

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 :

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

II.1 Estimasi Ukuran Utama, Koefisien dan Perkiraan Displasemen Kapal

II.1.1 Estimasi Ukuran Utama

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 *Froude Number (Fn)*.
- E. Menentukan *Breadth (B)*.
- F. Menentukan *Draft (T)*.
- G. Menentukan *Height (H)*.
- H. Menentukan *Freeboard (f)*.

A. Menentukan *Length Between Perpendicular* (LBP)

Untuk menentukan *Length Between Perpendicular* (LBP) atau panjang garis tegak kapal rancangan digunakan rumus perbandingan terhadap GRT kapal perbandingan:

$$LBP = \sqrt[3]{\frac{GRTr}{GRTp}} \times LBPp$$

Dimana : GRTr = Berat Kapal rancangan
 GRTp = Berat Kapal perbandingan
 LBPp = Panjang Kapal Perbandingan
 = 54,000 m

Maka : $LBP_r = LBP = \sqrt[3]{\frac{650}{530}} \times 54,000$
 = 57,802 m
 = 58,000 m.

Dari perhitungan diatas ditetapkan harga **LBP = 58,000 m.**

B. Menentukan *Length Over All* (LOA)

Untuk menentukan *Length Over All* (LOA) atau panjang seluruh kapal rancangan digunakan perbandingan LOA/LBP dari kapal perbandingan, dimana nilai dari perbandingan tersebut adalah :

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

Dimana : LOA_p = Panjang seluruh kapal perbandingan
 = 60,010 m
 LBP_p = Panjang kapal perbandingan
 = 54,000 m

$$\frac{60,010}{54,000} = 1,111$$

LOA kapal rancangan = $C \times LBP_r$

Dimana : C = koefisien perbandingan
 = 1,111

$$\begin{aligned}
 LBP_r &= \text{Panjang kapal rancangan} \\
 &= 58,000 \text{ m} \\
 LOA_r &= \text{Panjang seluruh kapal rancangan} \\
 &= 1,111 \times 58,000 \text{ m} \\
 &= 64,438 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas ditetapkan harga LOA = 64,400 m.

C. Menentukan *Length Water Line (LWL)*

Untuk menentukan *Length Water Line (LWL)* dari kapal rancangan digunakan rumus perbandingan LWL/LPP kapal pembanding, dimana nilai koefisien pembanding yaitu 1,02. Sehingga LWL kapal rancangan adalah :

$$LWL = 1,02 \times LPP$$

Dimana : LWL = Panjang garis air kapal rancangan.

$$\begin{aligned}
 LPP &= \text{Panjang kapal rancangan} \\
 &= 58,000 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Maka : } LWL &= 1,02 \times 58,000 \text{ m} \\
 &= 59,160 \text{ m.}
 \end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas ditetapkan harga LWL = 59,200 m.

Pengecekan Length Water Line (LWL)

- Dalam *Rules American Bureau Shipping (ABS)* dengan judul *High Speed Craft For Building and Classing 2001* pada part 1 section 1-3 dimana untuk kapal cepat dengan lambung tunggal yaitu memiliki panjang kapal kurang dari 130 m, sementara perhitungan panjang garis air kapal rancangan ini adalah 59,200 m Memenuhi.

D. Menentukan *Froude Number (Fn)*

Untuk menentukan *froude number (Fn)* kapal rancangan 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 :

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

Dimana: V_s = Kecepatan kapal rancangan (m/s).
 = 25 knots
 = 12,86 m/s.

g = Gravitasi
 = 9,81 m/s

LWL = Panjang garis air.
 = 59,200 m.

Maka : $F_n = \frac{12,86}{\sqrt{9,81 \times 59,200}}$
 = 0,534

Dari perhitungan diatas ditetapkan harga $F_n = 0,534$

Pengecekan Froude Number (F_n)

- Dalam buku *H. Schneekluth and V. Bertram* dengan judul *Ship Design For Efficiency and Economy* dalam *second edition* halaman 4 dimana nilai *froude number* untuk jenis kapal cepat adalah 0,500 – 0,563, dimana untuk nilai *froude number* kapal rancangan adalah 0,534Memenuhi.

E. Menentukan *Breadth (B)*

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

$$\frac{LBP_p}{B_p} = C$$

Dimana : B_p = Lebar kapal pembanding
 = 8,000 m

LBP_p = Panjang kapal pembanding
 = 54,000 m

$$C = \text{Koefisien pembanding}$$

$$= \frac{54,000}{8,000} = 6,75$$

$$\text{Maka : } B = \frac{LBP_r}{C}$$

$$LBP_r = \text{Panjang kapal rancangan}$$

$$= 58,000 \text{ m}$$

$$B = \frac{58,00}{6,75}$$

$$= 8,593 \text{ m.}$$

Dari perhitungan diatas ditetapkan harga **B = 8.600 m.**

Pengecekan Lebar Kapal (B)

- Dalam buku *Principles of Naval Architecture Chapter I* oleh *SNAME* halaman 44, disebutkan untuk perbandingan LBP/B untuk semua kapal adalah antara 4 ~ 10, dimana perbandingan LBP/B kapal rancangan adalah 6,74...Memenuhi.
- Dalam buku *Practical Ship Design* oleh *D.G.M Watson* halaman 67, untuk perbandingan LBP/B tipe kapal cepat dengan panjang 50-100 meter adalah 5 ~ 10, dimana perbandingan LBP/B kapal rancangan dengan panjang kapal 58 meter adalah 6,744 Memenuhi.

