

BAB II

RENCANA AWAL

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

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

2.1 ESTIMASI UKURAN UTAMA, KOEFISIEN DAN PERKIRAAN DISPLACEMENT KAPAL

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

- 1) *Length Between Perpendicular (LBP)*
- 2) *Length Over All (LOA)*
- 3) *Length Water Line (LWL)*
- 4) *Breadth (B)*
- 5) *Draft (T)*
- 6) *Height (H)*
- 7) *Freeboard (f)*

2.1.1 Estimasi Ukuran Utama

Principal Dimension Dengan Kapal Pembanding :

Ket : 1 = Kapal Pembanding

2 = Kapal Rancangan

1. **Perkiraan Panjang Antara Garis Tegak (LBP)**

$$LBP_2 = \sqrt[3]{\frac{DWT_2}{DWT_1}} \times LBP_1$$

$$\begin{aligned} LBP_2 &= \sqrt[3]{\frac{110.000}{82.000}} \times 225,00 \\ &= 248,20 \end{aligned}$$

Ditetapkan **LBP** Kapal Rancangan = **248,20 m**

2. **Panjang Total Kapal (LOA)**

Dari kapal pembanding :

$$C = LOA/LBP$$

$$C = 229,00 / 225,00$$

$$C = 1,018 \text{ (1,02)}$$

Untuk Kapal Rancangan

$$\begin{aligned} LOA &= C \times LBP_2 \\ &= 1,02 \times 248,20 \text{ m} \\ &= 253,164 \text{ m} \end{aligned}$$

Ditetapkan **LOA** Kapal Rancangan = **253,20 m**

3. **Panjang Garis Air (LWL)**

$$\begin{aligned} LWL &= (2\% \times LBP_2) + LBP_2 \\ &= (0,02 \times 248,20 \text{ m}) + 248,20 \\ &= 253,164 \text{ m} \end{aligned}$$

Ditetapkan **LWL** Kapal Rancangan = **253,20 m**

4. **Perkiraan Lebar Kapal (B)**

$$\text{Ratio } \frac{LBP}{B} \text{ Kapal pembanding} = \frac{225,00}{32,26} = 6,97$$

Maka Lebar Kapal Rancangan :

$$B = \frac{LBP_2}{\text{Ratio}} = \frac{248,20}{6,974} = 35,580 \text{ M}$$

Ditetapkan **B** Kapal rancangan = **35,60 m**

5. **Perkiraan Tinggi Kapal (H)**

$$\text{Ratio } \frac{LBP}{H} \text{ Kapal pembanding} = \frac{225,00}{20,20} = 11,13$$

Maka Tinggi Kapal Rancangan :

$$B = \frac{LBP_2}{Ratio} = \frac{248,20}{11,13} = 22,30 \text{ M}$$

Ditetapkan **H** Kapal rancangan = **22,30 m**

6. Perkiraan Sarat Air Kapal (T)

$$Ratio \frac{B}{T} \text{ Kapal pembanding} = \frac{32,26}{14,50} = 2,224$$

Maka Sarat Air Kapal (T) Rancangan :

$$B = \frac{B}{Ratio} = \frac{35,60}{2,224} = 16,00 \text{ M}$$

Ditetapkan **T** Kapal rancangan = **16,00 m**

Penetapan ukuran utama Kapal Rancangan, adalah :

$$\begin{aligned} LBP &= 248,20 \text{ m} \\ B &= 35,60 \text{ m} \\ H &= 22,30 \text{ m} \\ T &= 16,00 \text{ m} \end{aligned}$$

Koreksi perbandingan ukuran utama kapal telah memenuhi syarat sbb :

LPP/B	248,20 / 35,60	6,97 (7,0)	Acc. Merancang Kapal I, Ir. M.J Tamaela hal 131 (5,0 – 7,5)
B/T	35,60 / 16,00	2,22 (2,20)	Acc. USSR Ships Register 1956 (2,0 – 3,0)
T/H	16,00 / 22,30	0,717 (0,72)	Acc. USSR Ships Register 1956 (0,66 – 0,82)
LPP/H	248,20 / 22,30	11,13 (11,10)	Acc. USSR Ships Register 1956 (10,50 – 14,0) Acc. Biro Klasifikasi Indonesia (9,0 – 14,0)
B/H	35,60 / 22,30	1,59 (1,60)	Acc. USSR Ships Register 1956 (1,50 – 2,85)

2.1.2 Estimasi Koefisien Bentuk Kapal

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

- 1) *Coefficient Block (Cb)*
- 2) *Coefficient Midship (Cm)*
- 3) *Coefficient Prismatic (Cp)*
- 4) *Coefficient Water Line (Cw)*

Menurut Hararld Poehls, 1979.

