

BAB II

RENCANA AWAL

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 :

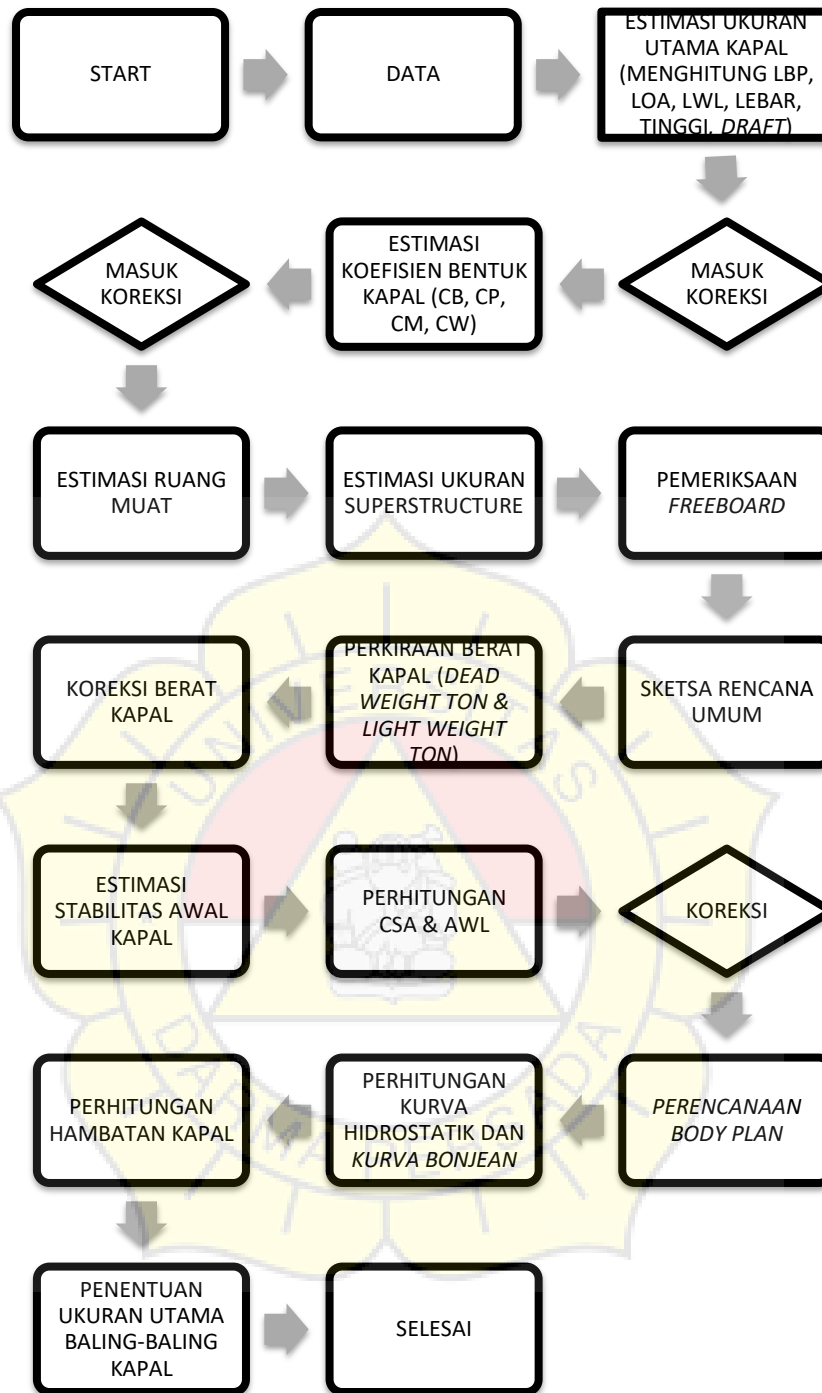
1. Estimasi Ukuran Utama, Koefisien Kapal dan Perkiraan Displasemen Kapal
2. Estimasi Tenaga Penggerak Kapal
3. Estimasi Kapasitas Ruang Muat
4. Estimasi Ukuran *Superstructure*
5. Pemeriksaan *Freeboard*
6. Sketsa Rencana Umum
7. Perkiraan Berat Kapal (*Dead Weight Ton* dan *Light Weight Ton*)
8. Koreksi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

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



Sumber : Data Pribadi

Gambar 2.1. *Flow Chart* Ukuran Utama Kapal

2.1.1 Estimasi Ukuran Utama Kapal

A. Estimasi Panjang Kapal

Untuk mendapatkan panjang kapal digunakan metode *comparison ship*:

- Estimasi Panjang Antara Garis Tegak (LPP)

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

Dimana :

DWT_1 = Kapal Pembanding = 3500 ton

DWT_2 = Kapal Rancangan = 3300 ton

LPP_1 = Kapal Pembanding = 84,5 m

$$\begin{aligned} LPP &= \sqrt[3]{\frac{3300}{3500}} \times 84,5 \\ &= 82,858 \text{ m} \end{aligned}$$

Dari perhitungan tersebut ditetapkan harga **LPP = 83 m**

- Estimasi panjang Keseluruhan Kapal (LOA)

Dari kapal pembanding diperoleh :

$$\begin{aligned} C &= \frac{LOA}{LPP} \\ &= \frac{90 \text{ m}}{84,5 \text{ m}} \\ &= 1,065 \end{aligned}$$

Untuk kapal rancangan :

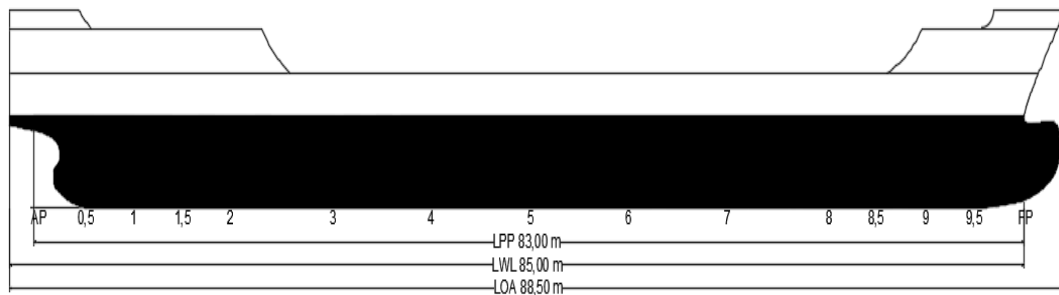
$$\begin{aligned} LOA &= C \times LPP \\ &= 1,065 \times 83 \text{ m} \\ &= 88,39 \text{ m} \end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas ditetapkan harga **LOA = 88,5 m**

- Estimasi Panjang Garis Air (LWL)

$$\begin{aligned} LWL &= (2\% \times LPP) + LPP \\ &= (2\% \times 83 \text{ m}) + 83 \text{ m} \\ &= 84,66 \end{aligned}$$

Dari perhitungan ditetapkan harga **LWL = 85 m**



Sumber : Data Pribadi

Gambar 2.2. LOA,LWL Dan LPP Kapal Rancangan

B. Estimasi Lebar Kapal

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

Dimana :

LPP1 = Kapal Pembanding = 84,5

LPP2 = Kapal Rancangan = 83 m

B1 = Kapal Pembanding = 15,4 m

B2 = Kapal Rancangan (*ditanya*)

$$\begin{aligned} \frac{LPP_1}{LPP_2} &= \frac{B_1}{B_2} \\ B_2 &= \frac{B_1 \times LPP_2}{LPP_1} \\ &= \frac{15,4 \times 83}{84,5} \\ &= 15,126 \text{ m} \end{aligned}$$

Dari penghitungan di atas di tetapkan harga **B = 15,2 m**

C. Estimasi Tinggi Kapal

Perhitungan menggunakan *aspect ratio* data kapal pembanding (L/H)

Dimana :

LPP1 = Kapal Pembanding = 84,5 m

LPP2 = Kapal Rancangan = 83 m

H1 = Tinggi Kapal Pembanding = 11 m

H2 = Tinggi Kapal Rancangan (*ditanya*)

$$\begin{aligned} \frac{LPP_1}{LPP_2} &= \frac{H_1}{H_2} \\ H_2 &= \frac{7,3 \times 83}{84,5} \\ &= 7,170 \text{ m} \end{aligned}$$

