

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 :

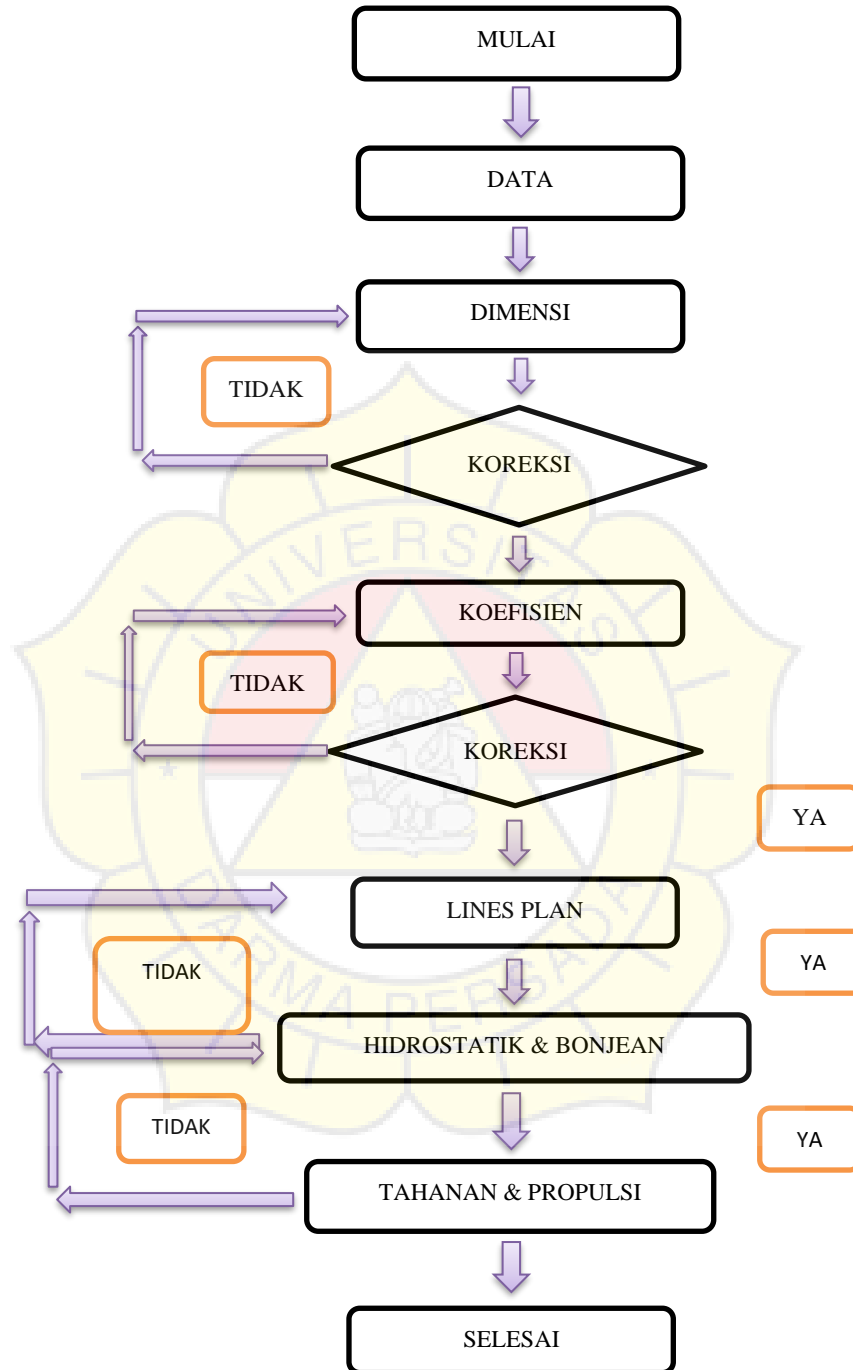
1. Estimasi Ukuran Utama, Koefisien Kapal dan Perkiraan Displasemen Kapal.
2. Estimasi Tenaga Penggerak Kapal.
3. Estimasi Kapasitas Ruang Muat.
4. Sketsa Rencana Umum.
5. Perkiraan Berat Kapal (*Dead Weight Ton dan Light Weight Ton*).
6. Koreksi Berat Kapal.
7. Estimasi Stabilitas Awal Kapal.

2.1 ESTIMASI UKURAN UTAMA, NILAI KOEFISIEN DAN PERKIRAAN DISPLASEMEN KAPAL

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

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

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. Menentukan *Length Between Perpendicular* (LBP)

Untuk menentukan *Length Between Perpendicular* (LBP) digunakan rumus perbandingan terhadap DWT kapal perbandingan

$$LBPr = \sqrt[3]{\frac{DWT_2}{DWT_1}} \times LBPp$$

Dimana :

LBPp = LBP Perbandingan

DWT₂ = DWT Rancangan

DWT₁ = DWT Perbandingan

$$LBPr = \sqrt[3]{\frac{DWT_2}{DWT_1}} \times LBPp$$

$$LBPr = \sqrt[3]{\frac{975}{750}} \times 52,30$$

$$= 57,079 \text{ m}$$

$$\text{Diambil} = \mathbf{57,10 \text{ m}}$$

2. Menentukan *Length Over All* (LOA)

Untuk menentukan *Length Over All* (LOA) digunakan rumus perbandingan LOA/LBP dari kapal perbandingan, dimana nilai dari perbandingan tersebut adalah

$$\frac{LOA}{LBP} = C$$

Dimana :

LOAp = LOA Perbandingan

$$= 58,80 \text{ m}$$

LBPp = LBP Perbandingan

$$= 52,30 \text{ m}$$

$$= \frac{58,80}{52,30} = 1,12$$

LOA Rancangan = C x LBPr

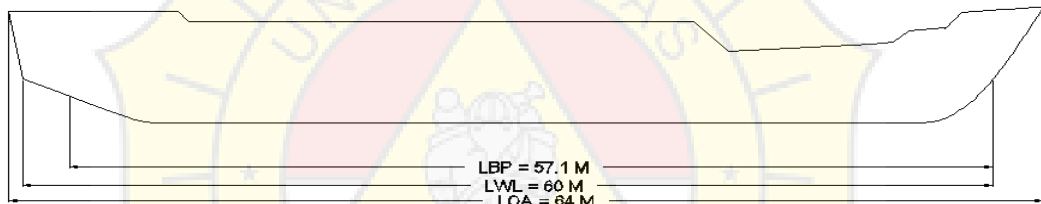
Dimana : C = *Coefficient* Perbandingan

$$= 1,12$$

$$\begin{aligned} \text{LBP Rancangan} &= 57,10 \text{ m} \\ \text{LOA Rancangan} &= 1,12 \times 57,10 \\ &= 63,952 \\ \text{Diambil} &= \mathbf{64,00 \text{ m}} \end{aligned}$$

3. Menentukan *Length Of Waterline* (LWL)

$$\begin{aligned} \text{LWL} &= \text{LBPr} + (0,03 \times \text{LBPr}) \\ \text{Dimana : LBPr} &= \text{LBP Rancangan} \\ &= 57,10 \text{ m} \\ \text{LWL} &= \text{LBPr} + (0,03 \times \text{LBPr}) \\ &= 57,10 + (0,03 \times 57,10) \\ &= 58,813 \\ \text{Diambil} &= \mathbf{60,00 \text{ m}} \end{aligned}$$



