

BAB II

RENCANA AWAL

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

- a) Estimasi Ukuran Utama, Koefisien Kapal dan Perkiraan Displasemen Kapal
- b) Estimasi Tenaga Penggerak Kapal
- c) Estimasi Ukuran *Superstructure*
- d) Sketsa Rencana Umum
- e) Perkiraan Berat Kapal (*Dead Weight Ton* dan *Light Weight Ton*)
- f) Koreksi Berat Kapal
- g) Perkiraan 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 : Hasil Pengolahan Data

Gambar 2.1 *Flow Chart* Ukuran Utama Kapal

2.1.1 Estimasi Ukuran Utama Kapal

a) Estimasi Panjang Kapal

Untuk mendapatkan panjang kapal menggunakan metode *comparison ship*:

- Estimasi Panjang Antara Garis Tegak (LBP)

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

Dimana : DWT_1 = Kapal Pembanding

DWT_2 = Kapal Rancangan

LBP_1 = Kapal Pembanding

LBP_2 = Kapal Rancangan

$$\begin{aligned} LBP &= \sqrt[3]{\frac{650}{750}} \times 53.07 \\ &= 50.59 \end{aligned}$$

Dari perhitungan tersebut di tetapkan harga **LBP = 50.60 M**

- Dari kapal pembanding, diperoleh :

$$\begin{aligned} C &= \frac{LOA}{LBP} \\ &= \frac{58.00}{53.07} \\ &= 1.09 \end{aligned}$$

Untuk kapal rancangan :

$$\begin{aligned} LOA &= C \times LBP \\ &= 1.093 \times 50,60 \\ &= 55.30 \text{ M} \end{aligned}$$

Dari perhitungan di atas ditetapkan harga **LOA = 55.30 M**

b) Estimasi Lebar Kapal

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

$$\begin{aligned} L/B &= \frac{53.07}{10.20} \\ &= 5.203 \end{aligned}$$

Untuk kapal rancangan :

$$\begin{aligned} B &= \frac{LBP}{\text{aspect ratio}} \\ &= \frac{50.60}{5.203} \end{aligned}$$

$$= 9.72 \text{ M}$$

Dari perhitungan di atas di tetapkan harga **B = 9.72 M**

c) Estimasi Tinggi Kapal

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

$$\begin{aligned} L/H &= \frac{53.07}{4.50} \\ &= 11.79 \end{aligned}$$

Untuk kapal rancangan :

$$\begin{aligned} H &= \frac{LBP}{\text{aspect ratio}} \\ &= \frac{50.60}{11.79} \\ &= 4.29 \text{ M} \end{aligned}$$

Dari perhitungan di atas di tetapkan harga **H = 4.30 M**

d) Estimasi Sarat Kapal

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

$$\begin{aligned} B/T &= \frac{10.20}{3.20} \\ &= 3.187 \end{aligned}$$

Untuk kapal rancangan:

$$\begin{aligned} T &= \frac{B}{\text{aspect ratio}} \\ &= \frac{9.72}{3.187} \\ &= 3.049 \text{ M} \end{aligned}$$

Dari perhitungan di atas di tetapkan harga **T = 3.05 M**

e) Lambung Timbul (Fb)

$$\begin{aligned} Fb &= H - T \\ &= 4.30 - 3.05 \text{ m} \\ &= 1.25 \text{ m} \end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas ditetapkan **Fb = 1.25 M**