Dari perhitungan di atas ditetapkan harga **H = 7,2 m**

D. Estimasi Sarat Kapal

Perhitungan menggunakan *aspect ratio* data kapal pemanding (B/T)

Dimana :

B1 = Lebar Kapal Pemanding = 15,4 m

B2 = Lebar Kapal Rancangan = 15,2 m

T1 = *Draft* Kapal Pemanding = 5 m

T2 = *Draft* Kapal Rancangan (ditanya)

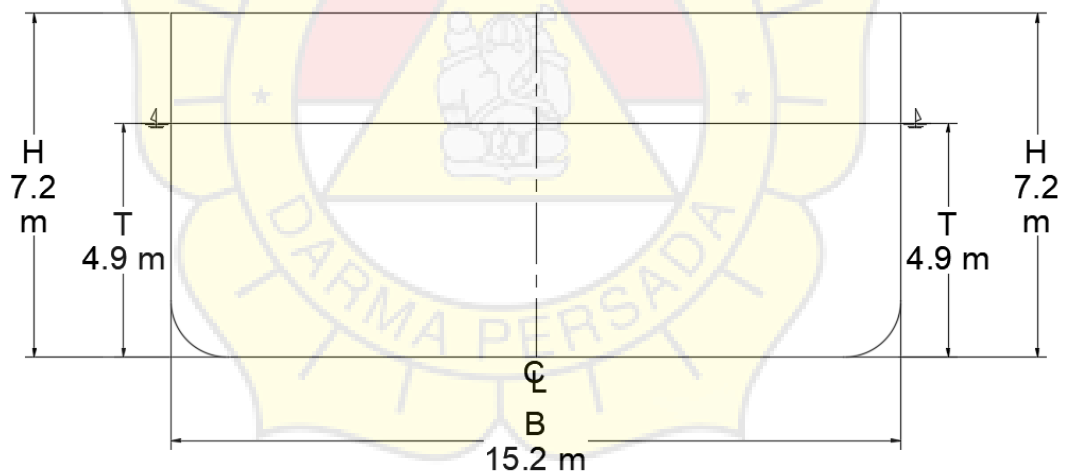
$$\frac{B_1}{B_2} = \frac{T_1}{T_2}$$

$$T_2 = \frac{T_1 \times B_2}{B_1}$$

$$T_2 = \frac{5 \times 15,2}{15,4}$$

$$= 4,93 \text{ m}$$

Dari perhitungan di atas ditetapkan harga **T = 4,9 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

$$\begin{aligned} &= L/B \\ &= 85/15,2 \text{ m} \\ &= 5,592 \end{aligned}$$

- Menurut Watson dalam buku *Parmetric 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 LPP atau Lwl
Dalam hal ini saya menggunakan LPP

$$\begin{aligned} &= 4,0 + 0,025 \times (83 - 30) \\ &= 5,325 \end{aligned}$$

2. B/T

- Menurut Taylor's dalam buku 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

$$\begin{aligned} &= B/T \\ &= 15,2 / 4,9 \text{ m} \\ &= 3,102 \end{aligned}$$

- Dalam buku *Parmetric 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

Nilai L/H berpengaruh terhadap alur pelayaran kapal karena berhubungan dengan kekuatan kapal. Dalam buku *Parametric Design Chapter 11* Hal.9, dijelaskan nilai ini berpengaruh terhadap ketahanan dari hantaman ombak .

- Dalam buku *Principles Of Naval Architectur Vol II* Hal. 78 menjelaskan nilai ratio untuk kapal dengan Parallel Midle Body memiliki rentang $L/H = 7 - 17,5$.

$$\begin{aligned} &= L/H \\ &= 83 / 7,2 \\ &= 11,527 \end{aligned}$$

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 :

$$\begin{aligned} &= T/H \\ &= 4,9/7,2 \\ &= 0,681 \end{aligned}$$

2.1.2 Estimasi Koefisien Bentuk Kapal

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

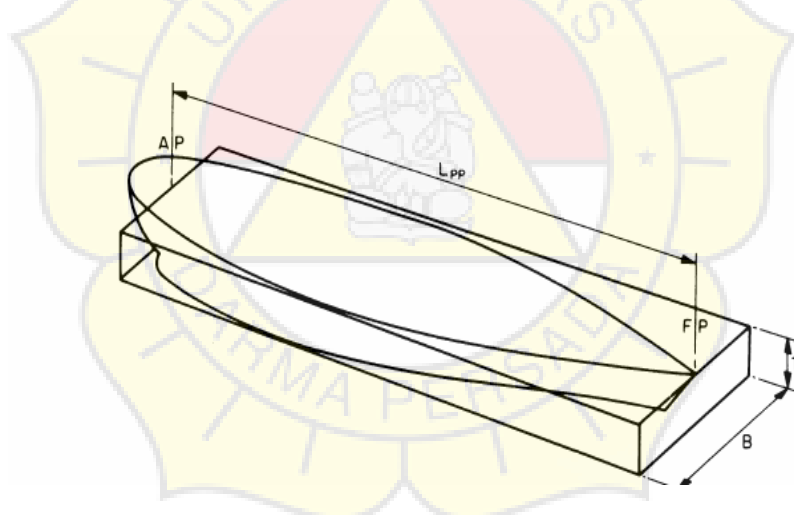
- A. *Block Coefficient (Cb)*
- B. *Midship Coefficient (Cm)*
- C. *Prismatic Coefficient (Cp)*
- D. *Waterline Coefficient (Cw)*

Menurut Harald Poehls, 1979 :

Untuk memenuhi kebutuhan dan sesuai dengan persyaratan koefisien yang berlaku untuk kapal *medium speed*, maka perancang mengambil nilai $V_s = 11$ Knot untuk kecepatannya.

- A. *Block Coefficient (Cb)*

Menurut Kerlen :



Sumber : Buku Teknik Konstruksi Kapal Baja Jilid I

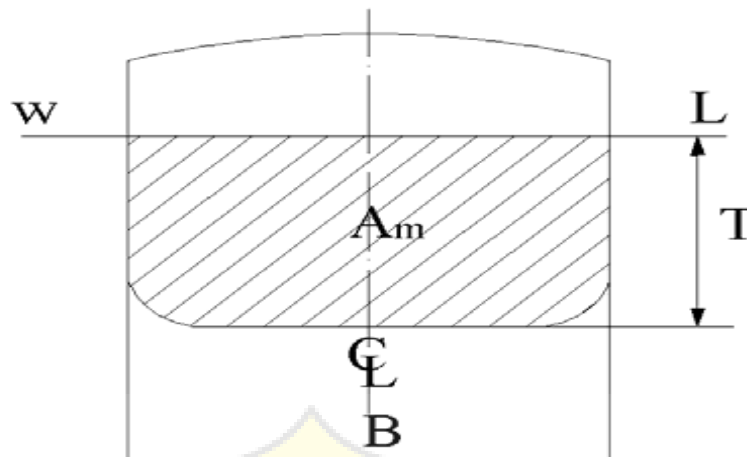
Gambar 2.4. Koefisien Blok

$$\begin{aligned} C_b &= 1,179 - \left(0,333 \times \frac{V_s}{\sqrt{LPP}} \right) \\ &= 1,179 - \left(0,333 \times \frac{11}{\sqrt{83}} \right) \\ &= 0,777 \end{aligned}$$

Dari perhitungan di atas di tetapkan harga **Cb = 0,777**

- B. *Midship Coefficient (Cm)*

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



Sumber : Gambar Pribadi

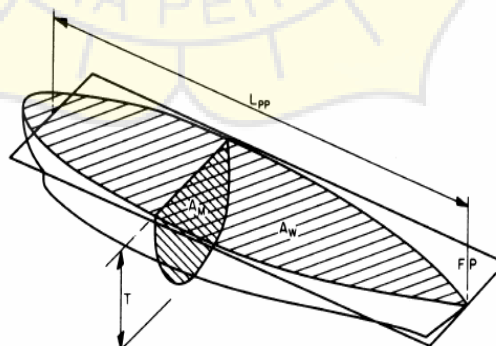
Gambar 2.5. Koefisien Luasan Penampang Tengah

$$\begin{aligned} C_m &= 0,93 + 0,08 \times C_b \\ &= 0,93 + 0,08 \times 0,777 \\ &= 0,992 \end{aligned}$$

