

BAB II

RENCANA AWAL

Dalam penyusunan Tugas Desain Kapal I 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 :

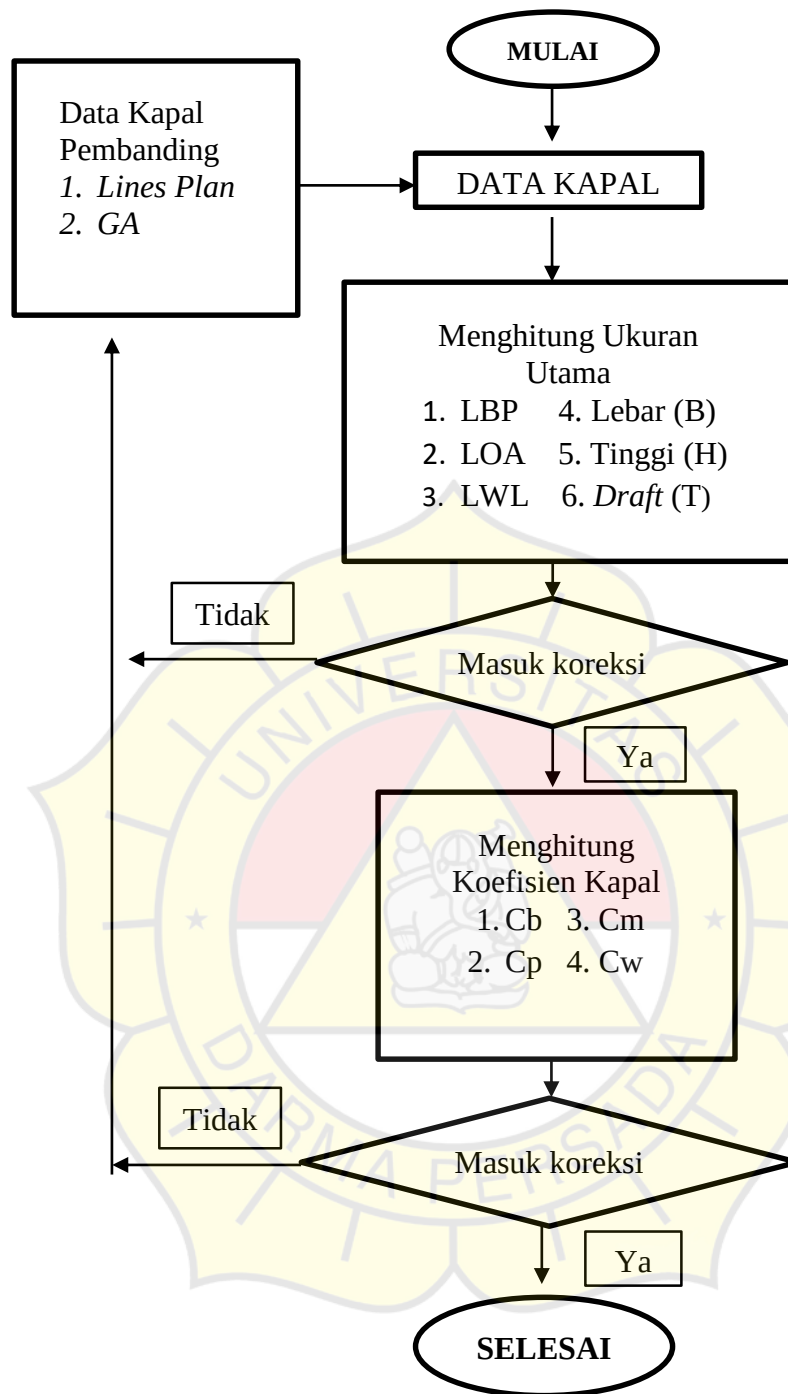
1. Estimasi Ukuran Utama, Koefisien Kapal dan Perkiraan Displasemen Kapal
2. Estimasi Tenaga Penggerak Kapal
3. Estimasi Kapasitas Ruang Muat
4. Estimasi ukuran *Super Structure*
5. Pemeriksaan *Freeboard* atau Lambung Timbul
6. Sketsa Rencana Umum
7. Estimasi Berat Kapal (*Dead Weight Ton* dan *Light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

2.1 ESTIMASI UKURAN UTAMA, KOEFISIEN DAN PERKIRAAN DISPLASEMEN KAPAL

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

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

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



Sumber : Data Pribadi

Gambar 2.1 Flow Chart Ukuran Utama Kapal

2.1.1 Estimasi Ukuran Utama Kapal

1. Estimasi Panjang Kapal

Estimasi Panjang Antara Garis Tegak / Length Between Perpendicular (LBP) Penentuan LBP berdasarkan buku *Caldwell Screw Tug Design* Hal.30, yaitu

$$LBP = Kg + \sqrt{(2,5 \times BHP - 300)}$$

Dimana :

$$\begin{aligned} HP &= \text{Total tenaga Penggerak Kapal} \\ &= 7600 \text{ Hp} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Kg &= \text{Koefisien Tipe Ocean Going} \\ &= 75 \end{aligned}$$

Maka :

$$\begin{aligned} LBP &= 75 + \sqrt{(2,5 \times 7600 - 300)} \\ &= 211,748 \text{ feet} \\ &= 64,923 \text{ meter} \end{aligned}$$

Berdasarkan Perhitungan diatas maka ditetapkan **LBP = 65,00 m**

2. Estimasi Panjang Keseluruhan Kapal (LOA)

Penentuan panjang keseluruhan kapal, digunakan perbandingan LOA/LBP dari kapal pembanding, dimana perbandingannya adalah :

$$\begin{aligned} C &= \frac{LOA}{LBP} \\ &= \frac{75,40}{67,16} \\ &= 1,122 \end{aligned}$$

Untuk kapal rancangan :

$$\begin{aligned} LOA &= C \times LBP \\ &= 1,122 \times 65,00 \text{ m} \\ &= 72,976 \text{ m} \end{aligned}$$

Berdasarkan Perhitungan diatas maka ditetapkan **LOA = 73,00 m**

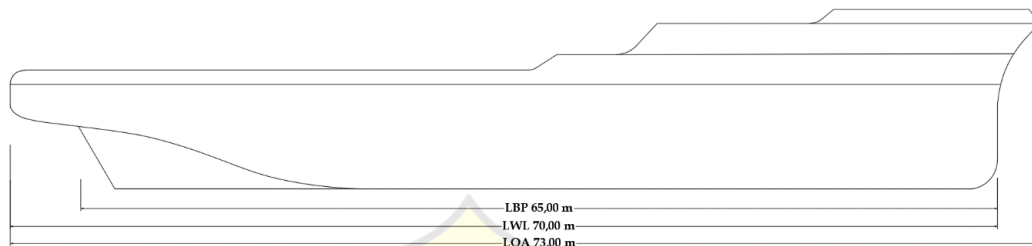
3. Estimasi Panjang Garis Air Kapal(LWL)

Penentuan panjang keseluruhan kapal, digunakan perbandingan LWL/LBP dari kapal pembanding, dimana perbandingannya adalah :

$$LWL / LBP = 1,072$$

$$\begin{aligned}\text{Maka LWL rancangan} &= 1,072 \times \text{LBP rancangan} \\ &= 1,072 \times 65,00 \\ &= 69,680\end{aligned}$$

Berdasarkan Perhitungan diatas maka ditetapkan **LWL = 70,00 m**



Sumber : Gambar Pribadi

Gambar 2.2 LOA, LWL, LBP Kapal Rancangan

4. Estimasi Lebar Kapal

Untuk menentukan lebar kapal, digunakan perbandingan LBP / B dari tabel 1 yang terdapat dalam buku *Caldwell Screw Tug Design* Hal.28, yaitu :

$$\begin{aligned}\text{LBP} / \text{B} &= 3,998 \\ \text{B} &= \text{LBP} / 3,998 \\ &= 65,00 / 3,998 \\ &= 16,258 \text{ meter}\end{aligned}$$

Berdasarkan Perhitungan diatas maka ditetapkan **B = 16,30 m**

5. Estimasi Tinggi Kapal

Untuk menentukan lebar kapal, digunakan perbandingan L / H dari tabel 1 yang terdapat dalam buku *Caldwell Screw Tug Design* Hal.28, yaitu :

$$\begin{aligned}\text{L} / \text{H} &= \frac{67,16}{7,50} \\ &= 8,955\end{aligned}$$

Untuk kapal rancangan :

$$\begin{aligned}\text{H} &= \frac{\text{LBP}}{\text{aspectratio}} \\ &= \frac{65,00}{8,955} = 7,259 \text{ m}\end{aligned}$$