Sumber : Data Pribadi

Gambar 2.2. LOA, LWL, LBP Kapal Rancangan

4. Menentukan *Breadth* (B)

Untuk menentukan *Breadth* (B) atau lebar kapal digunakan rumus perbandingan LBP/B dari kapal pembanding, dimana nilai dari perbandingan tersebut adalah

$$\frac{\text{LBPP}}{B_p} = C$$

Dimana :

$$\begin{aligned} B_p &= \text{Lebar Kapal Pembanding} \\ &= 12,00 \text{ m} \\ \text{LBPP} &= \text{LBP Pembanding} \\ &= 52,30 \text{ m} \end{aligned}$$

$$C = \text{Koefisien Pembanding} \\ = \frac{52,30}{12} = 4,35$$

$$B = \frac{LBPr}{C}$$

$$LBPr = \text{LBP Rancangan} \\ = 57,10 \text{ m}$$

$$B = \frac{57,10}{4,35} \\ = 13,12$$

$$\text{Diambil} = \mathbf{13,20 \text{ m}}$$

5. Menentukan *Draft* (T)

Untuk menentukan *Draft* (T) atau sarat air kapal digunakan rumus perbandingan B/T dari kapal pembanding, dimana nilai dari perbandingan tersebut adalah :

$$\frac{Bp}{Tp} = C$$

Dimana :

$$Tp = \text{Draft Kapal Pembanding} \\ = 2,90 \text{ m}$$

$$Bp = \text{Lebar Kapal Pembanding} \\ = 12 \text{ m}$$

$$C = \text{Coefficient Pembanding} \\ = \frac{12}{2,90} = 4,13$$

Maka :

$$T = \frac{B}{C}$$

Dimana :

$$B = \text{Lebar Kapal Rancangan} \\ = 13,20 \text{ m}$$

$$T = \frac{13,20}{4,13} \\ = 3,19$$

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

6. Menentukan *Height* (H)

Untuk menentukan *Height* (H) atau tinggi kapal digunakan rumus perbandingan L/H dari kapal pembanding, dimana nilai dari perbandingan tersebut adalah :

$$\frac{LB_{Pp}}{H_p} = C$$

Dimana :

H_p = Tinggi Kapal Pembanding

$$= 4,50 \text{ m}$$

LB_{Pp} = LBP Kapal Pembanding

$$= 52,30 \text{ m}$$

C = *Coefficient* Pembanding

$$= \frac{52,30}{4,50} = 11,62$$

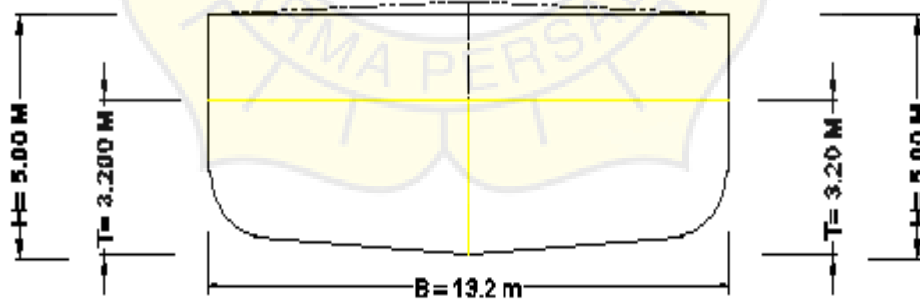
Maka :

$$H = \frac{LB_{Pr}}{C}$$

$$= \frac{60,00}{11,62}$$

$$= 4,913$$

Diambil = 5,00 m



Sumber : Data Pribadi

Gambar 2.3. B, H, T Kapal Rancangan

7. Menentukan *Freeboard* (Fb)

Perhitungan *Freeboard* atau Lambung Timbul

$$Fb = H - T$$

$$= 5 \text{ m} - 3,2 \text{ m} = 1,8 \text{ m}$$

8. Menentukan *Froude Number* (Fn)

Untuk menentukan *Froude Number* (Fn) kapal digunakan rumus *Froude* yang terdapat dalam buku *H. Schneekluth and V. Bertram* dengan judul *Ship Design For Efficiency and Economy* dalam *second edition* halaman 2, yaitu :

$$Fn = \frac{v}{\sqrt{g \times LWL}}$$

Dimana :

v = Kecepatan Kapal Rancangan
= 12 knots
= 6,173 m/s

LWL = LWL Kapal Rancangan
= 60 m

g = *Gravitasi*
= 9,81 m/s

Maka :

$$Fn = \frac{v}{\sqrt{g \times LWL}}$$
$$= \frac{6,173}{\sqrt{9,81 \times 60}}$$
$$= 0,254$$

Diambil = 0,254

9. Koreksi Perbandingan Ukuran Utama Kapal

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

1. L / B

Dalam buku *Principles Of Naval Architectur Vol II* Hal. 78 dijelaskan besarnya nilai L/B berada pada rentang 2,73-4,74. Dengan L adalah Lwl :

$$= L / B$$
$$= 60 / 13,20 \text{ m}$$

$$= 4,545$$

2. B / T

Menurut *Taylor's* dalam buku *Principles Of Naval Architecture Vole II* Hal. 78, untuk nilai L/B diatas, memiliki nilai B/T berada pada rentang 2,4 – 10

$$= B / T$$

$$= 13,20 / 3,20 \text{ m}$$

$$= 4,125$$

3. L / H

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

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

$$= L / H$$

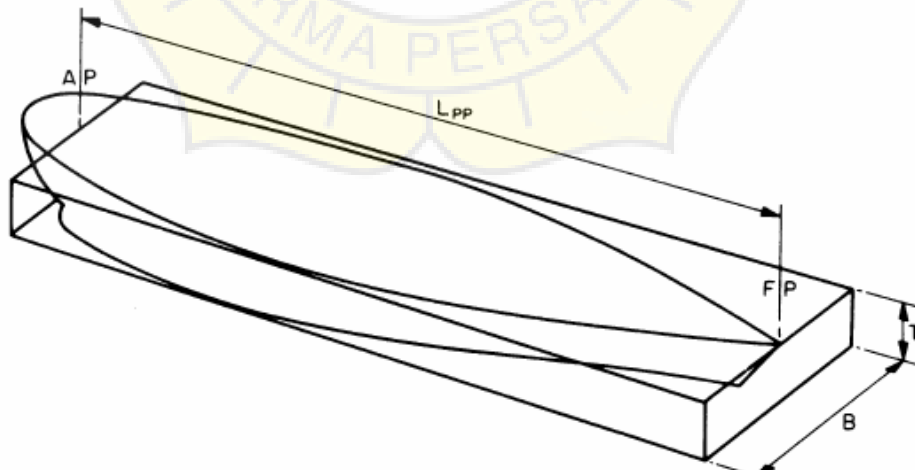
$$= 60 / 5,00$$

$$= 12$$

2.2 ESTIMASI KOEFISIEN BENTUK KAPAL

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

a. Menentukan *Coefficient Block* (Cb)



Sumber : Buku Teknik Konstruksi Kapal Baja Jilid I

Gambar 2.4. Koefisien Blok

Menurut Schneekluth dan Bertram dalam buku Parametric Design Final Ch. 11 untuk menentukan *Coefficient Block* (C_b) digunakan rumus sebagai berikut

$$C_b = -4,22 + 27,8 \sqrt{Fn} - 39,1 \times Fn + 46,6 \times Fn^3$$

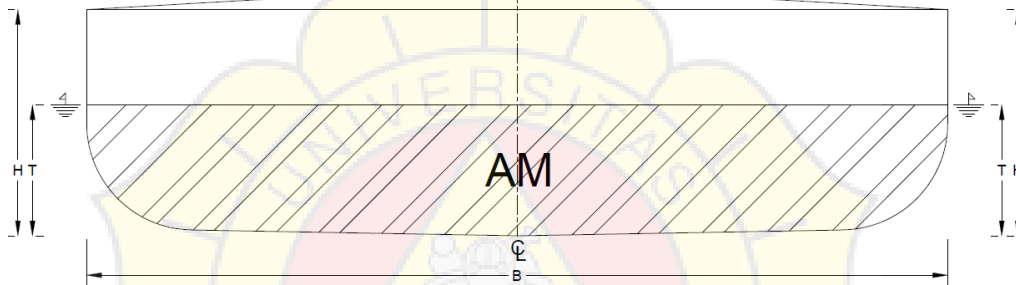
Dimana :

$$Fn = Froude Number \\ = 0,254$$

Maka :

$$C_b = -4,22 + 27,8 \sqrt{0,254} - 39,1 \times 0,254 + 46,6 \times 0,254^3 \\ = \mathbf{0,722}$$

b. Menentukan *Coefficient Midships* (C_m)