Dari perhitungan di atas di tetapkan harga **Cm = 0,992**

C. *Prismatic Coefficient* (*Cp*)

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



Sumber : Buku Teknik Konstruksi Kapal Baja Jilid I

Gambar 2.6. Koefisien Prismatic

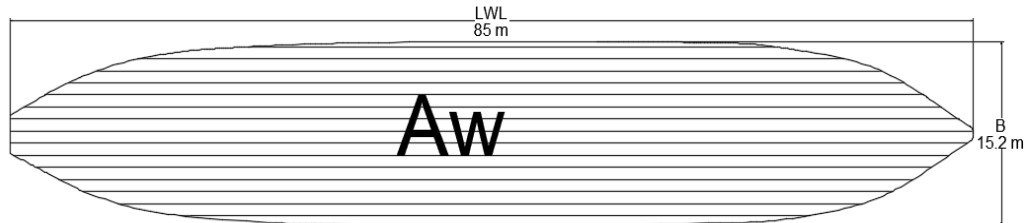
$$\begin{aligned} C_p &= \frac{C_b}{C_m} \\ &= \frac{0,777}{0,992} \end{aligned}$$

$$= 0,783$$

Dari perhitungan di atas di tetapkan harga **Cp = 0,783**

D. Waterline Coefficient (Cw)

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



Sumber : Gambar Pribadi

Gambar 2.7. Koefisien Garis Air

$$\begin{aligned} C_w &= 0,18 + 0,85 \times C_p \\ &= 0,18 + 0,85 \times 0,783 \\ &= 0,846 \end{aligned}$$

Dari perhitungan di atas ditetapkan harga **Cw = 0,846**

2.1.3 Displacement Kapal & Volume Displacement Kapal

Berdasarkan Buku Teknik Konstruksi Kapal Baja jilid I hal.27 bagian B, untuk menghitung *displacement* kapal menggunakan rumus sebagai berikut:

A. Displacement Kapal

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

Dimana :

Δ = Displacement kapal rancangan

LPP = Panjang antara garis tegak kapal rancangan
= 83 m

B = Lebar kapal rancangan
= 15,2 m

T = Sarat air kapal rancangan
= 4,9 m

Cb = *Coefficient block* kapal rancangan
= 0,777

γ = Massa jenis air laut
= 1,025 ton/m³

Maka :

$$\Delta = 83 \times 15,2 \times 4,9 \times 0,777 \times 1,025$$

$$= 4923,371 \text{ ton}$$

Dari perhitungan di atas ditetapkan harga **4923.371 Ton**

B. *Volume* 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 :

$$\begin{aligned}\nabla &= C_b \times LPP \times B \times T \\ &= 0,777 \times 83 \times 15,2 \times 4,9 \\ &= 4803,289 \text{ m}^3\end{aligned}$$

Dari perhitungan di atas ditetapkan harga $\nabla = \mathbf{4803,289 \text{ m}^3}$

2.1.4 Estimasi Bentuk *Midship* Kapal

A. Menentukan *Radius of Bilge* (R)

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

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

Dimana : B = Lebar kapal rancangan

$$= 15,2 \text{ m}$$

C_m = *Coefficient midship* kapal rancangan

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

T = Sarat kapal rancangan

$$= 4,9 \text{ m}$$

Maka :

$$\begin{aligned}R &= \sqrt{\frac{15,2 \times 4,9 (1 - 0,992)}{0,4292}} \\ &= 1,18\end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas ditetapkan harga **R = 1,18 m**

B. Menentukan *Camber*

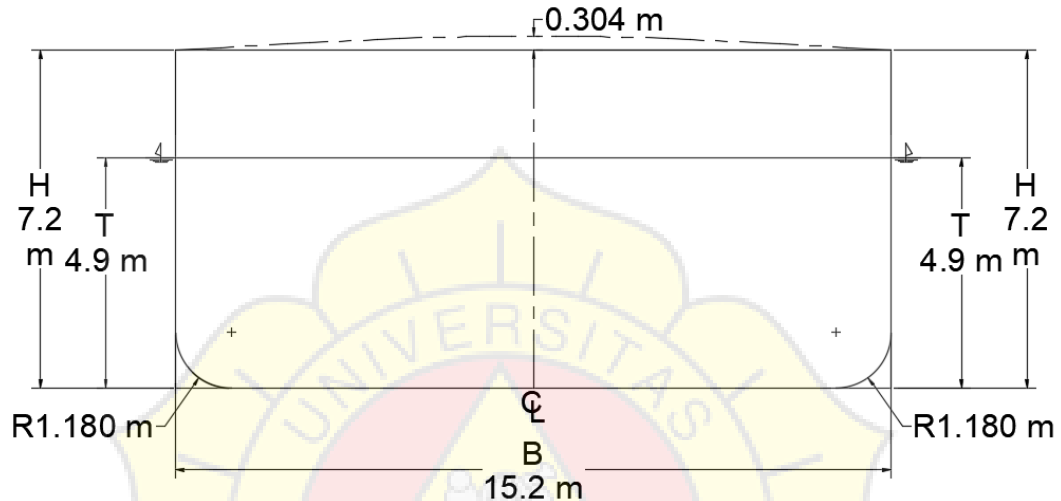
Untuk menentukan *camber* digunakan rumus :

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

Maka ;

$$\begin{aligned}\text{Camber} &= \frac{15,2}{50} \\ &= 0,304 \text{ m}\end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas ditetapkan harga **Camber = 0,304 m**



Sumber : Gambar Pribadi

Gambar 2.8. Chamber 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)

2.2.1 Perkiraan Hambatan Gesek

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

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

Dimana :

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

Lpp dalam feet

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

$$= 0,00871 + \frac{0,053}{[(83 \times 3,28) + 8,8]}$$
$$= 0,00929$$

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

$$S = LPP \times (1,7 \times T + Cb \times B)$$
$$= 83 \times (1,7 \times 4,9 + 0,777 \times 15,2)$$
$$= 1671,653 \text{ m}^2$$
$$= 17993,525 \text{ ft}^2$$

Maka :

$$Rf = f \times S \times Vs^{1,825}$$
$$= 0,00928 \times 17993,535 \times 11^{1,825}$$
$$= 13290,746 \text{ lbs}$$
$$= 6028,581 \text{ kg}$$

2.2.2 Perkiraan Hambatan Sisa (Rr)

$$Rr = 12,5 \times Cb \times \Delta \times \frac{Vs^4}{LPP^2}$$
$$= 12,5 \times 0,777 \times 4923,371 \times \frac{11^4}{(83 \times 3,28)^2}$$
$$= 9063,781 \text{ lbs}$$
$$= 4111,262 \text{ kg}$$

2.2.3 Perkiraan Hambatan Total (Rt)

$$Rt = Rf + Rr$$
$$= 6028,581 \text{ kg} + 4111,262 \text{ kg}$$
$$= 10139,843 \text{ kg}$$

2.2.4 Penentuan Besar Tenaga Penggerak (EHP)

$$EHP = \frac{Rt \times Vs}{75}$$
$$= \frac{10139,843 \times 11 \times 0.5144}{75}$$
$$= 765,004 \text{ HP}$$