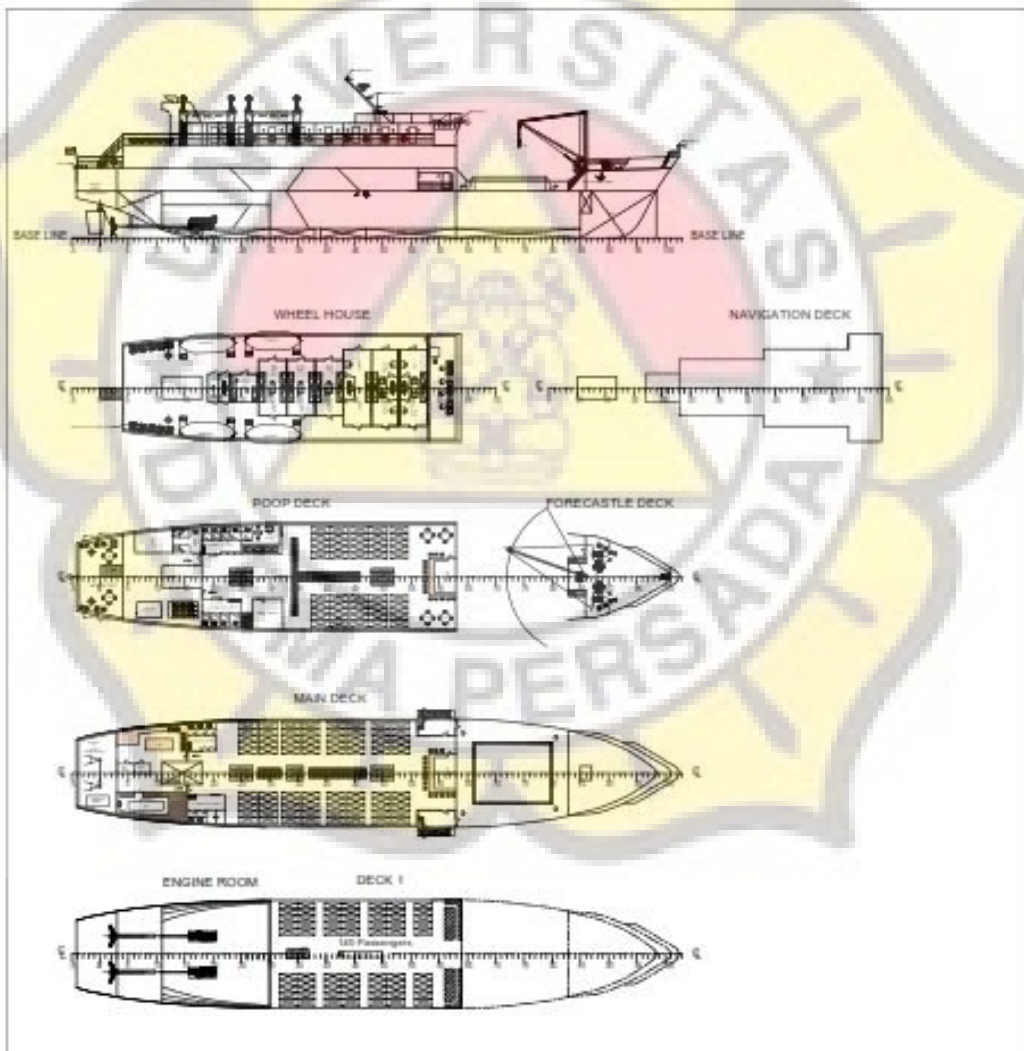
f) Perhitungan Frame Space

$$\begin{aligned} F_s &= 2 \times LPP + 450 \text{ [mm]} \\ &= 2 \times 50,60 + 450 \\ &= 551.20 \text{ mm} \end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas ditetapkan $F_s = 551.20 \text{ mm}$

Koreksi perbandingan ukuran utama kapal telah memenuhi syarat sebagai berikut:

- a) $\frac{LPP}{B} = \frac{50.60}{9.72} = 5.20$ Acc. Merancang Kapal I, Ir. M.J. Tamaela hal.131 (5.0 – 7.5)
- b) $\frac{B}{T} = \frac{9.72}{3.05} = 3.186$ Acc. Taylor (2.25 – 3.75)
- c) $\frac{T}{H} = \frac{3.05}{4.30} = 0.709$ Acc. USSR Ship Register (0.66 – 0.82)
- d) $\frac{LPP}{H} = \frac{50.60}{4.30} = 11.767$ Acc. Biro Klasifikasi Indonesia (9.0 – 14.0)
- e) $\frac{B}{H} = \frac{9.72}{4.30} = 2.26$ Acc. USSR Ship Register 1956 (1.50 – 2.85)



Sumber : Gambar Autocad Deni Trigustianto

Gambar 2.2 Sketsa Rencana Umum

2.1.2 Estimasi Koefisien Bentuk Kapal

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

- Coefficient Block (Cb)*
- Coefficient Midship (Cm)*
- Coefficient Prismatic (Cp)*
- Coefficient Waterline (Cw)*

Untuk memenuhi kebutuhan dan sesuai dengan persyaratan koefisien yang berlaku untuk kapal *medium speed*, maka perancang mengambil nilai $V_s = 12.00$ Knots untuk kecepatannya. (Menurut Buku Harald Poehls, 1979)

a. Coefficient Blok (Cb)

Acc. Kerlen

$$\begin{aligned} C_b &= 1.251 - \left(0.333 \times \frac{V_s}{\sqrt{LPP}} \right) \\ &= 1.251 - \left(0.333 \times \frac{12}{\sqrt{50.60}} \right) \\ &= 0.689 \end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas ditetapkan harga **Cb = 0.689**

b. Coefficient Midship (Cm)

Acc. Sabit Lammeren, dalam Harald Poehls 1979.

$$\begin{aligned} C_m &= 0.93 + 0.08 \times C_b \\ &= 0.93 + 0.08 \times 0.689 \\ &= 0.985 \end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas ditetapkan harga **Cm = 0.985**

c. Coefficient Prismatic (Cp)

Acc. Van Lammeren, dalam Harald Poehls 1979.

$$\begin{aligned} C_p &= \frac{C_b}{C_m} \\ &= \frac{0.689}{0.985} \\ &= 0.699 \end{aligned}$$

Dari perhitungn diatas ditetapkan harga **Cp = 0.699**

d. **Coefficient Waterline (Cw)**

Metode Fegel

$$\begin{aligned}C_w &= \frac{1.463 - (1.238 \times C_b)}{2.12 - (2 \times C_b)} \\&= \frac{1.463 - (1.238 \times 0.689)}{2.12 - (2 \times 0.689)} \\&= 0.822\end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas ditetapkan harga **Cw = 0.822**

2.1.3 **Displacement Kapal dan Volume Displacement kapal**

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

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

Dimana : Δ = *Displacement* kapal rancangan

LPP = Panjang antara garis tegak kapal rancangan
= 50.60 M

B = Lebar kapal rancangan
= 9.72 M

T = Sarat air kapal rancangan
= 3.05 M

Cb = *Coefficient block* kapal rancangan
= 0.689

γ = *Coefficient* air laut
= 1.025 Ton/m³

Maka : $\Delta = 50.60 \times 9.72 \times 3.05 \times 0.689 \times 1.025$
= 1059.399 Ton

Dari perhitungan diatas ditetapkan harga **$\Delta = 1059.399$ Ton**

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

$$\begin{aligned}\nabla &= C_b \times L_{bp} \times B \times T \\&= 0.689 \times 50.60 \times 9.72 \times 3.05 \\&= 1033.56 \text{ m}^3\end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas ditetapkan **$\nabla = 1033.56 \text{ M}^3$**