Berdasarkan Perhitungan diatas maka ditetapkan **H = 7,30 m**

6. Estimasi Sarat Kapal

Untuk menentukan tinggi sarat air, digunakan perbandingan B / T dari tabel 1 yang terdapat dalam buku *Caldwell Screw Tug Design* Hal.28, yaitu :

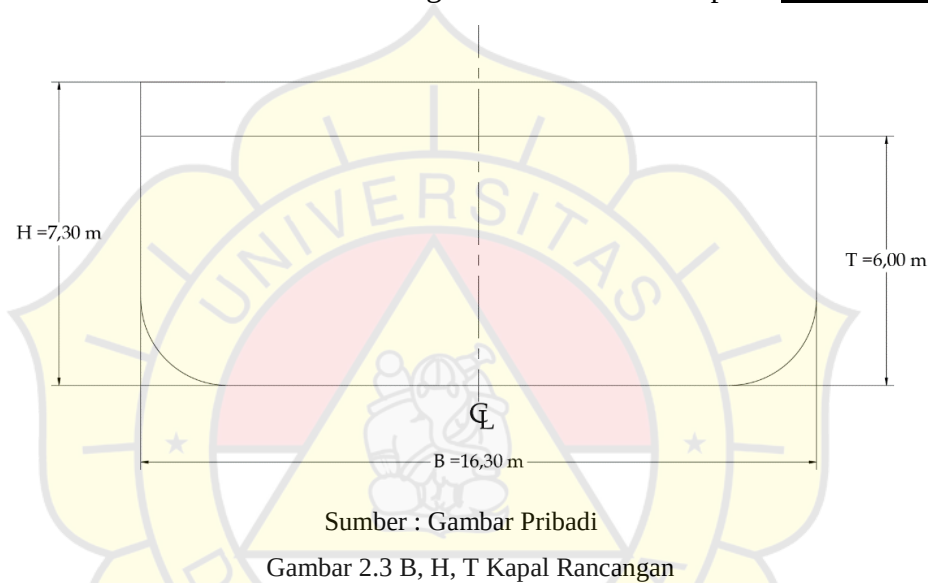
$$B / T = 2,754$$

$$T = B / 2,754$$

$$= 16,30 / 2,754$$

$$= 5,919 \text{ meter}$$

Berdasarkan Perhitungan diatas maka ditetapkan **T = 6,00 m**



Koreksi perbandingan ukuran utama kapal adalah sebagai berikut:

1. $\frac{LBP}{B} = \frac{65,00}{16,30} = 3,988$ (memenuhi) *Ship Design – Methodologies of Preliminary Design* hal.102 (3,8-4,5)

2. $\frac{B}{T} = \frac{16,30}{6,00} = 2,717$ (memenuhi) menurut *ship design for efficiency and economy*, hal 194 (1.5 – 6.5)

3. $\frac{T}{H} = \frac{6,00}{7,30} = 0,822$ (memenuhi) *Offshore Supply Vessel Desing Studies With Application Of Expert sytems* (0,66 – 0,82)

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*).

$$\frac{65,00}{16} = 4,062 \text{ (L/16 for Unlimited Range of Service and P}$$

(*Restricted Ocean Service*) Nilai $H \geq 4,062$.

Dimana nilai kapal rancangan $H \geq 4,065$(memenuhi).

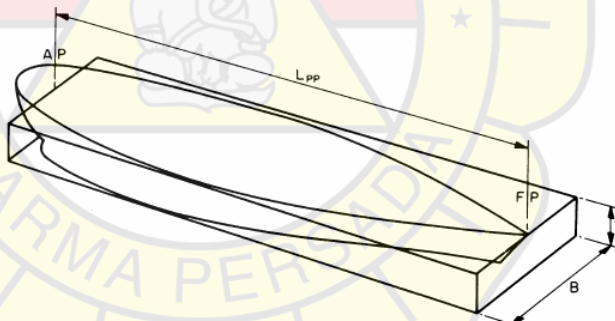
$$5. \frac{B}{H} = \frac{16,30}{7,30} = 2,227 \text{ (memenuhi) Offshore Supply Vessel}$$

Desing Studies With Application Of Expert sytems (2,2-2,5)

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

maka untuk mendapatkan C_b kapal rancangan dihitung dengan rumus Acc. Kerlen (1970) :

$$C_b = 1,179 - 2,026 \times Fn$$

$$\text{Dimana : } Fn = \text{Froude Number} = \frac{V_s}{\sqrt{g \times L_{pp}}}$$

$$V_s = 13 \text{ knots} = 6,687 \text{ m/s}$$

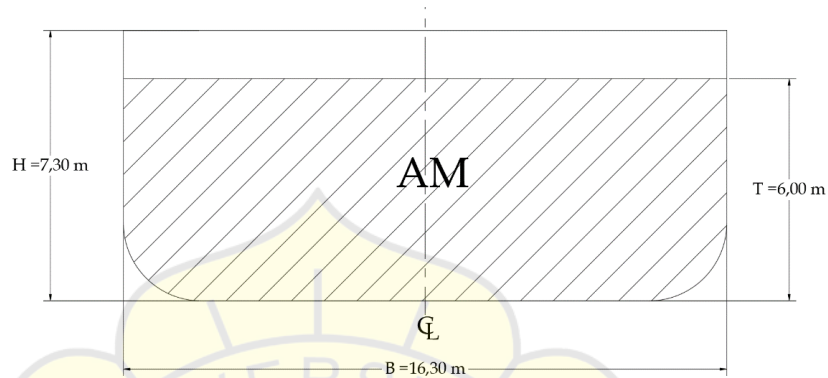
$$L_{pp} = 65,00 \text{ m}$$

$$g = 9,81 \text{ m/s}^2$$

$$\begin{aligned} \text{Jadi : } F_n &= \frac{6,687}{\sqrt{9,81 \times 65,00}} & C_b &= 1,179 - 2,026 \times F_n \\ F_n &= 0,265 & C_b &= 1,179 - 2,026 \times 0,265 \\ & & C_b &= 0,642 \end{aligned}$$

Berdasarkan Perhitungan diatas maka ditetapkan **C_b = 0,642**

b. *Coefficient Midship* (C_m)



Sumber : Gambar Pribadi

Gambar 2.5 Koefisien Luasan Penampang Tengah

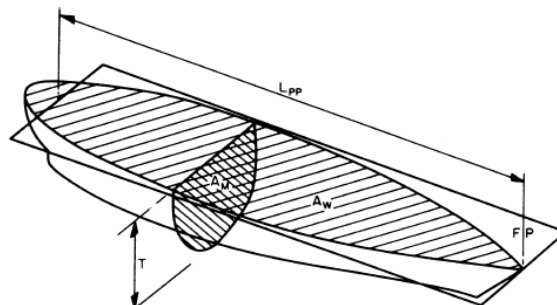
Maka untuk mendapatkan C_m kapal rancangan dihitung dengan menggunakan rumus dari Acc. Sabit Series 60 (*"Ship Design and Ship Theory"* hal. 52)

$$\begin{aligned} C_m &= 0,93 + 0,08 \times C_b \\ &= 0,93 + 0,08 \times 0,642 \\ &= 0,981 \end{aligned}$$

Berdasarkan Perhitungan diatas maka ditetapkan **C_m = 0,981**

c. *Coefficient Prismatic* (C_p)

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



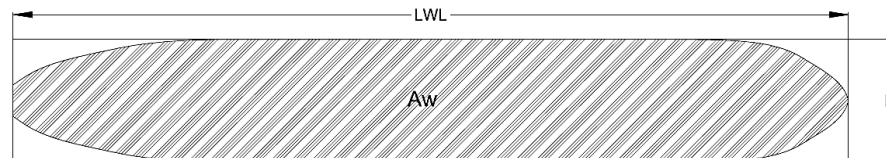
Sumber : Buku Teknik Konstruksi Kapal Baja Jilid I

Gambar 2.6 Koefisien Prismatic

$$\begin{aligned} C_p &= \frac{C_b}{C_m} \\ &= \frac{0,642}{0,981} \\ &= 0,654 \end{aligned}$$

Berdasarkan Perhitungan diatas maka ditetapkan **C_p = 0,654**

d. *Coefficient Waterline (C_w)*



Sumber : Gambar Pribadi

Gambar 2.7 Koefisien Garis Air

Menurut buku *Schneekluth, 1998*

$$\begin{aligned} C_w &= \frac{(1+2 \times \sqrt{\frac{C_b}{C_m}})}{3} \\ &= \frac{(1+2 \times \sqrt{\frac{0,642}{0,981}})}{3} \\ &= 0,873 \end{aligned}$$

Berdasarkan Perhitungan diatas maka ditetapkan **C_w = 0,873**

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
= 70,00 m

B = Lebar kapal rancangan
= 16,30 m

T = Sarat air kapal rancangan
= 6,00 m

C_b = Coefficient block kapal rancangan

$$= 0,642$$

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

Maka :

$$\Delta = 70,00 \times 16,30 \times 6,00 \times 0,642 \times 1,025 \\ = 4505,010 \text{ Ton}$$