Sumber : Gambar Pribadi

Gambar 2.5. Koefisien Luasan Penampang Tengah

Menurut Schneekluth dan Bertram dalam buku Parametric Design Final Ch. 11 untuk menentukan *Coefficient Midships* (C_m) digunakan rumus sebagai berikut :

$$C_m = 1,006 - 0,0056 C_b^{-3,56}$$

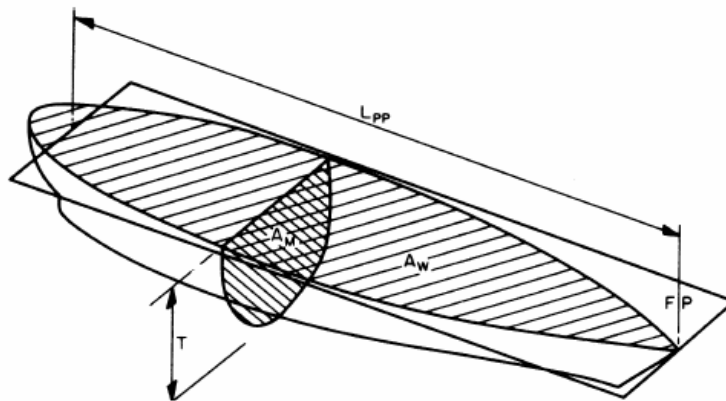
Dimana :

$$C_b = C_b \text{ Kapal Rancangan} \\ = 0,722$$

Maka :

$$C_m = 1,006 - 0,0056 \times 0,722^{-3,56} \\ = \mathbf{0,987}$$

c. Menentukan *Coefficient Prismatic* (C_p)



Sumber : Buku Teknik Konstruksi Kapal Baja Jilid I

Gambar 2.6. Koefisien Prismatic

Menurut *Acc. Van Lammeren*, dalam *Harald Poehls* 1979 untuk menentukan *Coefficient Prismatic* (C_p) digunakan rumus sebagai berikut

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

Dimana :

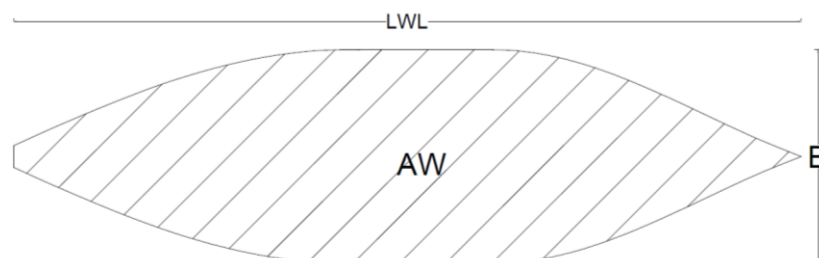
$$C_b = C_b \text{ Kapal Rancangan} \\ = 0,722$$

$$C_m = C_m \text{ Kapal Rancangan} \\ = 0,987$$

Maka :

$$C_p = \frac{0,722}{0,987} \\ = \mathbf{0,731}$$

d. Menentukan *Coefficient Waterline* (C_w)



Sumber : Gambar Pribadi

Gambar 2.7. Koefisien Garis Air

Menurut *Schneekluth* dalam buku *Parametric Design Final Ch. 11* untuk menentukan *Coefficient Waterline* (C_w) digunakan rumus sebagai berikut :

$$C_w = C_p^{2/3}$$

Dimana : $C_p = C_p$ Kapal Rancangan
 $= 0,731$

Maka : $C_w = 0,731^{2/3}$
 $= \mathbf{0,745}$

2.3 DISPLACEMENT KAPAL DAN VOLUME DISPLACEMENT KAPAL

1. Displacement Kapal

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

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

Dimana :

Δ = *Displacement* kapal rancangan

LBP = LBP kapal rancangan
 $= 57,10$ m

B = Lebar kapal rancangan
 $= 13,20$ m

T = Sarat air kapal rancangan
 $= 3,20$ m

C_b = *Coefficient block* kapal rancangan
 $= 0,722$

γ = *Coefficient* air laut
 $= 1,025$ ton/m³

Maka :

$$\Delta = 57,10 \times 13,20 \times 3,20 \times 0,722 \times 1,025$$
$$= 1784,929 \text{ Ton}$$

Dari perhitungan diatas ditetapkan harga $\Delta = \mathbf{1784,929 \text{ Ton}}$

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 :

$$\begin{aligned}\nabla &= LBP \times B \times T \times C_b \\ &= 57,10 \times 13,20 \times 3,20 \times 0,722 \\ &= 1741,394 \text{ m}^3\end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas ditetapkan **$\nabla = 1741,394 \text{ m}^3$**

2.4 ESTIMASI BENTUK *MIDSHIP* KAPAL

2.4.1 Menentukan Rise Of Floor (r)

Dalam menghitung *rise of floor*, menggunakan *ratio rise of floor* terhadap lebar kapal pada kapal pembanding.

$$r = \frac{r_{kp}}{B}$$

Dimana:

$$\begin{aligned}r_{kp} &= \text{Rise Of Floor kapal pembanding} \\ &= 0,35 \text{ m} \\ B &= \text{Lebar kapal pembanding} \\ &= 12 \text{ m}\end{aligned}$$

Maka,

$$\begin{aligned}r_{kp} &= \frac{0,35}{12} \\ &= 0,0034\end{aligned}$$

Untuk *Rise Of Floor* (r) kapal rancangan:

$$r = r_{kp} \times B$$

Dimana:

$$\begin{aligned}r_{kp} &= 0,0034 \\ B &= \text{Lebar kapal rancangan} \\ &= 13,2 \text{ m}\end{aligned}$$

Maka:

$$\begin{aligned}r &= 0,0034 \times 13,2 \\ &= 0,448 \text{ m}\end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas ditetapkan **r = 0,448 m**

2.4.2 Menentukan *Radius of Bilge* (R)

Untuk menentukan *radius of bilge* kapal rancangan rumus yang terdapat dalam buku *G`aguk 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
= 13,20 m

C_m = *Coefficient midship* kapal rancangan
= 0,987

T = Sarat kapal rancangan
= 3,20 m

Maka :

$$\begin{aligned}R &= \sqrt{\frac{13,2 \times 3,20 (1 - 0,987)}{0,4292}} \\ &= 1,4 \text{ m}\end{aligned}$$

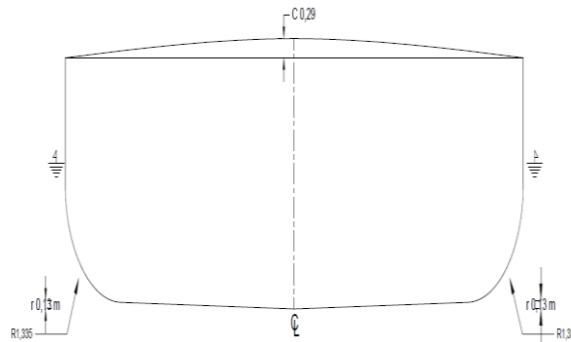
Dari perhitungan diatas ditetapkan harga **R = 1,4 m**

2.4.3 Menentukan *Chamber*

Untuk menentukan *chamber* digunakan rumus :

$$Camber = \frac{B}{50} = \frac{13,20}{50} = 0,264m$$

Dari perhitungan diatas ditetapkan harga ***Chamber* = 0,264 m**



Sumber : Gambar Pribadi

Gambar 2.8. Camber dan Radius Bilga

2.5 ESTIMASI TENAGA PENGGERAK KAPAL

Perkiraan Tenaga Penggerak Berdasarkan Hambatan Total :

a. Perkiraan Hambatan Gesek

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

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

$$\begin{aligned} \text{Dimana : } f &= 0,00871 + \frac{0,053}{(LPP+8,8)} \\ &= 0,00871 + \frac{0,053}{[(57,1 \times 3,28)+8,8]} \\ &= 0,00898 \end{aligned}$$