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

1. Coefficient Block (C_b)

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

$$C_b = 1,179 - (0,333 \times \frac{19}{\sqrt{248,20}})$$

$$C_b = 0,777$$

Harga **C_b** adalah 0,777

2. Coefficient Midship (C_m)

$$C_m = 0,93 + (0,08 \times C_b)$$

$$C_m = 0,93 + (0,08 \times 0,777)$$

$$C_m = 0,992$$

Harga **C_m** adalah 0,992

3. Coefficient Prismatic (C_p)

$$C_p = \frac{C_b}{C_m}$$

$$C_p = \frac{0,777}{0,992}$$

$$C_p = 0,783$$

Harga **C_p** adalah 0,783

4. Coefficient Water Line (C_w)

Acc. Vohler, dalam Harald Poehls 1979

$$C_w = (0,70 \times C_b) + 0,30$$

$$C_w = (0,70 \times 0,777) + 0,30$$

$$C_w = 0,844$$

Harga **C_w** adalah 0,844

2.1.3 Displacement Kapal dan Volume Displacement Kapal

1. Perhitungan Displacement (Δ)

Untuk menentukan Displacement (Δ) dari pada kapal rancangan digunakan rumus dalam buku *Principles Of Naval Achitecture* oleh SNAME chapter 1 halaman 42, yaitu :

$$(\Delta) = LBP \times B \times T \times Cb \times \rho$$

Dimana : (Δ) = Displacement kapal rancangan.

LBP = Panjang Kapal rancangan .
= 248,20 m.

B = Lebar Kapal rancangan.
= 35,60 m.

T = *Draft* Kapal rancangan.
= 16,00 m.

Cb = Coefficient Block kapal rancangan.
= 0,777

ρ = Massa air laut
= 1,025

Maka, $(\Delta) = 248,20 \text{ m} \times 35,60 \text{ m} \times 16,00 \text{ m} \times 0,777 \times 1,025$

$(\Delta) = 112.594,36 \text{ Ton}$

Ditetapkan harga $(\Delta) = 112.594,40 \text{ Ton}$

2. Volume Displasemen Kapal (∇_{disp})

$$\begin{aligned}\nabla_{disp} &= Cb \times LBP \times B \times T \quad [m^3] \\ &= 0,777 \times 248,20 \text{ m} \times 35,60 \text{ m} \times 16,00 \text{ m} \\ &= 109.848,15 \text{ m}^3.\end{aligned}$$

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)

1. Perkiraan Hambatan Gesek

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

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

$$\begin{aligned}\text{Dimana : } f &= 0,00871 + \frac{0,053}{(LPP+8,8)} \\ &= 0,00871 + \frac{0,053}{[(248,2 \times 3,28)+8,8]} \\ &= 0,00877\end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} S &= Lwl \times (1,7 \times T + Cb \times B) \\ &= 253,00 \times (1,7 \times 16 + 0,777 \times 35,60) \\ &= 13879,883 \text{ m}^2 \\ &= 149401,817 \text{ ft}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Maka : } R_f &= 0,00877 \times 149401,817 \times 19^{1,825} \\ &= 282540,55 \text{ lbs} \\ &= 128158,69 \text{ kg} \end{aligned}$$

2.Perkiraan Hambatan Sisa (Rr)

$$\begin{aligned} R_r &= 12,5 \times C_b \times \Delta \times \frac{V_s^4}{LPP^2} \\ &= 12,5 \times 0,777 \times 112.594,40 \times \frac{19^4}{(248,2 \times 3,28)^2} \\ &= 2150,359 \text{ lbs} \\ &= 975,386 \text{ kg} \end{aligned}$$

Perkiraan Hambatan Total (Rt)

$$\begin{aligned} R_t &= R_f + R_r \\ &= 128158,69 \text{ kg} + 975,386 \text{ kg} \\ &= 129734,07 \text{ kg} \end{aligned}$$

Penentuan Besar Tenaga Penggerak (EHP)

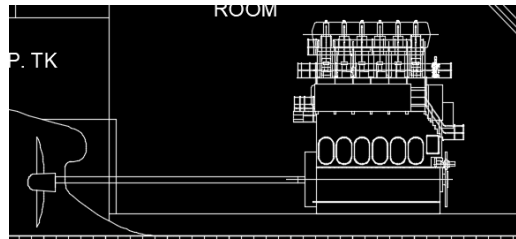
$$\begin{aligned} EHP &= \frac{R_t \times V_s}{75} \\ &= \frac{129734,07 \times 19 \times 0,5144}{75} \\ &= 16906,25 \text{ HP} \end{aligned}$$

Penentuan Besar *Shaft Horse Power* (SHP)

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

Dimana: PC diperkirakan 0,7

$$\begin{aligned} &= \frac{16906,25}{0,7} \\ &= 24151,78 \text{ HP} \end{aligned}$$



Sumber : Gambar Pribadi

Gambar 2. 1 Tenaga Penggerak Kapal

Penentuan Besar Tenaga Penggerak (BHP)

Sea Margin berkisar antara 15%~20%

$$\begin{aligned}\text{BHP} &= (15\% \times \text{SHP}) + \text{SHP} \\ &= (20\% \times 24151,78) + 24151,78 \\ &= 28982,13 \text{ HP} \\ &= 21611,97 \text{ KW}\end{aligned}$$

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

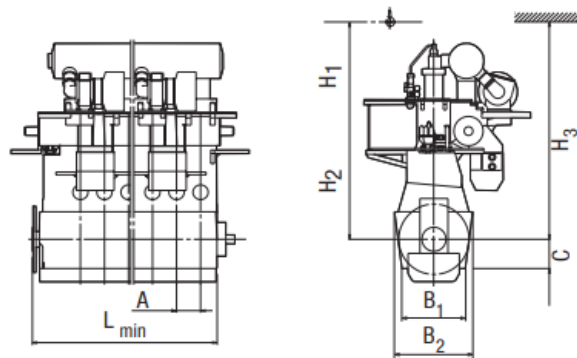
$$\begin{aligned}\text{BHP}_{\text{mcr}} &= \frac{100}{85} \times 28982,13 \text{ HP} \\ &= 34096,62 \text{ HP}\end{aligned}$$

$$\text{BKW}_{\text{mcr}} = 25425,84 \text{ KW}$$

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 **(25425,84 KW)**. Dengan daya mesin yang telah didapatkan, maka perancang mencari spesifikasi tersebut dikatalog yang ada.