Berdasarkan Perhitungan diatas maka ditetapkan **$\Delta = 4505,010 \text{ Ton}$**

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 :

$$\nabla = C_b \times LWL \times B \times T \\ = 0,642 \times 70,00 \times 16,30 \times 6,00 \\ = 4395,132 \text{ m}^3$$

Berdasarkan Perhitungan diatas maka ditetapkan **$\nabla = 4395,132 \text{ m}^3$**

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 *Ship Design for Efficiency and Economy* rumus *radius bilge* ,yaitu:

$$R = \sqrt{2,33 \times (1 - C_m) \times B \times T}$$

Dimana :

$$B = \text{Lebar Kapal Rancangan} \\ = 16,30 \text{ m}$$

$$C_m = \text{Coefficient midship kapal rancangan} \\ = 0,981 \text{ m}$$

$$T = \text{Sarat Kapal Rancangan} \\ = 6,00 \text{ m}$$

Maka :

$$R = \sqrt{2,33 \times (1 - 0,981) \times 16,30 \times 6,00} \\ = 2,100 \text{ m}$$

Dari perhitungan diatas ditetapkan harga **R = 2,100 m**

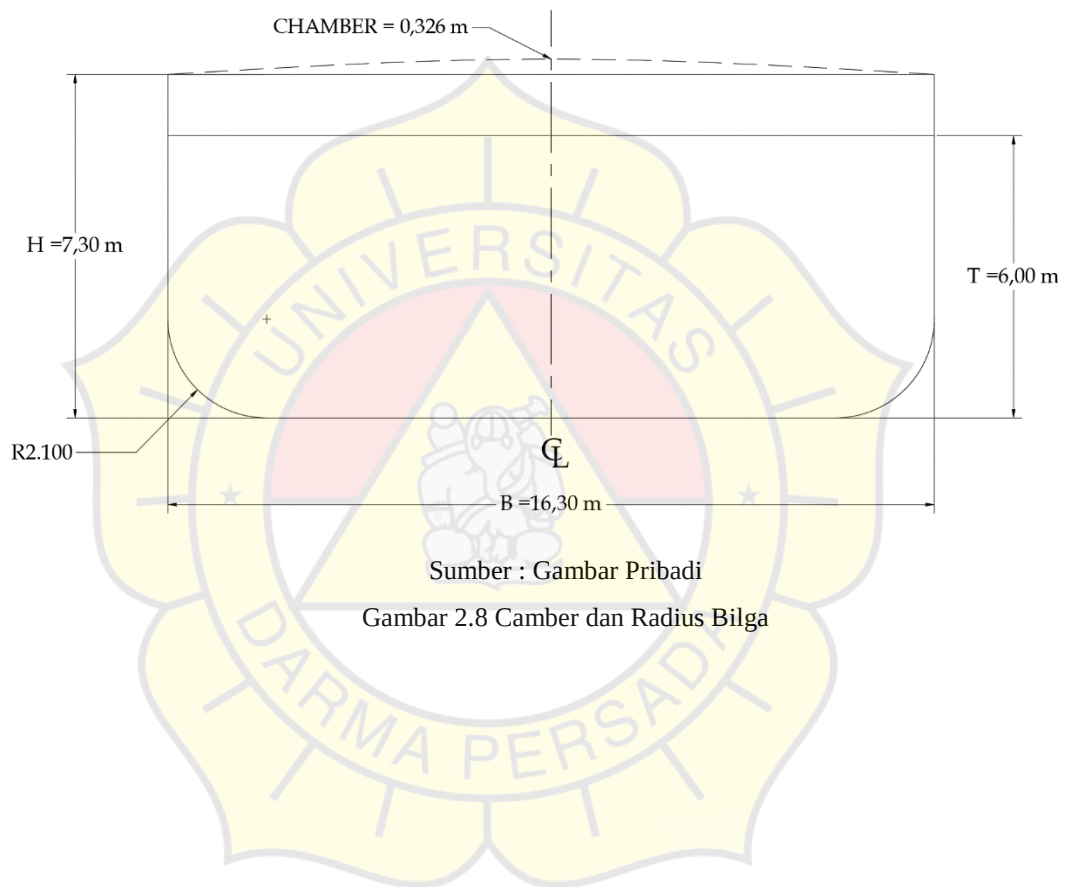
B. Menentukan *Camber*

Untuk menentukan *camber* dapat menggunakan rumusan sebagai berikut :

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

$$Camber = \frac{16,30}{50} = 0,326 \text{ m}$$

Berdasarkan Perhitungan diatas maka ditetapkan **Camber = 0,326 m**



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*).

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

$$\begin{aligned}\text{Dimana : } f &= 0,00871 + \frac{0,053}{(LBP+8,8)} \\ &= 0,00871 + \frac{0,053}{[65,00 \times 3,28)+8,8]} \\ &= 0,00895\end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned}S &= Lwl \times (1,7 \times T + Cb \times B) \\ &= 70,00 \times (1,7 \times 6,00 + 0,642 \times 16,30) \\ &= 1446,522 \text{ m}^2 \\ &= 15570,233 \text{ ft}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Maka : } R_f &= 0,00895 \times 15570,233 \times 13^{1,825} \\ &= 15033,661 \text{ lbs} \\ &= 6819,154 \text{ kg}\end{aligned}$$

b. Perkiraan Hambatan Sisa (Rr)

$$\begin{aligned}R_r &= 12,5 \times Cb \times \Delta \times \frac{Vs^4}{LBP^2} \\ &= 12,5 \times 0,642 \times 4505,010 \times \frac{13^4}{(65 \times 3,28)^2} \\ &= 22716,416 \text{ lbs} \\ &= 10303,993 \text{ kg}\end{aligned}$$

c. Perkiraan Hambatan Total (Rt)

$$\begin{aligned}R_t &= R_f + R_r \\ &= 6819,154 \text{ kg} + 10303,993 \text{ kg} \\ &= 17123,147 \text{ kg}\end{aligned}$$

d. Penentuan Besar Tenaga Penggerak (EHP)

$$\begin{aligned} \text{EHP} &= \frac{Rt \times Vs}{75} \\ &= \frac{17123,147 \times 13 \times 0,5144}{75} \\ &= 1526,745 \text{ HP} \end{aligned}$$

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

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

Dimana: PC diperkirakan 0,7

$$\begin{aligned} &= \frac{1526,745}{0,7} \\ &= 2181,065 \text{ HP} \end{aligned}$$

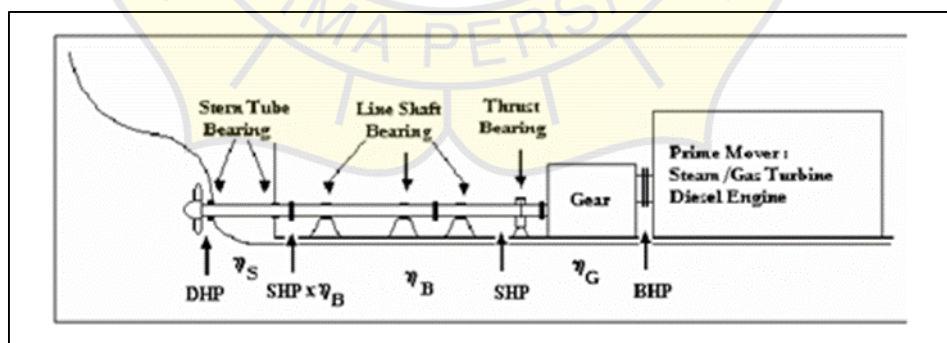
f. Penentuan Besar Tenaga Penggerak (BHP)

Sea Margin berkisar antara 15%~20%

$$\begin{aligned} \text{BHP} &= (20\% \times \text{SHP}) + \text{SHP} \\ &= (20\% \times 2181,065) + 2181,065 \\ &= 2617,278 \text{ HP} \\ &= 1951,704 \text{ Kw} \end{aligned}$$

Faktor MCR : BHPsm / 85%

$$\begin{aligned} \text{BHP}_{\text{mcr}} &= \frac{100}{85} \times 2617,278 \text{ HP} \\ &= 3079,150 \text{ HP} \\ &= 2296,122 \text{ KW} \end{aligned}$$

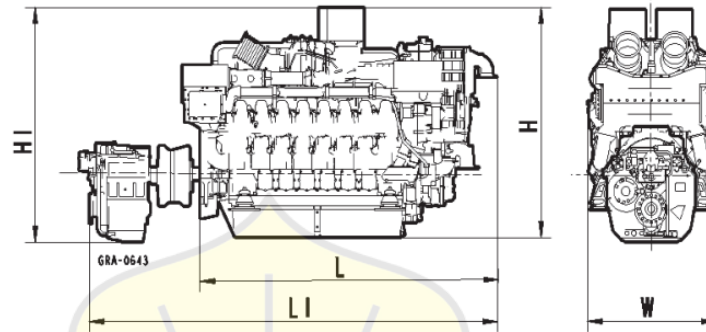


Sumber : Google Picture

Gambar 2.9 Tenaga Penggerak Kapal

2.2.1 Penentuan Mesin Utama

Di karenakan perhitungan kapal menggunakan besar daya mesin Utama maka perancang menggunakan daya sebesar **3800 HP (2833 KW)**. Dengan daya mesin yang telah didapatkan, maka perancang mencari spesifikasi tersebut dikatalog yang ada.



