls 1979.



Sumber : Buku Teknik Konstruksi Kapal Baja Jilid I

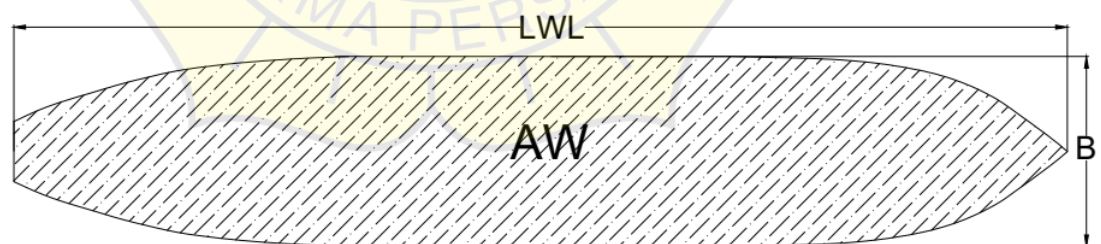
Gambar 2. 6 Koefisien Prismatic

$$\begin{aligned}
 C_p &= \frac{C_b}{C_m} \\
 &= \frac{0,790}{0,982} \\
 &= 0,805
 \end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas ditetapkan harga **Cp = 0,805**

d. *Coefficient Waterline (Cw)*

Schneekluth and Bertram (*Parametric Design Chapter 11 page 16*)



Sumber : Gambar Pribadi

Gambar 2. 7 Koefisien Garis Air

$$\begin{aligned}
 C_w &= C_b / (0,471 + 0,5,51 C_b) \\
 C_w &= 0,790 / (0,471 + 0,551 \times 0,790) \\
 C_w &= 0,869
 \end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas ditetapkan harga **Cw = 0,869**

2.1.4 *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:

$$\Delta = \text{LWL} \times B \times T \times C_b \times \gamma$$

Dimana : Δ = *Displacement* kapal rancangan

LWL = panjang kapal yang diukur dari haluan kapal pada garis air sampai buritan kapal pada garis air.

$$= 92,500 \text{ m}$$

B = Lebar kapal rancangan

$$= 17,22 \text{ m}$$

T = Sarat air kapal rancangan

$$= 5,50 \text{ m}$$

C_b = *Coefficient block* kapal rancangan

$$= 0,790$$

γ = *Coefficient* air laut

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

Maka :

$$\Delta = 92,500 \times 17,22 \times 5,50 \times 0,79 \times 1,025$$

$$= 7093,957 \text{ Ton}$$

Dari perhitungan diatas ditetapkan harga **$\Delta = 7093,957 \text{ Ton}$**

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 :

$$\nabla = C_b \times \text{LWL} \times B \times T$$

$$= 0,79 \times 92,500 \times 17,22 \times 5,50$$

$$= 6921,98 \text{ m}^3$$

Dari perhitungan diatas ditetapkan **$\nabla = 6920,933 \text{ m}^3$**

2.1.5 Estimasi Bentuk *Midship* Kapal

A. Menentukan *Radius of Bilge* (R)

Untuk menentukan *radius of bilge* kapal rancangan rumus yang terdapat dalam buku 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
	= 17,22 m
C _m	= <i>Coefficient midship</i> kapal rancangan
	= 0,982 m
T	= Sarat kapal rancangan
	= 5,50 m

Maka :

$$R = \sqrt{\frac{17,22 \times 5,50 (1-0,982)}{0,4292}}$$

$$= 1,992 \text{ m}$$

Dari perhitungan diatas ditetapkan harga **$R = 1,992 \text{ m}$**

B. Menentukan *Camber*

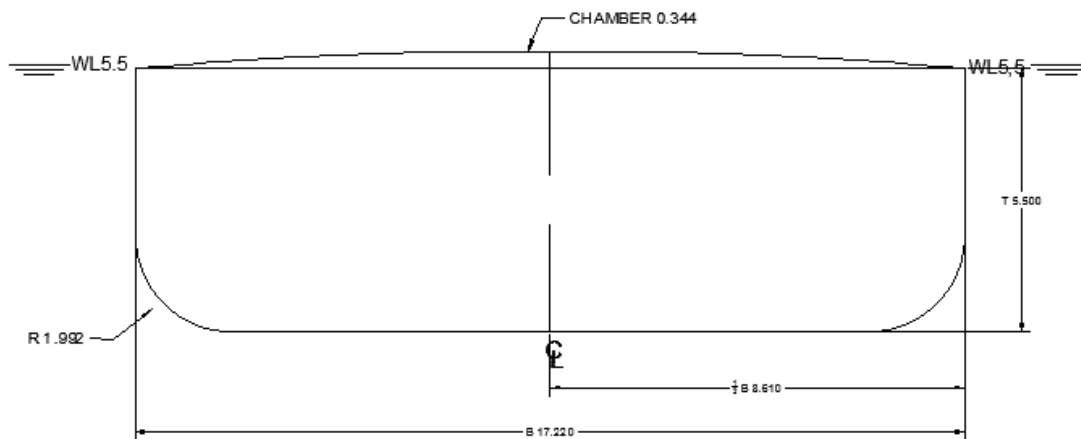
Untuk menentukan *camber* digunakan rumus :

$$\text{Camber} = \frac{B}{50}$$

$$\text{Camber} = \frac{17,22}{50}$$

$$\text{Camber} = 0,344$$

Dari perhitungan diatas ditetapkan harga **$\text{Camber} = 0,344 \text{ m}$**



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

2.2 Estimasi Tenaga Penggerak

2.2.1 Perhitungan Hambatan Awal Untuk Mesin 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.53).

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

$$V = 12,5 \text{ Knot}$$

$$= 6,425 \text{ m/s}$$

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

LWL dalam feet

$$1 \text{ m} = 3,28 \text{ feet}$$

$$= 0,00871 + \frac{0,053}{[(92,500 \times 3,28)+8,8]}$$

$$= 0,009$$

Menurut Mumford, dalam buku “Hambatan Kapal dan Daya Mesin Penggerak”