Sumber : Katalog Mesin Man B&W

Gambar 2. 2 Mesin Utama Sementara

- *Merk* : Man B&W
- *Type* : G70ME-C8
- *Daya* : 26,160 KW
- *Cylinders* : 8
- *Stroke* : 1190 mm
- *Cylinder bore* : 1750 mm
- *Speed* : 800 rpm
- *SFOC* : 174 g/KWh
- *P x L x T* : 11,351 mm x 4,900 mm x 14,225 mm

2. Mesin Bantu

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

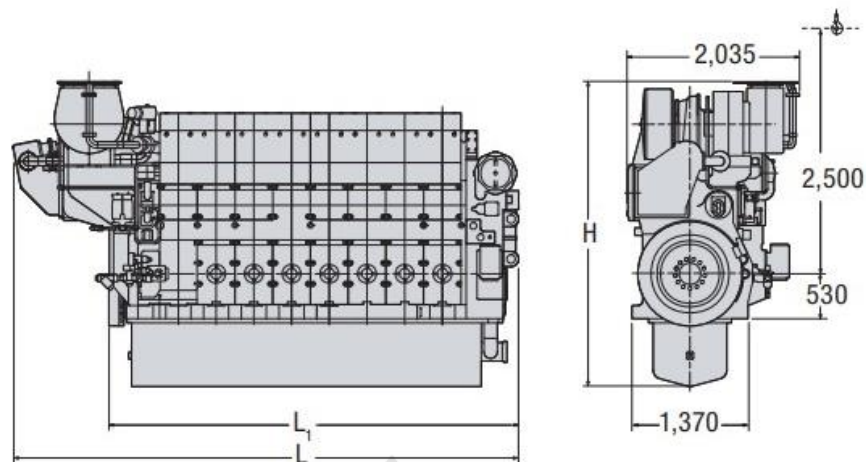
$$PAE = 10 - 15 \% \times BHP$$

Dimana : PAE = Daya mesin bantu kapal rancangan

BHP = Daya mesin utama kapal rancangan = 9318,093 HP

Maka : PAE = 10 % x 9318,093 = 931,8093 HP

$$= 694,84932965 \text{ KW}$$



Sumber : Katalog Mesin Man B&W

Gambar 2. 3 Mesin Bantu Sementara

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

- Merk : Man B&W
- Type : L27/38
- Daya : 2190 KW
- Cylinders : 6
- Stroke : 380 mm
- Cylinder bore : 270 mm
- Speed : 800 rpm
- SFOC : 203,8 g/KWh
- P x L x T : 5070 mm x 2035 mm x 3555 mm

2.3 ESTIMASI KAPASITAS RUANG MUAT

1. Luas Penampang Tengah Kapal

$$A_m = B \times T \times C_m$$

$$= 35,6 \text{ m} \times 16 \text{ m} \times 0,992$$

$$= 565,043 \text{ m}^2$$

1. Jarak Gading (a₀)

- NK Class (July 2017)

Standard frame space untuk bangunan depan

Didepan 0,05L dari FP

$$= 470 + \frac{L}{0,6} \quad \text{atau } 600 \text{ mm}$$

$$= 470 \frac{+248,20}{0,6}$$

$$= 883 \text{ mm}$$

$$= 0,885 \text{ m}$$

2. Jarak Sekat Ceruk Haluan dari *ForePeak*

$$Sh = 5\% \times Lpp$$

$$= 5\% \times 248,2 \text{ m}$$

$$= 12,41 \text{ m}$$

3. Jarak Sekat Ceruk Buritan dari *AfterPeak*

$$Sb = (3 - 5) \times Lpp$$

$$= 5 \times 248,8 \text{ mm}$$

$$= 12,41 \text{ m}$$

4. Tinggi Double Bottom

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

$$H_{DB} = \frac{B}{20} (m) \quad \text{or } 2 \text{ m}$$

$$= 1,78 \text{ m}$$

$$= 1,8 \text{ m}$$

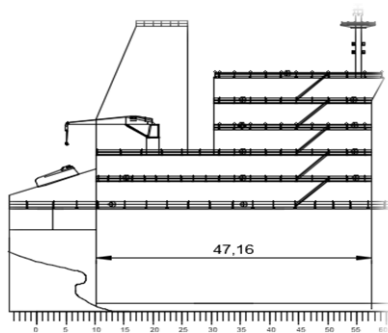
Tinggi minimum untuk *double bottom* yaitu 0,76 m dan tinggi maksimum yaitu 2,0 m