Menurut Taylor Froude (*Resistance and Propulsion of Ship*, Harvald, 1992)

$$\begin{aligned} S &= 15,5 \sqrt{\Delta \times LPP} \\ &= 15,5 \sqrt{1784,929 \times (57,1 \times 3,28)} \\ &= 8961,839 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Maka :

$$\begin{aligned} R_f &= 0,00898 \times 8961,839 \times 12^{1,825} \\ &= 7502,037 \text{ lbs} \end{aligned}$$

b. Perkiraan Hambatan Sisa (Rr)

$$\begin{aligned} R_r &= 12,5 \times C_b \times \Delta \times \frac{V_s^4}{LPP^2} \\ &= 12,5 \times 0,722 \times 1784,929 \times \frac{12^4}{(57,1 \times 3,28)^2} \\ &= 9522,987 \text{ lbs} \end{aligned}$$

c. Perkiraan Hambatan Total (Rt)

$$\begin{aligned} \mathbf{Rt} &= \mathbf{Rf} + \mathbf{Rr} \\ &= 7502,037 \text{ lbs} + 9522,987 \text{ lbs} \\ &= 17025,024 \text{ lbs} \end{aligned}$$

d. Penentuan Besar Tenaga Penggerak (EHP)

$$\begin{aligned} \mathbf{EHP} &= \mathbf{0,003071} \times \mathbf{Rt} \times \mathbf{Vs} \\ &= 0,003071 \times 17025,024 \times 12 \\ &= 627,406 \text{ HP} \end{aligned}$$

e. Penentuan Besar Tenaga Penggerak (BHP)

$$\mathbf{BHP} = \frac{\mathbf{EHP}}{\mathbf{PC}}$$

Dimana: (PC = 0,50 ~ 0,55 dalam buku tahanan kapal karangan Teguh Sastrodiwongso)

$$\begin{aligned} \text{Maka} &= \frac{627,406}{0,55} \\ &= 1140,738 \text{ HP} \end{aligned}$$

Sea Margin berkisar antara 15%~20%

$$\begin{aligned} \mathbf{BHP_{SM}} &= (20\% \times \mathbf{BHP}) + \mathbf{BHP} \\ &= (20\% \times 1140,738) + 1140,738 \\ &= 1362,885 \text{ HP} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Faktor MCR} &= \mathbf{BHP_{SM}} / 85\% \\ &= \frac{100}{85} \times 1362,885 \\ &= 1603,394 \text{ HP} \end{aligned}$$

Ditetapkan = 1604 HP

2.5.1 Mesin Utama

Dengan demikian dipilih 2 unit Diesel Merek Merek **CATERPILLAR** dengan data sebagai berikut :

- Stroke : 190 mm
- Bore : 170 mm
- Tipe : 3508 (B)
- Daya : 2 x 805 HP
- RPM : 1300 rpm

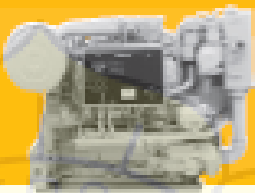
- Jumlah Silinder : 6 buah
- kW : 2 x 600 kW
- SFOC : 218,5 g/kW
- L x W x H : 2077 mm x 1703 mm x 1803 mm
- Jumlah : 2 unit

Dari data mesin diatas hanya untuk 1 mesin , maka untuk 2 unit mesin adalah:

$$\text{BHP} = 2 \times 805 \text{ HP}$$

3508

PROPULSION ENGINE



Mechanical
Control
System

RATINGS AND FUEL CONSUMPTION

	mhp	bhp	bkW	rpm	U.S. g/h	g/bkW-hr	EPA -	IMO -	EU
A	715	705	526	1200	35.9	216.8	NC	NC	NC
A	867	855	637	1600	41.6	207.1	NC	NC	NC
A	867	855	637	1800	43.5	216.8	NC	NC	NC
B	818	805	600	1300	41.3	218.5	NC	NC	NC
B	918	905	675	1600	43.8	206.2	NC	NC	NC
B	973	960	716	1800	48.6	215.7	NC	NC	NC
C	831	820	611	1300	42.1	218.4	NC	NC	NC
C	1014	1000	746	1800	50.6	215.5	NC	NC	NC
D	1166	1150	857	1800	58.7	217.4	NC	NC	NC

	LE	H	WE
min.	81.8 in/2077 mm	71.0 in/1803 mm	67.1 in/1703 mm
max.	81.8 in/2077 mm	71.0 in/1803 mm	67.1 in/1703 mm

Vee 6, 4-Stroke-Cycle Diesel

Aspiration	TTA	
Bore x Stroke	6.7 x 7.5 in	170 x 190 mm
Displacement	2105 cu in	34.5 liter
Rotation (from flywheel end)	Counterclockwise or clockwise	
Engine dry weight (approx)	11,499 lb	5216 kg

Sumber : Caterpillar Marine Power System 2013

Gambar 2.9. Mesin Utama Sementara

2.2.2 Mesin Bantu

Menurut Peraturan *IMO MEPC 67/INF.325 July 2014* Tentang *Reduction Of GHZ Emissions From Ships third Imo Ghg Study 2014*.

Estimasi rasio perbandingan Untuk *Main Engine* dan *Auxiliary Engine*
Untuk kapal *other ship* = 2,2

Maka : PAE = BHP ME : 2,2

Dimana : PAE = Daya mesin bantu kapal rancangan

BHP ME = Daya mesin utama kapal rancangan = 1610 HP

Maka : PAE = 1610 : 2,2

= 732 HP / 2

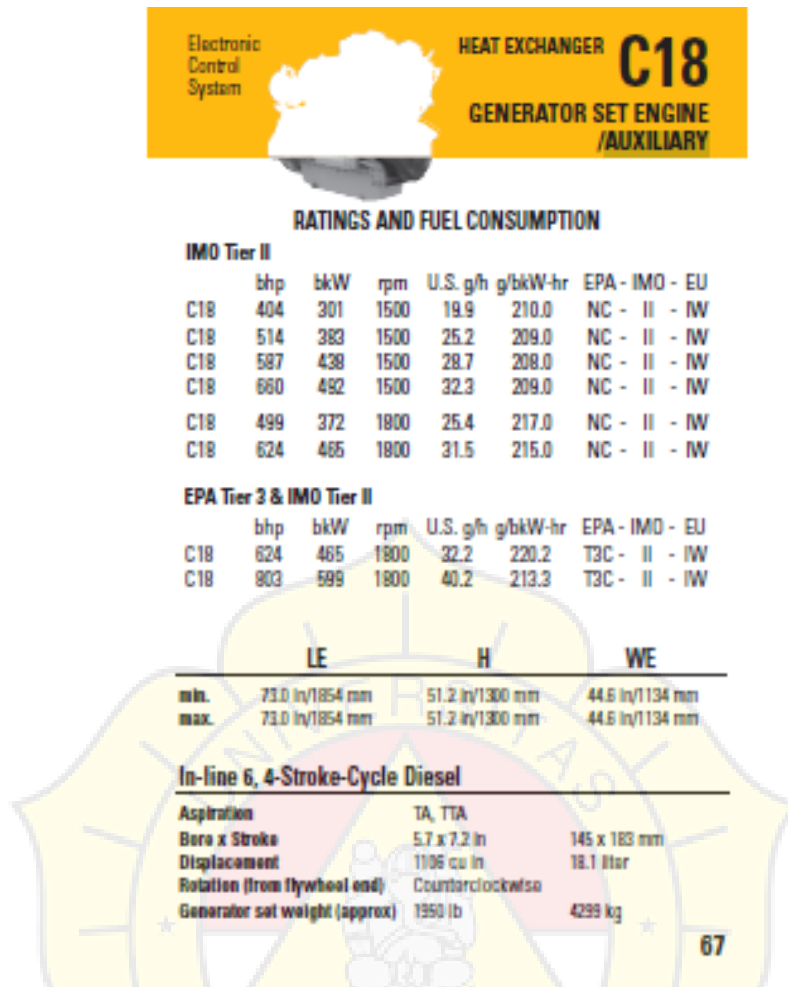
= 366 HP

273 kW

Dengan demikian dipilih 3 unit Diesel Merek **CATERPILLAR** dengan data sebagai berikut :

- Stroke : 183 mm
- Bore : 145 mm
- Tipe : C18
- Daya : 404 HP
- RPM : 1500 rpm
- Jumlah Silinder : 6
- kW : 301 kW
- SFOC : 210 g/kwh
- L x W x H : 1854 mm , 1134 mm, 1300 mm
- Jumlah : 3 unit

Catatan : Penggunaan Mesin Bantu menggunakan 2 mesin dan 1 mesin lainnya untuk *emergency*.



Sumber : Katalog Mesin CATERPILLAR

Gambar 2.10 Mesin Bantu Sementara

2.6 ESTIMASI UKURAN SUPERSTRUCTURE

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

Tabel 2.1. 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

Dari data di atas kita bisa menggunakan formulasi interpolasi, untuk mencari nilai ukuran dari panjang kapal (L) 57,10 m.

