

BAB II

RENCANA AWAL

Dalam penyusunan tugas desain kapal ini, rencana awal merupakan estimasi perhitungan yang diperlukan untuk perhitungan rencana utama. Perhitungan ini terdiri dari beberapa perhitungan dengan ketentuan koreksi perhitungannya sebagai batas ketentuan minimum perhitungan tersebut. Adapun perhitungan-perhitungan dalam rencana awal tersebut antara lain :

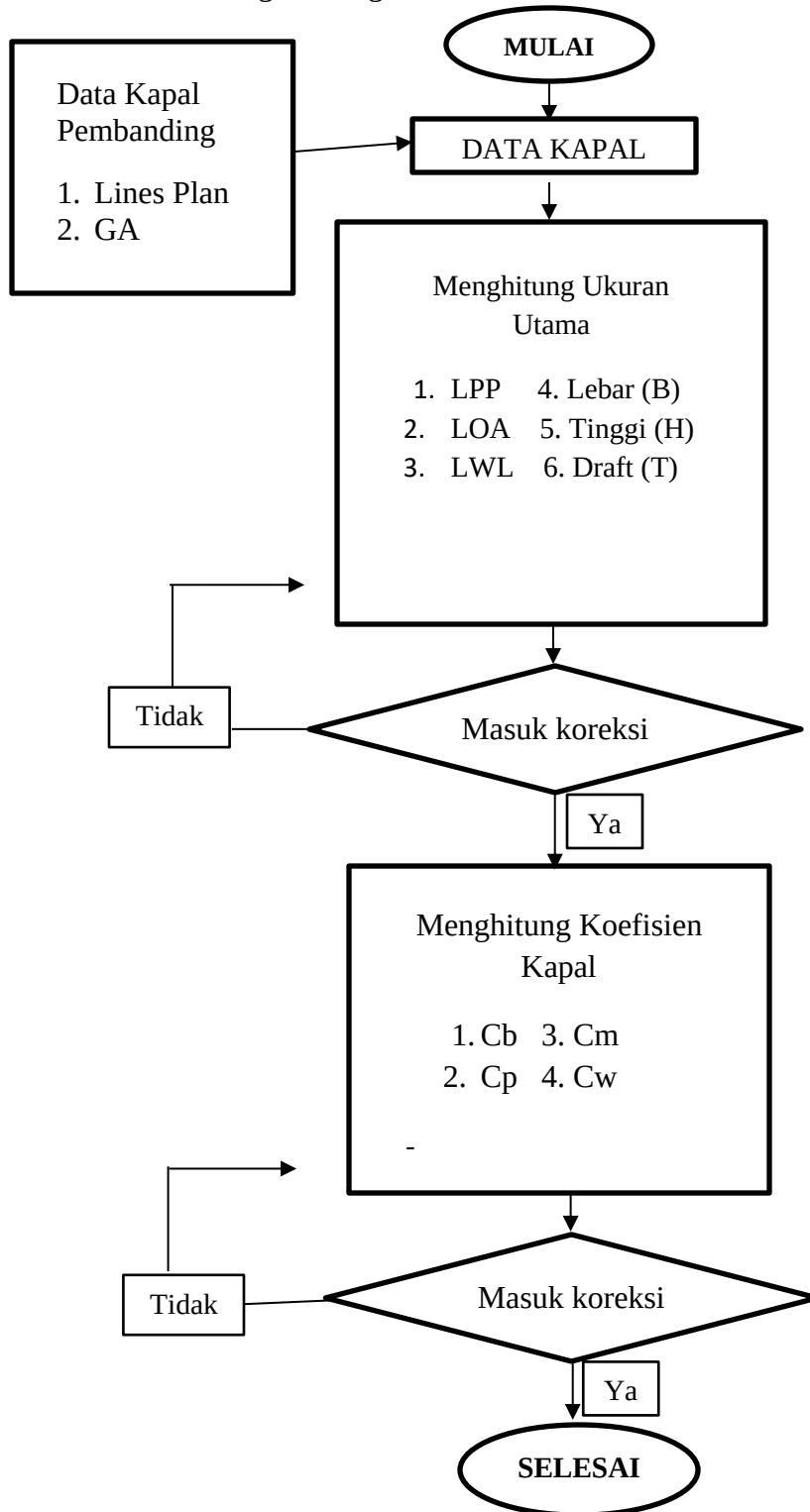
1. Estimasi Ukuran Utama, Koefisien Kapal dan Perkiraan Displasemen Kapal
2. Estimasi Tenaga Penggerak Kapal
3. Estimasi Kapasitas Ruang Muat
4. Estimasi Ukuran *Superstructure*
5. Pemeriksaan *Freeboard* atau Lambung Timbul
6. Sketsa Rencana Umum
7. Perkiraan Berat Kapal (*Dead Weight Ton* dan *Light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

2.1 ESTIMASI UKURAN UTAMA, KOEFISIEN DAN PERKIRAAN DISPLASEMEN KAPAL

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

- A. Menentukan *Length Between Perpendicular (LPP)*.
- B. Menentukan *Length Over All (LOA)*.
- C. Menentukan *Length Water Line (LWL)*.
- D. Menentukan *Breadth (B)*.
- E. Menentukan *Draft (T)*.
- F. Menentukan *Height (H)*.
- G. Menentukan *Freeboard (f)*.

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



Sumber : Data Pribadi

Gambar 2.1. *Flow Chart* Ukuran Utama Kapal

2.1.1 Estimasi Ukuran Utama Kapal

1. Estimasi Panjang Kapal

Untuk mendapatkan panjang kapal digunakan *comparison ship method*:

- Estimasi Panjang Antara Garis Tegak (LPP)

Untuk mendapatkan panjang kapal di gunakan *Comparison Ship method*

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

Dimana : DWT_1 = Kapal Pembanding = 76000 ton

DWT_2 = Kapal Rancangan = 72000 ton

LPP_1 = Kapal Pembanding = 217,00 m

$$\begin{aligned} LPP &= \sqrt[3]{\frac{72000}{76000}} \times 217,00 \\ &= 213,12 \text{ m} \end{aligned}$$

Dari perhitungan tersebut di tetapkan harga **LPP = 213,1 m**

- Estimasi Panjang Keseluruhan Kapal (LOA)

Dari kapal pembanding, diperoleh :

$$\begin{aligned} C &= \frac{LOA}{LPP} \\ &= \frac{225,00}{217,00} \\ &= 1,036 \end{aligned}$$

Untuk kapal rancangan :

$$\begin{aligned} LOA &= C \times LPP \\ &= 1,036 \times 213,1 \text{ m} \\ &= 220,77 \text{ m} \end{aligned}$$

Dari perhitungan di atas ditetapkan harga **LOA = 221,70 m**

- Estimasi Panjang Garis Air (LWL)

Untuk mendapatkan panjang kapal di gunakan *Comparison Ship method*

$$LWL = \sqrt[3]{\frac{DWT_2}{DWT_1}} \times LWL_1$$

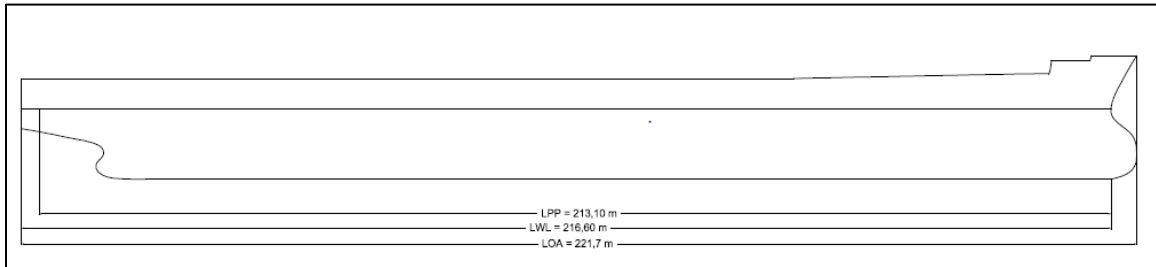
Dimana : DWT_1 = Kapal Pembanding = 76000 ton