5. Sekat Ruang Kamar Mesin

$$\text{Panjang Kamar Mesin} = (17 - 20)\% \times Lpp$$

$$= 19\% \times 248,2 \text{ m}$$

$$= 47,158 \text{ m}$$

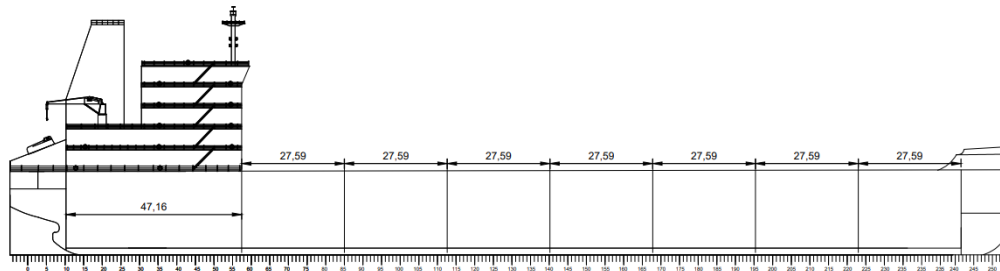


Sumber: Gambar Pribadi

Gambar 2. 4 Sekat Ruang Kamar Mesin

6. Sekat Ruang Muat

jumlah keseluruhan sekat yang direncanakan adalah 7 buah



Sumber: Gambar Pribadi

Gambar 2. 5 Sekat Ruang Muat

2.4 ESTIMASI UKURAN *SUPERSTRUCTURE*

Dalam buku “*Ship Design for Efficiency and Economi*” 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 Economi*” second edition

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

1. Raised Quarterdeck :

$$1,8 + \left[\frac{248,2 - 75}{125 - 75} \right] x (2,3 - 1,8)$$

$$3,532m$$

$$3,5m$$

2.All other Superstructure

$$2,3 + \left[\frac{248,2 - 75}{125 - 75} \right] x (2,3 - 1,8)$$

$$4,032m$$

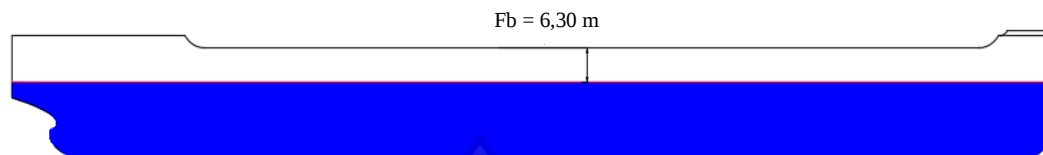
$$4 m$$

2.5 PEMERIKSAAN *FREEBOARD* ATAU LAMBUNG TIMBUL

Perhitungan *Freeboard* atau Lambung Timbul

$$\begin{aligned} Fb &= H - T \\ &= 22,30 - 16 \text{ m} \\ &= 6,30 \text{ m} \end{aligned}$$

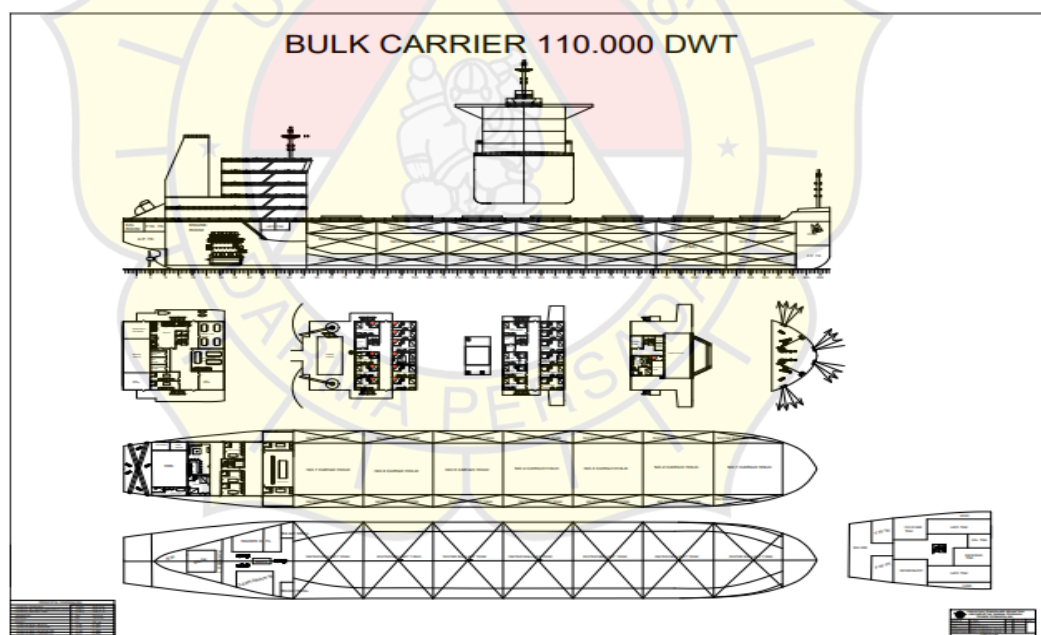
Dari perhitungan diatas ditetapkan **Fb = 6,30 m**



Sumber : Gambar Pribadi

Gambar 2. 6 Lambung Timbul Kapal Rancangan tampak samping

2.6 SKETSA RENCANA UMUM



Sumber : Gambar Pribadi

Gambar 2. 7 Sketsa Rencana Umum Kapal Rancangan

2.7 ESTIMASI BERAT KAPAL (LWT & DWT)

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

2.7.1. Perhitungan Berat Kapal Kosong (LWT)

Menurut buku Mr. D. L Smith dengan judul *Marin Design* halaman 29, bahwa *Light Weight Ton* terdiri dari :

- A. Berat Baja Kapal (W_{ST})
- B. Berat Permesinan Kapal (W_{ME})
- C. Berat Perkayuan dan *Outfitting* (W_{WO})
- D. Margin