Karangan Teguh Sastrodiwongso hal.64

$$\begin{aligned}
 S &= LWL \times (1,7 \times T + C_b \times B) \\
 &= 92,500 \times (1,7 \times 5,50 + 0,790 \times 17,22) \\
 &= 2123,227 \text{ m}^2 \\
 &= 22852,287 \text{ ft}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Maka : } R_f &= 0,009 \times 22852,287 \times 12,5^{1,825} \\
 &= 20386,930 \text{ lbs} \rightarrow 9235,279 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

b. Perkiraan Hambatan Sisa (Rr)

$$\begin{aligned}
 R_r &= 12,5 \times C_b \times \Delta \times \frac{V_s^4}{LWL^2} \\
 &= 12,5 \times 0,79 \times 7093,957 \times \frac{12,5^4}{(92,500 \times 3,28)^2} \\
 &= 18579,522 \text{ lbs} \rightarrow 84156,523 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

c. Perkiraan Hambatan Total (Rt)

$$\begin{aligned}
 R_t &= R_f + R_r \\
 &= 9235,279 \text{ kg} + 84156,523 \text{ kg} \\
 &= 17651,802 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

d. Penentuan Besar Tenaga Penggerak (EHP)

$$\begin{aligned}
 \text{EHP} &= \frac{R_t \times V_s}{75} \\
 &= \frac{17651,802 \times 12,5 \times 0,5144}{75}
 \end{aligned}$$

$$= 1513,348 \text{ HP}$$

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

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

Dimana:

$$\text{PC} = \eta_h \times \eta_{tr} \times \eta_p$$

$$\eta_h = \frac{1-t}{1-w} \quad w = (0,50 \times C_b) - 0,05 \rightarrow \text{Single Srew}$$

$$= (0,50 \times 0,790) - 0,05$$

$$= 0,345$$

$$t = k \times w$$

$$= 0,65 \times 0,345$$

$$= 0,224$$

$$\eta_H = \frac{1 - 0,345}{1 - 0,233}$$

$$= 0,956$$

$$\eta_{rr} = 1$$

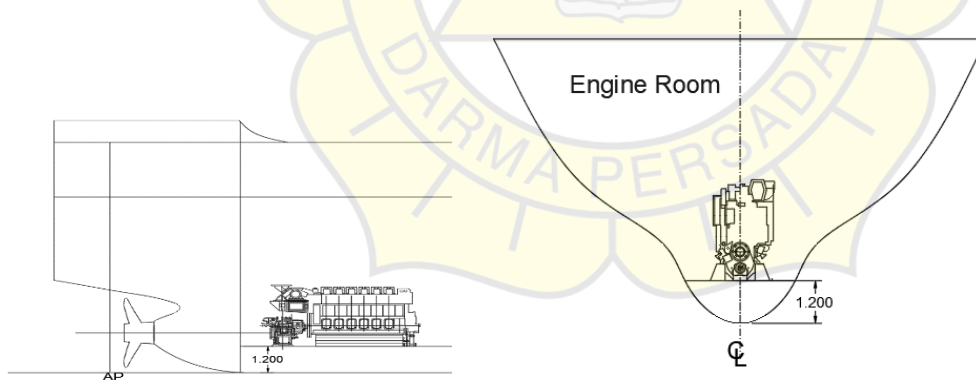
$$\eta_p = 0,5 - 0,65 \text{ ditetapkan } \mathbf{0,65}$$

$$PC = 0,956 \times 1 \times 0,65$$

$$= 0,769$$

$$SHP = \frac{1513,348}{0,769}$$

$$= 1965,897 \text{ HP}$$



Sumber : Data Pribadi

Gambar 2. 9 Tenaga Penggerak Kapal

f. Penentuan Besar Tenaga Penggerak (BHP)

Sea Margin berkisar antara 15%~20%

$$BHP = (20\% \times SHP) + SHP$$

$$= (20\% \times 1965,897) + 1965,897$$

$$= 2359,007 \text{ HP}$$

$$= 1759,140 \text{ KW}$$

Faktor MCR : BHPsm / 85%

$$\text{BHPmcr} = \frac{100}{85} \times 2359,007 \text{ HP}$$

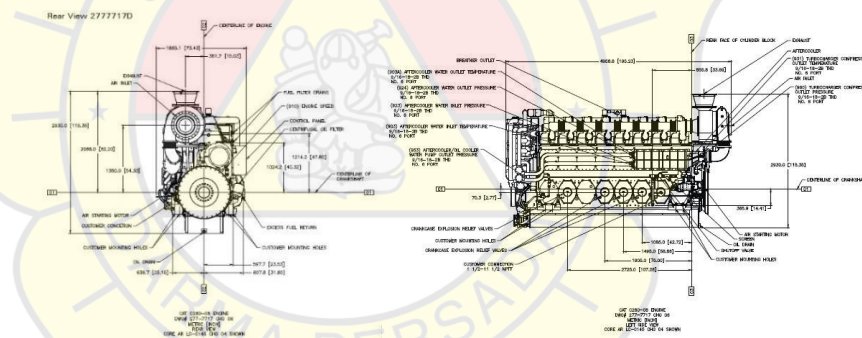
$$= 2775,385 \text{ HP}$$

$$\text{BKWmcr} = 2069,577 \text{ KW}$$

2.3 Penentuan Mesin Utama dan Mesin Sementara

1. Mesin Utama

Dengan didapatkan besar daya mesin diatas maka perancang menggunakan daya yang sedikit lebih besar dari daya perhitungan diatas sebesar **3084 BHP (2300 KW)**. Dengan daya mesin yang telah didapatkan, maka perancang mencari spesifikasi tersebut dikatalog yang ada.



Sumber : Katalog Mesin Caterpillar

Gambar 2. 10 Mesin Utama Sementara

- *Merk* : Caterpillar
- *Type* : C280 – 8 CS
- *Power* : 3084 hp (2300 kW)
- *Cylinders* : 8
- *Stroke* : 300 mm
- *Cylinder bore* : 280 mm
- *Speed* : 900 rpm
- *SFOC* : 187,9 g/KWh
- *P x L x T* : 4958 mm x 1804 mm x 2648 mm

➤ *Weight* : 19.000 kg

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.

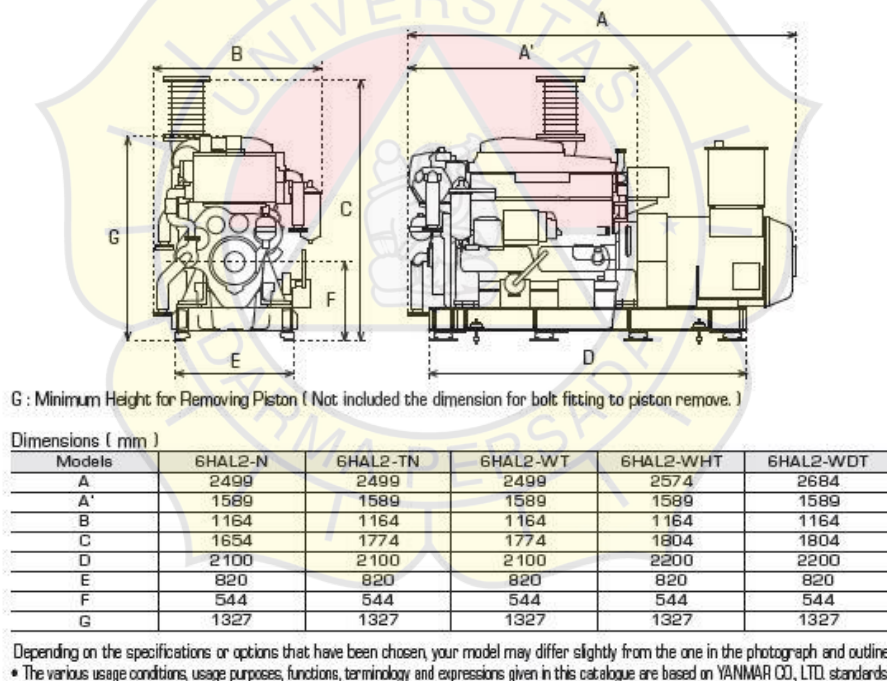
Dalam rules *DNV GL Pt 4 Ch 2 Hal.41* menerangkan besarnya daya mesin pembantu sebesar 15% dari daya mesin terbesar.