Sumber : MTU Engine Catalogue

Gambar 2.10 Mesin Utama Sementara

Untuk kapal rancangan ini menggunakan 2 Mesin Utama dengan spesifikasi sebagai berikut :

- Merk : MTU
- Type : 16V 4000 M73L
- Daya : 2880 KW (3860) HP
- Cylinders : 16
- Stroke : 190 mm
- Cylinder bore : 170 mm
- Speed : 2000 rpm
- SFOC : 216 g/KWh
- P x L x T : 3480 mm x 1465 mm x 2450 mm

2.2.2 Penentuan Mesin Bantu

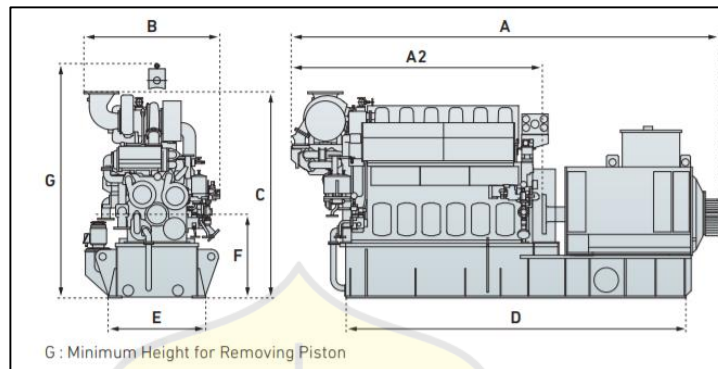
Dalam pengoperasian mesin-mesin pada geladak kapal, pompa-pompa hidrolik, lampu-lampu, *Air Condition*, peralatan navigasi dan peralatan lainnya diatas kapal selama kapal melakukan pelayaran diperlukan Generator/mesin bantu yang dapat menghasilkan listrik untuk menghidupkan peralatan tersebut.

$$\text{PAE} = 10 - 15 \% \times \text{BHP}$$

Dimana: PAE = Daya mesin bantu kapal rancangan

BHP = Daya mesin utama kapal rancangan = 3860 HP

Maka : PAE = 15 % x 3860 = 579 HP
= 431,760 KW



Sumber : *Yanmar Engine Catalogue*

Gambar 2.11 Mesin Bantu Sementara

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

- Merk : Yanmar
- Type : 6EY18LW
- Daya : 450 KW
- Cylinders : 6
- Stroke : 280 mm
- Cylinder bore : 180 mm
- Speed : 720 rpm
- SFOC : 196 g/KWh
- P x L x T : 4441 mm x 1493mm x 2215 mm

2.3. 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 :

2.3.1 Perhitungan Berat Kapal Kosong (LWT)

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

A. Berat Baja Kapal (W_{ST})

B. Berat Permesinan Kapal (W_{ME})

C. Berat Perkayuan dan *Outfitting* (W_{WO})

D. Margin

1. Perhitungan Berat Baja Kapal (W_{ST})

Untuk menentukan Berat Baja Kapal rancangan ini digunakan formula yang terdapat dalam buku *Practical Ship Design* halaman 85, yaitu :

$$W_{ST} = K \times E^{1,36}$$

Dimana :

W_{ST} = Berat Baja Kapal

K = untuk *supply vessel* 0,045 ton/m²

E = *Hull Numeral* (m²) untuk *supply vessel* (800-1300)

Maka :

$$\begin{aligned} W_{ST} &= 0,045 \times 1050^{1,36} \\ &= 578,135 \text{ ton} \end{aligned}$$

Berdasarkan Perhitungan diatas ditetapkan **$W_{ST} = 578,135 \text{ ton}$**

2. Berat Permesinan Kapal (W_{ME})

Watson (1998) menjelaskan bahwa berat permesinan utama kapal untuk *diesel electric modern* dapat dihitung menggunakan persamaan berikut :

$$W_M = 0,72 (MCR)^{0,78}$$

Dimana :

W_M : Berat mesin total kapal [ton]

MCR : *Maximum Continuous Rating* / Power mesin [HP]

Maka :

$$\begin{aligned} W_M &= 0,72 (7720)^{0,78} \\ &= 766,244 \text{ ton} \end{aligned}$$

Berdasarkan Perhitungan diatas ditetapkan **$W_{ME} = 775,644 \text{ ton}$**

3. Berat Perkayuan dan *Outfitting* (W_{WO})

Untuk menentukan berat perkayuan dan *outfitting* kapal rancangan ini digunakan rumus pendekatan yang terdapat dalam

buku dalam *Ship Design - Methodologies of Preliminary Design* hal 222 halaman 168,yaitu:

$$W_{wo} = K \times L \times B$$

Dimana :

W_{wo} = Berat perkayuan dan *outfitting* kapal rancangan

K = 0,35- 0,40 ton/m² untuk *supply*

L = Panjang kapal rancangan = 73 m

B = Lebar kapal rancangan = 16,30 m

Maka:

$$\begin{aligned} W_{wo} &= 0,3 \times 73 \times 16,30 \\ &= 416,465 \text{ ton} \end{aligned}$$

Berdasarkan Perhitungan diatas ditetapkan **$W_{wo} = 416,465 \text{ ton}$**

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 = 578,135 ton

W_{ME} = Berat permesinan kapal = 766,244 ton

W_{wo} = Berat perkayuan dan *outfitting* kapal rancangan
= 416,465 ton

Maka :

$$\begin{aligned} \text{Margin} &= [578,135 + 766,244 + 416,465] \times 2\% \\ &= 36,890 \text{ ton} \end{aligned}$$

Berdasarkan Perhitungan diatas ditetapkan **$\text{Margin} = 36,890 \text{ ton}$**

TOTAL BERAT LIGHT WEIGHT (LWT) KAPAL :

1) Berat Baja Kapal (W_{ST})	=578,135 Ton
2) Berat Permesinan Kapal (W_{ME})	=766,244 Ton
3) Berat Perkayuan & <i>Outfitting</i> (W_{wo})	=416,465 Ton
4) Margin LWT	= 38,890 Ton +
Berat Kapal Kosong (LWT)	=1799,734 Ton

Koreksi LWT

$$\begin{aligned} - \text{LWT}_1 &= \Delta - \text{DWT} \\ &= 4505,010 - 2705,527 \\ &= 1799,483 \text{ Ton} \end{aligned}$$

$$- \text{LWT}_2 = 1799,734 \text{ Ton}$$

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

$$\left| \frac{1799,483 - 1799,734}{1799,734} \right| \times 100\% = 0$$

$$= 0,000139 \% \leq 0,5\% \text{ (memenuhi)}$$

2.3.2 Perhitungan Bobot Mati Kapal (DWT)

Menurut *Harald Poehls*, 1979.