2.2.5 Penentuan Besar Shaft Horse Power (SHP)

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

Dimana :

$$PC = \eta_h \times \eta_{rr} \times \eta_p$$

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

$$= (0,50 \times 0,777) - 0,05$$

$$= 0,339$$

$$t = k \times w$$

$$= 0,7 \times 0,339$$

$$= 0,237$$

$$\eta_H = \frac{1-0,237}{1-0,339}$$

$$= 1,154$$

$$\eta_{rr} = 0,985 \text{ (ketentuan)}$$

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

$$PC = 1,154 \times 0,985 \times 0,65$$

$$= 0,739$$

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

$$= \frac{765,004}{0,739}$$

$$= 1035,836 \text{ HP}$$

2.2.6 Penentuan Besar Tenaga Penggerak (BHP)

Sea Margin berkisar antara 15%~20%

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

$$= (20\% \times 1035,836) + 1035,836$$

$$= 1243,003 \text{ HP}$$

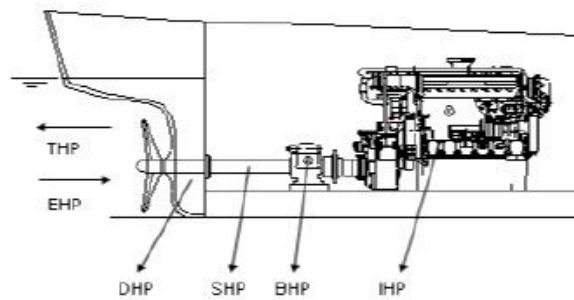
$$= 926,907 \text{ KW}$$

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

$$BHP_{mcr} = \frac{100}{85} \times 1243,003 \text{ HP}$$

$$= 1462,356 \text{ HP}$$

$$= 1090,479 \text{ KW}$$



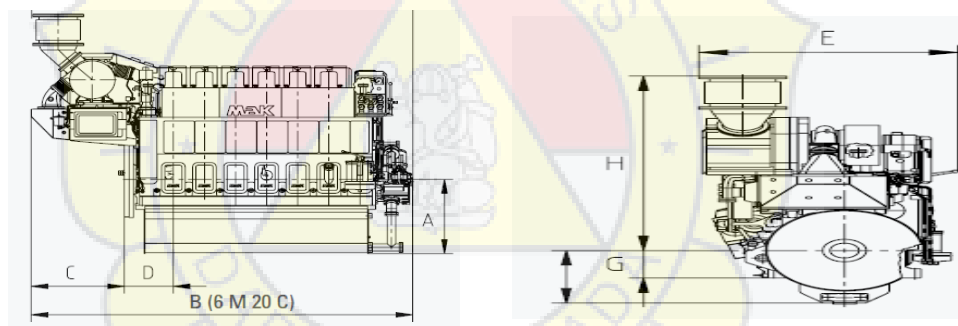
Sumber : Internet

Gambar 2.9. Tenaga Penggerak Kapal

2.2.7 Penentuan Mesin Utama dan Mesin Bantu Sementara

A. Mesin Utama

Dengan didapatkan besar daya mesin diatas maka perancang menggunakan daya yang sedikit lebih besar dari daya perhitungan diatas sebesar **1550 HP (1140 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

Spesifikasinya sebagai berikut :

- *Merk* : *Caterpillar*
- *Type* : *6 M 20 C*
- *Daya* : *1550 HP (1140 kW)*
- *Cylinders* : *6*
- *Stroke* : *300 mm*
- *Cylinder bore* : *200 mm*
- *Speed* : *1000 rpm*
- *SFOC* : *190 g/kWh*
- *P x L x T* : *5176 mm x 1727 mm x 2797 mm*

B. 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.

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

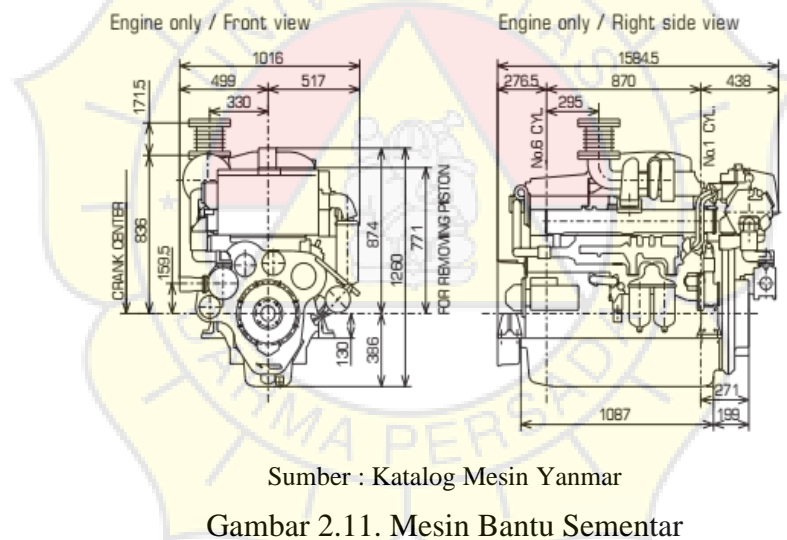
Dimana :

PAE = Daya mesin bantu kapal rancangan

BHP = Daya mesin utama kapal rancangan
= 1550HP

Maka :

PAE = 13 % x 1550
= 201,5 HP
= 150,258 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 HA2M-STE
- Daya : 204 KW
- Cylinders : 6
- Stroke : 165 mm
- Cylinder bore : 130 mm
- Speed : 1880 rpm

- *SFOC* : 186 g/KWh
- *P x L x T* : 1585 mm x 1036 mm x 1260 mm
- *Weight* : 1340 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 bersamaan dan 1 mesin berfungsi sebagai mesin cadangan.

2.3 ESTIMASI KAPASITAS RUANG MUAT

2.3.1 Luas Penampang Tengah Kapal

$$\begin{aligned}A_m &= B \times T \times C_m \\&= 15,2 \text{ m} \times 7,20 \text{ m} \times 0,992 \\&= 108,564 \text{ m}^2\end{aligned}$$

2.3.2 Jarak Gading

Berdasarkan peraturan kelas *NKK (Nippon Kaiji Kyokai) Part C Hull Construction and Equipment Chapter 7.2.1* Hal. 64

- *Transverse*

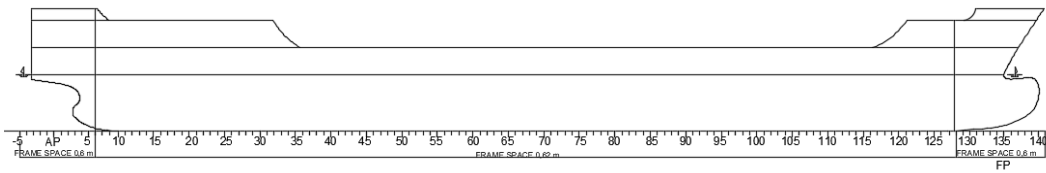
$$\begin{aligned}F_s &= 450 + 2L \text{ (mm)} \\&= 450 + 2 (83 \text{ m}) \\&= 616 \text{ mm} \approx 620 \text{ mm} \\&= 0,620 \text{ m}\end{aligned}$$

- *Longitudinal*

$$\begin{aligned}F_s &= 550 + 2L \text{ (mm)} \\&= 550 + 2 (83 \text{ m}) \\&= 716 \text{ mm} \approx 720 \text{ mm} \\&= 0,720 \text{ m}\end{aligned}$$

Maka ditetapkan :

- *Transverse* = 0,600 m (Pada Sekat Haluan, dan Sekat Buritan)
= 0,620 m (Pada Sekat Ruang Muat)
- *Longitudinal* = 0,720 m



Sumber : Gambar Pribadi

Gambar 2.12. Jarak Gading

2.3.3 *Double Bottom*

Tinggi *Double Bottom*

Berdasarkan peraturan kelas *NKK (Nippon Kaiji Kyokai) Part CSR-T Common Structural Rules For Double Hull Oil Tankers (Section 5 bagian 3.2.1 Hal. 96)*

$$h = B / 15 \text{ (m)}$$

$$= 15,2 / 15$$

$$= 1,013 \text{ m}$$

Maksimal tinggi *Double Bottom* = 2000 mm

Minimal tinggi *Double Bottom* = 760 mm

Maka ditetapkan tinggi *Double Bottom* adalah 1,000 m.