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

Dimana : PAE = Daya mesin bantu kapal rancangan

BHP = Daya mesin utama kapal rancangan = 3084 HP

Maka : PAE = 15 % x 3084 = 462,6 HP = 345 KW



Sumber : Katalog Mesin Yanmar

Gambar 2. 11 Mesin Bantu Sementara

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

- *Merk* : YANMAR
- *Type* : 6 HAL 2 - WDT
- *Power* : 180 KW (242 HP)

- *Cylinders* : 6 *in-line*
- *Stroke* : 165 mm
- *Cylinder bore* : 130 mm
- *Speed* : 1800 rpm
- *P x L x T* : 2684 mm x 1164 mm x 1804 mm
- *Weight* : 2850 kg

Ditetapkan menggunakan 3 buah mesin bantu, yang mana satu berfungsi sebagai mesin pembantu utama dan yang lainnya sebagai cadangan

Keterangan :

- 2 mesin bekerja secara bergantian dan 1 mesin berfungsi sebagai mesin cadangan

2.4 Estimasi Kapasitas Ruang Muat

1. Jarak Gading (a_0)

Berdasarkan peraturan kelas *GL (Germanischer Lloyd) July 2016 Hull Structural Ch 1 Sec 9*. untuk perhitungan *frame space* pada kelas *GL (Germanischer Lloyd) July 2016*

- *Frame space* pada sekat buritan dan haluan adalah 600 mm
- *Frame Space* ruang muat dan ruang mesin

NK class halaman 64

$$450 + 2 \times 90,7 = 631 \text{ mm}$$

Maka ditetapkan :

- *Transverse* = 600 mm

Berdasarkan perhitungan diatas, maka ditetapkan *Transverse Frame* adalah

- $Ap - Fr 8 = 600 \text{ mm}$

- $Fr 8 - Fr 137 = 600 \text{ mm}$

- $Fr 137 - Fr 145 = 600 \text{ mm}$

- Longitudinal

- Didapat dari Rules DNV-GL Pt 3 Ch 3, jarak side girder dari center girder kurang lebih 3 m

Maka didapat, jarak antar frame sebesar :

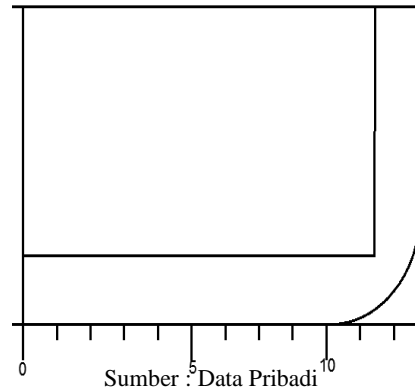
$$= 3000 \text{ mm} : 3$$

$$= 600 \text{ mm}$$

- Berdasarkan NK Class
= $550 + 2L$ (mm)
= $550 + 2 \times 90,7$ (mm)
= 731 mm

2. Luas Penampang Tengah Kapal

$$\begin{aligned} A_m &= B \times T \times C_m \\ &= 17,22 \text{ m} \times 5,5 \text{ m} \times 0,982 \\ &= 93,006 \text{ m}^2 \end{aligned}$$



Gambar 2. 12 *Midship Section*

3. Tinggi *Double Bottom*

Berdasarkan peraturan kelas DNV GL *Rules for Hull* parth 5 Chapter 5, tinggi *double bottom* untuk *oil tanker* yaitu :

- Berlaku untuk kapal dengan berat mati lebih dari 600 deadweight dan tidak lebih dari 5000 deadweight.
- Dapat dihitung dengan rumus $hDB = B/15$
- Tidak boleh lebih rendah dari 0,76 m
- Memperhatikan batasan volume pada ruang muat, tidak boleh lebih besar dari 700 m³

Sehingga besarnya *double bottom* bernilai

$$\begin{aligned} H &= B/15 \\ &= 17,22/15 = 1,148 \end{aligned}$$

Atau

Tinggi minimum untuk *double bottom* yaitu 760 mm dan tinggi maksimum yaitu 1,0 m untuk kapal $L < 150$ m

Mengikuti aturan yang pertama, maka ditetapkan tinggi *double bottom* **1,2 m**

4. Tinggi *Double Bottom* pada Pump Room

Berdasarkan peraturan kelas DNV GL *Rules for Hull* Part 5 Chapter 5 Section 3 Page 32 , tinggi *double bottom* untuk *product oil tanker* dapat dihitung dengan ketentuan, yaitu :

- Dapat dihitung dengan rumus $hDB = B/15$
- Tidak boleh lebih besar dari 2 meter dan lebih kecil dari 1 meter Sehingga besarnya *double bottom* bernilai :

$$\begin{aligned} hDB &= B/15 \\ &= 17,22/15 = 1,148 \end{aligned}$$

Maka dari itu ditetapkan tinggi double battom sebesar 1,2 m

5. Tinggi Double Bottom pada Engine Room

- Pada Engine Room ketinggian double bottom diatur dalam DNV-GL Pt 3 Ch 2 Sc 3 Pg 14 dengan ketentuan :

- Tidak lebih kecil dari 0,76 m

- Tidak lebih dari 2 m

- Harus cukup untuk memberikan akses ke seluruh bagian bottom pada engine room

- Untuk kapal tertentu ketinggian double bottom boleh ditingkatkan

- Dapat dihitung dengan rumus $hDB = 1000 \times B/20$

- Sehingga nilai double bottom pada engine room adalah :

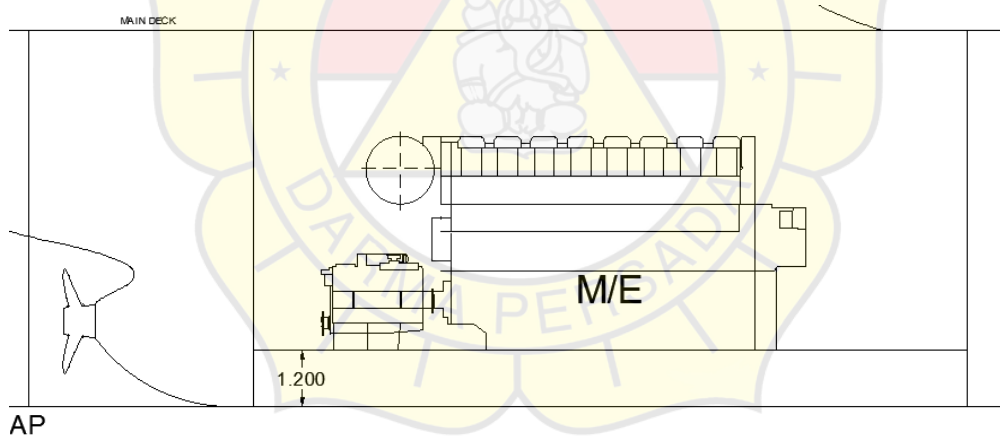
- , $hDB = 1000 \times 17,22 / 20$

= 861 mm

- Faktor lain yang tidak diatur dalam class adalah

- Propeller tidak boleh kandas

Sehingga ditetapkan tingginya double bottom pada engine room adalah **1,2 m**



Sumber : Data Pribadi

Gambar 2. 13 Kamar Mesin Sementara

6. Lebar *Double Side*

Berdasarkan peraturan kelas DNV GL Rules for Hull Part 5 Chapter 5 Section 3 Page 29, lebar *Double Side / Wing Tank* untuk oil tanker dapat dihitung dengan ketentuan :