Raised Quarterdeck :

$$= 1,2 + \left[\frac{57,10 - 30}{75 - 30} \right] \times (1,2 - 0,9)$$
$$= 1,4 \text{ m}$$

All other Superstructure = 1.8 m

2.7 ESTIMASI KAPASITAS RUANG MUAT

A. Luas Penampang Tengah Kapal

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

Dimana :

$$B = \text{Breadth Kapal Rancangan}$$
$$= 13,2 \text{ m}$$

$$T = \text{Draft Kapal Rancangan}$$
$$= 3,20 \text{ m}$$

$$C_m = \text{Cm Kapal Rancangan}$$
$$= 0,987$$

Maka :

$$A_m = 13,20 \times 3,2 \times 0,987$$
$$= \mathbf{41,690 \text{ m}}$$

B. Jarak Gading Normal (a_0)

Transverse Frame Spacing (Nippon Kaiji Kyokai Chapter 7.2.1 Hal. 64)

a. *Standard spacing of transverse frames :*

$$F_s = 450 + 2L \text{ (mm)}$$
$$= 450 + 2 (57,10 \text{ m})$$
$$= 564 \text{ mm} \approx 600 \text{ mm}$$
$$= \mathbf{600 \text{ mm} \approx \mathbf{0,6 \text{ m}}}$$

- b. Untuk jarak *Transverse Frame spacing* $0,05 L$ Dari AP dan FP Kapal tidak melebihi 610 mm.

Longitudinal Frame Spacing (Nippon Kaiji Kyokai Chapter 7.2.2 Hal. 64)

a. *Standard spacing of longitudinal frames :*

$$\begin{aligned}F_s &= 550 + 2L \text{ (mm)} \\ &= 550 + 2(57,10 \text{ m}) \\ &= 664 \text{ mm} \approx 700 \text{ mm} \\ &= \underline{0,700 \text{ mm}} \approx \underline{0,7 \text{ m}}\end{aligned}$$

- b. Untuk standar *Longitudinal Frame spacing* $0,2 L_{AP}$ and FP Dari sekat Tubrukan adalah 700 mm.

Maka ditetapkan :

- *Transverse* = 0,6 m
- *Longitudinal* = 0,7 m

C. Perencanaan Sekat

- a. Jarak Sekat Ceruk Halauan (*Collision Bulkhead*) dari *ForePeak* (*Nippon Kaiji Kyokai Chapter 13.1.1 Hal. 98*)

Semua kapal harus memiliki sekat tabrakan, pada posisi tidak kurang dari $0,05L$, tetapi tidak lebih dari $0,08L$ atau $0,05 + 3,0$ (m)

Jarak minimum sekat tubrukan dari FP :

$$\begin{aligned}Sh &= 0,05 \times L_{bp} \\ &= 0,05 \times 57,10 \text{ m} \\ &= 2,855 \text{ m}\end{aligned}$$

Jarak maksimum sekat tubrukan dari FP :

$$\begin{aligned}Sh &= 0,08 \times L_{bp} \\ &= 0,08 \times 57,10 \text{ m} \\ &= 4,568 \text{ m}\end{aligned}$$

Atau

$$\begin{aligned}Sh &= 0,05 \times L_{bp} + 3,0 \text{ (m)} \\ &= 0,05 \times 57,10 + 3 \text{ m} \\ &= 5,855 \text{ m}\end{aligned}$$

Sekat tubrukan (*Collision Bulkhead*) pada stem (linggi haluan) berjarak $(0,05 - 0,08) L_{BP}$ dari FP , untuk kapal penumpang berjarak $0,05 L_{BP} + 3,5$ meter, sekat tubrukan harus menerus hingga *main deck* lebih lanjut hingga ke *Fore castle deck*, bukaan yang terdapat pada sekat antara *main deck* dan *fore castle deck* harus ditutup dengan pintu kedap air.

$$\begin{aligned} Sh &= 0,05 \times Lbp + 3,5 \text{ m} \\ &= 0,05 \times 57,10 + 3,5 \text{ m} \\ &= 6,355 \text{ m} \end{aligned}$$

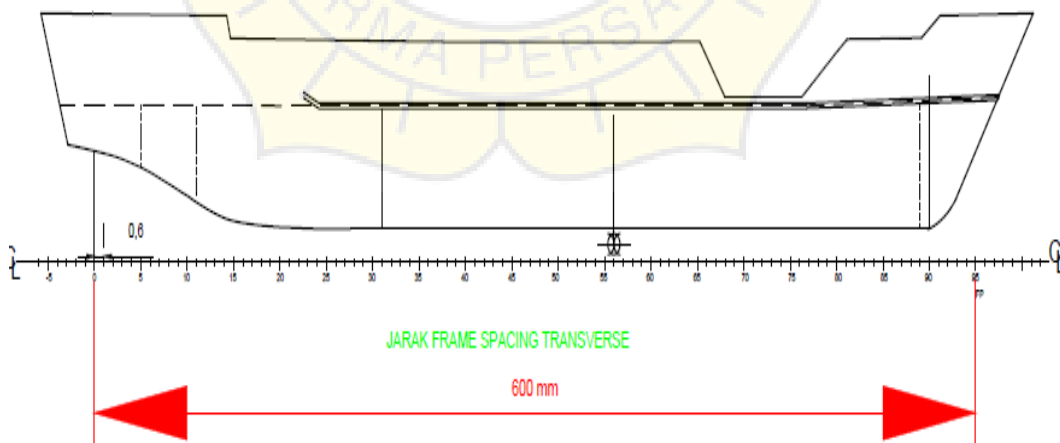
- b. Jarak Sekat Ceruk Buritan (*After Peak Bulkhead*) dari *AfterPeak* (*Nippon Kaiji Kyokai Chapter 13.1.1 Hal. 98*)

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

- c. Jarak Sekat Kamar Mesin (Gaguk Suhardjito – Rencana umum)

Sekat depan kamar mesin dilokasikan sejauh mungkin kebelakang untuk memberi kapasitas ruang muat yang lebih besar, pada umumnya lokasi sekat depan kamar mesin berjarak 17% hingga 22% didepan AP, lokasi sekat ini pada satu sisi tergantung dari panjang mesin pada sisi lain tergantung pada fullness (kegemukan) kapal, kapal-kapal high blok (gemuk) memberikan ruang yang lebih besar pada lantainya dibanding dengan kapal langsing.

$$\begin{aligned} Lkm &= (17 - 22)\% \times Lbp \\ &= 22\% \times 57,10 \text{ m} \\ &= 12,562 \text{ m} = 21 \text{ m} \end{aligned}$$



Sumber : Gambar Pribadi

Gambar 2.11 *Framing Space* Kapal Rancangan

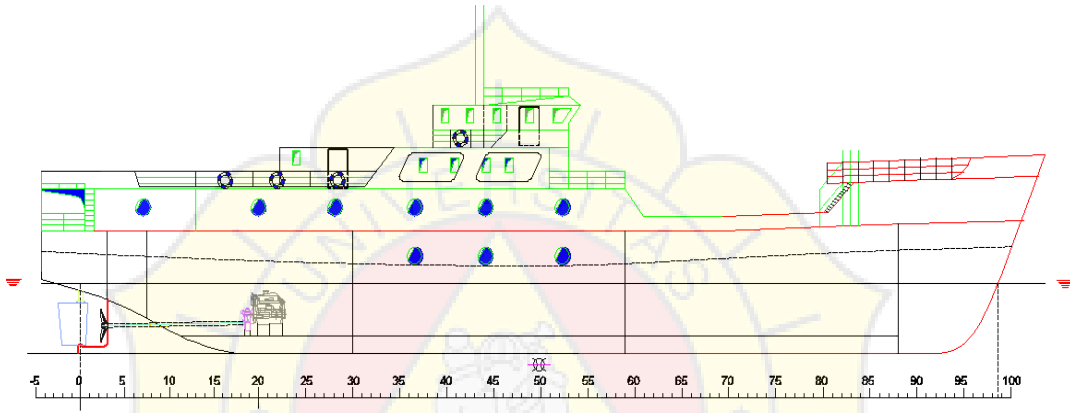
D. Perhitungan Double Bottom

- a. Tinggi *Double Bottom* (Nippon Kaiji Kyokai Chapter 6.1.1 Hal. 53)

$$\begin{aligned}
 H_{db} &= \frac{B}{20} \quad (\text{m}) \\
 &= \frac{13,2}{20} \\
 &= 0,66 \text{ m} \approx \mathbf{1 \text{ m.}}
 \end{aligned}$$