F. Menentukan Draft (T)

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

$$\frac{B_p}{T_p} = C$$

$$\text{Dimana : } T_p = \text{Draft kapal pembanding}$$

$$= 3,200 \text{ m}$$

$$B_p = \text{Lebar kapal pembanding}$$

$$= 8,000 \text{ m}$$

$$C = \text{Koefisien pembanding}$$

$$= \frac{8,000}{3,200} = 2,500$$

$$\text{Maka : } T = \frac{B}{C}$$

$$\text{Dimana : } B = \text{Lebar kapal rancangan}$$

$$= 8,600 \text{ m}$$

$$T = \frac{8,600}{2,500}$$

$$= 3,440 \text{ m}$$

Dari perhitungan diatas ditetapkan harga **T = 3,400 m.**

Pengecekan Sarat Air Kapal (T)

- Dalam buku *Principles of Naval Architecture Chapter I* oleh SNAME halaman 44, disebutkan untuk perbandingan LBP/T untuk semua kapal adalah antara 10~30, dimana perbandingan LBP/T kapal rancangan ini adalah 17,059..... Memenuhi.

G. Menentukan Height (H)

Untuk menentukan *Height (H)* atau tinggi kapal rancangan digunakan rumus dari buku *D.L Smith* dengan judul *Marine Design* pada halaman 34, yaitu :

$$T = 0,7 \times H$$

$$\text{Dimana : } H = \text{Tinggi kapal rancangan.}$$

$$T = \text{Draft kapal rancangan.}$$

$$= 3,400 \text{ m}$$

$$\text{Maka : } H = \frac{T}{0,7}$$

$$= \frac{3,400}{0,7}$$

$$= 4,857 \text{ m.}$$

Dari perhitungan diatas ditetapkan harga **H = 4,900 m.**

Pengecekan Tinggi Kapal (H)

- Dalam buku *Practical Ship Design* oleh *D.G.M Watson* halaman 70, untuk perbandingan T/H tipe kapal cepat dengan tinggi kapal 0 ~ 10 meter adalah 0~4, dimana perbandingan T/H dari kapal rancangan dengan tinggi kapal 4,900m adalah 0,694Memenuhi.

H. Menentukan Freeboard (f)

Untuk menentukan *Freeboard (f)* digunakan rumus yang terdapat dalam buku *A.A Biran* dengan judul *Ship Hydrostatic and Stability* halaman 54 dimana :

$$T = H - f \quad \text{maka} \quad f = H - T$$

Dimana : f = *Freeboard* kapal rancangan.

T = *Draft* kapal rancangan
= 3,400 m

H = Tinggi kapal rancangan.
= 4,900 m

Maka : f = $H - T$
= 4,900 - 3,400
= 1,500 m

Dari perhitungan diatas ditetapkan harga $f = 1,500$ m.

Pengecekan Freeboard Kapal (f)

- Berdasarkan data pada tabel 1.5 *Freeboard Table* dalam buku *H. Schneekluth and V. Bertram* dengan judul *Ship Design For Efficiency and Economy second edition* halaman 4, dimana nilai minimal *freeboard* untuk kapal dengan panjang 58 m adalah 0,544 m, sementara untuk nilai *freeboard* kapal rancangan adalah 1,500 Memenuhi.

II.1.2 Estimasi *Displacement* Kapal (Δ)

Untuk menentukan *displacement* kapal digunakan rumus *R. Munro Smith* yaitu pebandingan *displacement* terhadap GRT pebandingan :

$$\Delta = GRT / C$$

Dimana : GRT = Berat kapal Rancangan

Δ = *Displacement* Kapal Rancangan

C = Koefisien Pebandingan

$$= GRT_p / \Delta_p$$

$$= 530 \text{ Tons} / 708,480 \text{ Tons}$$

$$= 0,748$$

Maka : $\Delta = GRT / C$

$$= 650 \text{ Tons} / 0,748$$

$$= 869,159 \text{ Tons}$$

Dari perhitungan diatas ditetapkan *displacement* kapal rancangan $\Delta = \underline{869,159 \text{ Tons}}$.

II.1.3 Estimasi Koefisien Bentuk Kapal

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

- A. Menentukan *Coefficient Block* (C_b)
- B. Menentukan *Coefficient Midship* (C_m)
- C. Menentukan *Coefficient Prismatic* (C_p)
- D. Menentukan *Coefficient Waterline* (C_w)

A. Menentukan *Coefficient Block* (C_b)

Untuk menentukan *coefficient block* (C_b) digunakan ketentuan dari *American Bureau of Shipping (ABS)* dalam *Rules Hull High Speed Craft* halaman 6, yaitu :

$$C_b = \frac{\Delta}{L \times B \times T \times 1,025}$$

Dimana : LBP = Panjang Kapal Rancangan
 = 58,000 m.
 B = Lebar kapal rancangan
 = 8,600 m.
 T = *Draft* kapal rancangan
 = 3,400 m
 Δ = *Displacement* Kapal rancangan
 = 869,159 Tons

Maka :

$$Cb = \frac{\Delta}{L \times B \times T \times 1,025}$$

$$Cb = \frac{869,159}{58,000 \times 8,600 \times 3,400 \times 1,025}$$

$$Cb = 0,500$$

Dari perhitungan diatas ditetapkan harga **Cb = 0.500.**

Pengecekan Coefficient Block (Cb)

- Dari buku *K. Van Dokkum* dengan judul *Ship Knowlegde* halaman 29 bahwa untuk tipe kapal cepat mempunyai *Cb* antara 0,5 ~ 0,55, dimana *Cb* kapal rancangan adalah 0,500 Memenuhi.

B. Menentukan *Coefficient Midship (Cm)*

Untuk menentukan *coefficient midship (Cm)* digunakan rumus HSVA yang terdapat dalam buku *Prof. Manuel Ventura* dengan judul *Estimation Methods for Basic Ship Design* pada halaman 10, yaitu :

$$Cm = \frac{1}{1 + (1 - Cb)^{3,5}}$$

Dimana : *Cb* = *Coeffisien Block* kapal rancangan

Maka :

$$Cm = \frac{1}{1 + (1 - 0,500)^{3,5}}$$

$$Cm = 0,919$$

Dari perhitungan diatas ditetapkan harga **Cm = 0.919.**

Pengecekan Coefficient Midship (Cm)

- Berdasarkan grafik *Recommended midship area coefficient* oleh Jensen 1994 yang terdapat dalam buku *H. Schneekluth and V. Bertram* dengan judul *Ship Design For Efficiency and Economy second edition* halaman 28 bahwa untuk kapal yang memiliki $C_b = 0,5$ maka nilai C_m adalah antara $0,90 \sim 0,92$, dimana nilai C_m kapal rancangan adalah $0,919$ Memenuhi.