2.3.4 *Sekat Tubrukan (Collision Bulkhead)*

Berdasarkan Peraturan kelas *NKK (Nippon Kaiji Kyokai) Part C Hull Construction and Equipment (Chapter 7.2.1 Hal. 64)*

Maka untuk kapal rancangan ditentukan sekat tubrukan untuk $(0,05 \text{ } 0,08) \times L$ dari FP kapal.

$$(0,05 - 0,08) \times L$$

$$\text{Jarak Sekat Tubrukan (minimal)} = 0,05 \times L$$

$$= 0,05 \times 83$$

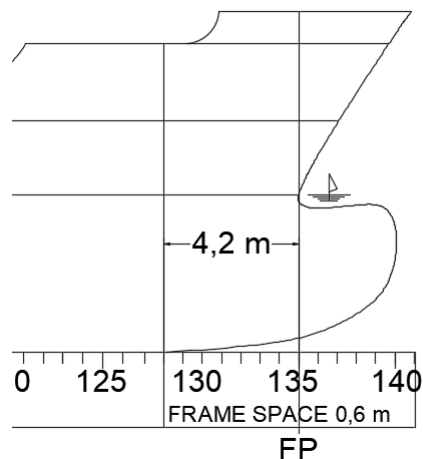
$$= 4,15 \text{ m}$$

$$\text{Jarak Sekat Tubrukan (maksimal)} = 0,08 \times L$$

$$= 0,08 \times 83$$

$$= 6,64 \text{ m}$$

Maka ditetapkan Sekat Tubrukan Kapal rancangan = 4,20 m dari Fp

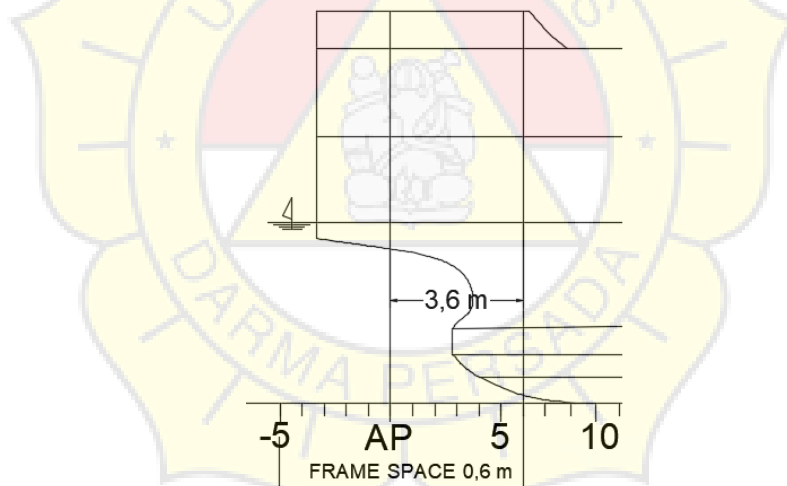


Sumber : Gambar Pribadi

Gambar 2.13. Sekot Tubrukan Kapal Rancangan

2.3.5 Jarak Sekat Buritan dari *AfterPeak*

Sekurang-kurangnya 3 kali jarak gading dari ujung dan *boss*. Diletakkan pada jarak 3,6 m dari AP, berada pada *frame 6*



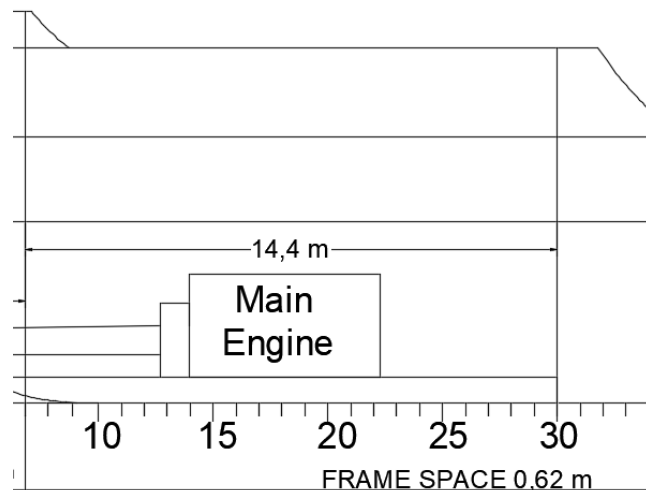
Sumber : Gambar Pribadi

Gambar 2.14. Sekat Buritan Kapal Rancangan

2.3.5 Panjang Ruang Mesin

$$\begin{aligned} L_{km} &= (17- 20\%) \times LPP \\ &= 17\% \times 83 \\ &= 14,11 \text{ m} \end{aligned}$$

Panjangnya disesuaikan kebutuhan dari ruang mesin. Jarak ruang mesin 14,4 m dari sekat buritan atau 18 m dari AP.



Sumber : Gambar Pribadi

Gambar 2.15. Sekat Ruang Mesin Kapal Rancangan

2.3.6 Panjang Ruang Muat

Dari pembagian sekat di atas, didapat panjang ruang muat sebesar, **60,7 m**.

2.4 ESTIMASI UKURAN *SUPERSTRUCTURE*

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

Tabel 2.1. *Standard Height (m) of superstructure*

L (m)	<i>Raised Quarterdeck</i>	<i>All Other Superstructure</i>
≤ 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) 83 m.

Raised Quarterdeck :

$$\begin{aligned}
 &= 1,2 + \left[\frac{83 - 75}{83 - 75} \right] \times (1,8 - 1,2) \\
 &= 1,8 \text{ m}
 \end{aligned}$$

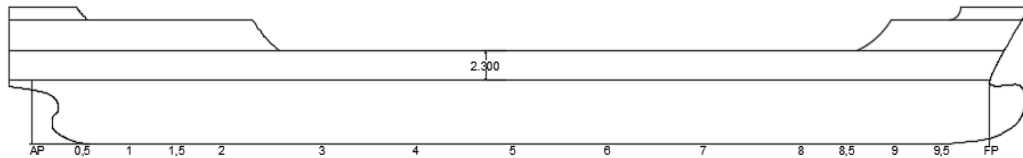
All other Superstructure

$$\begin{aligned}
 &= 1,8 + \left[\frac{83 - 75}{83 - 75} \right] \times (2,3 - 1,8) \\
 &= 2,9 \text{ m} = 24 \text{ m}
 \end{aligned}$$

2.5 PEMERIKSAAN *FREEBOARD* ATAU LAMBUNG TIMBUL

Perhitungan *Freeboard* atau Lambung Timbul

$$\begin{aligned} F_b &= H - T \\ &= 7,20 \text{ m} - 4,9 \\ &= 2,3 \text{ m} \end{aligned}$$



Sumber : Gambar Pribadi

Gambar 2.16. Lambung Timbul Kapal Rancangan

2.6 ESTIMASI BERAT KAPAL (LWT & DWT)

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

2.6.1 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

A. 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)

Maka :

$$W_{ST} = 0,032 \times 2215^{1,36}$$

$$= 1134,64 \text{ ton}$$

Dari perhitungan diatas ditetapkan harga **W_{ST} = 1134,64 Ton**

B. 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)
= 1140 KW

Maka :

$$W_{ME} = 0,72 \times (1140)^{0,7}$$
$$= 99,35 \text{ ton}$$

Dari perhitungan diatas ditetapkan **W_{ME} = 99,35 Ton.**

C. 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 = 83 m

B = Lebar kapal rancangan = 15,2 m

Maka :

$$W_{WO} = 0,28 \times 83 \times 15,2$$
$$= 353,25 \text{ ton}$$

Dari perhitungan diatas ditetapkan **W_{WO} = 353,25 Ton**

D. 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 :

$$\begin{aligned} W_{ST} &= \text{Berat baja kapal rancangan} \\ &= 1134,64 \text{ ton} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} W_{ME} &= \text{Berat permesinan kapal} \\ &= 99,35 \text{ ton} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} W_{WO} &= \text{Berat perkayuan dan } \textit{outfitting} \text{ kapal rancangan} \\ &= 353,25 \text{ ton} \end{aligned}$$

Maka :

$$\begin{aligned} \text{Margin} &= [1134,64 + 99,35 + 353,25] \times 2\% \\ &= 31,74 \text{ ton} \end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas ditetapkan harga **Margin LWT= 31,74 Ton**

TOTAL BERAT LIGHT WEIGHT (LWT) KAPAL :

1) Berat Baja Kapal (W_{ST})	= 1134,64 Ton
2) Berat Permesinan Kapal (W_{ME})	= 99,35 Ton
3) Berat Perkayuan & <i>Outfitting</i> (W_{WO})	= 353,25 Ton
4) Margin LWT	= 31,74 Ton
<hr/>	
Berat Kapal Kosong (LWT)	= 1618,98 Ton

Koreksi LWT

$$\begin{aligned} - \text{LWT}_1 &= \Delta - \text{DWT} \\ &= 4923,37 - 3300 \\ &= 1623,37 \text{ Ton} \end{aligned}$$

$$- \text{LWT}_2 = 1618,98 \text{ Ton}$$

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

$$\left| \frac{1623,37 - 1618,98}{1618,98} \right| \times 100\% = 0,27 \leq 0,5\% \text{ (memenuhi)}$$

2.6.2 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 :

$$Pb_{ME} = M/E \\ = 1140 \text{ Kw}$$

$$b_{ME} = \text{Koefisien pemakaian BBM} \\ = 190 \text{ g/kWh}$$

$$S = \text{Radius Pelayaran 385 mil laut}$$

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

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

Maka :

$$W_{FO} = [(1140 \times 190)] \times \frac{385}{11} \times 10^{-6} \times 1,5 \\ = 11,372 \text{ Ton}$$

Dari perhitungan diatas ditetapkan harga **$W_{FO} = 11,372 \text{ Ton}$** .