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

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

Dimana :

$$Pb_{ME} = M/E = 2 \times 2880 = 5760 \text{ KW}$$

$$b_{ME} = \text{Koefisien pemakaian BBM} = 216 \text{ g/KWh}$$

$$S = \text{Radius Pelayaran} = 296,96 \text{ mil laut}$$

$$Vs = 13 \text{ knots}$$

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

Maka :

$$\begin{aligned} W_{FO} &= [(5760 \times 216)] \times \frac{296,96}{13} \times 10^{-6} \times 1,5 \\ &= 42,630 \text{ Ton} \end{aligned}$$

Berdasarkan Perhitungan diatas ditetapkan **$W_{FO} = 42,630 \text{ Ton}$**

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

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

Dimana :

$$Pb_{AE} = A/E = 450 \text{ Kw}$$

$$b_{AE} = \text{Koefisien pemakaian BBM} = 196 \text{ g/kWh}$$

$$S = \text{Radius Pelayaran} = 296,96 \text{ mil laut}$$

$$Vs = 13 \text{ knots}$$

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

Maka :

$$\begin{aligned} \text{WFO} &= [1350 \times 196] \times \frac{296,96}{13} \times 10^{-6} \times 1,5 \\ &= 9,066 \text{ Ton} \end{aligned}$$

Berdasarkan Perhitungan diatas ditetapkan **W_{DO} = 9,006 Ton**

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

1. Berat Minyak Pelumas Mesin Utama

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

Dimana :

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

Maka :

$$\begin{aligned} W_{LO} &= [(5760 \times 1,5)] \times \frac{296,96}{13} \times 10^{-6} \times (1,5) \\ &= 0,296 \text{ Ton} \end{aligned}$$

Berdasarkan Perhitungan diatas ditetapkan **W_{LO} = 0,296 Ton**

2. Berat Minyak Pelumas Mesin Bantu

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

Dimana :

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

Maka :

$$\begin{aligned} W_{LO} &= [1350 \times 1,5] \times \frac{296,96}{13} \times 10^{-6} \times (1,5) \\ &= 0,069 \text{ Ton} \end{aligned}$$

Berdasarkan Perhitungan diatas ditetapkan **W_{LO} = 0,296 + 0,069**

Maka total dari minyak pelumas ditetapkan **W_{LO} = 0,365 Ton**

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

Dimana :

- | | | |
|--------------------------------|-----|---------------------|
| ➤ Jumlah penumpang ABK | Z | = 40 Orang |
| ➤ Drinking Water | DW | = 10-20 kg/org/hari |
| ➤ Washing water + Bathing Room | BR | = 70 kg/org/hari |
| ➤ Boilet Feed Water | BFW | = 0,14 kg/KWh |
| ➤ Addition For Tank Volume | Add | = 3% - 4% |

$$\begin{aligned}W_{FW} &= \left[\frac{((DW + (WW + BR)) \times Z) + (BFW \times (Pb_{ME} + Pb_{AE}) \times 24)}{(0,14 \times (7720 + 1350) \times 24)} \right] \times \frac{s}{v} \times \frac{1}{24} + Add \\&= \left[\frac{(15 + (15 + 70) \times 40) + (0,14 \times (7720 + 1350) \times 24)}{(0,14 \times (7720 + 1350) \times 24)} \right] \times \frac{296,96}{13} \times \frac{1}{24} + 4\% \\&= 25179,392 \text{ kg} \\&= 25,179 \text{ Ton}\end{aligned}$$

Berdasarkan Perhitungan diatas ditetapkan **W_{FW} = 25,179 Ton**

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

$$W_{PROV} = Cp \times Z \times \frac{s}{v_s} \times \frac{1}{24}$$

Dimana :

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

$$Z = 40 \text{ Orang}$$

Maka :

$$\begin{aligned}W_{PROV} &= 5 \times 40 \times \frac{3000}{13} \times \frac{1}{24} \\&= 1923,076 \text{ kg} \\&= 1,923 \text{ Ton}\end{aligned}$$

Berdasarkan Perhitungan diatas ditetapkan **W_{PROV} = 1,923 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 :

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

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

$$Z = \text{Jumlah ABK} = 40 \text{ Orang}$$

Maka :

$$\begin{aligned}W_{P+L} &= 40 \times (75 + 70) \\&= 5800 \text{ kg} \\&= 5,800 \text{ Ton}\end{aligned}$$

Berdasarkan Perhitungan diatas ditetapkan **W_{P+L} = 5,800 Ton**

7. Berat Air Ballast (W_{WB})

Dalam buku *Global Maritime Transport and Ballast Water Management* Karangan Matej David Hal. 20.

$$\text{Ballast} = (30 - 45)\% \times \Delta$$

Dimana:

$$\Delta = 4505,010 \text{ Ton}$$

Maka :

$$\begin{aligned}\Delta &= 0,3 \times 4505,010 \text{ Ton} \\ &= 1351,503 \text{ Ton}\end{aligned}$$

Berdasarkan Perhitungan diatas ditetapkan **W_{WB} = 1351,503 Ton**

8. Dead Weight Ton Ship (DWT)

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

$$\begin{aligned}\text{DWT} &= 4505,010 - 1799,734 \\ &= 2705,276\end{aligned}$$

Menghitung dan Koreksi berat mati kapal (DWT)

Berat DWT/ Δ menurut pendekatan BOU

$$(0,6 - 0,75) \Delta$$

Dimana :

$$\begin{aligned}&= \frac{2705,527}{4505,010} \\ &= 0,60\end{aligned}$$

9. Berat Muatan (Pay Load)

$$\text{W}_{\text{PL}} = \text{DWT} - (\text{W}_{\text{FO}} + \text{W}_{\text{DO}} + \text{W}_{\text{LO}} + \text{W}_{\text{FW}} + \text{W}_{\text{PROV}} + \text{W}_{\text{p+l}})$$

Dimana:

$$\text{W}_{\text{FO}} = 42,630 \text{ Ton}$$

$$\text{W}_{\text{DO}} = 9,006 \text{ Ton}$$

$$\text{W}_{\text{LO}} = 0,365 \text{ Ton}$$

$$\text{W}_{\text{FW}} = 25,179 \text{ Ton}$$

$$\text{W}_{\text{PROV}} = 0,190 \text{ Ton}$$

$$\text{W}_{\text{p+l}} = 5,800 \text{ Ton}$$

Maka :

$$\text{W}_{\text{PL}} = 2705,527 - 83,170 = 2622,357 \text{ Ton}$$

Berdasarkan Perhitungan diatas ditetapkan **W_{PL} = 2622,357 Ton**

TOTAL BERAT DEAD WEIGHT TON SHIP (DWT)

1) Berat Bahan Bakar W_{FO}	= 42,630	Ton
2) Berat Bahan Bakar W_{DO}	= 9,006	Ton
3) Berat Minyak Pelumas (W_{LO})	= 0,365	Ton
4) Berat Air Bersih dan Tawar (W_{FW})	= 25,179	Ton
5) Berat Makanan (W_{PROV})	= 0,190	Ton
6) Berat Awak Kapal dan Barang (W_{p+l})	= 45,800	Ton
7) Berat Muatan (W_{PL})	= 2622,357	Ton
		+

TOTAL PERHITUNGAN DWT = 2705,527 ton

2.3 KOREKSI BERAT KAPAL

Displacement menurut Hukum Archimedes (Δ_1), yaitu :

$$\begin{aligned}\Delta_1 &= LWL \times B \times T \times C_b \times \gamma \\ &= 70,00 \times 16,30 \times 6,00 \times 0,642 \times 1,025 \\ &= 4505,010 \text{ Ton}\end{aligned}$$

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

Dimana :

$$\begin{aligned}\Delta_2 &= LWT + DWT \\ &= 1799,734 \text{ Ton} + 2705,527 \text{ ton} \\ &= 4505,261 \text{ Ton}\end{aligned}$$

Maka Koreksi = $\left| \frac{4505,010 - 4505,261}{4505,010} \right| \times 100\% \dots\dots\dots < 0,5 \%$

= 0,101 % $\dots\dots\dots < 0,5$ (memenuhi)

2.5 ESTIMASI VOLUME RUANG MUAT KAPAL

Dari perhitungan DWT kapal Didapatkan Berat muatan 2622,357 Ton.
maka spesifikasi muatan kapal sebagai berikut:

Table 2.1 Estimasi Ruang

<i>Cargo Type</i>	<i>% of total payload</i>	<i>Weight</i>	<i>SG</i>	<i>volume</i>
<i>Fuel Oil</i>	13%	340,906	0,85	289,770
<i>Mud /Brine</i>	15%	393,354	2,5	983,385
<i>Fresh Water</i>	12%	314,683	1	314,683
<i>Cement</i>	15%	393,354	1,4	550,696
<i>Cargo Deck</i>	45%	1180,06		1180,061
	100	2622,358		

Sumber : Perhitungan Pribadi

2.5 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. 2 Standard Height (m) of superstructure

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

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

Dari data di atas kita bisa menggunakan formulasi interpolasi, untuk mencari nilai ukuran dari panjang kapal (L) 73 m.