- Berlaku untuk kapal dengan berat mati lebih dari 600 deadweight dan tidak lebih dari 5000 deadweight.

- Dapat dihitung dengan rumus

$$W = 0,4 + (2,4DW/20000)$$

DW = Dead Weight

- Tidak boleh lebih rendah dari 0,76 m MARPOL An I Rg 12A

Sehingga besarnya *double bottom* bernilai :

$$\begin{aligned} W &= 0,4 + (2,4DW/20000) \\ &= 0,4 + (2,4 \times 5000 / 20000) \\ &= 1 \text{ m} \end{aligned}$$

Tinggi minimum untuk *double side* yaitu 1 m dan tinggi maksimum yaitu 2,0 m untuk kapal $L > 5000$ DWT. Mengikuti aturan yang pertama, maka ditetapkan Lebar *Double Side* adalah **1 m**

7. Luas Ruang Muat pada *Midship*

$$\begin{aligned} \text{Arm} &= B \times H \times \text{Cm} \\ &= 17,22 \text{ m} \times 8 \text{ m} \times 0,982 \\ &= 135,280 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

8. Luas *Double Bottom* pada *Misdhip*

$$\begin{aligned} \text{Adbm} &= B \times \text{Hdb} \times \text{Cm} \\ &= 17,22 \text{ m} \times 1,2 \text{ m} \times 0,982 \\ &= 20,292 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

9. Volume Ruang Muat

$$V_{\text{rm}} = \frac{\text{Berat Muatan}}{\text{Massa Jenis}}$$

- Massa Jenis Pertamax 0,7

$$\begin{aligned} &= \frac{4968,353 \text{ ton}}{0,7 \text{ ton/m}^3} \\ &= 7097,647 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

2.5 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 **1,8 m**

Other Superstructures **2,3 m**

Maka didapat tinggi *Superstructure* sebesar :

Total ketinggian *Superstructure* dari *Main Deck*

Upper Deck 2,30 m

Poop Deck 2,30 m

Boat Deck 2,30 m

Bridge Deck 2,30 m

Navigation Deck 2,30 m

Total Tinggi **11,5 m**

Rules DNV GL Part 6 Chapter 3 Section 3 Hal 131

Tinggi *Superstructure* harus bisa melihat sejauh 2 kali LOA dihitung dari AP bila ditarik garis dengan kemiringan 5° terhadap air laut

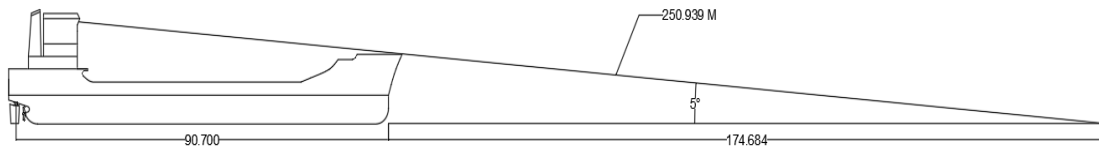
Jarak yang didapat adalah 250,939

$$= 250,939 > 2 \times 90,7$$

$$= 250,939 > 181,4 \text{ m} \quad (\text{memenuhi})$$

Jarak pandang yang didapatkan dari FP ke titik jarak pandang

$$= 174,684 \text{ m dari FP}$$



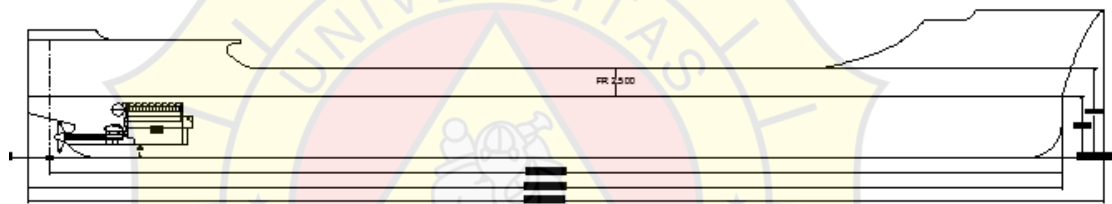
Sumber : Gambar Pribadi

Gambar 2. 14 Proyeksi Jarak Pandang

2.6 Pemeriksaan *Freeboard*

Perhitungan *Freeboard* atau Lambung Timbul

$$\begin{aligned} Fd &= H - T \\ &= 8,00 \text{ m} - 5,50 \text{ m} \\ &= 2,50 \text{ m} \end{aligned}$$



Sumber : Gambar Pribadi

Gambar 2. 15 Lambung Timbul 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 tanker 0,032 ton/m²

E = *Hull Numeral* (m²) untuk tanker (1500-40000)

$$\begin{aligned} \text{Maka : } W_{ST} &= 0,032 \times 2651^{1,36} \\ &= 1487,512 \text{ ton} \end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas ditetapkan harga **$W_{ST} = 1448,729 \text{ ton}$**

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 = 0,72 untuk tanker

MCR = *Maximum Countinus Rating* kapal rancangan (KW)
= 2300 KW

$$\begin{aligned} \text{Maka : } W_{ME} &= 0,72 \times (2300)^{0,7} \\ &= 162,384 \text{ ton} \end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas ditetapkan **$W_{ME} = 162,384 \text{ ton}$**

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 = 0,28 ton/m² untuk *tanker*

L = Panjang kapal rancangan = 90 ,7 m

$$B = \text{Lebar kapal rancangan} = 17,22 \text{ m}$$

$$\text{Maka: } W_{wo} = 0,28 \times 90,7 \times 17,22$$

$$= 437,319 \text{ ton}$$

Dari perhitungan diatas ditetapkan **W_{wo} = 437,319 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 = 1487,512 ton

W_{ME} = Berat permesinan kapal = 153,177 ton

W_{wo} = Berat perkayuan dan *outfitting* kapal rancangan
 = 437,319 ton

$$\text{Maka : Margin} = (1487,512 + 162,384 + 437,319) \times 2\%$$

$$= 41,744$$

Dari perhitungan diatas ditetapkan harga **Margin LWT = 41,560 ton**

TOTAL BERAT LIGHT WEIGHT (LWT) KAPAL :