C. Menentukan Coefficient Prismatic (Cp)

Untuk menentukan *coefficient prismatic (Cp)* digunakan rumus yang terdapat dalam buku *Principles Of Naval Architecture Volume 1* oleh SNAME pada halaman 19, yaitu :

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

Dimana : $C_b =$ Coefficient block kapal rancangan
 $= 0,500$

$C_m =$ Coefficient midship kapal rancangan
 $= 0,919$

Maka :

$$C_p = \frac{0,500}{0,919}$$

$$= 0,544$$

Dari perhitungan diatas ditetapkan harga **$C_p = 0,544$** .

Pengecekan Coefficient Prismatic (Cp)

- Berdasarkan tabel 2. *Geometrical Charecteristic of Typical Ships* dalam buku *Principles Of Naval Architecture Volume 1* oleh SNAME pada halaman 20, bahwa untuk tipe kapal cepat memiliki C_p sampai dengan $0,605$, dimana C_p kapal rancangan adalah $0,544$ Memenuhi.

D. Menentukan *Coefficient Waterline* (C_w)

Untuk menentukan *coefficient waterline* (C_w) digunakan rumus *ratio* perbandingan ($LWL \times B$)/ A_w dari kapal pembanding ;

$$\frac{LWL \times B}{A_w}$$

Dimana : A_w = *Area waterline* kapal pembanding.

$$= 385,225 \text{ m}^2.$$

LWL = Panjang garis air kapal pembanding.

$$= 56,410 \text{ m.}$$

B = Lebar kapal pembanding.

$$= 8,000 \text{ m.}$$

$$\text{Maka : } = \frac{56,410 \times 8,000}{385,225}$$

$$= 1,171$$

Untuk A_w kapal rancangan adalah :

$$A_w = \frac{LWL \times B}{1,171}$$

Dimana : A_w = *Area water line* kapal rancangan.

LWL = Panjang garis air kapal rancangan.

$$= 59,200 \text{ m.}$$

B = Lebar kapal rancangan.

$$= 8,600 \text{ m.}$$

$$\text{Maka : } A_w = \frac{59,200 \times 8,600}{1,171}$$

$$= 434,774 \text{ m}^2.$$

Untuk menentukan C_w digunakan rumus yang terdapat dalam buku *Principles Of Naval Architecture* oleh SNAME chapter I halaman 42, Maka C_w kapal rancangan adalah :

$$C_w = \frac{A_w}{LWL \times B}$$

Dimana : A_w = *Area water line* kapal rancangan.
 = 434,774 m².

LWL = Panjang garis air kapal rancangan.
 = 59,200 m.

B = Lebar kapal rancangan.
 = 8,600 m.

Maka : C_w = $\frac{434,774}{59,200 \times 8,600}$
 = 0,854

Dari perhitungan diatas ditetapkan harga **$C_w = 0,854$** .

Pengecekan Coefficient Waterline (C_w)

- Dari buku *Ship Calculation* oleh *Overseas Shipbuilding Cooperation Center* halaman 7, koreksi dilakukan terhadap hubungan C_b , C_p dan C_w dimana nilainya tersebut adalah harus $C_b < C_p < C_w$, dimana harga untuk kapal rancangan ini adalah $0,500 < 0,544 < 0,854$ Memenuhi.

II.1.4 Menentukan *Volume Displacement* (∇)

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 :

$$\nabla = C_b \times LBP \times B \times T$$

Dimana : ∇ = *Volume displacement* kapal rancangan.

LBP = Panjang kapal rancangan.
 = 58,00 m.

B = Lebar kapal rancangan.
 = 8,600 m.

T = *Draft* kapal rancangan.
 = 3,400 m

C_b = *Coeffisient block* kapal rancangan.
 = 0,500

$$\begin{aligned} \text{Maka : } \nabla &= 0,500 \times 58,000 \times 8,600 \times 3,400 \\ &= 847,960 \text{ m}^3. \end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas ditetapkan harga $\nabla = 847,960 \text{ m}^3$.

II.1.5 Estimasi Bentuk *Midship* Kapal

A. Menentukan *Rise Of Floor* (r)

Untuk menentukan rise of floor digunakan rumus perbandingan *rise of floor* terhadap lebar kapal pembeding, yaitu :

$$r = \frac{r.\text{pembeding}}{B.\text{pembeding}}$$

$$\begin{aligned} \text{Dimana : } r.\text{Pembeding} &= \text{rise of floor pembeding (didapat dari } body\ plan) \\ &= 0,460 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} B.\text{pembeding} &= \text{Lebar kapal pembeding} \\ &= 8,000 \text{ m.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} r &= \frac{0,460}{8,000} \\ &= 0,058 \end{aligned}$$

Maka *rise of floor* kapal rancangan :

$$\text{Rise of floor} = r \times B \text{ rancangan}$$

$$\begin{aligned} \text{Dimana : } r &= \text{Koefisien } rise\ of\ floor \\ &= 0,058 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} B \text{ rancangan} &= \text{Lebar kapal rancangan} \\ &= 8,000 \text{ m.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Rise of floor} &= 0,058 \times 8,600 \text{ m} \\ &= 0,499 \text{ m} \end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas ditetapkan harga $r = 0,499 \text{ m}$

B. Menentukan *Radius Bilge (R)*

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

$$R = \sqrt{\{2.B.H.(1 - Cm) - (B.r)\} / 0,8548}$$

Dimana : B = Lebar kapal rancangan
 = 8,600 m
 Cm = *Coefficient midship* kapal rancangan
 = 0,919 m
 r = *Rise of floor* kapal rancangan
 = 0,499
 H = Tinggi kapal rancangan
 = 4,900 m

Maka : $R = \sqrt{\{2.8,600.4,900(1 - 0,919) - (8,600.0,499)\} / 0,8548}$
 $R = 1,722 \text{ m}$

Dari perhitungan diatas ditetapkan harga **R = 1,720 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* lebar kapal.
 L = Panjang kapal rancangan
 = 58,000 m.