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

2.8 Sketsa Rencana Umum



Sumber : Gambar Pribadi

Gambar 2.12 Gambar Sketsa Rencana Umum

2.9 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 :

2.9.1 Perhitungan Berat Kapal Kosong (LWT)

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 coaster 0,028 – 0,032 ton/m²

E = *Hull Numeral* (m²) untuk coaster (1000-2000)

Maka : $W_{ST} = 0,032 \times 1250^{1,36}$

$$= 521,131 \text{ Ton}$$

2. Berat Permesinan (*Complete Engine Plan* (W_{EP}))

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 = 0,83 untuk *kapal passenger*

MCR = *Maximum Countinus Rating* kapal rancangan

$$= 2 \times 600 \text{ (kW)}$$

Maka : $W_{ME} = 0,83 \times (2 \times 600)^{0,7}$

$$= 117,385 \text{ ton}$$

3. Berat Perlengkapan + Akomodasi (*Weight Of Outffiting and Accommodation* (W_{0+a}))

Schneekluth (Harald Poehls, 1979)

$$W_{0+a} = c \times (LBP \times B \times H)^{2/3}$$

dimana :

$$c = 0,7 - 0,9$$

Maka :

$$W_{0+a} = 0,7 \times (57,1 \times 13,2 \times 5)^{2/3}$$

$$= 169,518 \text{ Ton}$$

Jadi berat perlengkapan + akomodasi = 169,518 Ton

Total Berat Light Weight (LWT) :

1) Berat Baja Kapal (W_{ST})	= 521,131	Ton
2) Berat Permesinan (W_{EP})	= 117,385	Ton
3) Berat Perlengkapan dan Akomodasi (W_{0+a})	= 169,518	Ton +
<hr/> Berat Kapal Kosong (LWT)	<hr/> = 808,034	<hr/> Ton

2.9.2 Perhitungan Berat Bagian DWT

Menurut Harald Poehls, 1979.

1. Berat Bahan Bakar W_{FO}

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

Dimana :

$$Pb_{ME} = M/E = 1610 \text{ HP} \times 0,746 \text{ kW} = 1202 \text{ kW}$$

$$b_{ME} = \text{Koefisien pemakaian BBM} = 218,5 \text{ g/kWh}$$

$$S = \text{Radius Pelayaran} = 180 \text{ mil laut}$$

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

(1,3 ~1,5)= nilai koefisien diambil 1,5

Maka :

$$\begin{aligned} W_{FO} &= [(1202 \times 218,5)] \times \frac{180}{12} \times 10^{-6} \times 1,5 \\ &= 5,948 \text{ Ton} \end{aligned}$$

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

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

Dimana :

$$Pb_{AE} = A/E = 2 \times 301 \text{ kW} = 602 \text{ kW}$$

$$b_{AE} = \text{Koefisien pemakaian BBM} = 210 \text{ g/kWh}$$

$$S = \text{Radius Pelayaran} = 180 \text{ mil laut}$$

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

(1,3 ~1,5)= nilai koefisien diambil 1,5

Maka :

$$\begin{aligned} W_{FO} &= [(602 \times 210)] \times \frac{180}{12} \times 10^{-6} \times 1,5 \\ &= 2,844 \text{ Ton} \end{aligned}$$

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

$$W_{LO} = 0,04 \times W_{fo}$$

Dimana :

$$W_{fo} = 5,948 \text{ Ton}$$

Maka :

$$\begin{aligned} W_{LO} &= 0,04 \times 5,948 \\ &= 0,237 \text{ Ton} \end{aligned}$$

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

Dimana :

- Jumlah penumpang & ABK $Z = 300 \text{ Org} + 20 \text{ org}$
 $= 320 \text{ Orang}$
- *Drinking Water* $DW = 10\text{-}20 \text{ kg/org/hari}$
- *Bathing Room* $BR = 30 \text{ kg/org/hari}$
- *Addition For Tank Volume Add* $= 3\% - 4\%$
- *Engine Cooler* $EC = 2 \text{ Kg/BHP}$

$$\begin{aligned} W_{FW} &= \left[((DW + BR) \times Z) \times \frac{180}{12} \times \frac{1}{24} + (EC \times (Pb_{ME})) \right] + \text{Add} \\ &= \left[((10 + 30) \times 320) \times \frac{180}{12} \times \frac{1}{24} + (2 \times (1202)) \times \frac{180}{12} \times \frac{1}{24} \right] + 4\% \\ &= 7502,9 \text{ kg} \\ &= 7,502 \text{ Ton} \end{aligned}$$

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

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

Dimana :

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

$$Z = 320 \text{ Orang}$$

Maka :

$$\begin{aligned} W_{PROV} &= 2 \times 320 \times \frac{180}{12} \times \frac{1}{24} + 4\% \\ &= 400,4 \text{ kg} \\ &= 0,4 \text{ Ton} \end{aligned}$$

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 ABK & jumlah penumpang 320 orang

Maka :

$$\begin{aligned} W_{P+L} &= 320 \times (75 + 70) \\ &= 46,400 \text{ kg} \\ &= 46,40 \text{ Ton} \end{aligned}$$

7. Berat Muatan (*Cargo Hold*)

$$\begin{aligned} W_{PL} &= DWT - (W_{FO} + W_{FB} + W_{LO} + W_{FW} + W_{PROV} + W_{P+L}) \\ &= 975 - (5,948 + 2,844 + 0,237 + 7,502 + 0,400 + 46,40) \\ &= 911,669 \text{ Ton} \end{aligned}$$

Total Berat *Dead Weight Tonnage Ship* (DWT) :

1) Berat Bahan Bakar W_{FO}	=	5,948	Ton
2) Berat Bahan Bakar W_{fb}	=	2,844	Ton
3) Berat Minyak Pelumas (W_{LO})	=	0,237	Ton
4) Berat Air Bersih dan Tawar (W_{FW})	=	7,502	Ton
5) Berat Makanan (W_{PROV})	=	0,400	Ton
6) Berat Awak Kapal dan Barang (W_{p+1})	=	46,40	Ton
7) Berat Muatan (W_{PL})	=	911,669	Ton
+ TOTAL PERHITUNGAN DWT		=	975 Ton

2.10 KOREKSI BERAT KAPAL

Displacement menurut Hukum Archimedes (Δ_1), yaitu :

$$\Delta_1 = 1784,929 \text{ Ton}$$

Koreksi

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

Dimana :

$$\Delta_2 = LWT + DWT$$

$$= 808,034 \text{ Ton} + 975 \text{ Ton}$$
$$= 1783,034 \text{ Ton}$$

Maka Koreksi

$$\left| \frac{1784,929 - 1783,034}{1784,929} \right| \times 100 \dots\dots\dots < 0,5 \%$$
$$= 0,0010 \times 100 \dots\dots\dots < 0,5 \%$$
$$= 0,10 \% \dots\dots\dots < 0,5 \text{ (memenuhi)}$$

2.11 ESTIMASI STABILITAS AWAL

Stabilitas kapal merupakan faktor yang penting dalam merancang sebuah kapal. Dalam hal ini keselamatan *crew* dan juga penumpang menjadi patokan yang mutlak. Apabila kapal yang dirancang tidak memiliki stabilitas yang baik, dapat dipastikan bahwa kapal tersebut tidak layak untuk berlayar dan juga tidak aman. Kriteria untuk stabilitas kapal diantaranya adalah, besarnya nilai lengan momen (GZ) dan besaran waktu Rolling. Hal ini menjadi data awal perhitungan untuk menentukan besarnya momen penegak (Righting Moment – RM). Selain itu besaran nilai daya apung kapal diperlukan untuk mendapatkan besaran tersebut. Satuan untuk besaran RM adalah Ton-Meter. Adapun perhitungan untuk stabilitas kapal yaitu :

- 1) Pehitungan Titik Tekan dan Titik Berat

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

Bauer dalam Harald Poehls, 1979.