- | | | |
|----|--|----------------|
| 1) | Berat Baja Kapal (W_{ST}) | = 1487,512 ton |
| 2) | Berat Permesinan Kapal (W_{ME}) | = 162,384 ton |
| 3) | Berat Perkayuan & <i>Outfitting</i> (W_{wo}) | = 437,319 ton |
| 4) | Margin LWT | = 41,560 ton |

+

Berat Kapal Kosong (LWT) = 2089,400 ton

Koreksi LWT

$$- \text{LWT}_1 = \Delta - \text{DWT}$$

$$= 7093,957 - 5000$$

$$= 2093,957 \text{ ton}$$

$$- \text{LWT}_2 = 2117,162 \text{ ton}$$

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

$$\left| \frac{2093,957 - 2089,40}{2089,40} \right| \times 100 = 0,2180\% \leq 0,5\% \text{ (memenuhi)}$$

2.7.2 Perhitungan Bobot Mati Kapal (DWT)

Menurut Harald Poehls, 1979.

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

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

Dimana :

$$Pb_{ME} = M/E = 2300 \text{ Kw}$$

$$b_{ME} = \text{Koefisien pemakaian BBM} = 187,9 \text{ g/kWh}$$

$$S = \text{Radius Pelayaran } 284 \text{ mil laut}$$

$$V_s = 12,5 \text{ knots}$$

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

Maka :

$$\begin{aligned} W_{FO} &= [(2300 \times 187,9)] \times \frac{284}{12,5} \times 10^{-6} \times 1,5 \\ &= 14,728 \text{ Ton} \end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas ditetapkan harga **$W_{FO} = 14,728 \text{ Ton}$**

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

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

Dimana :

$$Pb_{AE} = M/E = 180 \text{ Kw}$$

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

$$S = \text{Radius Pelayaran } 284 \text{ mil laut}$$

$$V_s = 12,5 \text{ knots}$$

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

Maka :

$$\begin{aligned} W_{FB} &= [(2 \times 180 \times 186)] \times \frac{284}{12,5} \times 10^{-6} \times 1,5 \\ &= 2,282 \text{ Ton} \end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas ditetapkan harga **$W_{FO} = 2,282 \text{ Ton}$**

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

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

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

Maka :

$$W_{LO} = [2300 \times 1,5] \times \frac{284}{12,5} \times 10^{-6} \times (1,5)$$

$$= 0,117 \text{ Ton}$$

$$W_{LO2} = [(Pb_{AE} \times b_{LO})] \times \frac{S}{V_s} \times 10^{-6} \times (1,3 \sim 1,5)$$

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

Maka :

$$W_{LO} = [2 \times 180 \times 1,5] \times \frac{284}{12,5} \times 10^{-6} \times (1,5)$$

$$= 0,0184 \text{ Ton}$$

Dari perhitungan diatas ditetapkan harga **$W_{LO} = 0,135 \text{ Ton}$**

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

Dimana :

- Jumlah penumpang ABK $Z = 22$ Orang
- *Drinking Water* $DW = 10-20$ kg/org/hari
- *Washing water + Bathing Room* $BR = 70$ kg/org/hari
- *Engine Cooler* $EC = 2-5$ kg/Kwh/hari
- *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 :

$$W_{DW+WW} = ((DW + BR) \times Z) \frac{248}{12,5} \times \frac{1}{24} + add$$

$$= ((10 + 70) \times 22) \frac{284}{12,5} \times \frac{1}{24} + 4\%$$

$$= 1666,173 \text{ kg}$$

$$W_{EC} = EC \times Pb_{ME} + 2 \times Pb_{aE} \times \frac{284}{12,5} \times \frac{1}{24} + add$$

$$= 4 \times 2300 + 2 \times 180 \times \frac{284}{12,5} \times \frac{1}{24} + 4\%$$

$$= 9540,84 \text{ kg}$$

$$W_{FW} = W_{DW+WW} + W_{EC}$$

$$= 1666,173 \text{ kg} + 9540,84 \text{ kg}$$

$$= 11207,013 \text{ kg}$$

Dari perhitungan diatas ditetapkan harga **$W_{FW} = 11,207 \text{ Ton}$**

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

$$W_{PROV} = C_p \times Z \times \frac{S}{V_s} \times \frac{1}{24} + 4\%$$

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

$Z = 22 \text{ Orang}$

Maka :

$$\begin{aligned} W_{Prov} &= 5 \times 22 \times \frac{248}{12,5} \times \frac{1}{24} + 4\% \\ &= 104,133 \text{ kg} \\ &= 0,104 \text{ Ton} \end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas ditetapkan harga **$W_{PROV} = 0,104 \text{ Ton}$**

f. Berat Awak Kapal, Penumpang Dan Barang Bawaan (*Weight Of Person and Luggage* (W_{P+1}))

$$W_{P+1} = Z \times (P + L)$$

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

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

$Z = \text{Jumlah ABK} = 22 \text{ Orang}$

Maka :

$$\begin{aligned} W_{P+1} &= 22 \times (75 + 70) \\ &= 3190 \text{ kg} \\ &= 3,190 \text{ Ton} \end{aligned}$$

Dari perhitungan di atas ditetapkan harga **$W_{P+1} = 3,190 \text{ Ton}$**

g. Berat Muatan (*Pay Load*)

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

Dimana : $W_{FO} = 14,728 \text{ Ton}$

$W_{FB} = 2,282 \text{ Ton}$

$W_{LO} = 0,135 \text{ Ton}$

$W_{FW} = 11,207 \text{ Ton}$

$W_{PROV} = 0,104 \text{ Ton}$

$W_{P+1} = 3,190 \text{ Ton}$

Maka :

$$W_{PL} = 5000 - 31,647 = 4968,353 \text{ Ton}$$

Dari perhitungan diatas ditetapkan harga **$W_{PL} = 4968,353 \text{ Ton}$**

TOTAL BERAT DEAD WEIGHT TONNAGE SHIP (DWT)

1)	Berat Bahan Bakar W_{FO}	=	14,728	Ton
2)	Berat Bahan Bakar W_{FB}	=	2,282	Ton
3)	Berat Minyak Pelumas (W_{LO})	=	0,135	Ton
4)	Berat Air Bersih dan Tawar (W_{FW})			
	W_{DW+WW}	=	1,667	Ton
	W_{EC}	=	9,540	Ton
5)	Berat Makanan (W_{PROV})	=	0,104	Ton
6)	Berat Awak Kapal dan Barang (W_{p+l})	=	3,190	Ton
7)	Berat Muatan (W_{PL})	=	4968,353	Ton

+

TOTAL PERHITUNGAN DWT = 5000 Ton

Koreksi berat kapal *Displacement* menurut Hukum Archimedes (Δ_1), yaitu :

$$\begin{aligned} \Delta_1 &= LWL \times B \times T \times C_b \times \gamma \\ &= 92,500 \times 17,22 \times 5,5 \times 0,790 \times 1,025 \\ &= 7.093,957 \text{ Ton} \end{aligned}$$