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

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

Dimana :

$$Pb_{AE} = AE \text{ (Mesin Bantu)} \\ = 204 \text{ Kw}$$

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

$$J = \text{Jumlah Mesin Bantu} \\ = 3 \text{ (2 mesin beroperasi bersamaan dan 1 mesin cadangan)}$$

$$S = \text{Radius Pelayaran 385 mil laut}$$

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

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

Maka :

$$W_{FB} = [(2 \times 204 \times 186)] \times \frac{385}{11} \times 10^{-6} \times 1,5 \\ = 3,652 \text{ Ton}$$

Dari perhitungan diatas ditetapkan harga **W_{FR} = 3,652 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 :

$$\begin{aligned} W_{LO} &= [1140 \times 1,5] \times \frac{385}{11} \times 10^{-6} \times (1,5) \\ &= 0,082 \text{ Ton} \end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas ditetapkan harga **W_{LO} = 0,082 Ton**

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

Dimana :

- Jumlah penumpang ABK Z = 21 Orang
- *Drinking Water* DW = 10-20kg/org/hari
- *Washing water + Bathing Room* WW BR = 70 kg/org/hari
- *Engine Cooler* EC = 2-5 kg/BHP/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 :

$$\begin{aligned} W_{DW+WW} &= ((DW + BR) \times Z) \times \frac{385}{11} \times \frac{1}{24} + \text{add} \\ &= ((15 + 70) \times 21) \times \frac{385}{11} \times \frac{1}{24} + 4\% \\ &= 2603,165 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} W_{EC} &= (EC \times (Pb_{ME})) \times \frac{385}{11} \times \frac{1}{24} + \text{add} \\ &= (2 \times (1140)) \times \frac{385}{11} \times \frac{1}{24} + 4\% \\ &= 3325,040 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} W_{FW} &= W_{DW+WW} + W_{EC} \\ &= 2603,165 \text{ kg} + 3325,040 \text{ kg} \\ &= 5928,205 \text{ kg} \end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas ditetapkan harga **W_{FW} = 5,928 Ton**

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

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

Dimana :

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

$$Z = 21 \text{ Orang}$$

Maka :

$$W_{PROV} = 5 \times 21 \times \frac{385}{11} \times \frac{1}{24}$$

$$= 140,365 \text{ kg}$$

$$= 0,140 \text{ Ton}$$

Dari perhitungan diatas ditetapkan harga **$W_{PROV} = 0,140 \text{ Ton}$**

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

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

Dimana :

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

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

$$Z = \text{Jumlah ABK} = 21 \text{ Orang}$$

Maka :

$$W_{P+1} = 21 \times (75 + 70)$$

$$= 3045 \text{ kg}$$

$$= 3,045 \text{ Ton}$$

Dari perhitungan di atas ditetapkan harga **$W_{P+1} = 3,045 \text{ Ton}$**

G. Berat Muatan (*Pay Load*)

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

Dimana :

$$W_{FO} = 11,372 \text{ Ton}$$

$$W_{FB} = 3,652 \text{ Ton}$$

$$W_{LO} = 0,082 \text{ Ton}$$

$$W_{FW} = 5,928 \text{ Ton}$$

$$W_{PROV} = 0,140 \text{ Ton}$$

$$W_{P+1} = 3,045 \text{ Ton}$$

Maka :

$$W_{PL} = 3300 - 24,219$$

$$= 3275,781 \text{ Ton}$$

Dari perhitungan diatas ditetapkan harga **W_{PL} = 3276,781 Ton**

TOTAL BERAT DEAD WEIGHT TONNAGE SHIP (DWT)

1) Berat Bahan Bakar W _{FO}	=	11,372	Ton
2) Berat Bahan Bakar W _{FB}	=	3,652	Ton
3) Berat Minyak Pelumas (W _{LO})	=	0,082	Ton
4) Berat Air Bersih dan Tawar (W _{FW})	=	5,928	Ton
5) Berat Makanan (W _{PROV})	=	0,140	Ton
6) Berat Awak Kapal dan Barang (W _{p+l})	=	3,045	Ton
7) Berat Muatan (W _{PL})	=	3275,781	Ton
<hr/>			+
TOTAL PERHITUNGAN DWT		= 3300	Ton

2.8 KOREKSI BERAT KAPAL

Displacement menurut Hukum Archimedes (Δ_1), yaitu :

$$\Delta_1 = LBP \times B \times T \times Cb \times \gamma$$

$$= 83 \times 15,20 \times 7,20 \times 0,777 \times 1,025$$

$$= 4923,371 \text{ Ton}$$

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

Dimana :

$$\Delta_2 = LWT + DWT$$

$$= 1618,98 \text{ Ton} + 3300 \text{ Ton}$$

$$= 4918,98 \text{ Ton}$$

Maka

$$\text{Koreksi} = \left| \frac{4923,371 - 4918,98}{4923,371} \right| \times 100\% \dots\dots\dots < 0,5 \%$$

$$= 0,089 \% \dots\dots\dots < 0,5 \text{ (memenuhi)}$$

2.7 ESTIMASI STABILITAS AWAL KAPAL

Stabilitas kapal adalah kesetimbangan kapal pada saat diapungkan, tidak miring ke kiri atau ke kanan, demikian pula pada saat berlayar, pada saat kapal diolengkan oleh ombak atau angin, kapal dapat tegak kembali.

Salah satu penyebab kecelakaan kapal di laut, baik yang terjadi di laut lepas maupun ketika di pelabuhan, adalah peranan dari para awak kapal yang tidak memperhatikan perhitungan stabilitas kapalnya, sehingga dapat mengganggu kesetimbangan secara umum yang akibatnya dapat menyebabkan kecelakaan fatal. Seperti kapal tidak dapat dikendalikan, kehilangan kesetimbangan dan bahkan tenggelam yang pada akhirnya dapat merugikan harta benda, kapal, nyawa manusia bahkan dirinya sendiri.

Sedemikian pentingnya pengetahuan menghitung stabilitas kapal untuk keselamatan pelayaran, maka setiap awak kapal yang bersangkutan bahkan calon awak kapal harus dibekali dengan seperangkat pengetahuan dan keterampilan dalam menjaga kondisi stabilitas kapalnya sehingga keselamatan dan kenyamanan pelayaran dapat dicapai.

2.7.1 Perhitungan Titik Tekan dan Titik Berat

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

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

$$\begin{aligned}\overline{KB} &= T \times \left(\frac{5 \times C_w - 2 \times C_b}{6 \times C_w} \right) \\ &= 4,9 \times \left(\frac{5 \times 0,846 - 2 \times 0,777}{6 \times 0,846} \right) \\ &= 2,58 \text{ m}\end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas ditetapkan $\overline{KB} = \underline{2,58 \text{ m}}$

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

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

$$\begin{aligned}\overline{KG} &= 0,6 \times H \\ &= 0,6 \times 7,2 \\ &= 4,32 \text{ m}\end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas ditetapkan $\overline{KG} = \underline{4,32 \text{ m}}$

2.7.2 Perhitungan Stabilitas Melintang

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

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

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

Maka :

$$\begin{aligned}\overline{BM} &= \frac{15,2^2}{4,9} \times \frac{0,846(0,846+0,04)}{12 \times 0,777} \\ &= 3,79 \text{ m}\end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas ditetapkan harga $\overline{BM} = 3,79 \text{ m}$

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

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

$$= 2,58 + 3,79$$

$$= 6,37 \text{ m}$$

Dari perhitungan ditetapkan $\overline{KM} = 6,37 \text{ m}$

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

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

$$= 12,266 - 7,38$$

$$= 4,88 \text{ m}$$

Dari perhitungan diatas ditetapkan $\overline{GM} = 4,88 \text{ m}$

2.7.3 Perhitungan Waktu Oleng Kapal (*Rolling Period*)

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

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

Dimana :