DWT_2 = Kapal Rancangan = 72000 ton

$$LWL_1 = \text{Kapal Pembanding} = 220,50 \text{ m}$$

$$LWL = \sqrt[3]{\frac{72000}{76000}} \times 220,50$$
$$= 216,56 \text{ m}$$

Dari perhitungan di atas ditetapkan harga **LWL = 216,6 m**



Sumber : Gambar Pribadi

Gambar 2.2. LOA, LWL, LPP Kapal Rancangan

2. Estimasi Lebar Kapal

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

$$L/B = \frac{217,00}{32,26}$$
$$= 6,726$$

Untuk kapal rancangan :

$$B = \frac{LPP}{aspectratio}$$
$$= \frac{213,1}{6,726}$$
$$= 31,683 \text{ m}$$

Dari perhitungan di atas di tetapkan harga **B = 31,70 m**

3. Estimasi Tinggi Kapal

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

$$L/H = \frac{217,00}{19,60}$$
$$= 11,071$$

Untuk kapal rancangan :

$$H = \frac{LPP}{aspectratio}$$

$$\begin{aligned} &= \frac{213,1}{11,071} \\ &= 19,25 \text{ m} \end{aligned}$$

Dari perhitungan di atas di tetapkan harga **H = 19,30 m**

4. Estimasi Sarat Kapal

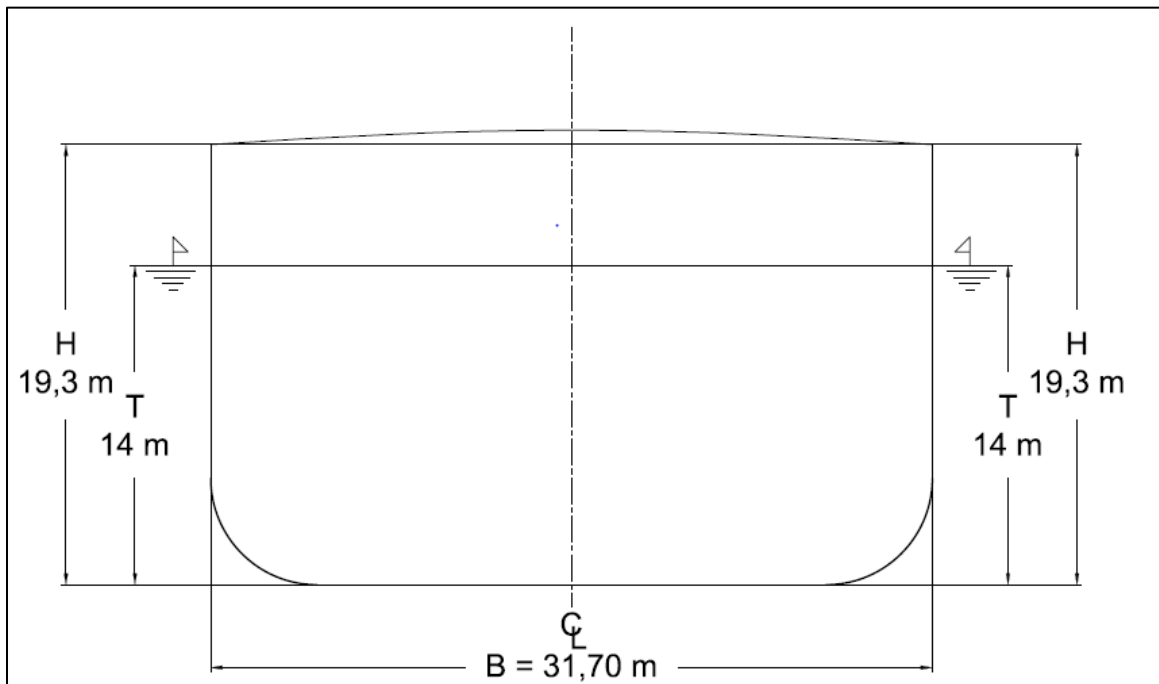
Menurut kapal pemanding, *nilai aspect ratio*(B/T)

$$\begin{aligned} B/T &= \frac{32,26}{14,2} \\ &= 2,27 \end{aligned}$$

Untuk kapal rancangan:

$$\begin{aligned} T &= \frac{B}{\text{aspectratio}} \\ &= \frac{31,70}{2,27} \\ &= 13,96 \text{ m} \end{aligned}$$

Dari perhitungan di atas di tetapkan harga **T = 14 m**



Sumber : Gambar Pribadi

Gambar 2.3. B, H, T Kapal Rancangan

Koreksi perbandingan ukuran utama kapal adalah sebagai berikut:

1. $\frac{LPP}{B} = \frac{213,1}{31,7} = 6,72$ Menurut Watson di *Parametric Design for Architecture Book for container ships, and bulk carriers* $\approx 6,25$(memenuhi).

2. $\frac{B}{T} = \frac{31,7}{14} = 2,26$ Menurut Watson di *Parametric Design for Architecture Book for container ships, and bulk carriers* (2,25 - 3,75).....(memenuhi).

3. $\frac{T}{H} = \frac{14}{19,3} = 0,72$ Menurut Watson di *Practical Ship Design 1998 bulk carriers* $\approx 0,73$(memenuhi).

4. 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*).

$$\frac{213,10}{16} = 13,32$$

Nilai $H \geq 13,32$.

Dimana nilai kapal rancangan $H \geq 13,32$(memenuhi).

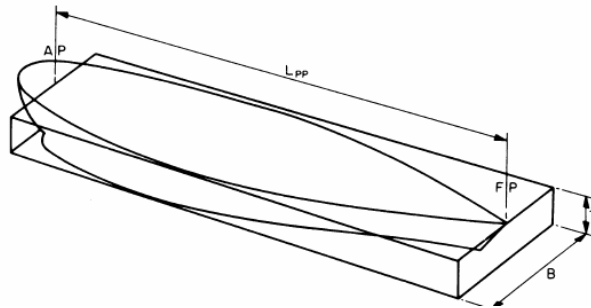
5. $\frac{B}{H} = \frac{31,7}{19,3} = 1,64$ Menurut Watson di *Parametric Design for Architecture Book for container ships, and bulk carriers* $\approx 1,88$(memenuhi).

2.1.2 Estimasi Koefisien Bentuk Kapal

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

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

- a. *Coefficient Blok (Cb)*



Sumber : Buku Teknik Konstruksi Kapal Baja Jilid I

Gambar 2.4. Koefisien Blok

Berdasarkan kapal pembanding $C_b = 0,867$, maka untuk mendapatkan C_b kapal rancangan dihitung dengan perbandingan

Untuk mendapatkan panjang kapal di gunakan *Comparison Ship Method*

$$C_b = \sqrt[3]{\frac{DWT_2}{DWT_1}} \times C_{b1}$$

Dimana : DWT_1 = Kapal Pembanding = 76000 ton

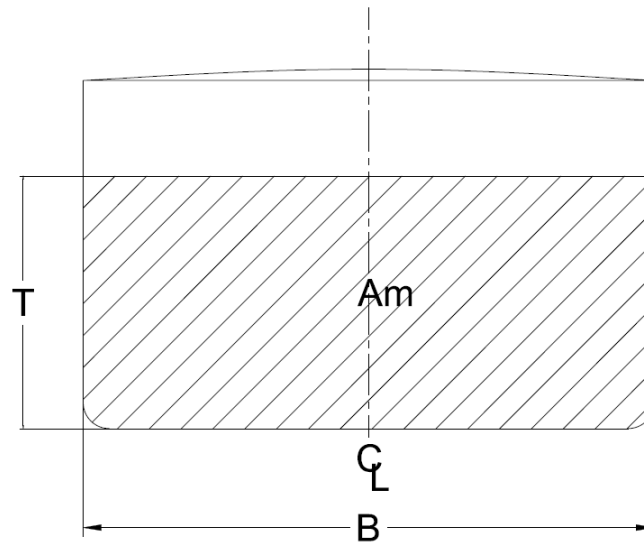
DWT_2 = Kapal Rancangan = 72000 ton

C_{b1} = Kapal Pembanding = 0,798

$$\begin{aligned} C_b &= \sqrt[3]{\frac{72000}{76000}} \times 0,798 \\ &= 0,784 \end{aligned}$$

Dari perhitungan tersebut di tetapkan harga **$C_b = 0,784$**

b. *Coefficient Midship (Cm)*



Sumber : Gambar Pribadi

Gambar 2.5. Koefisien Luasan Penampang Tengah

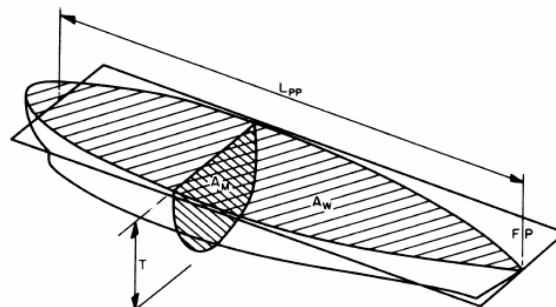
Berdasarkan kapal pemandang, $C_m = 0,997$. Maka untuk mendapatkan C_m kapal rancangan dihitung dengan menggunakan rumus dari Acc. Sabit Series 60 (“*Ship Design and Ship Theory*” hal. 52)

$$\begin{aligned} C_m &= 0,93 + 0,08 \times C_b \\ &= 0,93 + 0,08 \times 0,784 \\ &= 0,993 \end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas ditetapkan harga **$C_m = 0,993$**

c. *Coefficient Prismatic (Cp)*

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



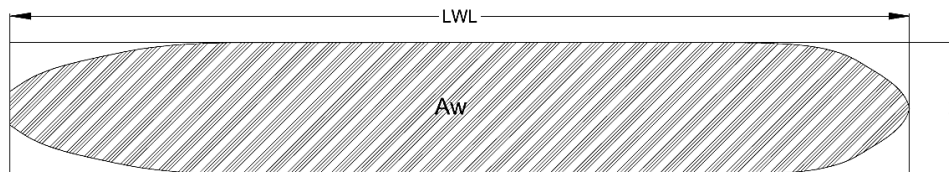
Sumber : Buku Teknik Konstruksi Kapal Baja Jilid I