Raised Quarterdeck :

$$= 1,2 + \left[\frac{70 - 75}{73 - 75} \right] \times (1,2 - 0,9)$$

$$= 1,063 \text{ m}$$

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

All other Superstructure

$$= 1,8 + \left[\frac{70 - 75}{73 - 75} \right] \times (1,8 - 1,8)$$

$$= 1,800 \text{ m}$$

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

2.6 PEMERIKSAAN FREEBOARD ATAU LAMBUNG TIMBUL

Perhitungan *Freeboard* atau Lambung Timbul

$$f = H - T$$

$$= 7,30 \text{ m} - 6 \text{ m}$$

$$= 1,30 \text{ m}$$

2.7 SKETSA RENCANA UMUM

1. Jarak Gading

ABS class 2019 *part 3 Ch 2 Sec 5 page 112*

Standard spacing of transverse frames :

$$S = 208L + 438 \text{ mm} \quad \text{untuk } L < 270 \text{ m}$$

$$\text{Dimana : } L = 65 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}\text{Maka: } S &= 2,08L + 438 \text{ mm} \\ &= 2,08(65 \text{ m}) + 438 \text{ mm} \\ &= 573,220 \text{ mm}\end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan diatas Maka ditetapkan untuk *frame space* kapal rancangan adalah **600 mm**

NK class 2019 *part 3 Ch 7 Sec 2 page 64*

Standard spacing of Longitudinal frames :

$$S = 550 + 2 L \text{ mm}$$

$$\text{Dimana : } L = 65,00 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}\text{Maka: } S &= 550 + 2L \text{ mm} \\ &= 550 + 2(65,00) \text{ mm} \\ &= 680 \text{ mm}\end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan diatas Maka di tetakan untuk *frame space* kapal rancangan adalah **680 mm**

2. Jarak Sekat Ceruk Haluan dari *ForePeak*

$$\begin{aligned}Sh &= (0,05 - 0,08) \times LBP \\ 0,05L &= 0,05 \times 65 \text{ m} \\ &= 3250 \text{ m} \\ &= 3,25 \text{ m}\end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan diatas Maka di tetakan untukj jarak Sekat ceruk haluan kapal rancangan adalah **3,25 m**

3. Jarak Sekat Ceruk Buritan dari *AfterPeak*

$$\begin{aligned}Sb &= (3-5) \times a_0 \\ &= 3 \times 600 \text{ mm} \\ &= 1800 \text{ mm} \\ &= 1,80 \text{ m}\end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan diatas Maka di tetakan untuk jarak Sekat ceruk buritan kapal rancangan adalah **1,80 m**

4. Sekat Kamar Mesin

$$\begin{aligned}Sk_m &= (17-22)\% \times LBP \\ &= 20\% \times 65 \text{ m} \\ &= 13 \text{ m}\end{aligned}$$

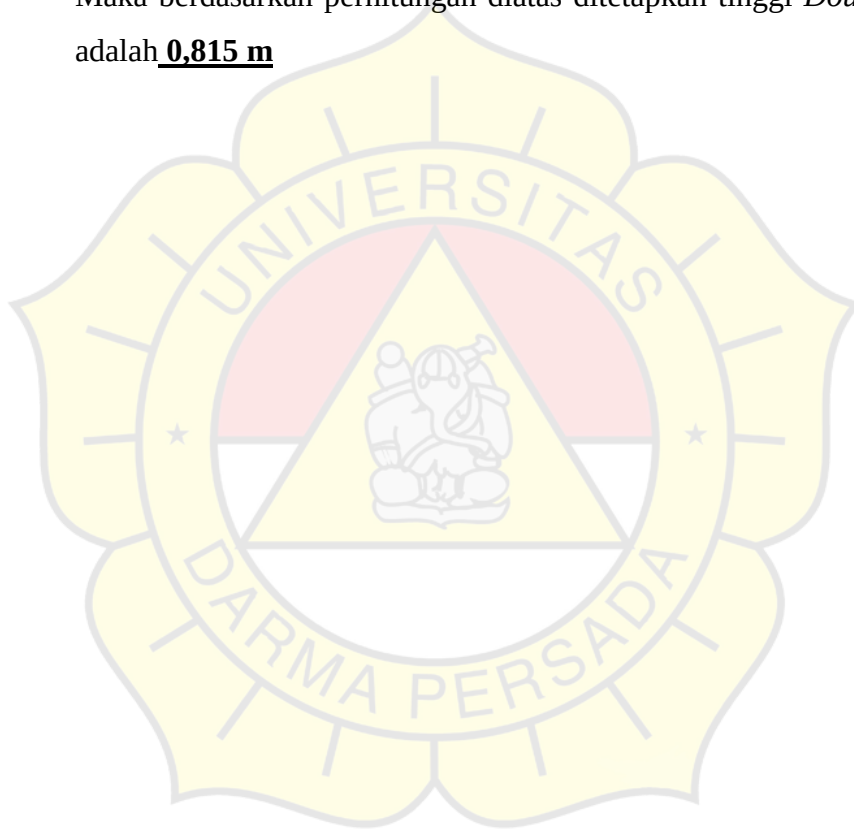
Berdasarkan perhitungan diatas Maka di tetakan untuk jarak Sekat Kamar Mesin kapal rancangan adalah **1,80 m**

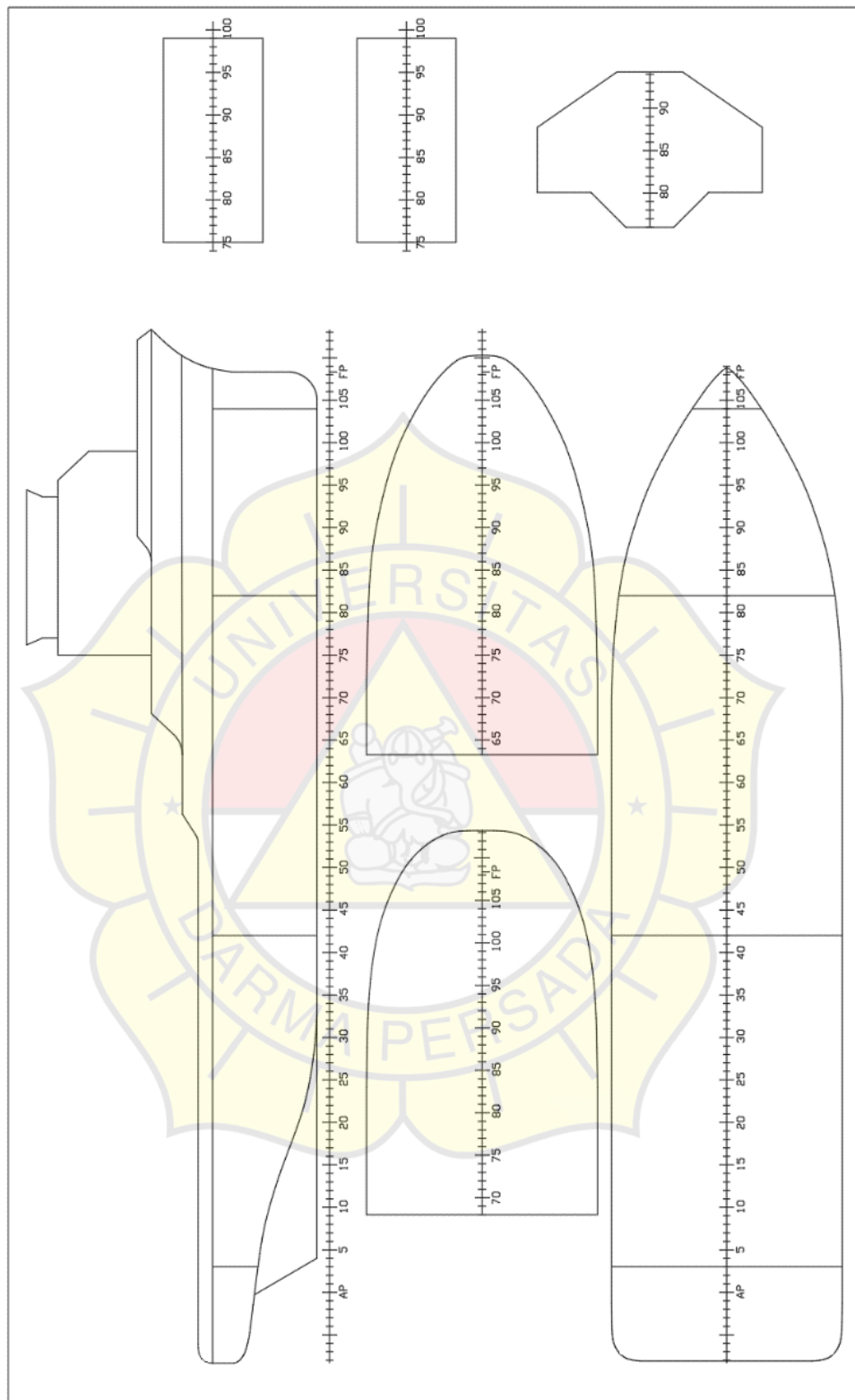
5. Tinggi *Double Bottom*

Berdasar kan ABS *Class Part 3 ch 2*, tinggi *Double Bottom* yaitu:

$$\begin{aligned} H_{db} &= \frac{B}{20} \quad (\text{m}) \\ &= \frac{16,30}{20} \\ &= 0,815 \text{ m} \end{aligned}$$

Maka berdasarkan perhitungan diatas ditetapkan tinggi *Double Bottom* adalah **0,815 m**