2.1.4 Estimasi Bentuk *Midship* Kapal

a) *Rise Of Floor*

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

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

Dimana: r = *Rise Of Floor* kapal pembanding
= 0,35 m

B = Lebar kapal pembanding
= 10,20 m

Maka: $r = \frac{0,35}{10,20}$
= 0,0343

Untuk *Rise Of Floor* kapal rancangan:

***Rise Of Floor* = $r \times B$**

Dimana: B = Lebar kapal rancangan
= 9.72

Maka: *Rise Of Floor* = 0.0343×9.72
= 0.333 m

Dari perhitungan diatas ditetapkan **$r = 0.333 \text{ M}$**

b) Menentukan *Radius of Bilge* (R)

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

$$R = \sqrt{\frac{B \times T (1 - C_m)}{0.4292}}$$

Dimana : B = Lebar kapal rancangan
= 9.72 m

C_m = *Coefficient midship* kapal rancangan
= 0,985 m

T = 3.05 m

Maka : $R = \sqrt{\frac{9.72 \times 3.05 (1 - 0.985)}{0.4292}} = 1.017 \text{ m}$

Dari perhitungan diatas ditetapkan harga **$R = 1.0 \text{ M}$**

c) Menentukan Lebar Keel Plate (b)

Untuk menentukan lebar dari *keel plate* kapal rancangan digunakan rumus dari peraturan Biro Klasifikasi Indonesia (BKI) dalam *Rules For Hull* Volume II 2009 pada *section 6-2*, yaitu lebar *keel plate* tidak kurang dari :

$$B = 800 + 5L$$

Dimana : b = Lebar *keel plate* untuk lebar kapal penuh.

 L = Panjang kapal rancangan = 50,60 m.

$$\begin{aligned}\text{Maka : } b &= 800 + 5 (50.60) \\ &= 1053 \text{ mm}\end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas ditetapkan harga **b = 1.053 M**

d) Menentukan Chamber

Untuk menentukan *chamber* digunakan rumus :

$$\text{Camber} = \frac{B}{50} = \frac{9.72}{50} = 0.19 \text{ m}$$

Dari perhitungan diatas ditetapkan harga **Chamber = 0.2 m**

2.2 Estimasi Tenaga Penggerak

Perkiraan Tenaga Penggerak Berdasarkan Hambatan Total

a) Perkiraan Hambatan Gesek

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

$$R_f = f \times S \times V^{1.825}$$

$$\begin{aligned}\text{Dimana : } f &= 0.00871 + \frac{0.053}{(LPP+8.8)} \\ &= 0.00871 + \frac{0.053}{[(50.60 \times 3.28)+8.8]} \\ &= 0.009013\end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned}S &= 15.5 \sqrt{\Delta \times LPP} \\ &= 15.5 \sqrt{1059.399 \times (50.60 \times 3.28)} \\ &= 6499.40 \text{ m}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Maka : } R_f &= 0.009013 \times 6499.40 \times 12^{1.825} \\ &= 5460.70 \text{ lbs}\end{aligned}$$

b) Perkiraan Hambatan Sisa (Rr)

$$\begin{aligned} R_r &= 12.5 \times C_b \times \Delta \times \frac{V_s^4}{LPP^2} \\ &= 12.5 \times 0.689 \times 1059.399 \times \frac{12^4}{(50.60 \times 3.28)^2} \\ &= 6868.549 \text{ lbs} \end{aligned}$$

c) Perkiraan Hambatan Total (Rt)

$$\begin{aligned} R_t &= R_f + R_r \\ &= 5460.70 \text{ lbs} + 6868.549 \text{ lbs} \\ &= 12329.249 \text{ lbs} \end{aligned}$$

d) Penentuan Besar Tenaga Penggerak (EHP)

$$\begin{aligned} EHP &= 0.003071 \times R_t \times V_s \\ &= 0.003071 \times 12329.249 \times 12 \\ &= 454.357 \text{ HP} \end{aligned}$$

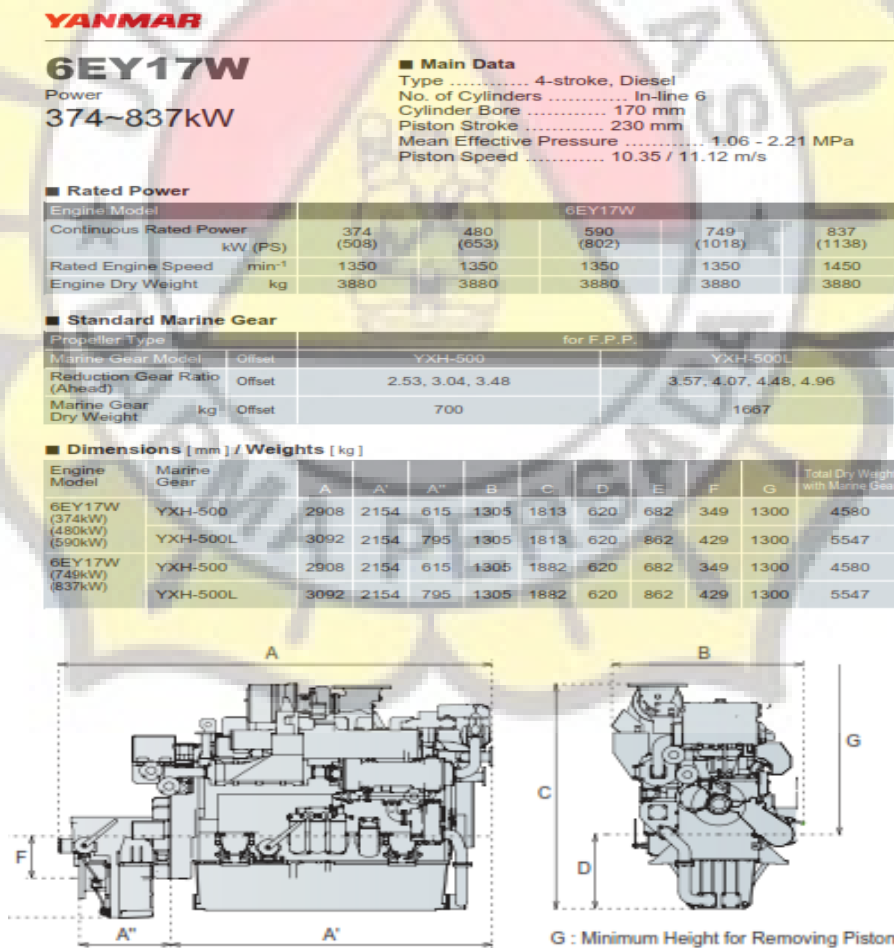
e) Penentuan Besar Tenaga Penggerak (BHP)