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

Dimana :

$$\begin{aligned} \Delta_2 &= LWT + DWT \\ &= 2089,400 \text{ Ton} + 5000 \text{ Ton} \\ &= 7089,400 \text{ Ton} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Maka Koreksi} &= \left| \frac{7.093,957 - 7089,400}{7.093,857} \right| \times 100 \dots\dots\dots < 0,5 \% \\ &= 0,0642 \% \dots\dots\dots < 0,5 \text{ (memenuhi)} \end{aligned}$$

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 :

$$\begin{aligned}\overline{KB} &= T \times \left(\frac{5 \times C_w - 2 \times C_b}{6 \times C_w} \right) \\ &= 5,5 \times \left(\frac{5 \times 0,869 - 2 \times 0,790}{6 \times 0,869} \right) \\ &= 2,916 \text{ m}\end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas ditetapkan **$\overline{KB} = 2,916 \text{ m}$**

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

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

$$\begin{aligned}\overline{KG} &= 0,6 \times H \\ &= 0,6 \times 8,00 \\ &= 4,80 \text{ m}\end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas ditetapkan **$\overline{KG} = 4,80 \text{ m}$**

2. Perhitungan Stabilitas Melintang

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

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

$$\overline{BM} = \frac{B^2}{T} \times \frac{Cw(Cw+0,04)}{12 \times Cb}$$
$$\text{Maka } \overline{BM} = \frac{17,22^2}{5,5} \times \frac{0,869(0,869+0,04)}{12 \times 0,790}$$
$$= 4,492 \text{ m}$$

Dari perhitungan diatas ditetapkan harga $\overline{BM} = 4,492 \text{ m}$

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

$$\overline{KM} = \overline{KB} + \overline{BM}$$
$$= 2,916 + 4,492$$
$$= 7,408 \text{ m}$$

Dari perhitungan ditetapkan $\overline{KM} = 7,408 \text{ m}$

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

$$\overline{GM} = \overline{KM} - \overline{KG}$$
$$= 7,408 - 4,80$$
$$= 2,608 \text{ m}$$

Dari perhitungan diatas ditetapkan $\overline{GM} = 2,608 \text{ m}$

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

Untuk menentukan periode oleng atau rolling periode dari kapal rancangan digunakan rumus pendekatan yang terdapat dalam buku *Code On Intact Stability* 2008 oleh *International Maritime Organization* (IMO), yaitu:

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

Dimana : T_R = Periode oleng kapal rancangan

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

$$B = 17,22 \text{ m}$$

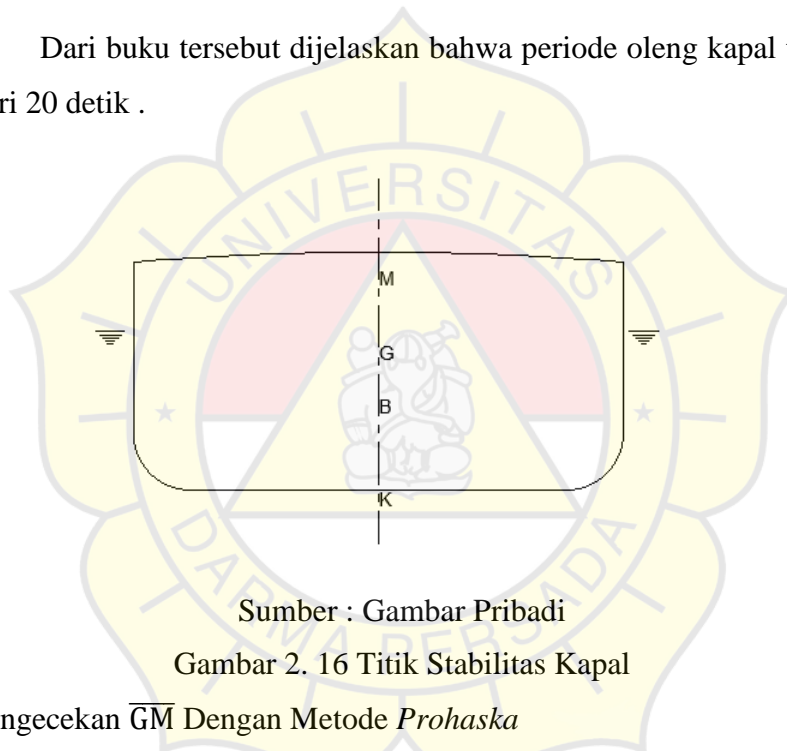
$$T = 5,500 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \text{LWL} &= 92,514 \text{ m} \\ &= 0,373 + \left(0,023 \times \frac{17,22}{5,50}\right) - \left(0,043 \times \frac{92,514}{100}\right) \\ &= 0,405 \end{aligned}$$

Maka :

$$\begin{aligned} &= \frac{2 \times 0,405 \times 17,22}{\sqrt{2,608}} \\ &= 8,63702 \text{ detik (Memenuhi)} \end{aligned}$$

Dari buku tersebut dijelaskan bahwa periode oleng kapal tidak boleh lebih dari 20 detik .



Sumber : Gambar Pribadi

Gambar 2. 16 Titik Stabilitas Kapal

4. Pengecekan \overline{GM} Dengan Metode *Prohaska*
 Dalam *Henscke*, 1978 (*Sciffbautechnisches Handbuch Band I : 169*)

a. *Hid = Ideal Free Board*

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

Dimana :

$$\begin{aligned} 1) \quad \text{Sh} &= 50 \times \left(\frac{\text{LBP}}{3} + 10\right) \\ &= 50 \times \left(\frac{90,7}{3} + 10\right) \\ &= 2011,66 \text{ mm} \\ &= 2,0116 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 2) \quad S_f &= 25 \times \left(\frac{LBP}{3} + 10 \right) \\
 &= 25 \times \left(\frac{90,7}{3} + 10 \right) \\
 &= 1005,833 \text{ mm} \\
 &= 1,0058 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Maka :

$$\begin{aligned}
 H_{id} &= H + \frac{S_h + S_f}{6} \\
 H_{id} &= 8,0 + \frac{2,0116 + 1,0058}{6} \\
 &= 8,502 \text{ m}
 \end{aligned}$$

b. MTF

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

Dimana :

$$\begin{aligned}
 t &= \frac{(2 C_w + 1)^3}{323} \\
 &= \frac{(2 \times 0,869 + 1)^3}{323} \\
 &= 0,063
 \end{aligned}$$