T_R = Periode oleng kapal rancangan

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

$$B = 15,2 \text{ m}$$

$$T = 4,9 \text{ m}$$

$$LPP = 83 \text{ m}$$

$$= 0,373 + \left(0,023 \times \frac{15,2}{4,9}\right) - \left(0,043 \times \frac{83}{100}\right)$$

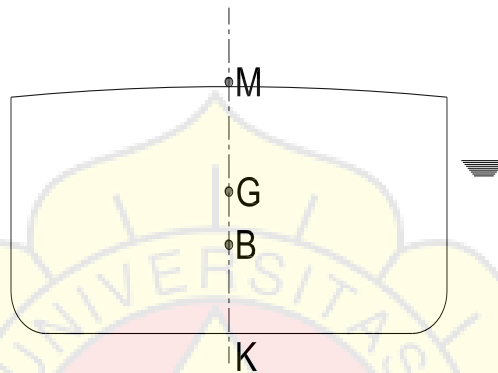
$$= 0,409$$

Maka :

$$= \frac{2 \times 0,408 \times 15,2}{\sqrt{4,88}}$$

$$= 8,65 \text{ detik} \dots\dots (\text{Memenuhi})$$

Dari buku *Applied Naval Architecture* karangan W.J Lovett, bahwa periode oleng kapal itu antara 4 detik sampai dengan 12 detik, dimana periode oleng kapal rancangan ini adalah 8,65 detik.



Sumber : Gambar Pribadi

Gambar 2.17. Titik Stabilitas Kapal

2.7.4 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 :

$$\text{Sh} = 50 \times \left(\frac{\text{LPP}}{3} + 10 \right)$$

$$= 50 \times \left(\frac{83}{3} + 10 \right)$$

$$= 1883,33 \text{ mm}$$

$$= 1,883 \text{ m}$$

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

$$= 25 \times \left(\frac{83}{3} + 10 \right)$$

$$= 941,667 \text{ mm}$$

$$= 0,942 \text{ m}$$

Maka :

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

$$H_{id} = 7,2 + \frac{1,883+0,942}{6}$$

$$= 7,671 \text{ m}$$

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

Dimana :

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

$$= \frac{(2 \times 0,846 + 1)^3}{323}$$

$$= 0,060$$

Maka :

$$\text{MTF} = \frac{0,060}{0,777} \times \frac{15,2^2}{4,9}$$

$$= 3,665$$

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

$$\triangleright \frac{T}{B} = \frac{7,2}{15,2}$$

$$= 0,322$$

$$\triangleright \overline{MF} = \overline{BM}$$

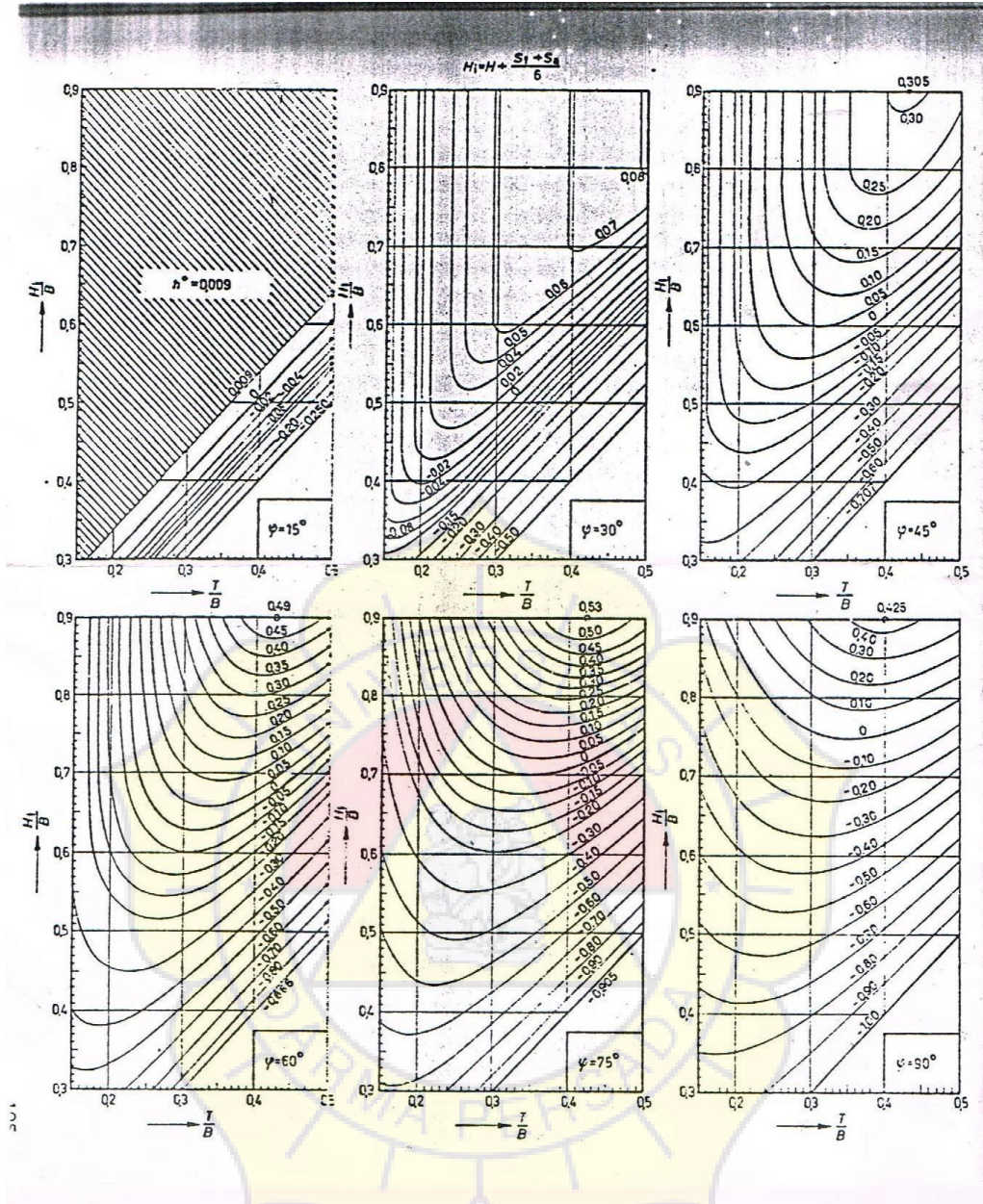
$$= 3,790 \text{ m}$$

$$\triangleright \frac{H_{id}}{B} = \frac{7,671}{15,2}$$

$$= 0,51$$

$$\triangleright \overline{GM} = 2,05 \text{ m}$$

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



Sumber : Buku *Bouyancy And Stability Of Ship*

Gambar 2.18. Grafik *Prohaska*

2.7.5 Perhitungan Kurva Lengan Stabilitas Awal

Tabel 2.2. 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^*f	0,000	0,009	0,012	-0,11	-0,27	-0,43	-0,58
3. $h^*f \times MF$	0,000	0,034	0,045	-0,417	-1,023	-1,630	-2,198
4. $GM \times \sin \phi$	0,000	0,532	1,027	1,452	1,778	1,982	2,054
5. $GZ = (3) + (4)$	0,000	0,566	1,072	1,035	0,755	0,352	-0,145

Sumber : Perhitungan Pribadi

2.7.6 Pengecekan Kurva Stabilitas Awal

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

- a. $GM > 0,15$

Dimana :

$$GM = 2,054 \text{ m} > 0,15 \text{ m} \dots\dots\dots \text{memenuhi}$$

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

Dimana :

$$GZ \text{ kapal rancangan pada titik } 30^\circ = 1,072 \text{ m} \dots\dots\dots \text{memenuhi}$$

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

Pengecekan Kurva Stabilitas Awal GZ-30°

Tabel 2.3. Tinggi kurva GZ 0° - 30°

No	Φ	GZ (m)	FS	GZ*FS (m)
1	0°	0,000	1	0,000
2	5°	0,179	4	0,716
3	10°	0,365	2	0,730
4	15°	0,566	4	2,264
5	20°	0,779	2	1,558
6	25°	0,961	4	3,844
7	30°	1,072	1	1,072
				10,184

Sumber : Perhitungan Pribadi

Dimana :

$$\Delta GZ - 30^\circ = \frac{\left(\frac{1}{3}\right) \times 5^\circ \times \sum 1}{57,3^\circ} = \frac{\left(\frac{1}{3}\right) \times 5^\circ \times 10,184}{57,3^\circ} = 0,296$$