Maka : b = 800 + 5 (58,000)
 = 1.090 mm

Dari perhitungan diatas ditetapkan harga **b = 1,100 m**

D. Menentukan Camber

Untuk menentukan camber digunakan rumus :

$$\text{Camber} = \frac{B}{50} = \frac{8,600}{50} = 0,172m$$

Dari perhitungan diatas ditetapkan harga **Camber = 0,180 m**

II.1.3.6 Hasil Estimasi Ukuran Utama Sementara :

| | | |
|---|--|--------------------------|
| ➤ | <i>Length Between Perpendicullar (LBP)</i> | = 58,000 m |
| ➤ | <i>Length Over All (LOA)</i> | = 64,400 m |
| ➤ | <i>Length Water Line (LWL)</i> | = 59,200 m |
| ➤ | <i>Breadth (B)</i> | = 8,600 m |
| ➤ | <i>Draft (T)</i> | = 3,400 m |
| ➤ | <i>Height (H)</i> | = 4,900 m |
| ➤ | <i>Freeboard (f)</i> | = 1,500 m |
| ➤ | <i>Froude Number</i> | = 0,534 |
| ➤ | <i>Coefficient Block (Cb)</i> | = 0,500 |
| ➤ | <i>Coefficient Midship (Cm)</i> | = 0,919 |
| ➤ | <i>Coefficient Prismatic (Cp)</i> | = 0,544 |
| ➤ | <i>Coefficient Waterline (Cw)</i> | = 0,854 |
| ➤ | <i>Displacement (Δ)</i> | = 869,159 Tons |
| ➤ | <i>Volume Displacement (∇)</i> | = 847,960 m ³ |
| ➤ | <i>Vs</i> | = 25 Knots |
| ➤ | <i>Rise Of Floor (r)</i> | = 0,499 m |
| ➤ | <i>Radius Bilgz (R)</i> | = 1,720 m |
| ➤ | <i>Keel Plate (b)</i> | = 1,100 m |
| ➤ | <i>Camber</i> | = 0,180 m |

II.2 Estimasi Tenaga Penggerak Kapal

II.1.1 Estimasi Daya Mesin Kapal

Perhitungan daya mesin kapal rancangan dilakukan dengan menggunakan rumus pendekatan yaitu *Metode Admiralty* yang terdapat dalam buku *MAN* dengan judul *Basic Principles of Ship Propulsion* halaman 13 :

$$P = \frac{\Delta^{2/3} \times V_s^3}{A}$$

Nilai koefisien displasemen kapal pemanding

$$A = \frac{\Delta^{2/3} \times V_s^3}{P}$$

Dimana : P = *Propulsion Power* pemanding

$$= 2200 \text{ HP}$$

Δ = Displasemen Kapal pemanding

$$= 708,480 \text{ Ton.}$$

V_s = Kecepatan Kapal pemanding

$$= 18,62 \text{ knots (100\% MCR)}$$

A = Koefisien pemanding

$$A = \frac{708,480^{2/3} \times 18,62^3}{2200}$$

$$= 232,203$$

Maka *BHP* kapal rancangan :

$$P = \frac{\Delta^{2/3} \times V_s^3}{A}$$

Dimana : P = *Propulsion Power* kapal rancangan

Δ = Displasemen Kapal rancangan

$$= 869,159 \text{ Ton.}$$

V_s = Kecepatan Kapal pemanding

$$= 25 \text{ knots}$$

A = *Admiralty coefficient*

$$= 232,203$$

$$BHP = \frac{869,159^{2/3} \times 25^3}{232,203}$$

$$= 6.128,465 \text{ HP}$$

Dari perhitungan diatas daya mesin yang digunakan **BHP = 6.169 HP (1 M/E)**

II.2.2 Menentukan Spesifikasi Mesin Kapal Sementara

A. Mesin Utama Kapal

Dalam rencana awal diperlukan pemilihan sementara spesifikasi dan ukuran mesin kapal rancangan, hal ini berfungsi untuk membantu perhitungan-perhitungan selanjutnya diantaranya adalah estimasi ukuran kamar mesin pada kapal rancangan. Pada kapal rancangan ini menggunakan 2 (dua) mesin utama. Sesuai dengan estimasi power yang telah dihitung diatas, maka spesifikasi mesin yang dipilih yaitu :

- ✓ *Merk* : Caterpillar (CAT)
- ✓ *Type* : C280-16
- ✓ *Power* : 6169 HP/ 4600 KW
- ✓ *Cycle* : 4 Stroke
- ✓ *Cylinders* : 6L
- ✓ *Bore x Stroke* : 280 x 300 mm
- ✓ *Speed* : 900 rpm
- ✓ *SFOC* : 272 g/h
- ✓ *L x H x W* : 5685 mm x 3406 mm x 2038 mm
- ✓ *Displacement* : 296 Liter
- ✓ *Weight* : 28500 Kg
- ✓ *Total* : 2 (dua) buah

B. Mesin Bantu Kapal

Mesin bantu digunakan untuk membantu pengoperasian kapal selama berlayar. Begitu pula dengan sumber energi listrik didapatkan dari mesin ini. Pada kapal rancangan ini menggunakan 3 (dua) mesin bantu, dengan spesifikasi sebagai berikut :

- ✓ *Merk* : Caterpillar (CAT)
- ✓ *Type* : C9
- ✓ *Power* : 200 eKW/ 250 kV.A
- ✓ *Bore x Stroke* : 112 x 149 mm
- ✓ *Speed* : 1500 rpm
- ✓ *SFOC* : 14.2 g/h
- ✓ *L x H x W* : 2106 mm x 1169 mm x 996.8 mm
- ✓ *Displacement* : 8.8 Liter
- ✓ *Weight* : 1753 Kg
- ✓ *Total* : 3 (tiga) buah