$$\begin{aligned} BHP &= \frac{EHP}{PC} \\ PC &= 0.50 \sim 0.55 \text{ dalam buku tahanan kapal karangan Teguh Sastrodiwongso.} \\ \text{Maka } &= \frac{454.357}{0.52} = 873.763 \text{ HP} \\ \text{Sea Margin berkisar antara } &15\% \sim 20\% \\ BHP_{SM} &= (20\% \times BHP) + BHP \\ &= (20\% \times 873.763) + 873.763 \\ &= 1048.515 \text{ HP} \\ \text{Faktor MCR} &= 85\% / BHP_{SM} \\ &= \frac{100}{85} \times 1048.515 \\ &= 1233.547 \text{ HP} \\ \text{Ditetapkan} &= 1233.547 \text{ HP} \end{aligned}$$

Menggunakan 2 buah mesin utama, maka masing-masing mesin utama kapal berkekuatan 2 x 617 HP. Dengan demikian dipilih 2 unit Diesel Merek Merek **MAN B&W Diesel A/S** dengan data sebagai berikut :

- Stroke : 230 mm
- Bore : 170 mm
- Tipe : 6EY17W
- Daya : 653 HP
- RPM : 1350 rpm
- Jumlah Silinder : 6 buah
- kW : 480 kW
- Mean effective pressure bar : 2.21 MPa
- Cycle : 4 langkah
- Dimensi : 2908mm(L),1305mm(B),1813mm(H)
- Jumlah : 2 unit

Dari data mesin diatas hanya untuk 1 mesin , maka untuk 2 unit mesin adalah: BHP = 2 x 653 HP = 1306 HP



Sumber : *Medium Speed Product Handbook A6 Yanmar*

Gambar 2.3 Katalog Mesin

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)

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 *coaster* 0.030 ton/m²
 R = untuk *coaster* $\pm$ 0.002
 E = *Hull Numeral* (m²) untuk *coaster* (1000-2000)

Maka : $W_{ST} = 0.0135 = 0.0135 \times 1000^{1,36}$
 $= 162.305 \text{ ton}$

Dari perhitungan diatas ditetapkan harga **$W_{ST} = 162.305 \text{ ton}$**

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

Menurut Watson dalam Harald Poehls, 1979.

$$W_{EP} = W_{M/E} + W_{Remainder} \text{ [ton]}$$

Dimana : $W_{M/E} = 23.65 \text{ (BHP/RPM)}^{0.84}$
 $W_{M/E} = 23.65 \text{ (653/1350)}^{0.84}$
 $= 12,85 \text{ Ton}$

$$W_{REM} = 0.56 \times (MCR)^{0.7}$$

Dimana : $MCR = 653 \text{ HP}$

Maka : $W_{REM} = 0.56 \times (653)^{0.7}$
 $= 52,31 \text{ Ton}$

Maka: $W_{EP} = 12,85 + 52.31 \text{ [ton]}$
 $= 65,16 \text{ Ton}$
 $= 65.16 \times 2$
 $= \textbf{130,32 Ton}$

c) **Berat Perlengkapan + Akomodasi (*Weight Of Outfitting and Accommodation* (W_{o+a}))**

Menurut Schneekluth (Harald Poehls, 1979)

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

Dimana : $c = 0.7 - 0.9$

$$\begin{aligned} \text{Maka : } W_{o+a} &= 0.7 \times (50.60 \times 9.72 \times 4.30)^{2/3} \\ &= 115.33 \text{ Ton} \end{aligned}$$

Jadi berat perlengkapan + akomodasi = **115.33 Ton**

TOTAL BERAT LIGHT WEIGHT (LWT) KAPAL :

- | | | |
|---------------------------------|--|----------------------|
| 1) | Berat Baja Kapal (W_{ST}) | = 162.305 Ton |
| 2) | Berat Permesinan (W_{EP}) | = 130.32 Ton |
| 3) | Berat Perlengkapan dan Akomodasi (W_{o+a}) | = 115.33 Ton + |
| Berat Kapal Kosong (LWT) | | = 407.955 Ton |

$$\begin{aligned} DWT &= \Delta - LWT \\ &= 1059.399 - 407.955 \\ &= 651.444 \text{ Ton} \end{aligned}$$