Maka :

$$\Delta GZ - 30^\circ = 0,296 \text{ m-rad} > 0,055 \text{ m-rad} \dots\dots\dots \text{memenuhi}$$

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

Tabel 2.4. Tinggi kurva GZ 30° - 40°

No	Φ	GZ (m)	FS	GZ*FS (m)
1	30°	1,072	1	1,072
2	35°	1,105	4	4,420
3	40°	1,087	2	2,174
				7,666

Sumber : Perhitungan Pribadi

$$\text{Dimana : } \Delta GZ - 40^\circ = \frac{\left(\frac{1}{3}\right) \times 5^\circ \times \Sigma 2}{57,3^\circ} + \Delta GZ - 30^\circ = \frac{\left(\frac{1}{3}\right) \times 5^\circ \times 7,666}{57,3^\circ} + 0,296$$

$$= 0,519$$

Maka : $\Delta GZ - 40^\circ = 0,519 \text{ m-rad} > 0,09 \text{ m-rad}$ memenuhi

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

Dimana :

$$\Delta GZ-40^\circ = 0,519 \text{ m - rad}$$

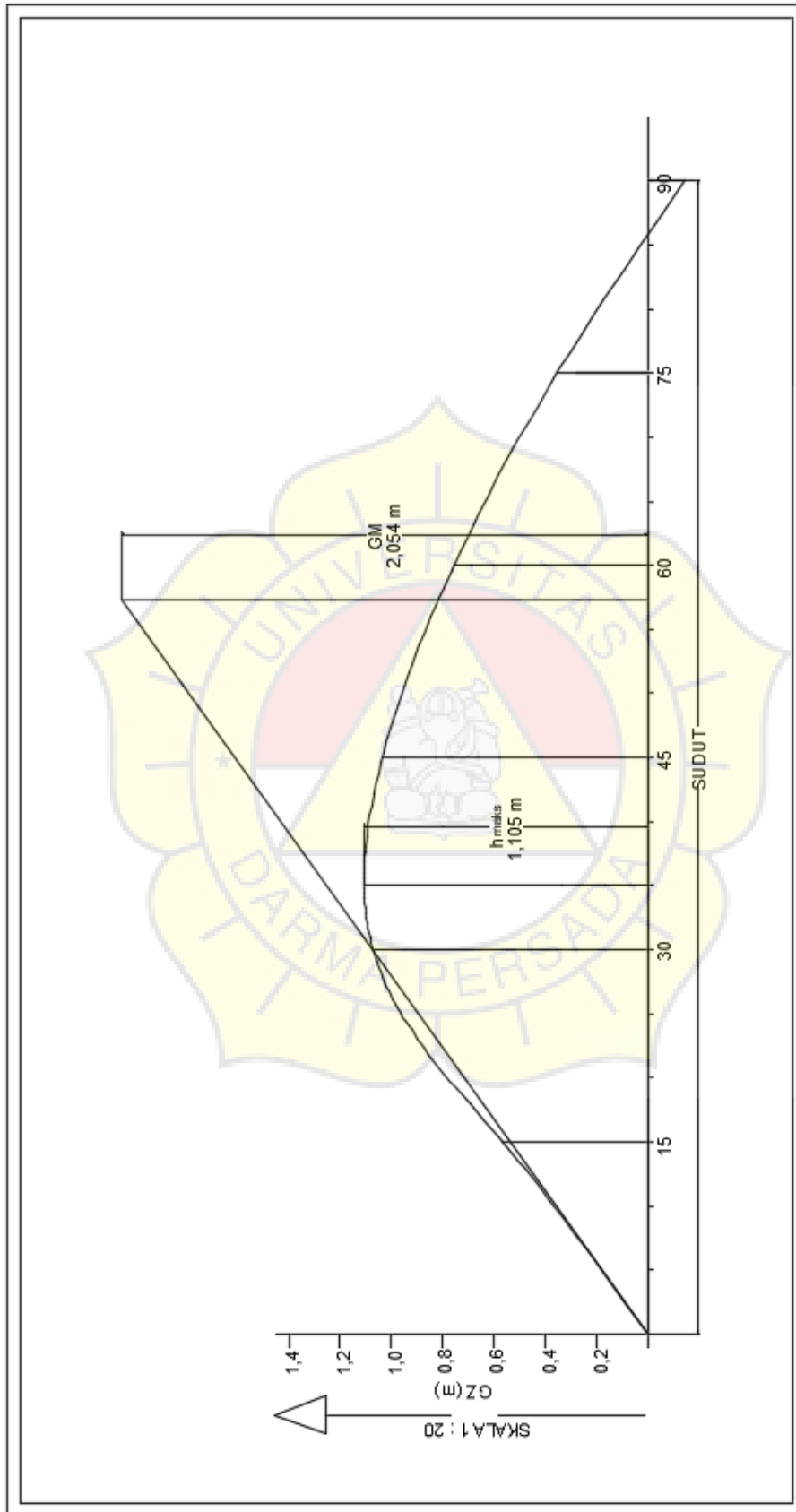
$$\Delta GZ-30^\circ = 0,296 \text{ m - rad}$$

Maka :

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

$$= (0,519) - (0,296)$$

$$= 0,473 > 0,03 \text{ m-rad}$$
 memenuhi



Sumber : Gambar Pribadi
Gambar 2.19. Kurva Stabilitas Awal

2.7.7 Pemeriksaan Momen Pengganggu Stabilitas

Pemeriksaan momen pengganggu stabilitas kapal dari kapal yang akan direncanakan 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 :

- a. Momen Cikar (M_c)
- b. Momen Angin (M_w)
- c. Momen Pengganggu (M_p)
- d. Momen Stabilitas (M_s)

a. 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
= $104 \text{ Kg/sec}^2/\text{m}^4$

∇ = Volume *displacement* kapal rancangan
= $4803,289 \text{ m}^3$

V_s = Kecepatan kapal rancangan
= 11 knot
= $5,658 \text{ m/s}$

KG = *Center Of Gravity* diatas *baseline*
= $4,32 \text{ m}$

T = *Draft* kapal rancangan
= $4,9 \text{ m}$

LPP = panjang kapal rancangan
= 83 m

Maka :

$$Mc = 0,233 \times \frac{104,5 \times 4803,289 \times (0,8 \times 5,658)^2}{83} \times 1,87$$
$$= 52,723 \text{ ton meter}$$

Dari perhitungan diatas didapat nilai **Mc = 52,723 ton meter**

b. Momen Angin (Mw)

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

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

Dimana :

Mw = Momen angin kapal rancangan

ξ = Faktor kekuatan angin 1,2 ~ 1,3

= 1,3

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

Vw = Kecepatan angin

= 15 m/s

A = Luas bidang tangkap angin

= 580,302 m²

a = Jarak titik tangkap angin diatas lambung kapal

= 0,5 x T

= 0,5 x 4,9

= 2,45 m

Maka :

$$Mw = 1,3 \times 0,5 \times 1,3 \times 10^{-4} \times 15^2 \times 580,302 \times 2,45$$

= 27,031 ton meter

Dari perhitungan diatas ditetapkan **Mw =27,031 ton meter**

c. Momen Pengganggu (Mp)

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

$$M_p = M_c + M_w$$

Dimana :

M_p = Momen pengganggu kapal rancangan

M_c = Momen cakar kapal rancangan

$$= 52,723 \text{ ton}$$

M_w = Momen angin kapal rancangan

$$= 27,031 \text{ ton meter}$$

$$\text{Maka : } M_p = 52,723 + 27,031$$

$$= 79,754 \text{ ton meter}$$

Dari perhitungan diatas diketahui nilai **$M_p = 79,754 \text{ ton meter}$**

d. Momen Stabilitas (Ms)

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

$$M_s = h \text{ maks} \times \nabla$$

Dimana:

M_s = momen stabilitas kapal rancangan

$h \text{ maks}$ = h tertinggi pada kurva stabilitas awal

$$= 1,105 \text{ m}$$

Δ = *Displacement* kapal rancangan

$$= 4923,371 \text{ ton}$$

Maka :

$$M_s = 1,105 \text{ m} \times 4923,371 \text{ ton}$$

$$= \mathbf{5440,324 \text{ ton meter.}}$$

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