C. Reduction Gear

Untuk mengurangi getaran yang diakibatkan oleh putaran mesin utama yang tinggi, maka diperlukan *reduction gear* untuk mengurangi terjadinya getaran tersebut. Pada kapal rancangan ini digunakan 2 (dua) buah *reduction gear* yang masing-masing dipasang satu di mesin utama. Adapun spesifikasi dari *reduction gear* tersebut adalah sebagai berikut :

- ✓ *Merk* : ZF
- ✓ *Type* : W43100 NR
- ✓ *Input* : 6195 HP/ 4620 kW
- ✓ *Ratio* : 1 : 4,478
- ✓ *Hasil Rpm* : 200,983 rpm

RATINGS AND FUEL CONSUMPTION

| | mhp | bhp | bkW | rpm | U.S. g/h | l/hr | EPA - IMO - EU |
|------|------|------|------|------|----------|------|----------------|
| CS | 6255 | 6169 | 4600 | 900 | 272 | 1030 | T2C - II - NC |
| CS | 6690 | 6598 | 4920 | 1000 | 305 | 1153 | T2C - II - NC |
| MC | 6879 | 6785 | 5060 | 900 | 300 | 1133 | T2C - II - NC |
| MC | 7369 | 7268 | 5420 | 1000 | 336 | 1271 | T2C - II - NC |
| FCVR | 7682 | 7577 | 5650 | 1000 | 365 | 1382 | T2C - II - NC |

Additional ratings available for the above engines. Consult your Cat representative.

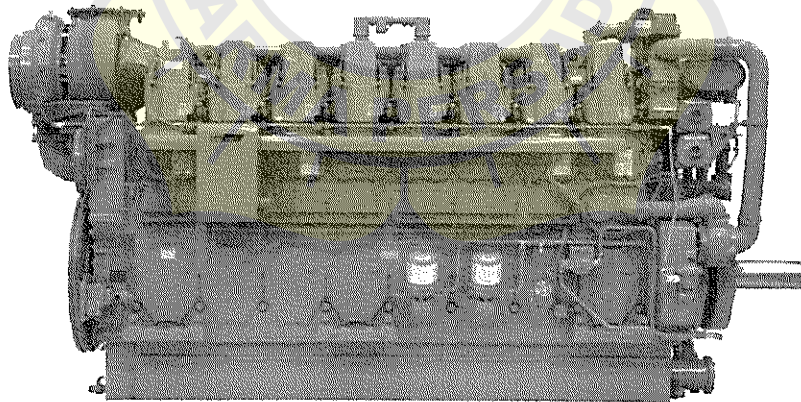
Arrangements are available with front mounted turbochargers or rear mounted turbochargers.

C280-16 propulsion ratings listed above are also available in Tier 1 configurations.

| | LE | H | WE |
|------|----------------|----------------|---------------|
| min. | 224 in/5690 mm | 134 in/3403 mm | 80 in/2032 mm |
| max. | 224 in/5690 mm | 134 in/3403 mm | 80 in/2032 mm |

Vee 16, 4-Stroke-Cycle Diesel

| | | |
|------------------------------|-------------------------------|--------------|
| Aspiration | TTA | |
| Bore x Stroke | 11.0 x 11.8 in | 280 x 300 mm |
| Displacement | 18,062 cu in | 296 liter |
| Rotation (from flywheel end) | Counterclockwise or clockwise | |
| Engine dry weight (approx) | 62,832 lb | 28 500 kg |



Gambar 3. Specification Main Engine C280-16-CS

RATINGS AND FUEL CONSUMPTION

| | Gen Set | | | U.S. g/h | l/h | EPA/ IMO | EU regs. |
|----------|------------|------|------|----------|------|-------------|-------------|
| | ekW @ .8pf | kV•A | rpm | | | | |
| 60 Hertz | 163R | 204 | 1800 | 13.6 | 51.6 | T2C | CC2 |
| 60 Hertz | 175 | 219 | 1800 | 13.7 | 51.8 | T2C | CC2 |
| 60 Hertz | 203R | 254 | 1800 | 16.8 | 63.5 | T2C | CC2 |
| 60 Hertz | 215 | 269 | 1800 | 16.9 | 63.8 | T2C | CC2 |
| 60 Hertz | 238R | 298 | 1800 | 17.9 | 68.1 | T2C | CC2 |
| 60 Hertz | 250 | 313 | 1800 | 17.9 | 68.1 | T2C | CC2 |
| 50 Hertz | 142R | 178 | 1500 | 10.8 | 41.6 | T2C | NC |
| 50 Hertz | 150 | 188 | 1500 | 10.9 | 41.6 | T2C | NC |
| 50 Hertz | 167R | 208 | 1500 | 12.4 | 47.1 | T2C | CC2 |
| 50 Hertz | 175 | 219 | 1500 | 12.9 | 47.7 | T2C | CC2 |
| 50 Hertz | 192R | 240 | 1500 | 14.2 | 53.7 | T2C | NC |
| 50 Hertz | 200 | 250 | 1500 | 14.2 | 53.7 | T2C | NC |

R – Radiator cooled only.

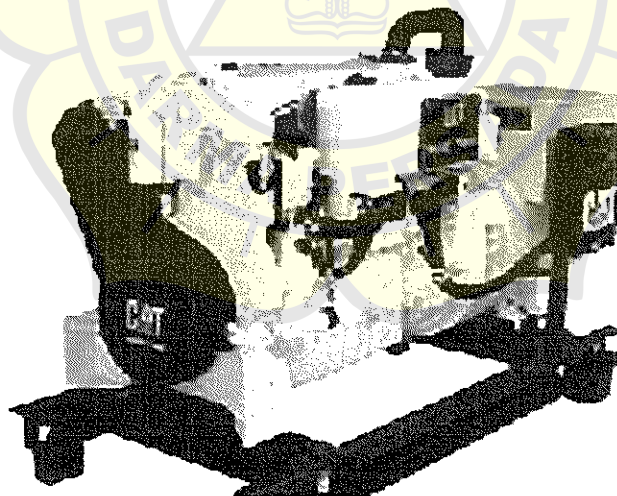
MCS approvable.