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 Bulk Carrier 0,031 ton/m²

E = *Hull Numeral* (m²) untuk Bulk Carrier (3000-15000)

Maka : $W_{ST} = 0,031 \times 3000^{1,36}$
 $= 1660,529 \text{ ton}$

Dari perhitungan diatas ditetapkan harga **$W_{ST} = 1660,529 \text{ ton}$**

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 = 0,69 untuk Bulk Carrier

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

= 26,160 KW

Maka : $W_{ME} = 0,69 \times (26160)^{0,7}$
 $= 853,484 \text{ ton}$

Dari perhitungan diatas ditetapkan **$W_{ME} = 853,484 \text{ ton}$**

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

$$K = 0,17- 0,18 \text{ ton/m}^2 \quad \text{untuk Bulk Carrier}$$

$$L = \text{Panjang kapal rancangan} = 253,2 \text{ m}$$

$$B = \text{Lebar kapal rancangan} = 35,6 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \text{Maka: } W_{wo} &= 0,17 \times 253,2 \times 35,6 \\ &= 1532,366 \text{ ton} \end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas ditetapkan **$W_{wo} = 1532,366 \text{ ton}$**

D. Menentukan *Margin Light Weight Ton* (LWT)

Untuk menentukan *Margin* dari LWT kapal rancangan ini menggunakan rumus pendekatan sebagai berikut :

$$\text{Margin} = [W_{st} + W_{me} + W_{wo}] \times 2\%$$

$$\text{Dimana : } W_{st} = \text{Berat baja kapal rancangan} = 1660,529 \text{ ton}$$

$$W_{me} = \text{Berat permesinan kapal} = 853,484 \text{ ton}$$

$$\begin{aligned} W_{wo} &= \text{Berat perkayuan dan } \textit{outfitting} \text{ kapal rancangan} \\ &= 1532,366 \text{ ton} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Maka : Margin} &= [1660,529 + 853,484 + 1532,366] \times 2\% \\ &= 80,927 \text{ ton} \end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas ditetapkan harga Margin LWT = 80,927 ton

TOTAL BERAT LIGHT WEIGHT (LWT) KAPAL :

1) Berat Baja Kapal (W_{st})	=1660,529 Ton
2) Berat Permesinan Kapal (W_{me})	= 853,484 Ton
3) Berat Perkayuan & <i>Outfitting</i> (W_{wo})	=1532,366 Ton
4) Margin LWT	= 80,927 Ton

Berat Kapal Kosong (LWT) = 4127,306 Ton

Koreksi LWT

$$\begin{aligned} - \quad LWT_1 &= \Delta - DWT \\ &= 112594,40 - 110000 \\ &= 2594,40 \text{ Ton} \end{aligned}$$

$$- \quad LWT_2 = \mathbf{3855,158 \text{ Ton}}$$

$$\left| \frac{LWT_1 - LWT_2}{LWT_2} \right| \times 100\% \leq 0,5\%$$

$$\left| \frac{2594,40 - 3855,158}{3855,158} \right| \times 100\% = 0,3\% \leq 0,5\% \text{ (memenuhi)}$$

2.7.2 Perhitungan Bobot Mati Kapal (DWT)

Menurut Harald Poehls, 1979..

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

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

$$\text{Dimana : } Pb_{ME} = M/E = 21840 \text{ Kw}$$

$$b_{ME} = \text{Koefisien pemakaian BBM} = 172 \text{ g/kWh}$$

$$S = \text{Radius Pelayaran} = 3669,98 \text{ mil laut}$$

$$Vs = 19 \text{ knots}$$

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

Maka :

$$\begin{aligned} W_{FO} &= [(21840 \times 172)] \times \frac{3669,98}{19} \times 10^{-6} \times 1,5 \\ &= 1088,3847 \text{ Ton} \end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas ditetapkan harga **$W_{FO} = 1088,3847 \text{ Ton}$**

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

Dimana :

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

$$W_{fo} = 1088,3847 \text{ Ton}$$

$$W_{fb} = 0,1 \times W_{fo}$$

$$= 0,1 \times 1088,3847 \text{ Ton}$$

$$= 108,83 \text{ Ton}$$

Dari perhitungan diatas ditetapkan harga **$W_{fb} = 86,85 \text{ Ton}$**

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

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

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

Maka :

$$W_{LO} = [21840 \times 1,5] \times \frac{3669,98}{19} \times 10^{-6} \times (1,4)$$

$$= 885,89 \text{ Ton}$$

Dari perhitungan diatas ditetapkan harga **$W_{LO} = 885,89 \text{ Ton}$**

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

Dimana :

- Jumlah penumpang dan ABK $Z = 32 \text{ Orang}$
- *Drinking Water* $DW = 10\text{-}20 \text{ kg/org/hari}$
- *Washing water + Bathing Room* $BR = 70 \text{ kg/org/hari}$
- *Boilet Feed Water* $BFW = 0,14 \text{ kg/Kwh}$
- *Addition For Tank Volume* $Add = 3\% - 4\%$