$$\overline{KB} = T \times \left(0,828 - 0,343 \times \frac{Cb}{Cw} \right)$$
$$= 3,2 \times \left(0,828 - 0,343 \times \frac{0,722}{0,745} \right)$$
$$= 1,585 \text{ m}$$

Dari perhitungan diatas ditetapkan $\overline{KB} = 1,585 \text{ m}$

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

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

$$\overline{KG} = 0,6 \times H$$
$$= 0,6 \times 5$$
$$= 3,00 \text{ m}$$

Dari perhitungan diatas ditetapkan $\overline{KG} = 3 \text{ m}$

2) Perhitungan Stabilitas Melintang

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

$$\begin{aligned}\overline{BM} &= \frac{(2 \times Cw + 1)^3}{323} \times \frac{B^2}{T \times Cb} \\ &= \frac{(2 \times 0,745 + 1)^3}{323} \times \frac{13,2^2}{3,2 \times 0,722} \\ &= 3,604 \text{ m}\end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas ditetapkan harga $\overline{BM} = 3,604 \text{ m}$

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

$$\begin{aligned}\overline{KM} &= \overline{KB} + \overline{BM} \\ &= 1,585 + 3,604 \\ &= 5,189 \text{ m}\end{aligned}$$

Dari perhitungan ditetapkan $\overline{KM} = 5,189 \text{ m}$

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

$$\begin{aligned}\overline{GM} &= \overline{KM} - \overline{KG} \\ &= 5,189 - 3 \\ &= 2,189 \text{ m}\end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas ditetapkan $\overline{GM} = 2,189 \text{ m}$

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

Menurut Harald Poehls, 1979.

$$\begin{aligned}T_R &= \frac{2\pi \times 0,38 \times B}{\sqrt{g \times \overline{GM}}} \\ &= \frac{2 \times 3,14 \times 0,38 \times 13,2}{\sqrt{9,81 \times 2,189}} \\ &= 6,797 \text{ detik}\end{aligned}$$

Dari Buku *Naval Architecture* karangan W.J Lovett, Bahwa periode oleng kapal itu antara 4 detik sampai 12 detik (Napal Niaga), dimana periode oleng kapal rancangan adalah 6,797 detik.

4) Lambung Timbul Kapal (*Free Board*)

Menurut Harald Poehls, 1979.

$$\begin{aligned}Fb &= H - T \text{ (m)} \\ &= 5 - 3,2 \\ &= 1,8 \text{ m}\end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas ditetapkan $Fb = 1,8 \text{ m}$

5) Pengecekan \overline{GM} Dengan Metode Prohaska

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

a. Hid = Ideal *Free Board*

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

Dimana :

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

$$= 50 + \left(\frac{57,1}{3} + 10 \right)$$

$$= 79,03 \text{ mm}$$

$$= 0,079 \text{ m}$$

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

$$= 25 + \left(\frac{57,1}{3} + 10 \right)$$

$$= 54,03 \text{ mm}$$

$$= 0,054 \text{ m}$$

Maka :

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

$$\text{Hid} = 5 + \frac{0,079 + 0,054}{6}$$

$$= 5,022 \text{ m}$$

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

Dimana :

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

$$= \frac{(2 \times 0,745 + 1)^3}{323}$$

$$= 0,047$$

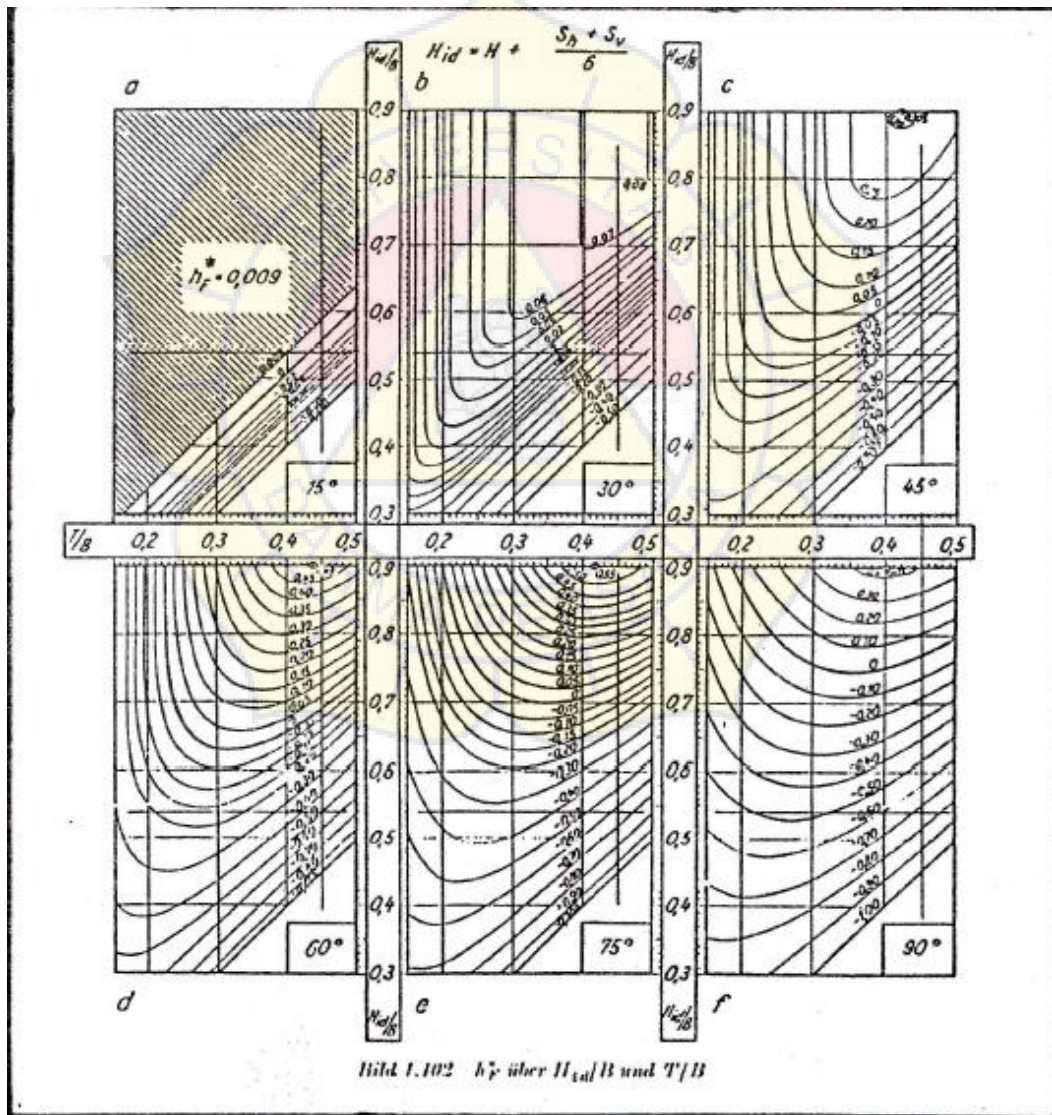
Maka :

$$\text{MTF} = \frac{0,047}{0,722} \times \frac{13,2^2}{3,2}$$

$$= 2,879$$

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

- $\frac{T}{B} = \frac{3,2}{13,2} = 0,242 \text{ m}$
- $\overline{MF} = \overline{BM} = 3,604 \text{ m}$
- $\frac{H_{id}}{B} = \frac{5,022}{13,2} = 0,380 \text{ m}$
- $\overline{GM} = 2,189 \text{ m}$
- Sedangkan untuk harga φ dari grafik buku karangan Henscke I Bild 1.102



Sumber : buku Bouyancy and stability of ship

Gambar 2.13 Grafik Prohaska.