Now available on all C9 Generator Sets.

| | LG | H | WE |
|------|-----------------|-----------------|------------------|
| min. | 82.9 in/2106 mm | 46.0 in/1169 mm | 39.2 in/996.8 mm |
| max. | 87.2 in/2216 mm | 46.0 in/1169 mm | 39.2 in/996.8 mm |

In-line 6, 4-Stroke-Cycle Diesel

| | | |
|-------------------------------|------------------|--------------|
| Aspiration | TA | |
| Bore x Stroke | 4.41 x 5.87 in | 112 x 149 mm |
| Displacement | 538 cu in | 8.8 liter |
| Rotation (from flywheel end) | Counterclockwise | |
| Generator set weight (approx) | 3865-4195 lb | 1753-1903 kg |



Gambar 4. Specification Generator Sets C9

II.3 Estimasi Ukuran *Superstructure*

Superstructure merupakan konstruksi bangunan atas yang terdapat pada kapal diatas geladak utama. Estimasi konstruksi *superstructure* kapal ini berdasarkan batas standar dari Peraturan Garis Muat Indonesia (PGMI). Dalam perencanaannya *superstructure* kapal rancangan ini terdiri dari *Superstructure deck*, *Bridge deck* dan *Top deck* dengan perencanaan estimasi ukuran sebagai berikut :

1. *Superstructure deck*

Merupakan *deck* dasar pada *superstructure* kapal rancangan ini. Dalam perencanaannya akan diletakkan 4 *lifecraft* sebagai alat keselamatan yang masing-masing 2 (dua) diletakkan disisi kanan dan sisi kiri *superstructure* kapal. Memiliki panjang x lebar x tinggi = 20,500 m x 8,200 m x 1,000 m.

2. *Bridge Deck*

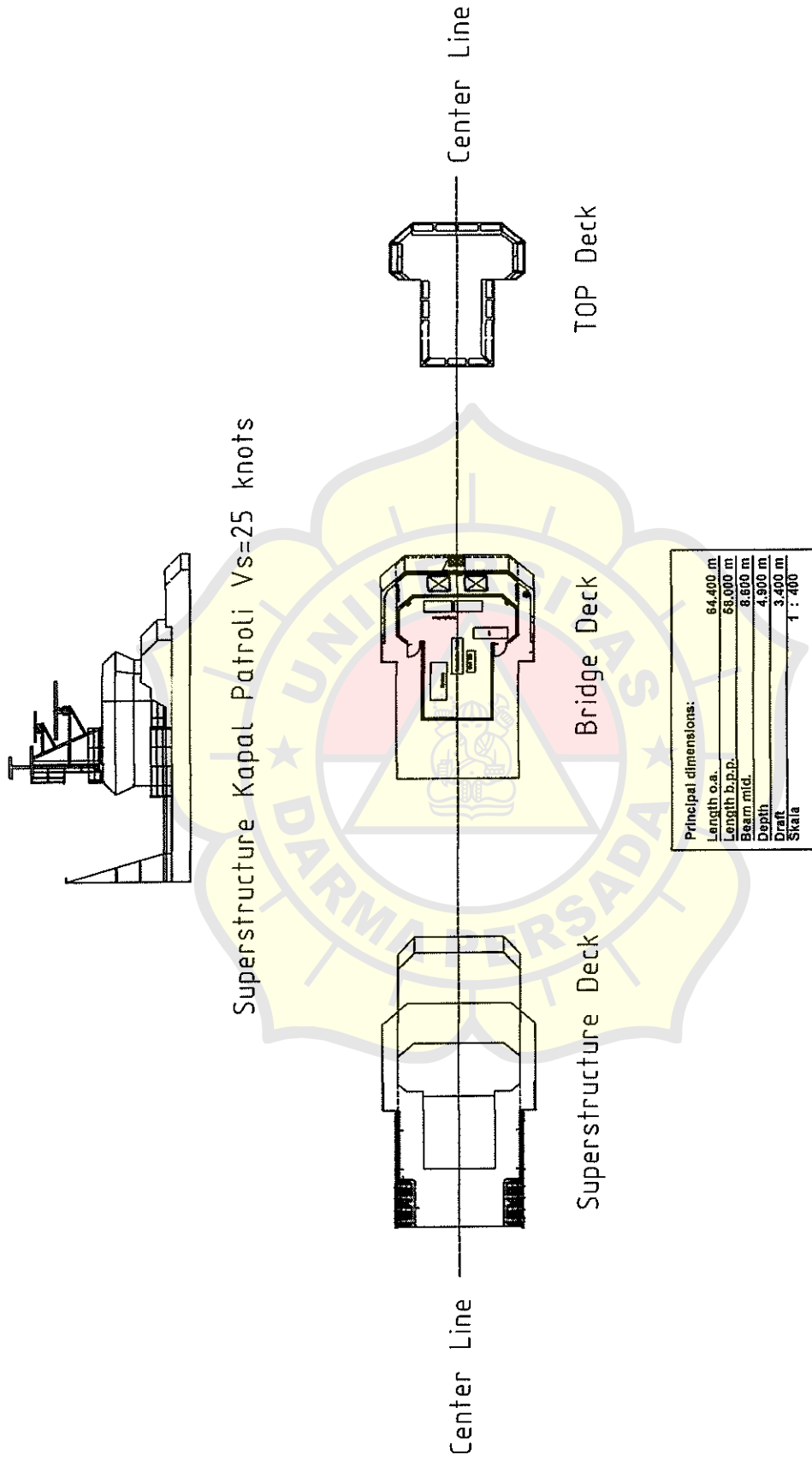
Merupakan geladak yang berada ditengah kapal, disebut juga sebagai anjungan dan ruang kemudi. Dalam perencanaannya akan digunakan sebagai ruang navigasi dan kemudi kapal ini yang akan dipasang perlengkapan kemudi beserta navigasi pelayaran. Estimasi konstruksi ini memiliki panjang x lebar x tinggi = 10,500 m x 7,500 m x 2,800 m.