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

$$= \left[((10 + 70) \times 32) + (0,14 \times (21840 + 2184,84) \times 24) \right] \times \frac{3669,98}{19} \times \frac{1}{24} + 4\%$$

$$= 670282,14 \text{ kg}$$

$$= 670,282 \text{ Ton}$$

Dari perhitungan diatas ditetapkan harga **$W_{FW} = 670,282 \text{ Ton}$**

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

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

Dimana : $Cp = 2 - 5 \text{ kg/org/hari}$
 $Z = 32 \text{ Orang}$

Maka :

$$W_{PROV} = 5 \times 32 \times \frac{3669,98}{19} \times \frac{1}{24}$$

$$= 1287,71 \text{ kg}$$

$$= 1,287 \text{ Ton}$$

Dari perhitungan diatas ditetapkan harga **$W_{PROV} = 1,287 \text{ Ton}$**

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

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

Dimana : P = Berat rata-rata ABK 75 kg/orang
 L = Berat barang bawaan ABK 70 kg/ orang
 Z = Jumlah Awak dan Penumpang = 32 Orang

Maka :

$$\begin{aligned} W_{P+L} &= 32 \times (75 + 70) \\ &= 4640 \text{ kg} \\ &= 4,64 \text{ Ton} \end{aligned}$$

Dari perhitungan di atas ditetapkan harga **$W_{P+L} = 4,64 \text{ Ton}$**

7. Berat Air Ballast (W_{WB})

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

Dimana : $\Delta = 112594,40 \text{ Ton}$

Maka :

$$\begin{aligned} Ballast &= 15\% \times 112594,40 \text{ Ton} \\ &= 16889,16 \text{ Ton} \end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas ditetapkan harga **$W_{WB} = 16889,16 \text{ Ton}$**

8. Berat Muatan (Pay Load)

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

Dimana : $W_{FO} = 1088,3847 \text{ Ton}$

: $W_{FB} = 86,85 \text{ Ton}$

: $W_{LO} = 885,89 \text{ Ton}$

: $W_{FW} = 670,282 \text{ Ton}$

: $W_{PROV} = 1,287 \text{ Ton}$

: $W_{P+L} = 4,64 \text{ Ton}$

Maka :

$$W_{PL} = 110.000 - 2737,33 = 107.262,67 \text{ Ton}$$

Dari perhitungan diatas ditetapkan harga **$W_{PL} = 107.262,67 \text{ Ton}$**

TOTAL BERAT DEAD WEIGHT TONNAGE SHIP (DWT)

- 1) Berat Bahan Bakar W_{FO} = 1088,3847 Ton
- 2) Berat Bahan Bakar W_{DO} = 86,85 Ton

3)	Berat Minyak Pelumas (W_{LO})	=885,89	Ton
4)	Berat Air Bersih dan Tawar (W_{FW})	=670,282	Ton
5)	Berat Makanan (W_{PROV})	=1,287	Ton
6)	Berat Awak Kapal dan Barang (W_{p+l})	=4,64	Ton
7)	Berat Muatan (W_{PL})	=107.262,67	Ton
			+
	TOTAL PERHITUNGAN DWT	= 110.000 Ton	

2.8 KOREKSI BERAT KAPAL

Displacement menurut Hukum Archimedes (Δ_1), yaitu :

$$\begin{aligned}\Delta_1 &= LWL \times B \times T \times C_b \times \gamma \\ &= 253,2 \times 35,6 \times 16 \times 0,777 \times 1,025 \\ &= 114862,579 \text{ Ton}\end{aligned}$$

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

Dimana :

$$\begin{aligned}\Delta_2 &= LWT + DWT \\ &= 6396,669 \text{ Ton} + 110000 \text{ Ton} \\ &= 116396,669 \text{ Ton}\end{aligned}$$

Maka Koreksi =

$$\left| \frac{114862,579 - 116396,669}{114862,579} \right| \times 100\% \dots\dots\dots < 0,5 \%$$

$$= 0,1 \% \dots\dots\dots < 0,5 \text{ (memenuhi)}$$

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 :

$$\begin{aligned}\overline{KB} &= T \times \left(\frac{5 \times Cw - 2 \times Cb}{6 \times Cw} \right) \\ &= 16 \times \left(\frac{5 \times 0,844 - 2 \times 0,777}{5,064} \right) \\ &= 8,423 \text{ m}\end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas ditetapkan **$\overline{KB} = 8,423 \text{ m}$**

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

Untuk titik berat menggunakan *Comprasion method*

$$\begin{aligned}KG &= 0,6 \times H \\ &= 13,380 \text{ m}\end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas ditetapkan **$\overline{KG} = 13,380 \text{ m}$**

2) Perhitungan Stabilitas Melintang

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

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

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

Maka :

$$\begin{aligned}\overline{BM} &= \frac{35,6^2}{16} \times \frac{0,844(0,844+0,04)}{12 \times 0,777} \\ &= 6,338 \text{ m}\end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas ditetapkan harga **$\overline{BM} = 6,338 \text{ m}$**

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

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

$$= 8,423 + 6,338$$

$$= 14,761 \text{ m}$$

Dari perhitungan ditetapkan **KM= 14,761 m**

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

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

$$= 14,761 - 13,38$$

$$= 1,381 \text{ m}$$

Dari perhitungan diatas ditetapkan **$\overline{GM} = 1,381 \text{ m}$**

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* oleh *International Maritime Organization* (IMO) 2009, yaitu:

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

Dimana :