Sumber : Gambar Pribadi

Gambar 2. 12 Sketsa Rencana Umum

2.9 ESTIMASI STABILITAS AWAL KAPAL

Stabilitas kapal adalah kesetimbangan 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 :

$$\begin{aligned}\overline{KB} &= T \times \left(\frac{5 \times C_w - 2 \times C_b}{6 \times C_w} \right) \\ &= 6,0 \times \left(\frac{5 \times 0,873 - 2 \times 0,642}{6 \times 0,873} \right) \\ &= 3,529 \text{ m}\end{aligned}$$

Berdasarkan Perhitungan diatas ditetapkan $\overline{KB} = 3,529 \text{ m}$

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

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

$$\begin{aligned}\overline{KG} &= 0,6 \times H \\ &= 0,6 \times 7,30 \\ &= 4,380 \text{ m}\end{aligned}$$

Berdasarkan Perhitungan diatas ditetapkan $\overline{KG} = 4,380 \text{ m}$

2) Perhitungan Stabilitas Melintang

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

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

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

$$\begin{aligned}\text{Maka } \overline{BM} &= \frac{16,30^2}{6,00} \times \frac{0,873(0,873+0,04)}{12 \times 0,642} \\ &= 4,581 \text{ m}\end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas ditetapkan harga $\overline{BM} = \underline{4,581 \text{ m}}$

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

$$\begin{aligned}\overline{KM} &= \overline{KB} + \overline{BM} \\ &= 3,529 + 4,581 \\ &= 8,110 \text{ m}\end{aligned}$$

Dari perhitungan ditetapkan $\overline{KM} = \underline{8,110 \text{ m}}$

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

$$\begin{aligned}\overline{GM} &= \overline{KM} - \overline{KG} \\ &= 8,110 - 4,380 \\ &= 3,730 \text{ m}\end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas ditetapkan $\overline{GM} = \underline{3,730 \text{ m}}$

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) tahun 2008, 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 = 16,30 m

T = 6,00 m

$$LWL = 70,00 \text{ m}$$

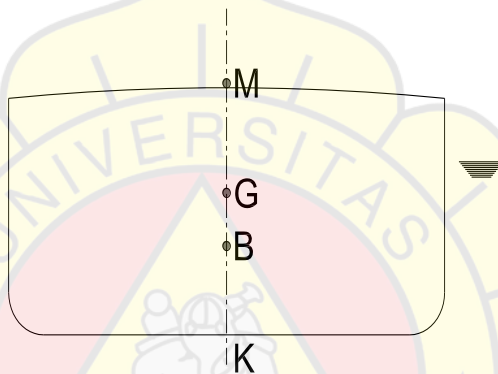
$$= 0,373 + \left(0,023 \times \frac{16,3}{6,0} \right) - \left(0,043 \times \frac{70,0}{100} \right) = 0,405$$

Maka :

$$= \frac{2 \times 0,405 \times 16,30}{\sqrt{3,370}}$$

$$= 6,836 \text{ detik} \dots\dots (\text{Memenuhi})$$

Standar waktu oleng kapal khusus 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 7 detik



Sumber : Gambar Pribadi

Gambar 2. 13 Titik Stabilitas Kapal

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

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

A. Hid = Ideal Free Board

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

Dimana :

$$\begin{aligned} \text{a. } Sh &= 50 \times \left(\frac{LBP}{3} + 10 \right) \\ &= 50 \times \left(\frac{65,00}{3} + 10 \right) \\ &= 1583,33 \text{ mm} \\ &= 1,583 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{b. } Sf &= 25 \times \left(\frac{LBP}{3} + 10 \right) \\ &= 25 \times \left(\frac{65,00}{3} + 10 \right) \end{aligned}$$

$$= 791,66 \text{ mm}$$

$$= 0,792 \text{ m}$$

Maka :

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

$$H_{id} = 7,30 + \frac{1,583+0,792}{6}$$

$$= 7,696 \text{ m}$$

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

Dimana :

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

$$= \frac{(2 \times 0,873+1)^3}{323}$$

$$= 0,064$$

Maka :

$$\text{MTF} = \frac{0,064}{0,642} \times \frac{16,30^2}{6,00}$$

$$= 4,421$$

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

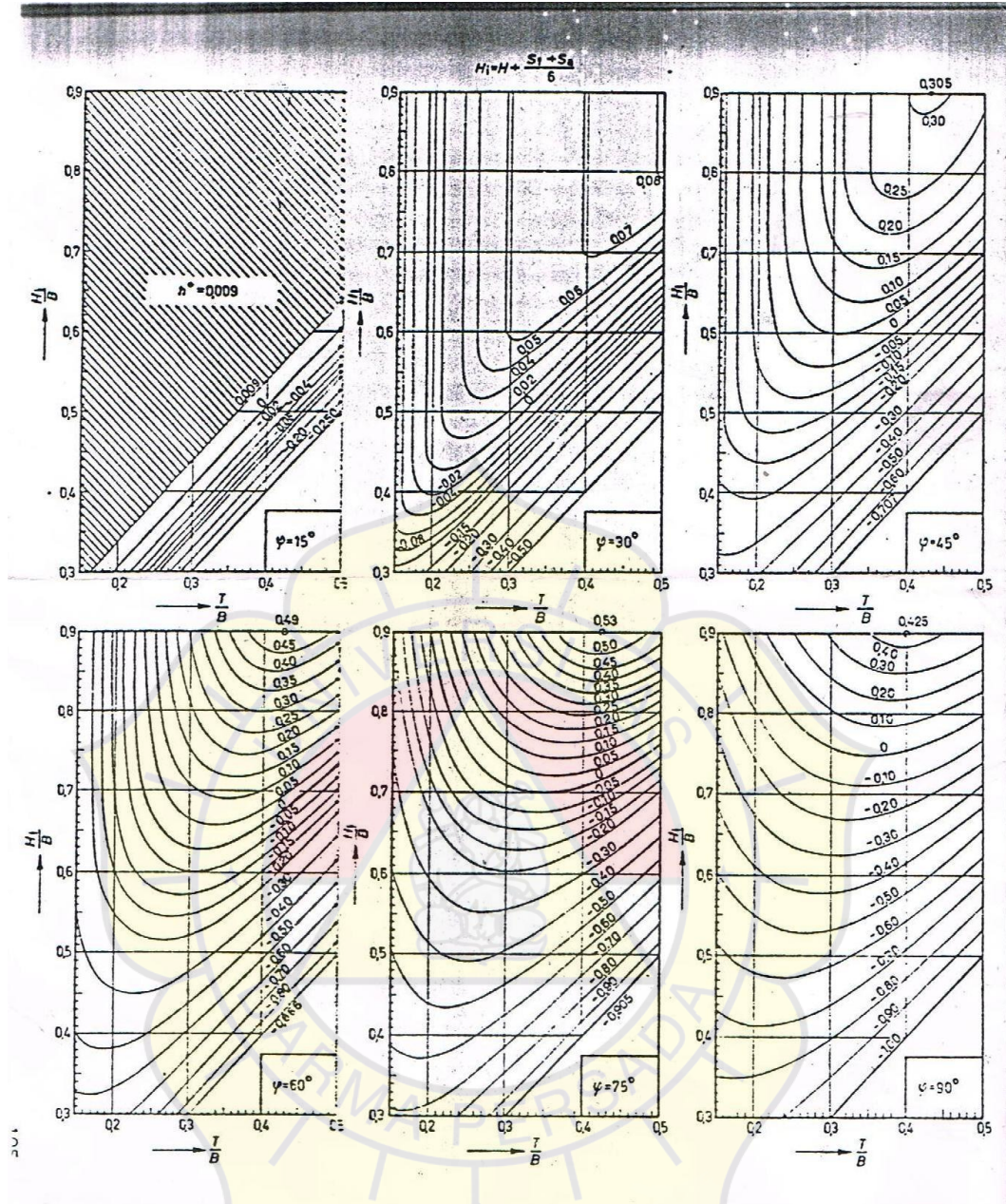
- $\frac{T}{B} = \frac{6,00}{16,30} = 0,368$

- $\overline{MTF} = \overline{BM} = 4,581 \text{ m}$

- $\frac{H_{id}}{B} = \frac{7,696}{16,30} = 0,472$

- $\overline{GM} = 3,730 \text{ m}$

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. 14 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	0,000	-0,15	-0,300	-0,480	-0,61	-0,74
3. $h \cdot f \times MTF$	0	0,000	-0,687	-1,374	-2,198	-2,794	-3,389
4. $GM \times \sin \phi$	0	0,966	1,865	2,637	3,230	3,599	3,730
5. $GZ = (3) + (4)$	0	0,966	1,178	1,263	1,032	0,805	0,341

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 :