2.3.2 Perhitungan Berat Bagian DWT

Menurut Harald Poehls, 1979.

a) **Berat Bahan Bakar W_{FO}**

$$W_{FO} = [(Pb_{ME} \times b_{ME}) + (Pb_{AE} \times b_{AE})] \times \frac{S}{V_s} \times 10^{-6} \times (1.3 \sim 1.5)$$

Dimana : $Pb_{ME} = 1306 \text{ HP} \times 0.736 \text{ kW} = 961.216 \text{ kW}$

$b_{ME} = \text{Koefisien pemakaian BBM} = 160 \text{ g/kWh}$

$Pb_{AE} = 1110 \text{ kW}$

$b_{AE} = 160 \text{ g/kWh}$

$S = \text{Radius Pelayaran } 411 \text{ mil (Bitung-Bisui – Pulau Gag)}$

$V_s = 12 \text{ knots}$

$(1.3 \sim 1.5) = \text{nilai koefisien diambil } 1.5$

$$\begin{aligned} \text{Maka : } W_{FO} &= [(961.216 \times 160) + (1110 \times 160)] \times \frac{411}{12} \times 10^{-6} \times 1.5 \\ &= 17.025 \text{ Ton} \end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas ditetapkan harga **$W_{FO} = 17.025 \text{ Ton}$**

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

$$W_{LO} = 0.04 \times W_{FO}$$

Dimana : $W_{FO} = 17.025 \text{ Ton}$

Maka : $W_{LO} = 0.04 \times 17.025$
 $= 0.681 \text{ Ton}$

Dari perhitungan diatas ditetapkan harga **$W_{LO} = 0.681 \text{ Ton}$**

c) 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* $DW = 10\text{-}20 \text{ kg/org/hari}$

➤ *Washing water + Bathing Room* $WW + BR = 70 \text{ kg/org/hari}$

➤ *Boilet Feed Water* $BFW = 0.14 \text{ kg /hari}$

➤ *Addition For Tank Volume* $Add = 3\% - 4\%$

$$\begin{aligned} W_{FW} &= \left[((DW + (WW + BR)) \times Z) + (BFW \times (Pb_{ME} + Pb_{AE}) \times 24) \right] \times \frac{S}{V_s} \times \\ &\quad \frac{1}{24} + Add \\ &= \left[((15 + 70) \times 320) + (0.14 \times (961.216 + 1110) \times 24) \right] \times \frac{411}{12} \times \frac{1}{24} + 4\% \\ &= 48833.813 \text{ Kg} \end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas ditetapkan harga **$W_{FW} = 48.833 \text{ Ton}$**

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

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

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

$Z = 350 \text{ Orang}$

Maka : $W_{PROV} = 3 \times 350 \times \frac{411}{12} \times \frac{1}{24}$
 $= 1498.437 \text{ kg}$
 $= 1.498 \text{ Ton}$

Dari perhitungan diatas ditetapkan harga **$W_{PROV} = 1.5 \text{ Ton}$**

e) **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 85 kg/ orang
 Z = Jumlah ABK & jumlah penumpang 320 orang
 Maka : $W_{P+L} = 320 \times (75 + 85)$
 $= 51200 \text{ kg}$
 $= 51.200 \text{ Ton}$

Dari perhitungan diatas ditetapkan harga $W_{P+L} = 51.200 \text{ Ton}$

f) **Berat Muatan Barang**

$$\begin{aligned} W_{PL} &= DWT - (W_{FO} + W_{LO} + W_{FW} + W_{PROV} + W_{P+L}) \\ &= 650 - (17.025 + 0.681 + 48.833 + 1.5 + 51.200) \\ &= 650 - 97.762 \\ &= 530.761 \text{ Ton} \end{aligned}$$

g) **Berat Air Ballast**

$$\begin{aligned} \text{Ballast} &= (10\% - 50\%) \times \Delta \\ &= 0,10 \times 1228.718 \\ &= 122.871 \text{ Ton} \end{aligned}$$

TOTAL BERAT DEAD WEIGHT TONNAGE SHIP (DWT)

1)	Berat Bahan Bakar (W_{FO})	= 17.025	Ton	
2)	Berat Minyak Pelumas (W_{LO})	= 0.681	Ton	
3)	Berat Air Bersih dan Tawar (W_{FW})	= 48.833	Ton	
4)	Berat Makanan (W_{PROV})	= 1.500	Ton	
5)	Berat Awak Kapal dan Barang (W_{P+L})	= 51.200	Ton	
6)	Berat Muatan (W_{PL})	= 530.761	Ton	+
TOTAL PERHITUNGAN DWT		= 650.00	Ton	

KOREKSI DISPLACEMENT

Displacement menurut Hukum Archimedes (Δ_1), yaitu :

$$\begin{aligned} \Delta_1 &= LBP \times B \times T \times C_b \times \gamma \\ &= 50,60 \times 9.72 \times 3.05 \times 0.689 \times 1.025 \\ &= 1059.399 \text{ Ton} \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} \text{Dimana : } \Delta_2 &= \text{LWT} + \text{DWT} \\ &= 407.955 \text{ Ton} + 650 \text{ Ton} \\ &= 1057.955 \text{ Ton} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Maka Koreksi} &= \left| \frac{1059.399 - 1057.955}{1059.399} \right| \times 100\% \dots\dots\dots < 0,5 \% \\ &= 0.001 \times 100\% \dots\dots\dots < 0.5 \% \\ &= 0,1 \ \% \dots\dots\dots < 0.5 \text{ (memenuhi)} \end{aligned}$$