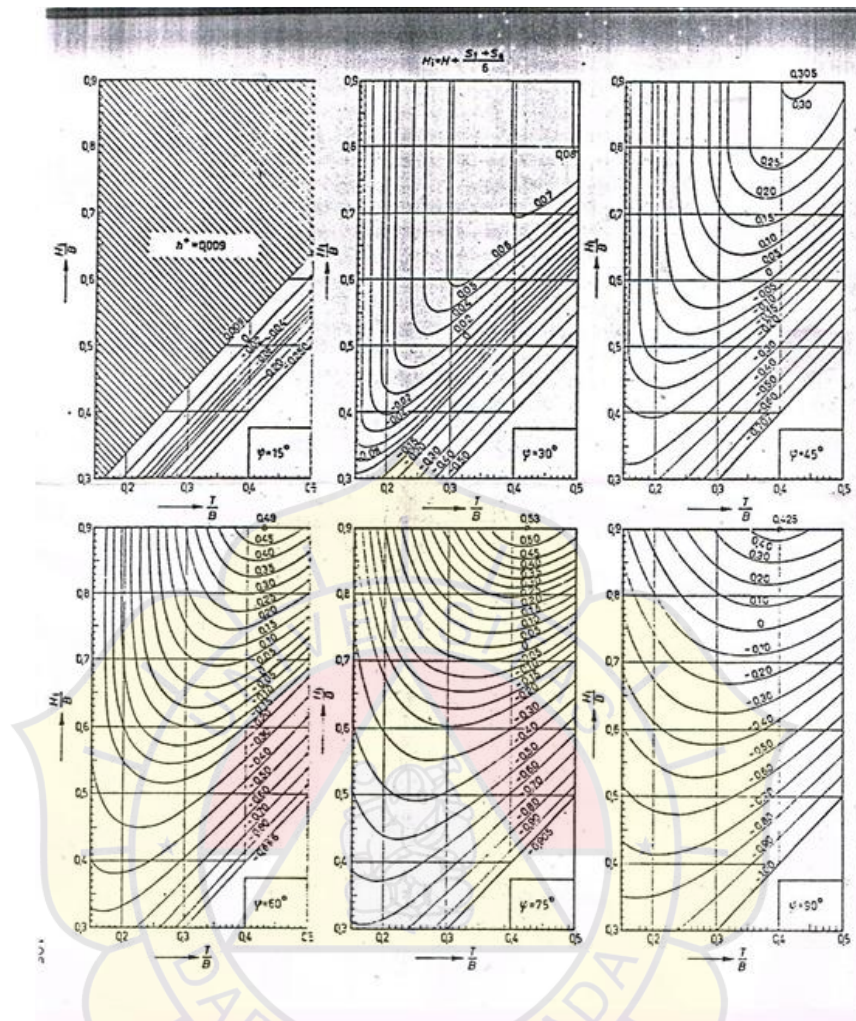
Maka :

$$\begin{aligned}
 MTF &= \frac{0,063}{0,790} \times \frac{17,22^2}{5,50} \\
 &= 4,299
 \end{aligned}$$

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

- $\frac{T}{B} = \frac{5,5}{17,22} = 0,319$
- $\overline{MF} = \overline{BM} = 4,492 \text{ m}$
- $\frac{H_{id}}{B} = \frac{8,502}{17,22} = 0,493$
- $\overline{GM} = 2,608 \text{ m}$

Sedangkan untuk harga h^x 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. 17 Grafik *Prohaska*

c. Perhitungan Kurva Lengan Stabilitas Awal

Tabel 2. 1 Kurva Lengan Stabilitas Awal

Φ	0°	15°	30°	45°	60°	75°	90°
1. $\sin \phi$	0	0,259	0,500	0,707	0,866	0,965	1,000
2. $h^x f$	0	0,009	-0,010	-0,150	-0,350	-0,450	-0,600
3. $h^x f \times MF$	0	0,040	-0,045	-0,674	-1,572	-2,021	-2,695
4. $GM \times \sin \phi$	0	0,675	1,304	1,844	2,259	2,517	2,608
5. $GZ = (3) + (4)$	0	0,716	1,259	1,170	0,686	0,495	-0,087

Sumber : Perhitungan Pribadi

d. Pengecekan Kurva Stabilitas Awal

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

1) $GM > 0,15$

Dimana :

$GM = 2,608 \text{ m} > 0,15 \text{ m}$ _____memenuhi

2) $GZ - 30^\circ > 0,20$

Dimana GZ kapal rancangan pada titik $30^\circ = 1,259 \text{ m}$ ___ memenuhi

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

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°	0,2384	4	0,9536
3	10°	0,477	2	0,954
4	15°	0,7159	4	2,8636
5	20°	0,9482	2	1,8964
6	25°	1,141	4	4,564
7	30°	1,259	1	1,259
$\sum_1 =$				12,4906

Sumber : Perhitungan Pribadi

Dimana : $\Delta GZ - 30^\circ = \frac{(\frac{1}{3})x5^\circ x \sum_1}{57,3^\circ} = \frac{(\frac{1}{3})x0,238^\circ x 12,49}{1,041} = 0,935$

Maka : $\Delta GZ - 30^\circ = 0,935 \text{ m-rad} > 0,055 \text{ m-rad}$ _ memenuhi

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

Tabel 2. 3 Tinggi kurva GZ $30^\circ - 40^\circ$

NO.	Φ	GZ	FS	GZ x FS
1	30°	1,1552	1	1,1552
2	35°	1,2845	4	5,138
3	40°	1,241	2	2,482
Σ_2				8,7752

Sumber : Perhitungan Pribadi

$$\begin{aligned} \text{Dimana : } \Delta GZ - 40^\circ &= \frac{\left(\frac{1}{3}\right) \times 5^\circ \times \Sigma_2}{57,3^\circ} + \Delta GZ - 30^\circ \\ &= \frac{\left(\frac{1}{3}\right) \times 0,238 \times 8,775}{1,041^\circ} + 0,935 \\ &= 1,603 \end{aligned}$$

Maka : $\Delta GZ - 40^\circ = 1,603 \text{ m-rad} > 0,09 \text{ m-rad}$ __ memenuhi