Gambar 2.6. Koefisien Prismatic

$$\begin{aligned} C_p &= \frac{C_b}{C_m} \\ &= \frac{0,784}{0,993} \\ &= 0,789 \end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas ditetapkan harga **C_p = 0,789**

d. *Coefficient Waterline (C_w)*



Sumber : Gambar Pribadi

Gambar 2.7. Koefisien Garis Air

Berdasarkan kapal pembanding, $C_w = 0,910$. Maka untuk mendapatkan C_b kapal rancangan dihitung dengan menggunakan perbandingan *Comparison Ship*

$$C_w = \sqrt[3]{\frac{DWT_2}{DWT_1}} \times C_{w1}$$

Dimana : DWT_1 = Kapal Pembanding = 76000 ton

DWT_2 = Kapal Rancangan = 72000 ton

C_{w1} = Kapal Pembanding = 0,910

$$\begin{aligned} C_w &= \sqrt[3]{\frac{72000}{76000}} \times 0,910 \\ &= 0,894 \end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas ditetapkan harga **C_w = 0,894**

2.1.3 *Displacement Kapal dan Volume Displacement Kapal*

1. *Displacement Kapal*

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

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

Dimana : Δ = *Displacement* kapal rancangan
LWL = Panjang antara garis air
= 216,6 m
B = Lebar kapal rancangan
= 31,7 m
T = Sarat air kapal rancangan
= 14 m
Cb = *Coefficient block* kapal rancangan
= 0,784
 γ = *Coefficient* air laut
= 1,025 ton/m³

Maka :

$$\Delta = 216,6 \times 31,70 \times 14 \times 0,784 \times 1,025$$
$$= 77247,721 \text{ Ton}$$

Dari perhitungan diatas ditetapkan harga $\Delta = 77247,721 \text{ Ton}$

2. Volume *Displacement* Kapal

Untuk menentukan volume *displacement* (∇) pada kapal rancangan digunakan rumus yang terdapat dalam buku *Principles Of Naval Architecture Volume 1* oleh SNAME pada halaman 18, yaitu :

$$\nabla = C_b \times LWL \times B \times T$$
$$= 0,784 \times 216,6 \times 31,70 \times 14$$
$$= 75363,630 \text{ m}^3$$

Dari perhitungan diatas ditetapkan $\nabla = 75363,630 \text{ m}^3$

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

$$\begin{aligned} &= 31,7 \text{ m} \\ C_m &= \text{Coefficient midship kapal rancangan} \\ &= 0,993 \text{ m} \\ T &= \text{Sarat kapal rancangan} \\ &= 14 \text{ m} \end{aligned}$$

Maka :

$$\begin{aligned} R &= \sqrt{\frac{31,7 \times 14 (1 - 0,993)}{0,4292}} \\ &= 1,934 \text{ m} \end{aligned}$$

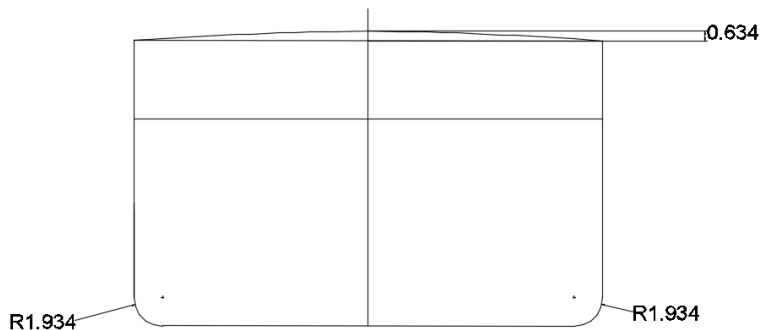
Dari perhitungan diatas ditetapkan harga **R = 1,934 m**

B. Menentukan *Camber*

Untuk menentukan *camber* digunakan rumus :

$$\text{Camber} = \frac{B}{50} = \frac{31,70}{50} = 0,634 \text{ m}$$

Dari perhitungan diatas ditetapkan harga **Camber = 0,634 m**



Sumber : Gambar Pribadi

Gambar 2.8. *Camber* dan Radius Bilga

2.2 ESTIMASI TENAGA PENGGERAK

Perhitungan estimasi tenaga penggerak kapal rancangan ini menggunakan rumus *W. Froude* yang terdapat dalam buku *Resistance and Propulsion of ship, Harvald*

a. Perkiraan Hambatan Gesek

Menurut *W. Froude* (*Resistance and Propulsion of Ship, Harvald, 1992.Pg.52*).

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

$$\begin{aligned}\text{Dimana : } f &= 0,00871 + \frac{0,053}{(LPP+8,8)} \\ &= 0,00871 + \frac{0,053}{[(213,1 \times 3,28)+8,8]} \\ &= 0,00878\end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned}S &= Lwl \times (1,7 \times T + Cb \times B) \\ &= 216,6 \times (1,7 \times 14 + 0,784 \times 31,7) \\ &= 10538,196 \text{ m}^2 \\ &= 113432,198 \text{ ft}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Maka : } R_f &= 0,00878 \times 113432,198 \times 14,5^{1,825} \\ &= 131137,671 \text{ lbs} \\ &= 59483,047 \text{ kg}\end{aligned}$$

b. Perkiraan Hambatan Sisa (Rr)

$$\begin{aligned}R_r &= 12,5 \times Cb \times \Delta \times \frac{Vs^4}{LPP^2} \\ &= 12,5 \times 0,784 \times 77247,721 \times \frac{14,5^4}{(213,1 \times 3,28)^2} \\ &= 68496,625 \text{ lbs} \\ &= 31069,546 \text{ kg}\end{aligned}$$

c. Perkiraan Hambatan Total (Rt)

$$\begin{aligned}R_t &= R_f + R_r \\ &= 59483,047 \text{ kg} + 31069,546 \text{ kg} \\ &= 90552,593 \text{ kg}\end{aligned}$$

d. Penentuan Besar Tenaga Penggerak (EHP)

$$\begin{aligned}\text{EHP} &= \frac{R_t \times Vs}{75} \\ &= \frac{90552,593 \times 14,5 \times 0,5144}{75} \\ &= 9005,515 \text{ HP}\end{aligned}$$

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

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

Dimana: PC diperkirakan 0,7

$$= \frac{9005,515}{0,7}$$

$$= 12865,021 \text{ HP}$$

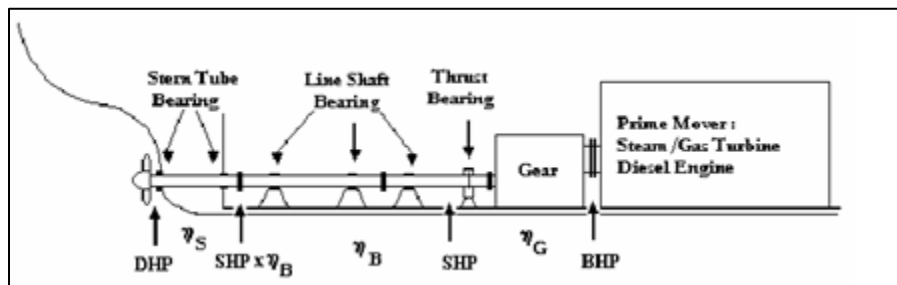
f. Penentuan Besar Tenaga Penggerak (BHP)

Sea Margin berkisar antara 15%~20%

$$\begin{aligned} \text{BHP} &= (15\% \times \text{SHP}) + \text{SHP} \\ &= (15\% \times 12865,021) + 12865,021 \\ &= 14794,774 \text{ HP} \\ &= 11032,463 \text{ KW} \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} \text{BHP}_{\text{mcr}} &= \frac{100}{85} \times 14794,774 \text{ HP} \\ &= 17405,616 \text{ HP} \\ &= 14111,044 \text{ KW} \end{aligned}$$