3. *Top deck*

Merupakan bangunan yang tertinggi pada rancangan ini. Terletak diatas *bridge deck*. Konstruksi ini berfungsi sebagai tempat pemasangan antena radar telekomunikasi berlayar. Dalam perencanaannya konstruksi ini akan memiliki panjang x lebar = 9,000 m x 7,000 m.

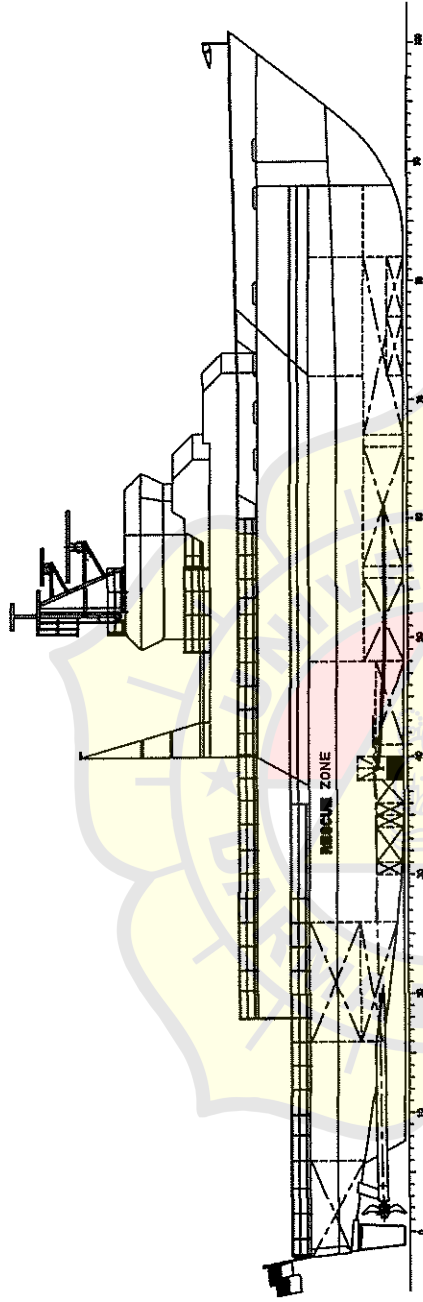
Selanjutnya, untuk gambaran konstruksi *superstructure* kapal rancangan ini dapat dilihat pada gambar sketsa dibawah berikut ini :

SKEISA Superstructure
Kapal Patroli Vs=25 knots



Gambar 5. Sketsa Superstructure

II.4 SKETSA RENCANA UMUM



Gambar 6. Sketsa Rencana Umum

Principal dimensions:

| | |
|---------------|----------|
| Length o.a. | 64.400 m |
| Length b.p.p. | 58.000 m |
| Beam mld. | 8.600 m |
| Depth | 4.900 m |
| Draft | 3.400 m |
| Skala | 1 : 400 |

II.5 Perkiraan *Dead Weight Ton (DWT)* dan *Light Weight Ton (LWT)*

II.5.1 Perhitungan *Light Weight Ton (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_{MA}).
- C. Berat PerKayuan Dan Outfitting (W_{WO}).
- D. *Margin*

A. Menentukan Berat Baja Kapal (W_{ST})

Untuk menentukan berat baja kapal rancangan ini digunakan rumus pendekatan dari *Carryette* yang terdapat dalam buku *Mr. D. L Smith* dengan judul *Marine Design* halaman 46, yaitu :

$$W_{ST} = Cst \times LBP \times B \times H$$

Dimana : W_{ST} = Berat baja kapal rancangan.

LBP = Panjang kapal rancangan

= 58,000 m.

H = Tinggi kapal rancangan

= 4,900 m.

B = Lebar kapal rancangan

= 8,600 m.

Cst = koefisien berat baja (0,09 ~ 0,12) ton/m³

= diambil 0,12 ton/m³

Maka : $W_{ST} = 0,12 \times 58,000 \times 8,600 \times 4,900$

= 293,295 Ton.

Dari perhitungan diatas ditetapkan harga $W_{ST} = 293,295$ ton.

B. Menentukan Berat Permesinan Kapal (W_M)

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 :

$$W_M = k \cdot (MCR)^{0,7}$$

Dimana : k = Faktor koefisien untuk jenis kapal cepat
= 0,19

MCR = *Maximum continous rating* mesin kapal rancangan (kW)
= 9.240 kW (2 mesin diesel)

Maka : $W_M = 0,19 \cdot (9240)^{0,7}$
= 113,429 Ton.

Dari perhitungan diatas ditetapkan harga $W_M = 113,429$ ton.

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

Untuk menentukan berat perkayuan dan *outfitting* kapal rancangan ini digunakan rumus pendekatan yang terdapat dalam buku *H. Schneekluth and V. Bertram* dengan judul *Ship Design For Efficiency and Economy* dalam *second edition* halaman 168 :

$$W_{wo} = k \cdot L \cdot B$$

Dimana : k = Faktor koefisien untuk jenis kapal cepat
= 0,19

L = Panjang kapal rancangan
= 58,000.

B = Lebar kapal rancangan
= 8,600 m.

Maka : $W_{wo} = 0,19 \times 58 \times 8,6$
= 94,772 Ton.

Dari perhitungan diatas ditetapkan harga $W_{wo} = 94,772$ ton.