$GM = 3,730 \text{ m} > 0,15 \text{ m}$ memenuhi

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

Dimana GZ kapal rancangan pada titik $30^\circ = 1,178 \text{ m}$..memenuhi

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

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°	0,000	1	0
2	5°	0,322	4	1,288
3	10°	0,644	2	1,288
4	15°	0,966	4	3,776
5	20°	1,036	2	2,808
6	25°	1,106	4	4,424

7	30°	1,178	1	1,178
$\Sigma_1 =$				14,762

Sumber : Perhitungan Pribadi

Dimana :

$$\Delta GZ - 30^\circ = \frac{\left(\frac{1}{3}\right) \times 5^\circ \times \Sigma_1}{57,3^\circ} = \frac{\left(\frac{1}{3}\right) \times 5^\circ \times 14,762}{57,3^\circ} = 0,429$$

Maka

$$: \Delta GZ - 30^\circ = 0,429 \text{ m-rad} > 0,055 \text{ m-rad} \dots\dots \text{memenuhi}$$

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

Tabel 2. 4 Tinggi kurva GZ 30° - 40°

NO.	Φ	GZ	FS	GZ x FS
1	30°	1,178	1	1,178
2	35°	1,206	4	4,824
3	40°	1,054	1	1,054
Σ_2				7,056

Sumber : Perhitungan Pribadi

Dimana:

$$\Delta GZ - 40^\circ = \frac{\left(\frac{1}{3}\right) \times 5^\circ \times \Sigma_2}{57,3^\circ} + \Delta GZ - 30^\circ = \frac{\left(\frac{1}{3}\right) \times 5^\circ \times 7,056}{57,3^\circ} + 0,429$$

$$= 0,634$$

Maka:

$$\Delta GZ - 40^\circ = 0,634 \text{ m-rad} > 0,09 \text{ m-rad} \dots\dots\dots \text{memenuhi}$$

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

Dimana :

$$\Delta GZ - 40^\circ = 0,634 \text{ m - rad}$$

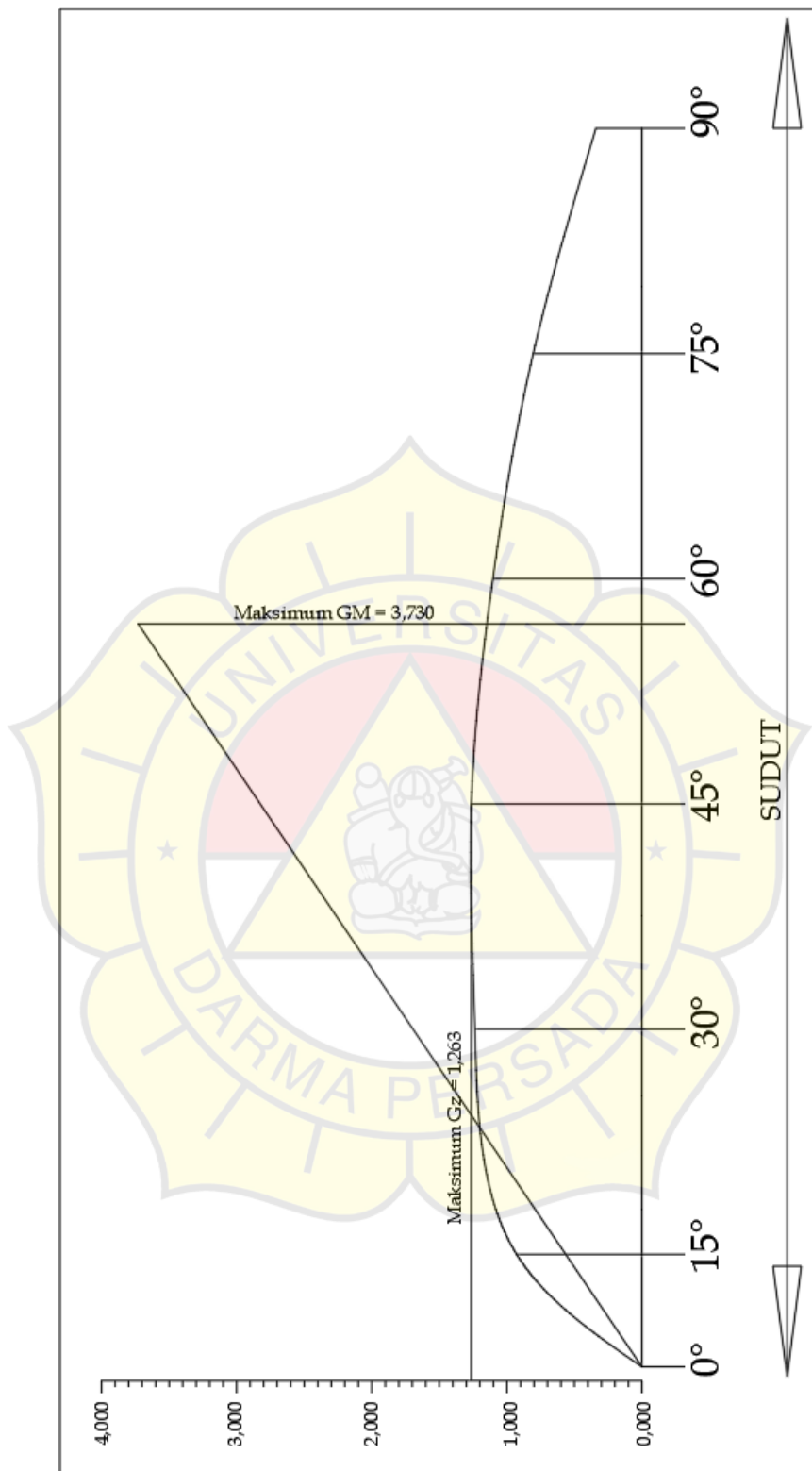
$$\Delta GZ - 30^\circ = 0,429 \text{ m - rad}$$

Maka :

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

$$= (0,634) - (0,429)$$

$$= 0,205 > 0,03 \text{ m-rad} \dots\dots\dots \text{memenuhi}$$



Sumber : Data Pribadi

Gambar 2. 15 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 :

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

Dimana :

M_c = Momen cikir kapal rancangan

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

∇ = Volume *displacement* kapal rancangan
= $4395,132 \text{ m}^3$

V_s = Kecepatan kapal rancangan
= 13 knots
= $6,687 \text{ m/s}$

KG = *Center Of Gravity* diatas *baseline*
= $4,380 \text{ m}$

T = *Draft* kapal rancangan
= $6,00 \text{ m}$

LBP = panjang kapal rancangan
= 65,00 m

Maka :

$$Mc = 0,233 \times \frac{104,5 \times 4395,132 \times (0,8 \times 6,687)^2}{65,00} \times 1,38$$
$$= 65020,826 \text{ Kg/Meter}$$

Berdasarkan Perhitungan diatas ditetapkan **Mc = 65,020 Ton/Meter**

2. Momen Angin (Mw)

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

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

Dimana :

Mw = Momen angin kapal rancangan

ξ = Faktor kekuatan angin 1,2 ~ 1,3
= 1,3

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

Vw = Kecepatan angin
= 15,5 m/s

A = Luas bidang tangkap angin
= 599,468 m²

a = Jarak titik tangkap angin diatas lambung kapal
= 0,5 x T
= 0,5 x 6,00
= 3 m

Maka :

$$Mw = 1,3 \times 0,5 \times 1,3 \times 10^{-4} \times 15,5^2 \times 599,468 \times 3$$
$$= 36,509 \text{ ton meter}$$

Berdasarkan Perhitungan diatas ditetapkan **Mw = 36,509 ton meter**

3. Momen Pengganggu (M_p)

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

$$M_p = M_c + M_w$$

Dimana :

M_p = Momen pengganggu kapal rancangan

M_c = Momen cikar kapal rancangan

$$= 65,020 \text{ ton}$$

M_w = Momen angin kapal rancangan

$$= 36,509 \text{ ton meter}$$

Maka :

$$M_p = 65,020 + 36,509$$

$$= 101,536 \text{ ton meter}$$

Berdasarkan Perhitungan diatas ditetapkan **$M_p = 101,536 \text{ ton meter}$**

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:

M_s = momen stabilitas kapal rancangan

h maks = h tertinggi pada kurva stabilitas awal

$$= 1,263 \text{ m}$$

Δ = *Displacement* kapal rancangan

$$= 4505,010 \text{ ton}$$

Maka :

$$M_s = 1,263 \text{ m} \times 4505,010 \text{ Ton}$$

$$= 19299,981 \text{ ton meter.}$$

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 (MS) > Momen Pengganggu (Mp)

Dimana :

Ms = momen stabilitas kapal rancangan
= 19299,981 ton meter

Mp = Momen pengganggu kapal rancangan
= 101,536 ton meter

Maka :

19299,981 ton meter > 101,536 ton meter (**Memenuhi**)