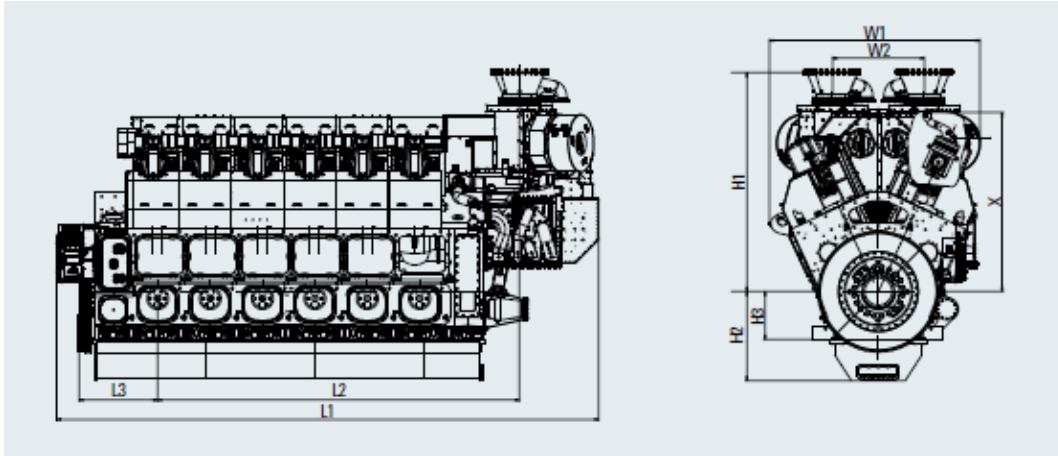
Sumber : Google

Gambar 2.9. Tenaga Penggerak Kapal

2.2.1 Penentuan Mesin Utama dan Mesin Bantu Sementara

1. Mesin Utama

Dengan didapatkan besar daya mesin diatas maka perancang menggunakan daya yang sedikit lebih besar dari daya perhitungan diatas sebesar **17405,616 HP (14111,044 KW)**. Dengan daya mesin yang telah didapatkan, maka perancang mencari spesifikasi tersebut dikatalog yang ada.



Sumber : Katalog Mesin MaK

Gambar 2.10. Mesin Utama Sementara

- *Merk* : MaK
- *Type* : 16 M 46 DF
- *Daya* : 14400 KW
- *Cylinders* : 16
- *Stroke* : 610 mm
- *Cylinder bore* : 460 mm
- *Speed* : 514 rpm
- *SFOC* : 186 g/KWh
- *P x L x T* : 11850 mm x 3997 mm x 3975 mm

2. Mesin Bantu

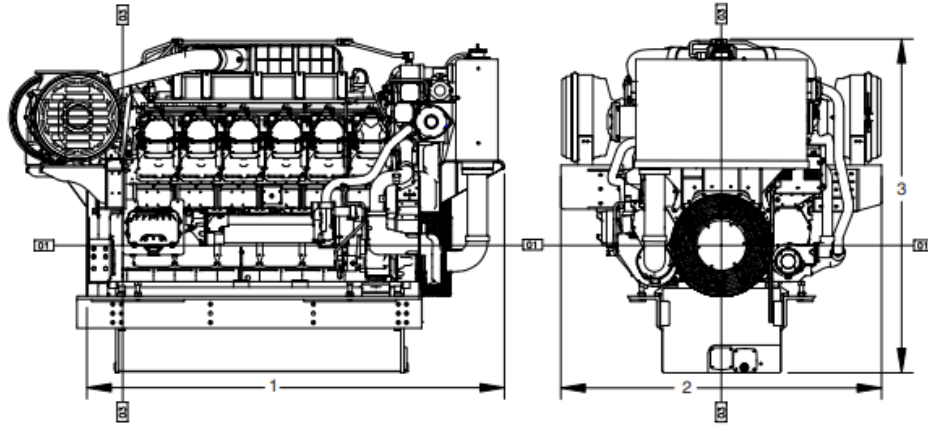
Untuk membantu pengoperasian pada kapal selama kapal tersebut berlayar, seperti menghidupkan mesin-mesin geladak, pompa-pompa hidrolik, lampu-lampu, *Air Condition*, navigasi dan lain sebagainya diperlukannya listrik.

$$\begin{aligned} \text{PAE} &= \text{Mesin bantu pembanding} / \text{Mesin utama pembanding} \times 100 = 16,5 \% \\ &= 1680 \text{ KW} / 10200 \text{ KW} \times 100 = 16,5\% \end{aligned}$$

Dimana : PAE = Daya mesin bantu kapal rancangan

BHP = Daya mesin utama kapal rancangan = 14400 KW

Maka : PAE = 16,5 % x 14400 = 2376 KW



Sumber : Katalog Mesin Caterpillar

Gambar 2.11. Mesin Bantu Sementara

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

- *Merk* : Caterpillar
- *Type* : C32
- *Daya* : 874 KW (1172 HP)
- *Cylinders* : 6
- *Stroke* : 162 mm
- *Cylinder bore* : 145 mm
- *Speed* : 1500 rpm
- *SFOC* : 214,2 g/KWh
- *P x L x T* : 2073 mm x 1496 mm x 1522 mm

2.3 ESTIMASI KAPASITAS RUANG MUAT

1. Luas Penampang Tengah Kapal

$$\begin{aligned} A_m &= B \times T \times C_m \\ &= 31,7 \text{ m} \times 14 \text{ m} \times 0,993 \\ &= 440,693 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

2. Jarak Gading Normal (a_0)

Berdasarkan peraturan kelas LR (Lloyd Register) *Rules and Regulation for the Classification of Ship* July 2017 Ch 6 Sec 3 3 & Ch 5 Sec 3 3. untuk

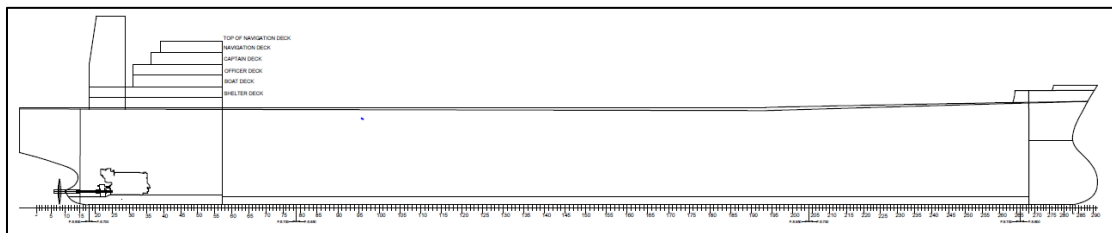
perhitungan *frame space* pada klas LR (Lloyd register) *Rules and Regulations for the Classification of ships 2017*.

a. *Transverse*

- $F_s = 470 + \frac{L}{0,6}$ or 600 mm (Didepan 0,05L dari FP, Dibelakang 0,05L dari AP)
- $F_s = 470 + \frac{L}{0,6}$ or 700 mm (Didepan 0,05L dan 0,2L dari FP, Dibelakang 0,05L dan 0,2L dari AP)
- $F_s = 510 + \frac{L}{0,6}$ or 850 mm (Selain Didepan 0,05L dan 0,2 L dari FP, Dibelakang 0,05L dan 0,2L dari AP)
- F_s Kapal Pembanding = 750 mm (0,04L dari AP, 0,04L dari FP), 800 mm (ruang mesin), 860 mm (ruang muat)
- Maka ditetapkan :
 - *Transverse* = 600 mm (Didepan 0,05L dari FP, Dibelakang 0,05L dari AP), 700 mm (Didepan 0,05L dan 0,2L dari FP, Dibelakang 0,05L dan 0,2L dari AP), 850 mm (Selain Didepan 0,05L dari FP, Dibelakang 0,05L dari AP)

b. *Longitudinal*

- $F_s = 510 + \frac{L}{0,6}$ or 850 mm
- F_s Kapal Pembanding = 800 mm (ruang mesin), 860 mm (ruang muat)
- Maka ditetapkan :
 - *Longitudinal* = 850 mm



Sumber : Gambar Pribadi

Gambar 2.12. *Framing Space* Kapal Rancangan

3. Jarak Sekat Tubrukan

Untuk jarak sekat tubrukan (Part 3 Ch 3 Sec.4 4.2) pada kapal rancangan ini harus tidak kurang dari 0,05L atau 10 m, dan tidak lebih dari 0,08L atau 0,05L + 3 m

Jarak sekat tubrukan dari FP :

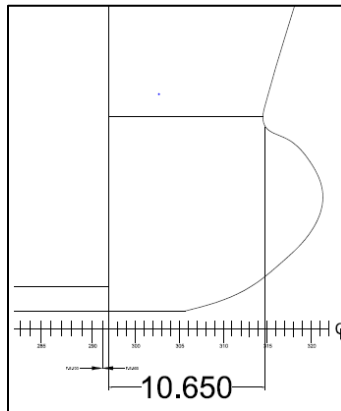
$$(0,05 - 0,08) \times L_{pp}$$

$$\begin{aligned}\text{Minimum} &= 0,05 \times L_{pp} \\ &= 0,05 \times 213,1 \\ &= 10,65 \text{ m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Maksimum} &= 0,08 \times L_{pp} \\ &= 0,08 \times 213,1 \\ &= 17,05 \text{ m}\end{aligned}$$

* Letak Sekat Tubrukan, adalah di *frame* 292.