2.4 Perhitungan Perkiraan Stabilitas Awal

a) Pehitungan Titik Tekan dan Titik Berat

1. Titik Tekan Vertikal ($\overline{KB}$)

Bauer dalam Harald Poehls, 1979.

$$\begin{aligned} \overline{KB} &= T \times \left(0.828 - 0.343 \times \frac{C_b}{C_w} \right) \\ &= 3.05 \times \left(0.828 - 0.343 \times \frac{0.689}{0.822} \right) \\ &= 1.648 \text{ m} \end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas ditetapkan **$\overline{KB} = 1.648 \text{ m}$**

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

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

$$\begin{aligned} \text{maka: } \overline{KG} &= 0.6 \times H \\ &= 0.6 \times 4.30 \\ &= 2.58 \text{ m} \end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas ditetapkan **$\overline{KG} = 2.58 \text{ m}$**

b) Perhitungan Stabilitas Melintang

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

$$\begin{aligned} \overline{BM} &= \frac{(2 \times C_w + 1)^3}{323} \times \frac{B^2}{T \times C_b} \\ &= \frac{(2 \times 0.822 + 1)^3}{323} \times \frac{9.72^2}{3.05 \times 0.689} \\ &= 2.57 \text{ m} \end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas ditetapkan harga **$\overline{BM} = 2.57 \text{ m}$**

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

$$\begin{aligned}\overline{KM} &= \overline{KB} + \overline{BM} \\ &= 1.648 + 2.57 \\ &= 4.218 \text{ m}\end{aligned}$$

Dari perhitungan ditetapkan **$\overline{KM} = 4.218 \text{ m}$**

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

$$\begin{aligned}\overline{GM} &= \overline{KM} - \overline{KG} \\ &= 4.218 - 2.58 \\ &= 1.638 \text{ m}\end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas ditetapkan **$\overline{GM} = 1.638 \text{ m}$**

c) Perhitungan Waktu Olang Kapal (Rolling Period)

Menurut Harald Poehls, 1979.

$$\begin{aligned}T_R &= \frac{2\pi \times 0.38 \times B}{\sqrt{g \times \overline{GM}}} \\ &= \frac{2 \times 3.14 \times 0.38 \times 9.72}{\sqrt{9.81 \times 1.638}} \\ &= 5.786 \text{ detik}\end{aligned}$$

Dari buku Applied Naval Architecture karangan W.J Lovett, bahwa periode oleng kapal itu antara 4 detik sampai dengan 12 detik (Kapal Niaga), dimana periode oleng kapal rancangan adalah 5.786 detik.

d) Lambung Timbul Kapal (Free Board)

Menurut Harald Poehls, 1979.

$$\begin{aligned}Fb &= H - T \text{ (m)} \\ &= 4.30 - 3.05 \\ &= 1,25 \text{ m}\end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas ditetapkan **$Fb = 1.25$**

e) Pengecekan $\overline{GM}$ Dengan Metode Prohaska

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

1. Hid = Ideal Free Board

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

$$\text{Dimana : } Sh = 50 + \left(\frac{LBP}{3} + 10 \right) = 50 + \left(\frac{50.60}{3} + 10 \right)$$

$$= 76,86 \text{ mm} = 0.076 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} S_f &= 25 + \left(\frac{LBP}{3} + 10 \right) = 25 + \left(\frac{50.60}{3} + 10 \right) \\ &= 51,86 \text{ mm} = 0.051 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Maka : } H_{id} &= H + \frac{S_h + S_f}{6} \\ H_{id} &= 4.30 + \frac{0.076 + 0.051}{6} \\ &= 4.321 \text{ m} \end{aligned}$$

2. MTF

$$\frac{t}{C_b} \times \frac{B^2}{T}$$

$$\begin{aligned} \text{Dimana : } t &= \frac{(2 C_w + 1)^3}{323} \\ &= \frac{(2 \times 0.822 + 1)^3}{323} \\ &= 0.057 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Maka : } MTF &= \frac{0.057}{0.689} \times \frac{9.72^2}{3.05} \\ &= 2.56 \end{aligned}$$

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

- $\frac{T}{B} = \frac{3.05}{9.72} = 0.313$
- $\overline{MF} = \overline{BM} = 2.57$
- $\frac{H_{id}}{B} = \frac{4.321}{9.72} = 0.444$
- $\overline{GM} = 1.638 \text{ M}$