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

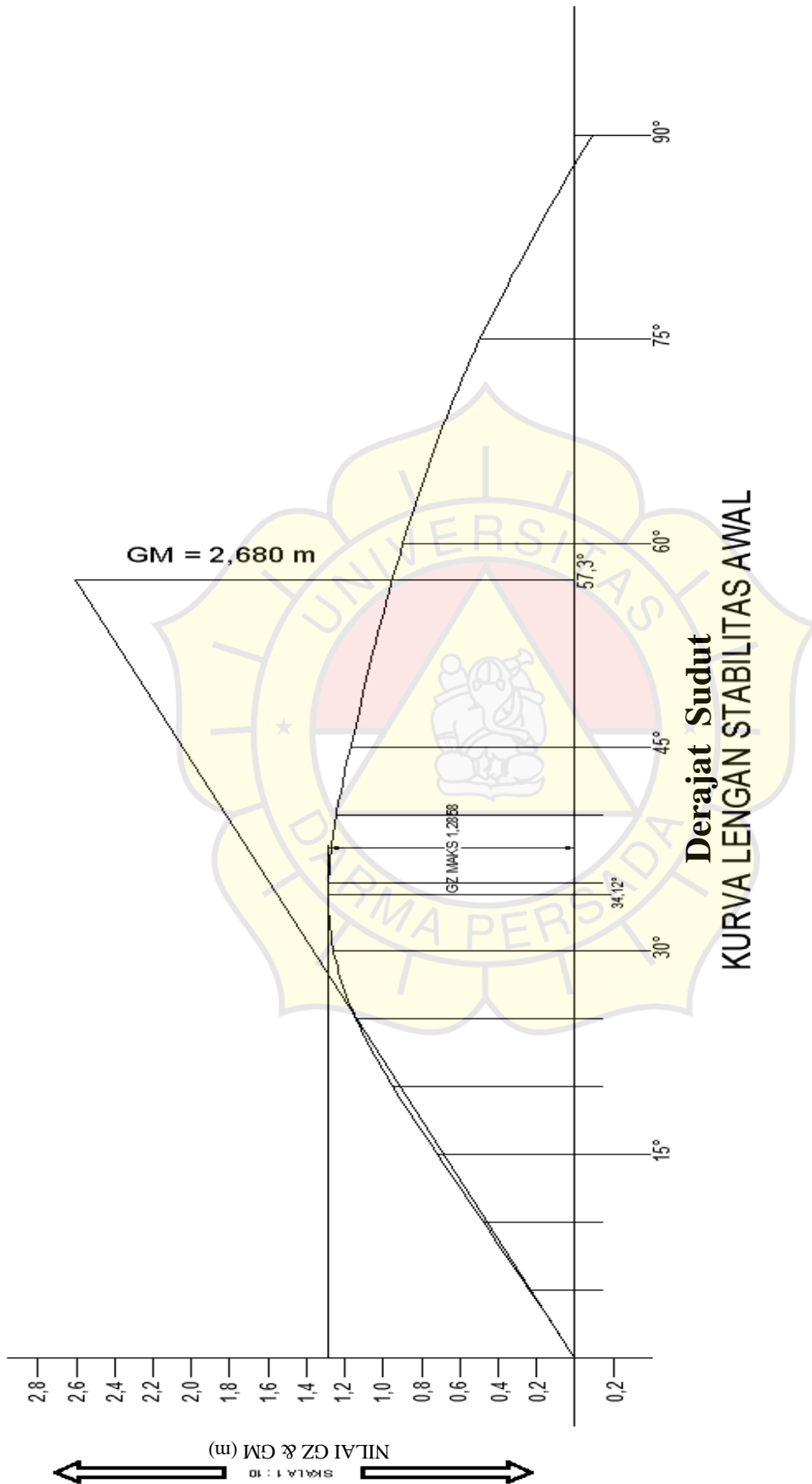
Dimana : $\Delta GZ-40^\circ = 1,603 \text{ m} - \text{rad}$

$\Delta GZ-30^\circ = 0,935 \text{ m} - \text{rad}$

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

$= (0,1,603) - (0,935)$

$= 0,668 > 0,03 \text{ m-rad}$ __ memenuhi



Sumber : Gambar Pribadi

Gambar 2. 18 Kurva Stabilitas

e. 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 :

- Momen Cikar (Mc)
- Momen Angin (Mw)
- Momen Pengganggu (Mp)
- Momen Stabilitas (Ms)

1) Momen Cikar (Mc)

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

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

Dimana : Mc = Momen cikar kapal rancangan

ρ = Kepadatan air laut

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

∇ = Volume *displacement* kapal rancangan

$$= 6920,933 \text{ m}^3$$

Vs = Kecepatan kapal rancangan

$$= 12,5 \text{ knot}$$

$$= 6,425 \text{ m/s}$$

KG = *Center Of Gravity* diatas *baseline*

$$= 4,8 \text{ m}$$

T = *Draft* kapal rancangan

$$= 5,50 \text{ m}$$

LWL = panjang kapal rancangan

$$= 92,5 \text{ m}$$

Maka :

$$Mc = 0,233 \times \frac{104,5 \times 6920,933 \times (0,8 \times 6,425)^2}{92,5} \times 2,05$$

$$= 98,667 \text{ ton meter}$$

Dari perhitungan diatas didapat nilai **Mc = 98,667 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 :

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

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
= 15 m/s

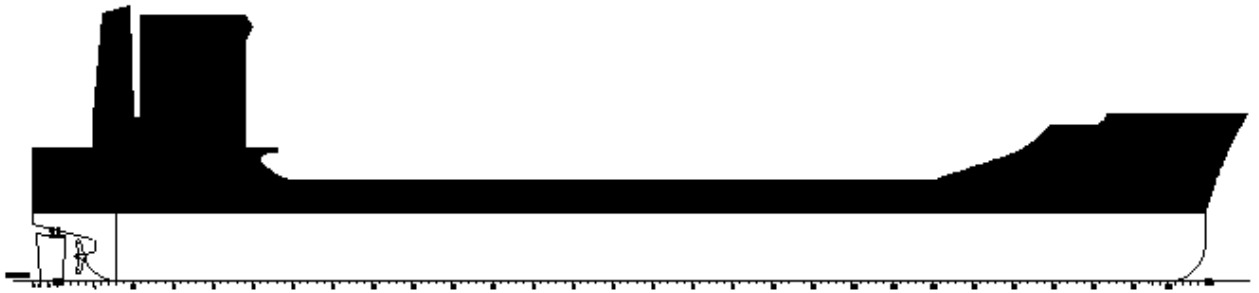
A = Luas bidang tangkap angin
= 461,874 m²

a = Jarak titik tangkap angin diatas lambung kapal
= 0,5 x T
= 0,5 x 5,5
= 2,75 m

Maka :

$$M_w = 1,3 \times 0,5 \times 1,3 \times 10^{-4} \times 15^2 \times 461,874 \times 2,75 \\ = 24,148 \text{ ton meter}$$

Dari perhitungan diatas ditetapkan **Mw = 24,148 ton meter**



Sumber : Gambar Pribadi

Gambar 2. 19 Area Bidang Tangkap Angin

3) Momen Pengganggu (M_p)

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
= 98,667 ton meter

M_w = Momen angin kapal rancangan
= 24,148 ton meter

Maka :

$$\begin{aligned} M_p &= 98,667 + 24,148 \\ &= 122,815 \text{ ton meter} \end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas diketahui nilai **$M_p = 122,815 \text{ ton meter}$**

4) Momen Stabilitas (Ms)

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

$$Ms = h_{maks} \times \nabla$$

Dimana:

Ms = momen stabilitas kapal rancangan

h_{maks} = h tertinggi pada kurva stabilitas awal

= 1,281 m

∇ = Volume *Displacement* kapal rancangan

= 6920,933 ton

Maka :

Ms = 1,281 m \times 6920,933Ton

= **8865,715 ton meter.**

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).

Dimana :

Ms = Momen stabilitas kapal rancangan

= 8865,715 ton meter

Mp = Momen pengganggu kapal rancangan

= 122,815 ton meter

Maka : 8865,715 ton meter > 122,815 ton meter (Memenuhi)