Maka ditetapkan Sekat Tubrukan Kapal rancangan = 10,65 m dari FP.



Sumber : Gambar Pribadi

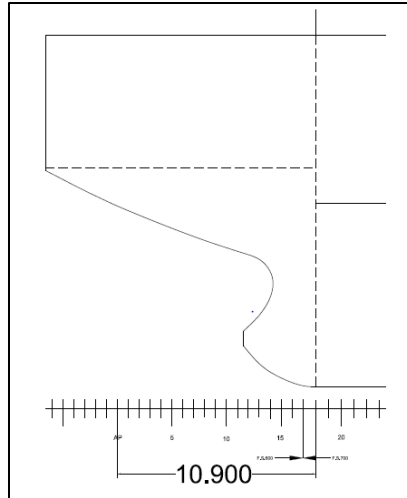
Gambar 2.13. Sekat Tubrukan Kapal Rancangan

4. Jarak Sekat Ceruk Buritan

Diletakkan pada jarak 10,655 m dari AP atau sekurang-kurangnya 3 kali jarak gading dari ujung dan boss.

Maka ditetapkan Sekat Buritan Kapal rancangan = 10,655 m dari Ap.

* Letak Sekat Buritan, adalah di *frame* 18.

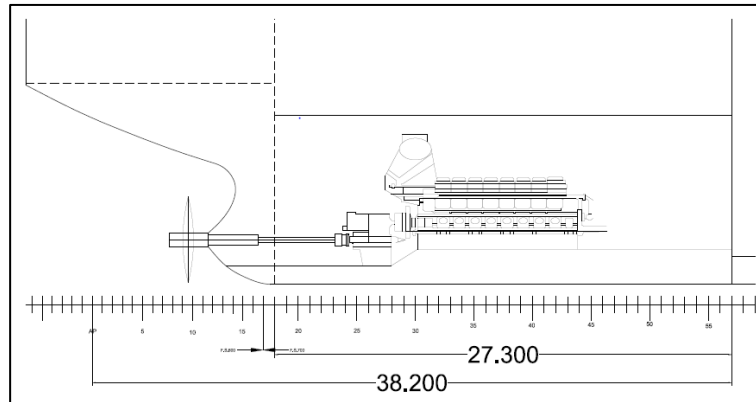


Sumber : Gambar Pribadi

Gambar 2.14. Sekat Buritan Kapal Rancangan

5. Sekat Ruang Mesin

Panjangnya disesuaikan kebutuhan dari ruang mesin. Letak sekat ruang mesin berada di frame 57, berjarak 38,2 m dari AP atau 27,3 m dari sekat buritan.

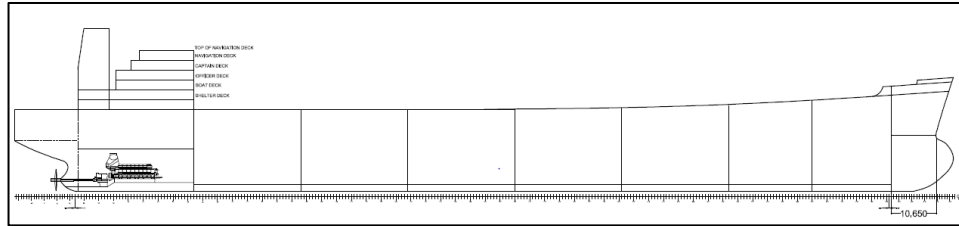


Sumber : Gambar Pribadi

Gambar 2.15. Sekat Ruang Mesin Kapal Rancangan

6. Sekat Ruang Muat

Berdasarkan peraturan kelas LR (*Lloyd Register*) *Rules and Regulation for the Classification of Ship* July 2017 Part 4 Ch 9 Sec 1.2.20, Ruang muat mempunyai 6 sekat, yang masing-masing terletak di frame 93,129, 165, 201, 237& 265.



Sumber : Gambar Pribadi

Gambar 2.16. Sekat Ruang Muat Kapal Rancangan

7. Tinggi *Double Bottom*

Berdasarkan peraturan kelas LR untuk *bulk carrier dan tanker*(Part 1,Chapter 2,Section 3 *Double Bottom*), tinggi *double bottom* untuk *bulk carrier* yaitu :

$$\begin{aligned}d_{DB} &= 28B + 205\sqrt{T} \\&= 28 \times 31,7 + 205\sqrt{14} \\&= \mathbf{1650 \text{ mm}}\end{aligned}$$

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

8. Volume Ruang Muat

$$\begin{aligned}V_{rm} &= \frac{\text{Berat Muatan}}{\text{Massa Jenis Muatan}} \\&= \frac{71081,42 \text{ ton}}{1,3 \text{ ton/m}^3} \\&= 54678,015 \text{ m}^3\end{aligned}$$

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) 213,1 m.

Raised Quarterdeck :

$$= 1,2 + \left[\frac{213,1 - 75}{221,7 - 75} \right] \times (1,8 - 1,2)$$

$$= 1,765 \text{ m}$$

$$= 2,3 \text{ m}$$

All other Superstructure

$$= 1,8 + \left[\frac{213,1 - 75}{221,7 - 75} \right] \times (2,3 - 1,8)$$

$$= 2,271 \text{ m}$$

$$= 2,3 \text{ m}$$

2.5 PEMERIKSAAN *FREEBOARD* ATAU LAMBUNG TIMBUL

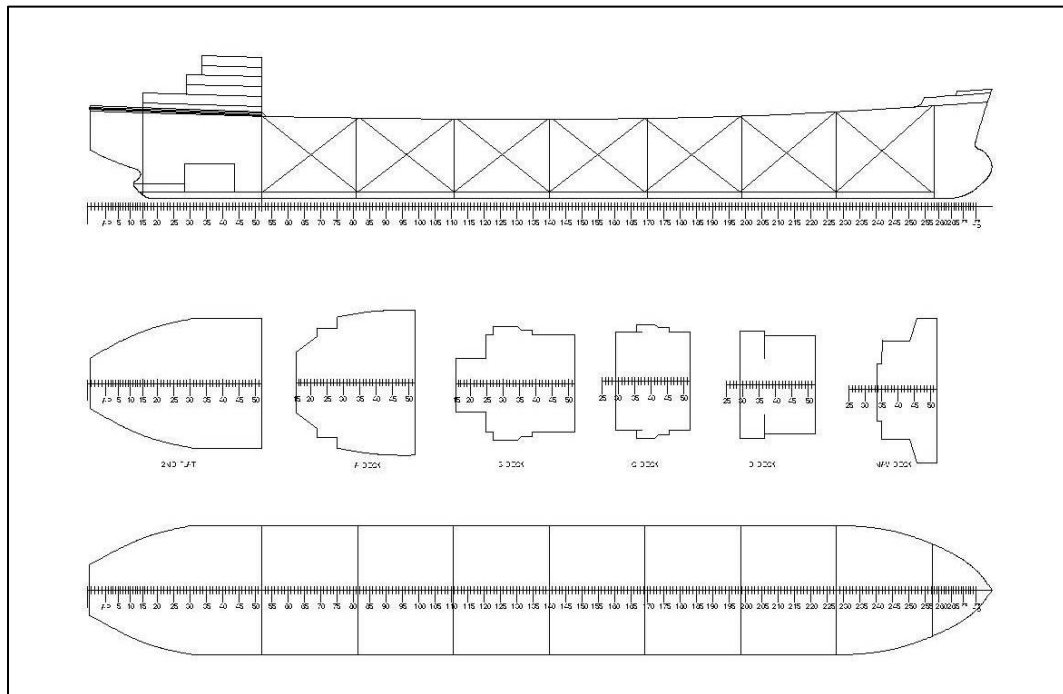
Perhitungan *Freeboard* atau Lambung Timbul

$$Fb = H - T$$

$$= 19,3 \text{ m} - 14 \text{ m}$$

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

2.6 SKETSA RENCANA UMUM



Sumber : Gambar Pribadi

Gambar 2.17. Sketsa Rencana Umum Kapal Rancangan

$$= 561,957 \text{ ton}$$

Dari perhitungan diatas ditetapkan **W_{ME} = 561,957 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

$$K = 0,17- 0,18 \text{ ton/m}^2 \quad \text{untuk } \textit{bulk carrier}$$

$$L = \text{Panjang kapal rancangan} = 213,1 \text{ m}$$

$$B = \text{Lebar kapal rancangan} = 31,7 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \text{Maka: } W_{WO} &= 0,17 \times 213,1 \times 31,7 \\ &= 1148,396 \text{ ton} \end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas ditetapkan **W_{wo} = 1148,396 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 = 3417,096 ton

$$W_{ME} = \text{Berat permesinan kapal} = 561,957 \text{ ton}$$

$$\begin{aligned} W_{WO} &= \text{Berat perkayuan dan } \textit{outfitting} \text{ kapal rancangan} \\ &= 1148,396 \text{ ton} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Maka : Margin} &= [3417,096 + 561,957 + 1148,396] \times 2\% \\ &= 102,549 \text{ ton} \end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas ditetapkan harga **Margin LWT = 102,549 ton**