Sedangkan untuk harga φ dari grafik buku karangan Henscke I Bild 1.102

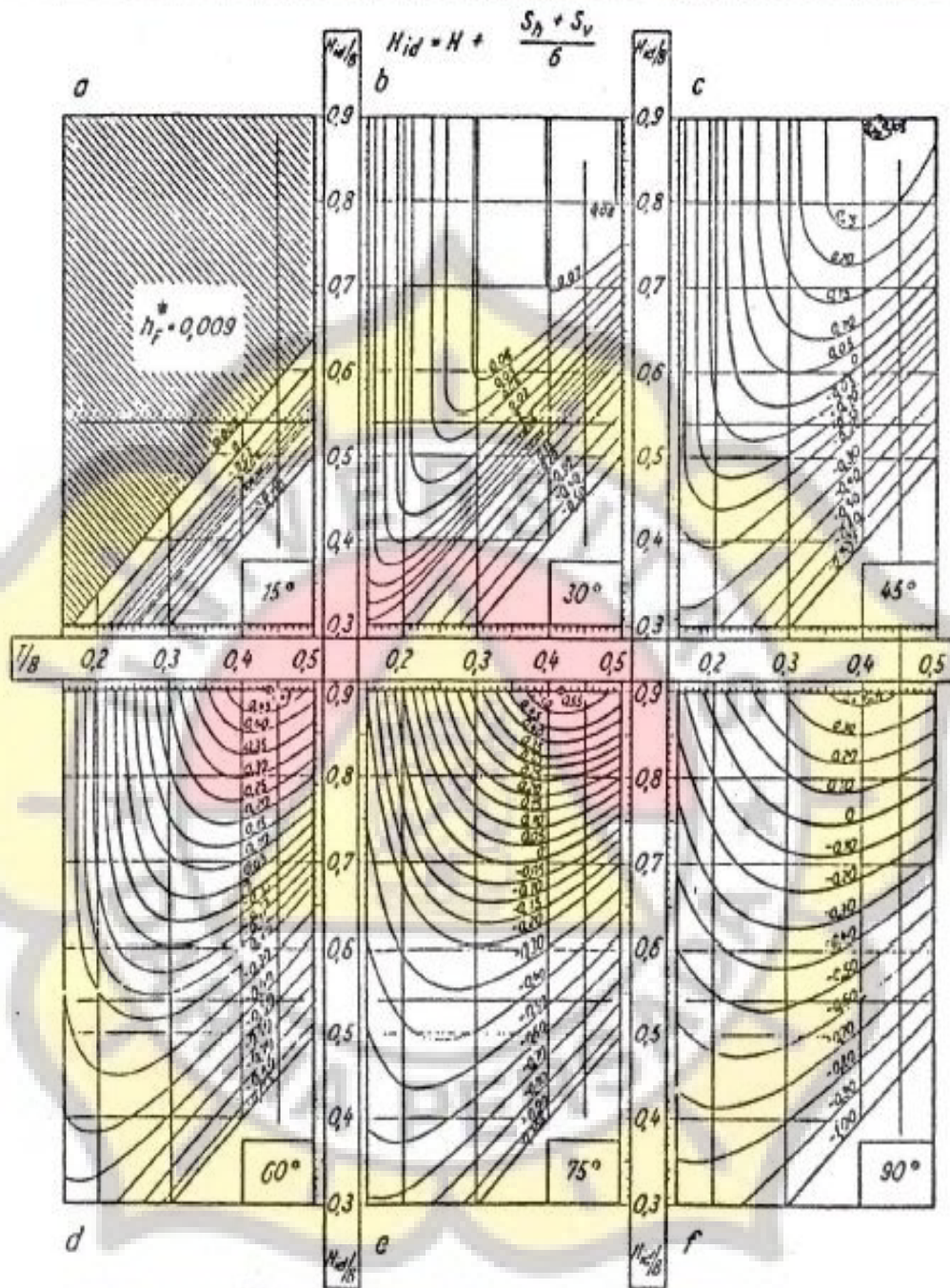


Bild 1.102 k_F über H_{td}/B und T/B

Sumber : Buku karangan Henscke I Bild 1.102

Gambar 2.4 Grafik Prohaska

f) **Perhitungan Kurva Lengan Stabilitas Awal**

Tabel 2.1 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	-0.080	-0.215	-0.400	-0.630	-0.700
3. $h \cdot f \times MF$	0	0.023	-0.205	-0.552	-1.028	-1.619	-1.799
4. $GM \times \sin \phi$	0	0.424	0.819	1.158	1.418	1.580	1.638
5. $GZ = (3) + (4)$	0	0.447	0.613	0.606	0.390	-0.038	-0.161