6) Perhitungan Kurva Lengan Stabilitas Awal

Tabel 2.2 Kurva Lengan Stabilitas Awal

Φ	0°	15°	30°	45°	60°	75°	90°
1. Sin ϕ	0	0,259	0,500	0,707	0,866	0,965	1
2. h*f	0	0,009	-0,060	-0,28	-0,47	-0,60	-0,78
3. h*f x MF	0	0,032	-0,216	-1,009	-1,693	-2,162	-2,811
4. GM x sin	0	0,566	1,094	1,547	1,895	2,112	2,189
5. GZ=(3)+ (4)	0	0,598	0,878	0,538	0,202	-0,05	-5

Sumber : Perhitungan Pribadi

2.11.1 Pengecekan Kurva Stabilitas Awal

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

a. $GM > 0,15$

Dimana :

$GM = 2,189 \text{ m} > 0,15 \text{ m}$ memenuhi

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

Dimana GZ kapal rancangan pada titik $30^\circ = 0,878 \text{ m}$ memenuhi

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

Tabel 2.3 Pengecekan Kurva Stabilitas Awal GZ-30°

NO.	Φ	GZ	FS	GZ x FS
1	0°	0,000	1	0,000
2	5°	0,411	4	1,644
3	10°	0,505	2	1,01
4	15°	0,598	4	2,392
5	20°	0,691	2	1,382
6	25°	0,785	4	3,14
7	30°	0,878	1	0,878
$\sum_1 =$				11,974

Sumber : Perhitungan Pribadi

Dimana :

$$\Delta GZ - 30^\circ = \frac{\left(\frac{1}{3}\right) \times 5^\circ \times \Sigma 1}{57,3^\circ} = \frac{\left(\frac{1}{3}\right) \times 5^\circ \times 11,974}{57,3^\circ}$$

Maka :

$\Delta GZ - 30^\circ = 0,348 \text{ m-rad} > 0,055 \text{ m-rad}$ memenuhi

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

Tabel 2.3 Tinggi kurva GZ 30° - 40°

NO.	Φ	GZ	FS	GZ x FS
1	30°	0,878	1	0,878
2	35°	0,651	4	2,604
3	40°	0,594	1	0,594
Σ_2				4,076

Sumber : Perhitungan Pribadi

$$\begin{aligned} \text{Dimana : } \Delta GZ - 40^\circ &= \frac{\left(\frac{1}{3}\right) \times 5^\circ \times \Sigma 2}{57,3^\circ} + \Delta GZ - 30^\circ = \frac{\left(\frac{1}{3}\right) \times 5^\circ \times 4,076}{57,3^\circ} + 0,348 \\ &= 0,334 \end{aligned}$$

Maka : $\Delta GZ - 40^\circ = 0,334 \text{ m-rad} > 0,09 \text{ m-rad}$ memenuhi

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

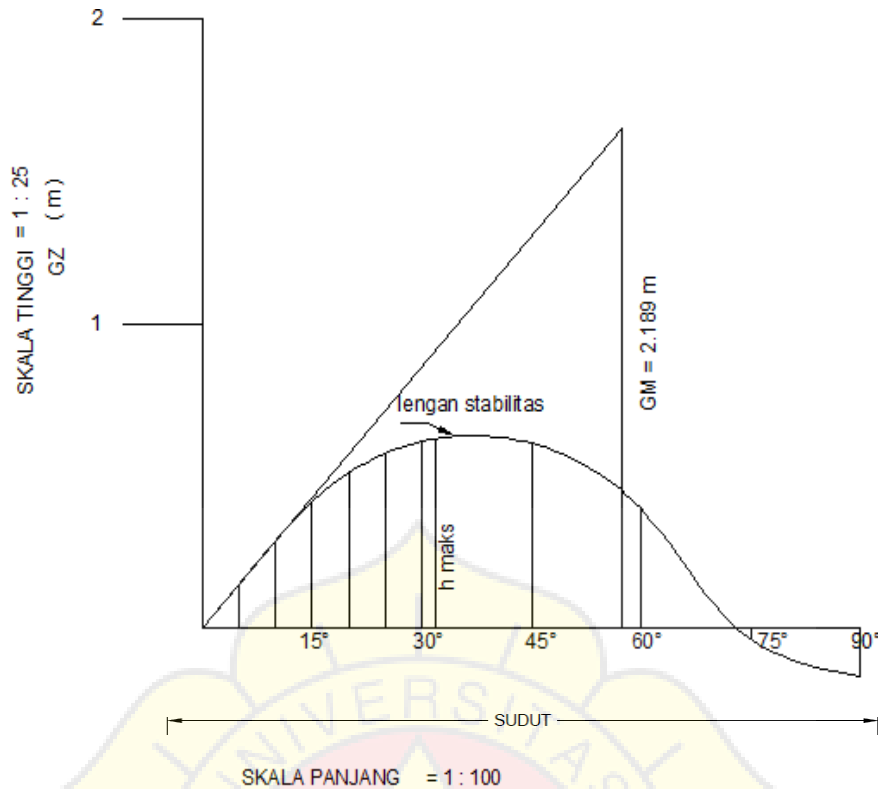
Dimana : $\Delta GZ - 40^\circ = 0,334 \text{ m-rad}$

$\Delta GZ - 30^\circ = 0,348 \text{ m-rad}$

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

$= (0,334) - (0,348)$

$= -0,014 > 0,03\text{-rad}$ memenuhi



Sumber : Gambar Pribadi

Gambar 2.14 Kurva Stabilitas Awal

2.11.2 Pemeriksaan Moment Pengganggu Stabilitas

Pemeriksaan momen pengganggu stabilitas kapal dari kapal yang akan dirancangan perlu dipertimbangkan, karena dalam kenyatannya 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 cikar adalah momen yang terjadi pada saat kapal melakukan olah gerak yaitu belok kanan maupun kekiri. Untuk menentukan momen cikar kapal rancangan ini digunakan rumus pendekatan yang terdapat dalam buku *Buoyancy*

And Stability Of Ships karangan IR. R. F Scheltema De Heere dan DRS. A.R. Bakker, halaman 142, yaitu :

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

Dimana :

M_c = Momen cikar kapal rancangan

ρ = Kepadatan air laut
= 104,5 Kg/Kg/sec²/m⁴

∇ = Volume displacement kapal rancangan
= 1741,394 m³

V_s = Kecepatan kapal rancangan
= 12 knot
= 6,173 m/s

KG = *Center Of Gravity* diatas baseline
= 3 m

T = Draft kapal rancangan
= 3,2

LBP = panjang kapal rancangan
= 57,1 m

Maka :

$$M_c = 0,233 \times \frac{104,5 \times 1741,394 \times (0,8 \times 6,173)^2}{57,1} \times 1,2$$
$$= 21731,360 \text{ ton meter}$$

Dari perhitungan diatas didapat nilai $M_c = 21,731$ 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

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

$$V_w = \text{Kecepatan angin}$$

$$= 15 \text{ m/s}$$

$$A = \text{Luas bidang tangkap angin}$$

$$= 112,130 \text{ m}^2$$

$$a = \text{Jarak titik tangkap angin diatas lambung kapal}$$

$$= 0,5 \times T$$

$$= 0,5 \times 3,2$$

$$= 1,6 \text{ m}$$

Maka :

$$M_w = 1,3 \times 0,5 \times 1,3 \times 10^{-4} \times 15^2 \times 112,130 \times 1,6$$

$$= 2,623 \text{ ton meter}$$

Dari perhitungan diatas ditetapkan $M_w = 2,623 \text{ ton meter}$

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 :

$$M_p = \text{Momen pengganggu kapal rancangan}$$

$$M_c = \text{Momen cikar kapal rancangan}$$

$$= 21,731 \text{ ton}$$

$$M_w = \text{Momen angin kapal rancangan}$$

$$= 2,623 \text{ ton meter}$$

Maka :

$$M_p = 21,731 + 2,623$$

$$= 24,354 \text{ ton meter}$$

Dari perhitungan diatas diketahui nilai $M_p = 24,354 \text{ ton meter}$

4. Momen Stabilitas (M_s)

Untuk menentukan momen stabilitas kapal rancangan adalah dengan mengalihkan hmak dari kurva stabilitas awal dengan volume displacement dari kapal rancangan.

$$M_s = h_{mak} \times \nabla$$

Dimana:

M_s = momen stabilitas kapal rancangan

h_{mak} = h tertinggi pada kurva stabilitas awal
= 0,716

∇ = Volume displacement kapal rancangan
= 1741,394 m^3

Maka :

M_s = 0,716 x 1741,394 m
= 1246,838 meter.

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

Dimana :

M_s = momen stabilitas kapal rancangan
= 1246,838 ton meter

M_p = Momen pengganggu kapal rancangan
= 24,354 ton meter

Maka : 1246,838 ton meter > 24,354 ton meter (**Memenuhi**)