TOTAL BERAT LIGHT WEIGHT (LWT) KAPAL :

- | | |
|---|----------------|
| 1) Berat Baja Kapal (W _{ST}) | = 3417,096 Ton |
| 2) Berat Permesinan Kapal (W _{ME}) | = 561,957 Ton |
| 3) Berat Perkayuan & <i>Outfitting</i> (W _{wo}) | = 1148,396 Ton |

$$4) \text{ Margin LWT} = 102,549 \text{ Ton}$$

$$\text{Berat Kapal Kosong (LWT)} = 5229,998 \text{ Ton}$$

Koreksi LWT

$$\begin{aligned} - \text{ LWT}_1 &= \Delta - \text{DWT} \\ &= 77247,721 - 72000 \\ &= 5247,721 \text{ Ton} \end{aligned}$$

$$- \text{ LWT}_2 = 5229,998 \text{ Ton}$$

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

$$\left| \frac{5247,721 - 5229,998}{5229,998} \right| \times 100\% = 0,34\% \leq 0,5\% \text{ (memenuhi)}$$

2.7.2 Perhitungan Bobot Mati Kapal (DWT)

Menurut *Harald Poehls*, 1979.

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

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

Dimana :	Pb_{ME}	= $M/E = 14400 \text{ Kw}$
	b_{ME}	= Koefisien pemakaian BBM = 186 g/kWh
	S	= Radius Pelayaran 2114 mil laut
	V_s	= $14,5 \text{ knots}$
	$(1,3 \sim 1,5)$	= nilai koefisien diambil $1,5$

Maka :

$$\begin{aligned} W_{FO} &= [(14400 \times 186)] \times \frac{2114}{14,5} \times 10^{-6} \times 1,5 \\ &= 585,738 \text{ Ton} \end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas ditetapkan harga **$W_{FO} = 585,738 \text{ Ton}$**

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

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

Dimana :	Pb_{AE}	= $A/E = 874 \text{ Kw}$
	b_{AE}	= Koefisien pemakaian BBM = $214,2 \text{ g/kWh}$

S = Radius Pelayaran 2114 mil laut
 $V_s = 14,5 \text{ knots}$
 $(1,3 \sim 1,5) = \text{nilai koefisien diambil } 1,5$

Maka :

$$W_{FB} = [(874 \times 214,2)] \times \frac{2114}{14,5} \times 10^{-6} \times 1,5$$

$$= 40,941 \text{ Ton}$$

Dari perhitungan diatas ditetapkan harga **$W_{FB} = 40,941 \text{ Ton}$**

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

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

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

Maka :

$$W_{LO} = [(14400 \times 1,5) + ((874 \times 1,5) \times 3)] \times \frac{2114}{14,5} \times 10^{-6} \times (1,5)$$

$$= 5,584 \text{ Ton}$$

Dari perhitungan diatas ditetapkan harga **$W_{LO} = 5,584 \text{ Ton}$**

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

Dimana :

- Jumlah penumpang ABK $Z = 42 \text{ Orang}$
- *Drinking Water* $DW = 10\text{-}20 \text{ kg/org/hari}$
- *Washing water + Bathing Room* $WW \text{ BR} = 70 \text{ kg/org/hari}$
- *Boilet Feed Water* $BFW = 0,14 \text{ kg/Kwh}$
- *Engine Cooler* $EC = 2 \text{ kg/BHP}$
- *Addition For Tank Volume* $Add = 3\% - 4\%$

$$W_{FW} = \left[(((DW + (WW + BR)) \times Z) \times \frac{S}{V} \times \frac{1}{24}) + (EC \times (Pb_{ME} + Pb_{AE})) \right] + Add$$

$$= \left[(((15 + 70) \times 42) \times \frac{2114}{14,5} \times \frac{1}{24}) + (2 \times (14400 + (1118 \times 3))) \right] + 4\%$$

$$= (21686,724 \text{ kg} + 35508 \text{ kg}) + 4\%$$

$$= 57194,724 \text{ kg} + 2287,789 \text{ kg}$$

$$= 59482,513 \text{ kg}$$

$$= 59,48 \text{ Ton}$$

Diasumsikan kebutuhan *Washing Water* dan *Bathing Room* diambil dari air laut
Maka :

$$= (59,48 - 17,86) \text{ Ton}$$

$$= 41,62 \text{ Ton}$$

Dari perhitungan diatas ditetapkan harga **$W_{FW} = 41,62 \text{ Ton}$**

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

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

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

$Z = 42 \text{ Orang}$

Maka :

$$W_{PROV} = 5 \times 42 \times \frac{2114}{14,5} \times \frac{1}{24}$$

$$= 1275,69 \text{ kg}$$

$$= 1,276 \text{ Ton}$$

Dari perhitungan diatas ditetapkan harga **$W_{PROV} = 1,276 \text{ Ton}$**

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

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

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

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

$Z = \text{Jumlah ABK} = 42 \text{ Orang}$

Maka :

$$W_{P+L} = 42 \times (75 + 70)$$

$$= 6090 \text{ kg}$$

$$= 6,090 \text{ Ton}$$

Dari perhitungan di atas ditetapkan harga **$W_{P+L} = 6,090 \text{ Ton}$**

7. Berat Air Ballast (W_{WB})

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

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

Dimana : $\Delta = 77247,721 \text{ Ton}$

$$\begin{aligned} \text{Maka} & : \\ \text{Ballast} & = 0,3 \times 77247,721 \text{ Ton} \\ & = 23174,316 \text{ Ton} \end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas ditetapkan harga **$W_{WB} = 23174,316 \text{ Ton}$**

8. Berat Muatan (*Pay Load*)

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

Dimana : $W_{FO} = 585,738 \text{ Ton}$

: $W_{DO} = 40,941 \text{ Ton}$

: $W_{LO} = 5,584 \text{ Ton}$

: $W_{FW} = 41,62 \text{ Ton}$

: $W_{PROV} = 1,276 \text{ Ton}$

: $W_{p+1} = 6,090 \text{ Ton}$

Maka :

$$W_{PL} = 72000 - 689,520 = 71310,48 \text{ Ton}$$

Dari perhitungan diatas ditetapkan harga **$W_{PL} = 71310,48 \text{ Ton}$**

TOTAL BERAT DEAD WEIGHT TONNAGE SHIP (DWT)

1)	Berat Bahan Bakar W_{FO}	= 585,738	Ton
2)	Berat Bahan Bakar W_{DO}	= 40,941	Ton
3)	Berat Minyak Pelumas (W_{LO})	= 5,584	Ton
4)	Berat Air Bersih dan Tawar (W_{FW})	= 41,62	Ton
5)	Berat Makanan (W_{PROV})	= 1,276	Ton
6)	Berat Awak Kapal dan Barang (W_{p+1})	= 6,090	Ton
7)	Berat Muatan (W_{PL})	= 71310,48	Ton

+

$$\text{TOTAL PERHITUNGAN DWT} = 72000 \text{ Ton}$$

2.8 KOREKSI BERAT KAPAL

Displacement menurut Hukum Archimedes (Δ_1), yaitu :

$$\begin{aligned} \Delta_1 & = LWL \times B \times T \times C_b \times \gamma \\ & = 216,6 \times 31,7 \times 14 \times 0,784 \times 1,025 \\ & = 77247,721 \text{ Ton} \end{aligned}$$

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

Dimana :

$$\begin{aligned} \Delta_2 &= \text{LWT} + \text{DWT} \\ &= 5229,998 \text{ Ton} + 72000 \text{ Ton} \\ &= 77229,998 \text{ Ton} \end{aligned}$$