T_R = Periode oleng kapal rancangan

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

$$B = 35,6 \text{ m}$$

$$T = 16 \text{ m}$$

$$LWL = 253,2 \text{ m}$$

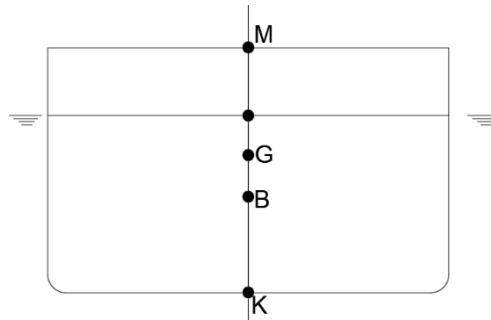
$$= 0,373 + \left(0,023 \times \frac{35,6}{16}\right) - \left(0,043 \times \frac{253,2}{100}\right) = 0,315$$

Maka :

$$= \frac{2 \times 0,315 \times 35,6}{\sqrt{1,381}}$$

$$= 19,085 \text{ detik}$$

Menurut IMO standar periode oleng maksimal 20 detik, dimana periode oleng kapal rancangan ini adalah 19,085 detik.....(memenuhi)



Sumber : Gambar Pribadi

Gambar 2. 8 Titik Stabilitas Kapal

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

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

A. $Hid = \text{Ideal Free Board}$

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

Dimana :

$$\begin{aligned} \text{a. } Sh &= 50 \times \left(\frac{LBP}{3} + 10 \right) \\ &= 50 \times \left(\frac{248,2}{3} + 10 \right) \\ &= 4636 \text{ mm} \\ &= 4,636 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{b. } Sf &= 25 \times \left(\frac{LBP}{3} + 10 \right) \\ &= 25 \times \left(\frac{248,2}{3} + 10 \right) \\ &= 2318 \text{ mm} \\ &= 2,318 \text{ m} \end{aligned}$$

Maka :

$$\begin{aligned} Hid &= H + \frac{Sh+Sf}{6} \\ Hid &= 22,3 + \frac{4,636 + 2,318}{6} \\ &= 23,459 \text{ m} \end{aligned}$$

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

Dimana :

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

$$= \frac{(2 \times 0,844+1)^3}{323}$$

$$= 0,0601$$

Maka :

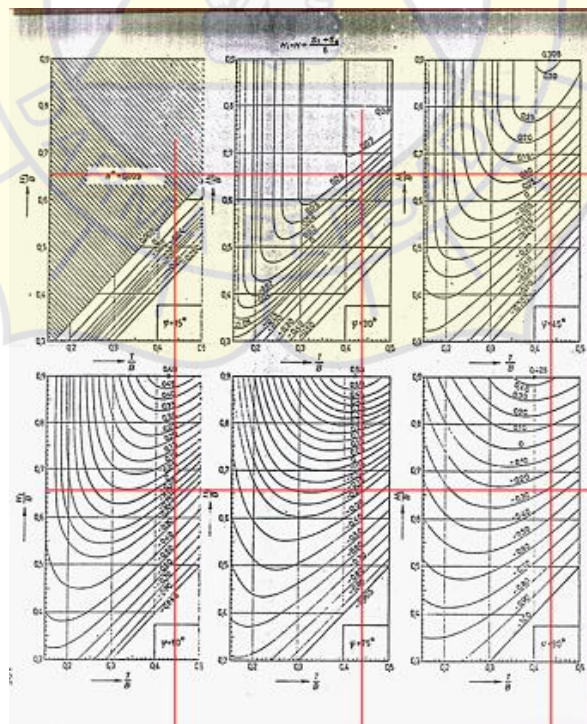
$$MTF = \frac{0,0601}{0,777} \times \frac{35,6^2}{16}$$

$$= 6,126$$

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

- $\frac{T}{B} = \frac{16}{35,6} = 0,44$
- $\overline{MTF} = \overline{BM} = 6,338 \text{ m}$
- $\frac{Hid}{B} = \frac{23,459}{35,6} = 0,658$
- $\overline{GM} = 1,381 \text{ m}$

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



Gambar 2. 9 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	0,050	0,050	-0,500	-0,200	-0,300
3. $h \cdot f \times \text{MTF}$	0	0,057	0,316	0,316	-0,633	-1,267	-1,901
4. $\text{GM} \times \sin \phi$	0	0,357	0,690	0,976	1,195	1,332	1,381
5. $\text{GZ} = (3) + (4)$	0	0,414	1,006	1,292	0,562	0,065	-0,520

Sumber : Analisa Data

6) Pengecekan Kurva Stabilitas Awal

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

a. $\text{GM} > 0,15$

Dimana :

$$\text{GM} = 0,414 \text{ m} > 0,15 \text{ m} \dots\dots\dots \text{memenuhi}$$

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

Dimana GZ kapal rancangan pada titik $30^\circ = 1,006 \text{ m} \dots\dots\dots$ memenuhi

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

Pengecekan Kurva Stabilitas Awal $\text{GZ} - 30^\circ$

Tabel 2.3. Tinggi kurva $\text{GZ} 0^\circ - 30^\circ$

NO.	Φ	GZ (m)	FS	$\text{GZ} \times \text{FS (m)}$
1	0o	0	1	0
2	5o	0,019	4	0,076
3	10o	0,217	2	0,434
4	15o	0,414	4	1,656
5	20o	0,611	2	1,222
6	25o	0,809	4	3,236
7	30o	1,006	1	1,006
			Σ_1	7,63