Sumber : Hasil Pengolahan Data

2.5 **Pengecekan Kurva Stabilitas Awal**

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

a) **$GM > 0,15$**

Dimana : $GM = 1.638 \text{ m} > 0.15 \text{ m}$ memenuhi

b) **$GZ - 30^\circ > 0.20$**

Dimana GZ kapal rancangan pada titik $30^\circ = 0.6134 \text{ m}$ memenuhi

c) **$\Delta GZ - 30^\circ > 0.055 \text{ m - rad}$**

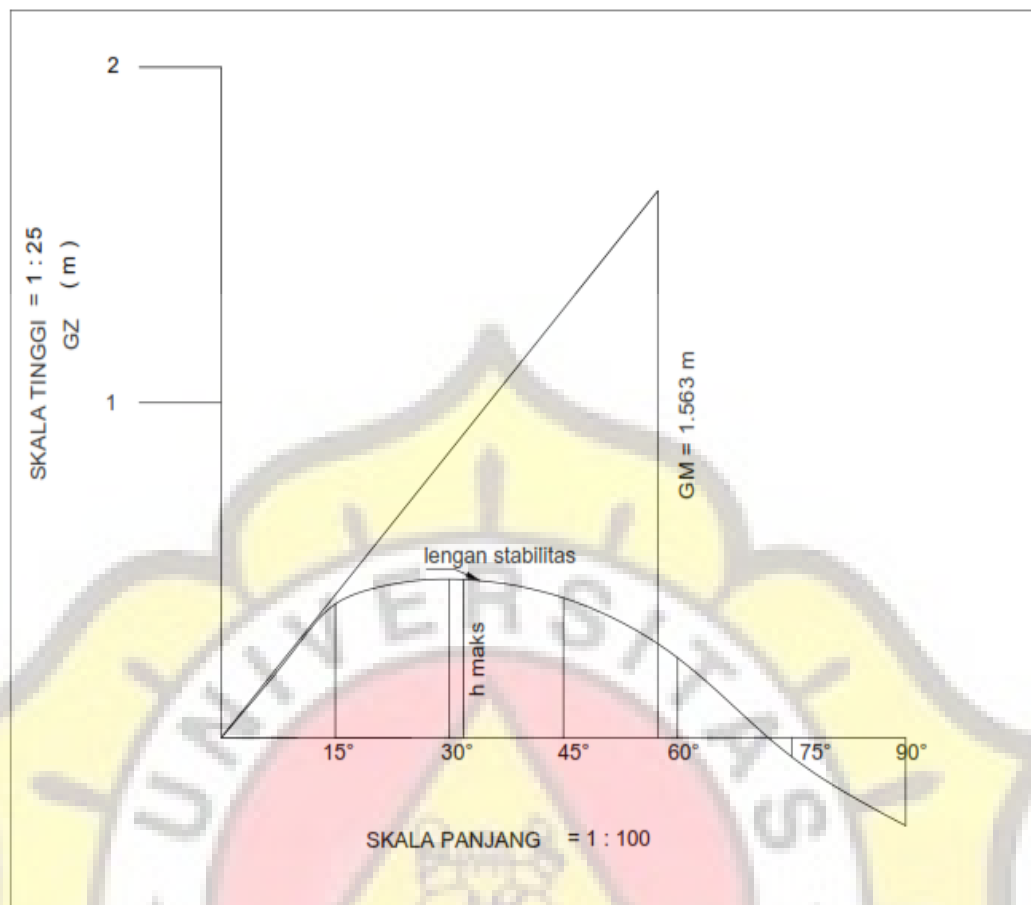
Tabel 2.2 Pengecekan Kurva Stabilitas Awal $GZ - 30^\circ$

NO.	ϕ	GZ	FS	$GZ \times FS$
1	0°	0.000	1	0.000
2	5°	0.142	4	0.568
3	10°	0.285	2	0.570
4	15°	0.447	4	1.788
5	20°	0.508	2	1.016
6	25°	0.573	4	2.292
7	30°	0.613	1	0.613
$\Sigma_1 =$				6.848

Sumber : Hasil Pengolahan Data

$$\text{Dimana: } \Delta GZ - 30^\circ = \frac{\left(\frac{1}{3}\right) \times 5^\circ \times \Sigma_1}{57,3^\circ} = \frac{\left(\frac{1}{3}\right) \times 5^\circ \times 6,8478}{57,3^\circ}$$

Maka : $\Delta GZ - 30^\circ = 0,199 \text{ m-rad} > 0,055 \text{ m-rad}$ memenuhi



Sumber : Data Hasil Gambar Autocad

Gambar 2.5 Kurva Lengan Stabilitas Awal

2.6 Pemeriksaan *Moment* Pengganggu Stabilitas

Pemeriksaan momen pengganggu stabilitas kapal dari kapal yang akan dirancang 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)

a) **Momen Cikar (Mc)**

Momen cikir adalah momen yang terjadi pada saat kapal melakukan olah gerak yaitu belok kanan maupun kekiri. 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 :

$$Mc = 0.233 \times (\rho \times \nabla \times (0.8 \times V_s)^2) / LBP \times (KG - 0.5 \times T)$$

Dimana : Mc = Momen cikir kapal rancangan

ρ = Kepadatan air laut

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

∇ = Volume displacement kapal rancangan

$$= 1033.56 \text{ m}^3$$

V_s = Kecepatan kapal rancangan

$$= 12 \text{ knot}$$

$$= 6.713 \text{ m/s}$$

KG = Center Of Gravity diatas baseline

$$= 2.58 \text{ m}$$

T = Draft kapal rancangan

$$= 3.05 \text{ m}$$

LBP = Panjang kapal rancangan

$$= 50.60 \text{ m}$$

Maka :

$$Mc = 0.233 \times \frac{104.5 \times 1033.56 \times (0.8 \times 6.713)^2}{50.60} \times 1.055$$
$$= 15132.933 \text{ kg/meter}$$

Dari perhitungan diatas didapat nilai **Mc = 15.132 ton/meter**

b) **Momen Angin (Mw)**

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

$$Mw = \xi \times 0.5 \times \rho \times V_w^2 \times A \times a$$

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
= 112.130 m^2
 a = Jarak titik tangkap angin diatas lambung kapal
= $0,5 \times T$
= $0,5 \times 3.05$
= 1.525 m

Maka : $M_w = 1.3 \times 0.5 \times 1.3 \times 10^{-4} \times 15^2 \times 112.130 \times 1.525$
= 3.251 ton meter

Dari perhitungan diatas ditetapkan **$M_w = 3.251 \text{ ton/meter}$**

c) 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
= 15.132 ton/meter
 M_w = Momen angin kapal rancangan
= 3.251 ton/meter

Maka : $M_p = 15.132 + 3.251$
= 18.383 ton/meter

Dari perhitungan diatas diketahui nilai **$M_p = 18.383 \text{ ton meter}$**

d) 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
= 0.4265
 ∇ = Volume displacement kapal rancangan
= 1033.56 m^3
Maka : M_s = $0.4265 \times 1033.56 \text{ m}$
= **511.266 ton meter.**

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

Dimana : M_s = momen stabilitas kapal rancangan
= 511.266 ton meter
 M_p = Momen pengganggu kapal rancangan
= 18.383 ton meter
Maka : $511.266 \text{ ton meter} > 18.383 \text{ ton meter}$ (**Memenuhi**)