Maka Koreksi =

$$\left| \frac{77247,721 - 77229,998}{77247,721} \right| \times 100\% \dots\dots\dots < 0,5 \%$$

$$= 0,02 \% \dots\dots\dots < 0,5 \text{ (memenuhi)}$$

2.9. 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 :

$$\begin{aligned} \overline{KB} &= T \times \left(\frac{5 \times C_w - 2 \times C_b}{6 \times C_w} \right) \\ &= 14 \times \left(\frac{5 \times 0,894 - 2 \times 0,784}{6 \times 0,894} \right) \end{aligned}$$

$$= 7,574 \text{ m}$$

Dari perhitungan diatas ditetapkan **$\overline{KB} = 7,574 \text{ m}$**

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

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

$$\begin{aligned} \text{maka: } \overline{KG} &= 0,6 \times H \\ &= 0,6 \times 19,3 \\ &= 11,58 \text{ m} \end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas ditetapkan **$\overline{KG} = 11,58 \text{ m}$**

2) Perhitungan Stabilitas Melintang

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

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

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

$$\begin{aligned} \text{Maka } \overline{BM} &= \frac{31,7^2}{14} \times \frac{0,894(0,894+0,04)}{12 \times 0,784} \\ &= 6,371 \text{ m} \end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas ditetapkan harga **$\overline{BM} = 6,371 \text{ m}$**

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

$$\begin{aligned} \overline{KM} &= \overline{KB} + \overline{BM} \\ &= 7,574 + 6,371 \\ &= 13,945 \text{ m} \end{aligned}$$

Dari perhitungan ditetapkan **$\overline{KM} = 13,945 \text{ m}$**

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

$$\begin{aligned} \overline{GM} &= \overline{KM} - \overline{KG} \\ &= 13,945 - 11,58 \\ &= 2,365 \text{ m} \end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas ditetapkan **$\overline{GM} = 2,365 \text{ m}$**

3) Perhitungan Waktu Olang Kapal (*Rolling Period*)

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

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

Dimana : T_R = Periode oleng kapal rancangan

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

$$B = 31,70 \text{ m}$$

$$T = 14 \text{ m}$$

$$LWL = 216,6 \text{ m}$$

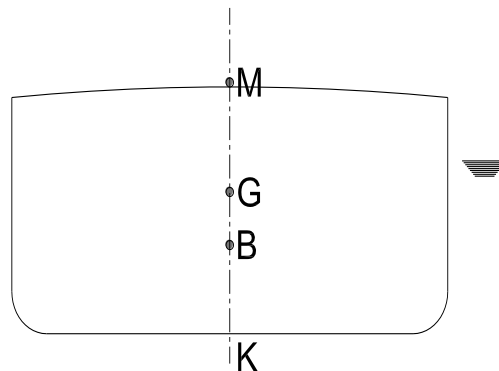
$$= 0,373 + \left(0,023 \times \frac{31,7}{14}\right) - \left(0,043 \times \frac{216,6}{100}\right) = 0,332$$

Maka :

$$= \frac{2 \times 0,332 \times 31,7}{\sqrt{1,715}}$$

$$= 16,073 \text{ detik} \dots\dots (\text{Memenuhi})$$

Standar waktu oleng kapal dalam buku *RESOLUTION MSC.267(85)(adopted on 4 December 2008) Adoption Of The International Code On Intact Stability, 2008(2008 IS CODE)* oleh *International Maritime Organization* (IMO) tidak boleh lebih dari 20 detik.



Sumber : Gambar Pribadi

Gambar 2.18. Titik Stabilitas Kapal

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

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

A. Hid = *Ideal Free Board*

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

Dimana :

$$\begin{aligned} \text{a. } Sh &= 50 \times \left(\frac{LPP}{3} + 10 \right) \\ &= 50 \times \left(\frac{213,1}{3} + 10 \right) \\ &= 4051,67 \text{ mm} \\ &= 4,052 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{b. } Sf &= 25 \times \left(\frac{LPP}{3} + 10 \right) \\ &= 25 \times \left(\frac{213,1}{3} + 10 \right) \\ &= 2025,83 \text{ mm} \\ &= 2,026 \text{ m} \end{aligned}$$

Maka :

$$\begin{aligned} H_{id} &= H + \frac{Sh+Sf}{6} \\ H_{id} &= 19,3 + \frac{4,052+2,026}{6} \\ &= 20,313 \text{ m} \end{aligned}$$

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

Dimana :

$$\begin{aligned} t &= \frac{(2 Cw+1)^3}{323} \\ &= \frac{(2 \times 0,894+1)^3}{323} \\ &= 0,067 \end{aligned}$$

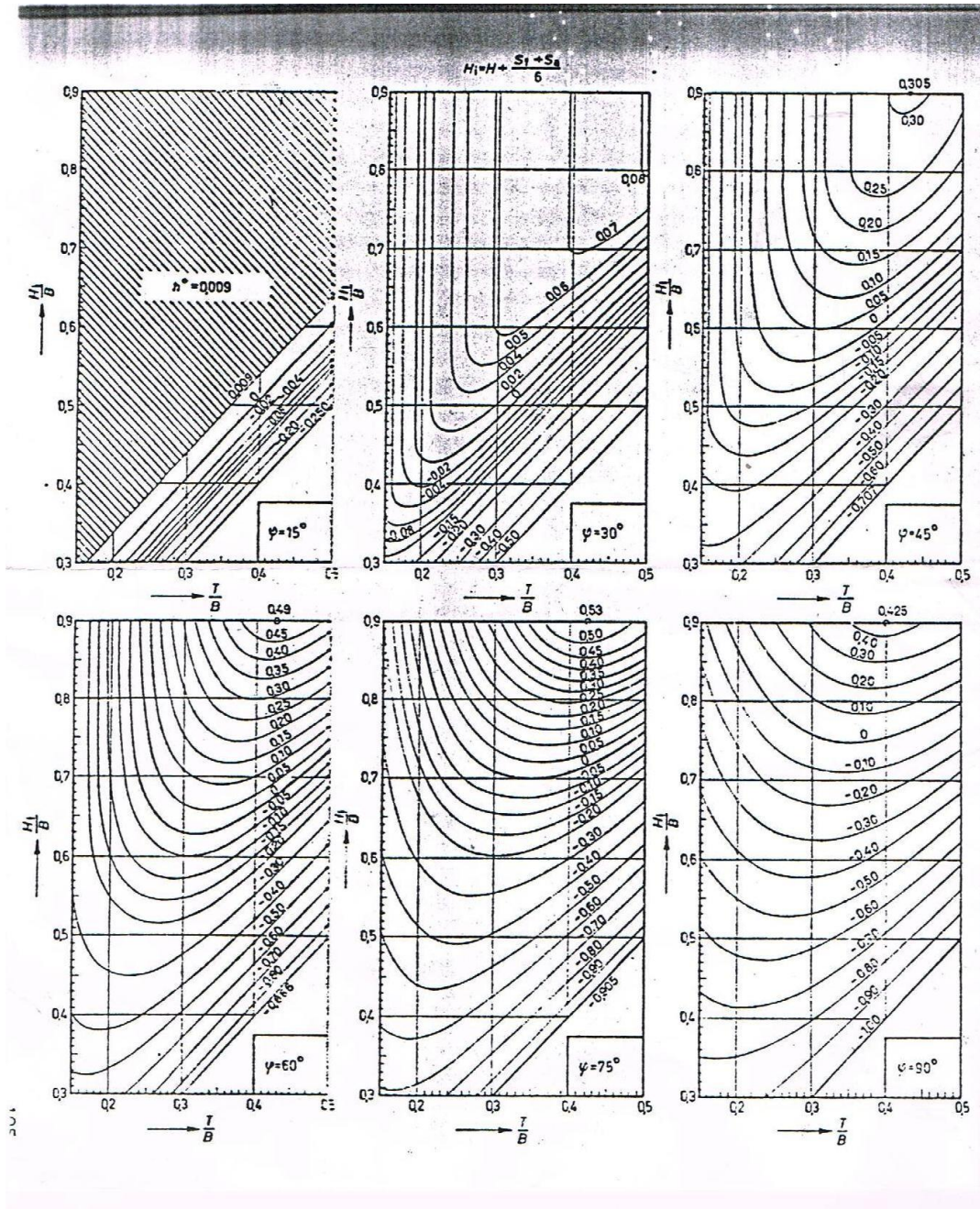
Maka :

$$\begin{aligned} MTF &= \frac{0,067}{0,784} \times \frac{31,7^2}{14} \\ &= 6,134 \end{aligned}$$

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

- $\frac{T}{B} = \frac{14}{31,7} = 0,442$
- $\overline{MF} = \overline{BM} = 6,371 \text{ m}$
- $\frac{Hid}{B} = \frac{20,313}{31,7} = 0,641$
- $\overline{GM} = 2,365 \text{ m}$