Sumber : Perhitungan Pribadi

$$\text{Dimana : } \Delta \text{GZ} - 30^\circ = \frac{\left(\frac{1}{3}\right) \times 5^\circ \times \Sigma_1}{57,3^\circ} = \frac{\left(\frac{1}{3}\right) \times 5^\circ \times 7,63}{57,3^\circ} = 0,221$$

Maka : $\Delta \text{GZ} - 30^\circ = 0,221 \text{ m-rad} > 0,055 \text{ m-rad} \dots\dots\dots$ memenuhi

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

Tabel 2.4. Tinggi kurva GZ $30^\circ - 40^\circ$

NO.	Φ	GZ	FS	GZ x FS
1	30°	1,006	1	1,006
2	35°	1,203	4	4,812
3	40°	1,401	1	1,401
			$\Sigma 2$	7,219

Sumber : Perhitungan Pribadi

$$\text{Dimana : } \Delta GZ - 40^\circ = \frac{\left(\frac{1}{3}\right) \times 5^\circ \times \Sigma 2}{57,3^\circ} + \Delta GZ - 30^\circ = \frac{\left(\frac{1}{3}\right) \times 5^\circ \times 3,540}{57,3^\circ} + 0,221$$

$$= 0,430$$

Maka : $\Delta GZ - 40^\circ = 0,430 \text{ m-rad} > 0,09 \text{ m-rad}$ memenuhi

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

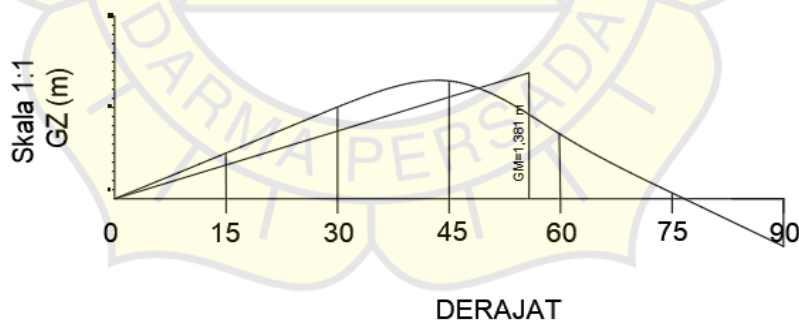
Dimana : $\Delta GZ-40^\circ = 0,430 \text{ m} - \text{rad}$

$\Delta GZ-30^\circ = 0,221 \text{ m} - \text{rad}$

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

$= (0,430) - (0,221)$

$= 0,209 > 0,03 \text{ m-rad}$ memenuhi



Sumber : Gambar Pribadi

Gambar 2. 10 Kurva 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 :

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

Dimana :

M_c	= Momen cikir kapal rancangan
ρ	= Kepadatan air laut = $104 \text{ Kg/sec}^2/\text{m}^4$
∇	= Volume <i>displacement</i> kapal rancangan = $109848,15 \text{ m}^3$
V_s	= Kecepatan kapal rancangan = 19 knot = 9,774 m/s
KG	= <i>Center Of Gravity</i> diatas <i>baseline</i> = 13,4m
T	= <i>Draft</i> kapal rancangan = 16 m
LBP	= panjang kapal rancangan = 248,2 m

$$\begin{aligned} \text{Maka : } M_c &= 0,233 \times \frac{104,5 \times 109848,15 \times (0,8 \times 9,774)^2}{248,2} \times 5,4 \\ &= 366299,489 \text{ ton meter} \end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas didapat nilai **$M_c = 366299,489$ 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
= 15 m/s

A = Luas bidang tangkap angin
= $1634,313 \text{ m}^2$

a = Jarak titik tangkap angin diatas lambung kapal
= $0,5 \times T$
= $0,5 \times 16$
= 8 m

$$\begin{aligned} \text{Maka : } M_w &= 1,3 \times 0,5 \times 1,3 \times 10^{-4} \times 15^2 \times 1634,313 \times 8 \\ &= 248,579 \text{ ton meter} \end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas ditetapkan **$M_w = 248,579$ ton mete**

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
= 1309,006 ton

$$\begin{aligned}M_w &= \text{Momen angin kapal rancangan} \\ &= 219,060 \text{ ton meter}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Maka : } M_p &= 366299,489 + 248,579 \\ &= 366548,068 \text{ ton meter}\end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas diketahui nilai **$M_p = 366548,068 \text{ ton meter}$**

4. Momen Stabilitas (M_s)

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

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

Dimana:

$$\begin{aligned}M_s &= \text{momen stabilitas kapal rancangan} \\ h_{\text{maks}} &= h \text{ tertinggi pada kurva stabilitas awal} \\ &= 2,332 \text{ m} \\ \Delta &= \text{Displacement kapal rancangan} \\ &= 79968,619 \text{ ton}\end{aligned}$$

Maka :

$$\begin{aligned}M_s &= 2,332 \text{ m} \times 79968,619 \text{ Ton} \\ &= \mathbf{186486,819 \text{ ton meter.}}\end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned}\text{Dimana : } M_s &= \text{momen stabilitas kapal rancangan} \\ &= 186486,819 \text{ ton meter} \\ M_p &= \text{Momen pengganggu kapal rancangan} \\ &= 1528,066 \text{ ton meter}\end{aligned}$$

Maka : $1528,066 \text{ ton meter} > 186486,819 \text{ ton meter}$ (**Memenuhi**)