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 2.19. Grafik Prohaska

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	0,259	0,500	0,707	0,866	0,965	1,000
2. $h \cdot f$	0	0,009	0,032	-0,010	-0,120	-0,240	-0,390
3. $h \cdot f \times MF$	0	0,057	0,204	-0,064	-0,765	-1,529	-2,485
4. $GM \times \sin \phi$	0	0,613	1,183	1,672	2,048	2,282	2,365
5. $GZ = (3) + (4)$	0	0,670	1,387	1,608	1,283	0,753	-0,120

Sumber : Perhitungan Pribadi

6) Pengecekan Kurva Stabilitas Awal

Setelah kurva stabilitas awal didapatkan, kurva stabilitas tersebut harus di periksa berdasarkan *standart* dari IMO (*International Of Maritime Organization*), untuk stabilitas menggunakan buku *Code On Intact Stability* dari IMO 2009 Edition, yaitu :

a. $GM > 0,15$

Dimana :

$GM = 2,365 \text{ m} > 0,15 \text{ m}$ memenuhi

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

Dimana GZ kapal rancangan pada titik $30^\circ = 1,387 \text{ m}$ memenuhi

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

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

Tabel 2.3. 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°	0,210	4	0,840
3	10°	0,430	2	0,860
4	15°	0,670	4	2,680
5	20°	0,930	2	1,860
6	25°	1,180	4	4,720

7	30°	1,387	1	1,387
$\Sigma_1 =$				12,347

Sumber : Perhitungan Pribadi

$$\text{Dimana : } \Delta GZ - 30^\circ = \frac{\left(\frac{1}{3}\right) \times 5^\circ \times \Sigma_1}{57,3^\circ} = \frac{\left(\frac{1}{3}\right) \times 5^\circ \times 12,347}{57,3^\circ} = 0,359$$

Maka : $\Delta GZ - 30^\circ = 0,359 \text{ m-rad} > 0,055 \text{ m-rad}$ memenuhi

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

Tabel 2.4. Tinggi kurva GZ 30° - 40°

NO.	Φ	GZ	FS	GZ x FS
1	30°	1,387	1	1,387
2	35°	1,530	4	6,120
3	40°	1,600	1	1,600
Σ_2				9,107

Sumber : Perhitungan Pribadi

$$\begin{aligned} \text{Dimana : } \Delta GZ - 40^\circ &= \frac{\left(\frac{1}{3}\right) \times 5^\circ \times \Sigma_2}{57,3^\circ} + \Delta GZ - 30^\circ = \frac{\left(\frac{1}{3}\right) \times 5^\circ \times 9,107}{57,3^\circ} + 0,359 \\ &= 0,624 \end{aligned}$$

Maka : $\Delta GZ - 40^\circ = 0,624 \text{ m-rad} > 0,09 \text{ m-rad}$ memenuhi

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

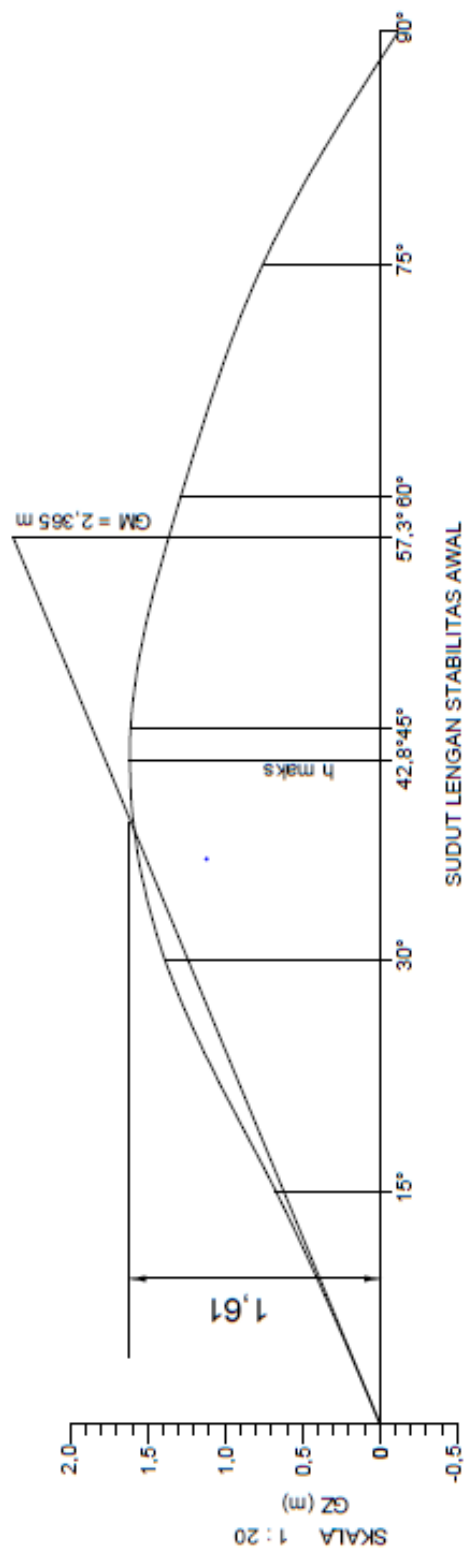
$$\text{Dimana : } \Delta GZ-40^\circ = 0,624 \text{ m} - \text{rad}$$

$$\Delta GZ-30^\circ = 0,359 \text{ m} - \text{rad}$$

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

$$= (0,624) - (0,359)$$

$$= 0,265 > 0,03 \text{ m-rad} \quad \text{..... memenuhi}$$



Sumber : Gambar Pribadi

Gambar 2.20. Kurva Lengan Stabilitas Awal

7) 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)

1. Momen Cikar (M_c)

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

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

Dimana :	M_c	= Momen cikir kapal rancangan
	ρ	= Kepadatan air laut = $104,5 \text{ Kg/sec}^2/\text{m}^4$
	∇	= Volume <i>displacement</i> kapal rancangan = $75363,630 \text{ m}^3$
	V_s	= Kecepatan kapal rancangan = $14,5 \text{ knot}$ = $7,459 \text{ m/s}$
	KG	= <i>Center Of Gravity</i> diatas <i>baseline</i> = $11,58 \text{ m}$
	T	= <i>Draft</i> kapal rancangan = 14 m
	LPP	= panjang kapal rancangan

$$= 213,10 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \text{Maka :} \quad M_c &= 0,233 \times \frac{104,5 \times 75363,630 \times (0,8 \times 7,459)^2}{213,10} \times 4,58 \\ &= 1404,291 \text{ ton meter} \end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas didapat nilai **$M_c = 1404,291 \text{ ton meter}$**

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
= 14,5 m/s

A = Luas bidang tangkap angin
= 1892,603 m^2

a = Jarak titik tangkap angin diatas lambung kapal
= 0,5 x T
= 0,5 x 14
= 7 m

$$\begin{aligned} \text{Maka :} \quad M_w &= 1,3 \times 0,5 \times 1,3 \times 10^{-4} \times 14,5^2 \times 1892,603 \times 7 \\ &= 235,369 \text{ ton meter} \end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas ditetapkan **$M_w = 235,369 \text{ ton meter}$**

3. Momen Pengganggu (M_p)

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

$$M_p = M_c + M_w$$

Dimana : M_p = Momen pengganggu kapal rancangan

M_c = Momen cikal kapal rancangan

$$= 1404,291 \text{ ton}$$

$$\begin{aligned} M_w &= \text{Momen angin kapal rancangan} \\ &= 235,369 \text{ ton meter} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Maka : } M_p &= 1404,291 + 235,369 \\ &= 1639,66 \text{ ton meter} \end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas diketahui nilai **$M_p = 1639,66 \text{ ton meter}$**

4. Momen Stabilitas (M_s)

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

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

Dimana:

$$M_s = \text{momen stabilitas kapal rancangan}$$

$$\begin{aligned} h_{\text{maks}} &= h \text{ tertinggi pada kurva stabilitas awal} \\ &= 1,61 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta &= \text{Displacement kapal rancangan} \\ &= 77247,721 \text{ ton} \end{aligned}$$

Maka :

$$\begin{aligned} M_s &= 1,61 \text{ m} \times 77247,721 \text{ Ton} \\ &= \mathbf{124368,831 \text{ ton meter}.} \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} \text{Dimana : } M_s &= \text{momen stabilitas kapal rancangan} \\ &= 124368,831 \text{ ton meter} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_p &= \text{Momen pengganggu kapal rancangan} \\ &= 1639,66 \text{ ton meter} \end{aligned}$$

$$\text{Maka : } 124368,831 \text{ ton meter} > 1639,66 \text{ ton meter} \text{ (Memenuhi)}$$