D. Menentukan *Margin Ligth Weigth Ton (LWT)*

Untuk menentukan *margin* dari *LWT* kapal rancangan digunakan rumus sebagai berikut :

$$\text{Margin} = [W_{ST} + W_{MC} + W_{WO}] \times \%$$

Dimana : W_{ST} = Berat baja kapal rancangan.

$$= 293,295 \text{ ton.}$$

W_{MC} = Berat permesinan kapal rancangan.

$$= 113,429 \text{ ton.}$$

W_{WO} = Berat kayu dan *outfitting* kapal rancangan.

$$= 94,772 \text{ ton.}$$

% = Persentase *margin*

$$= 0,5 \% - 2 \% \text{ untuk kapal cepat}$$

$$= 2\%$$

Maka : $\text{Margin} = [293,295 + 113,429 + 94,772] \times 2\%$

$$= 10,030 \text{ ton.}$$

Dari perhitungan diatas ditetapkan harga **Margin LWT = 10,030 ton.**

E. Total *Ligth Weigth Ton (LWT)*

Untuk menentukan total *LWT* kapal rancangan adalah didapat dari penjumlahan-penjumlahan komponen-komponen *LWT* :

$$LWT = W_{ST} + W_{MC} + W_{WO} + \text{Margin}$$

Dimana : W_{ST} = Berat baja kapal rancangan.

$$= 293,295 \text{ ton.}$$

W_{MC} = Berat permesinan kapal rancangan.

$$= 113,429 \text{ ton.}$$

W_{WO} = Berat kayu dan *outfitting* kapal rancangan.

$$= 94,772 \text{ ton.}$$

Margin = 10,030 ton

Maka : $LWT = 293,295 + 113,429 + 94,772 + 10,030$

$$= 511,526 \text{ ton.}$$

Dari perhitungan diatas ditetapkan harga **LWT = 511,526 ton.**

II.5.2 Perhitungan *Dead Weight Ton (DWT)*

Untuk mengetahui berapa besarnya harga *DWT* dari pada kapal rancangan digunakan rumus *Displacement*, yaitu bahwa *Displacement* tersebut adalah penjumlahan dari pada *LWT* dengan *DWT* dari pada kapal rancangan.

$$\Delta = DWT + LWT$$

Maka :

$$DWT = \Delta - LWT$$

Dimana : *DWT* = *Dead Weight Ton* kapal rancangan.

Δ = *Displacement* kapal rancangan.

= 869,159 ton.

LWT = *Light Weight Ton* kapal rancangan.

= 511,526 ton.

Maka : *DWT* = 869,159 – 511,526

= 357,633 ton.

Berdasarkan *Rules High Speed Craft American Bureau of Shipping, section 3-1-1* halaman 6, bahwa yang termasuk komponen dalam *dead weight ton* kapal ini adalah :

- A. Berat Bahan Bakar (W_{FO}).
- B. Berat Minyak Pelumas (W_{LO}).
- C. Berat Air Tawar (W_{FW}).
- D. Berat *Crew* Dan Barang Bawaan (W_{CB})
- E. Berat Makanan (W_{FD})
- F. Berat Air Balas (W_{WB})
- G. Berat *Foam* (W_{FM})
- H. Berat Deterjen (W_{DT})
- I. Berat *Dirty Oil* (W_{DO})
- J. Berat Maksimum Kargo (W_{DC})

A. Menentukan Berat Bahan Bakar (W_{FO})

Untuk menentukan berat dari bahan bakar kapal rancangan digunakan rumus pendekatan *NJ Van Drimmelen* yang terdapat dalam buku *Soekarsono N.A* dengan judul *Merancang Kapal* halaman 2 :

$$W_{FO} = (Foc_{ME} + Foc_{AM} \text{ gr / BHP / jam}) \times \left(\frac{S}{V_s \times 24} \right) \times (\text{BHP}) \times (10^{-6} \text{ ton / gr}) \times f (1,3 \sim 1,5)$$

Dimana : W_{FO} = Berat bahan bakar dari kapal rancangan.

$$Foc_{ME} = 272 \text{ gr/BHP/jam.}$$

$$= 544 \text{ gr/BHP/jam untuk 2 mesin.}$$

$$Foc_{AM} = 14,200 \text{ gr/BHP/jam.}$$

$$= 42,600 \text{ gr/BHP/jam untuk 3 mesin.}$$

$$S = \text{Jarak pelayaran.}$$

$$= 5000 \text{ mil laut.}$$

$$V_s = \text{Kecepatan kapal rancangan.}$$

$$= 25 \text{ knot.}$$

$$\text{BHP} = 12.338 \text{ HP}$$

$$f = \text{faktor cadangan bahan bakar (1,3 ~ 1,5)}$$

$$= \text{dipilih 1,5}$$

$$T = \frac{S}{V_s \times 24}$$

$$T = \frac{5000}{25 \times 24}$$

$$= 8,333 \text{ Hari}$$

$$= \text{Ditetapkan waktu pengisian bahan bakar 8 hari.}$$

$$T = 8 \text{ Hari}$$

$$\text{Maka : } W_{FO} = (544 + 42,6) \times (8) \times (12338) \times (10^{-6}) \times 1,5$$

$$= 86,850 \text{ ton.}$$

Dari perhitungan diatas ditetapkan harga $W_{FO} = 86,850 \text{ ton.}$

B. Menentukan Berat Minyak Pelumas (W_{LO})

Untuk menentukan berat minyak pelumas dari kapal rancangan digunakan rumus pendekatan *NJ Van Drimmelen* yang terdapat dalam buku *Soekarsono N.A* dengan judul *Merancang Kapal* halaman 2, dengan pemilihan pengisian tangki minyak pelumasnya diisi untuk 3 kali sedangkan dalam pemakaian minyak pelumas diambil harga 1 gr/BHP/jam.

$$W_{LO} = \frac{3}{FOC_{ME}} \times W_{FO}$$

Dimana : W_{LO} = Berat minyak pelumas dari kapal rancangan.

FOC_{ME} = *Fuel oil consumption Main engine*

= 272 gr/BHP/jam.

= 544 gr/BHP/jam untuk 2 mesin.

W_{FO} = Berat bahan bakar.

= 86,850 ton.

Maka :

$$W_{LO} = \frac{3}{544} \times 86,850$$

$$= 0,479 \text{ ton}$$

Dari perhitungan diatas ditetapkan harga $W_{LO} = 0,479 \text{ ton}$.

C. Menentukan Berat Air Tawar (W_{FW})

Untuk menentukan berat air tawar dari kapal rancangan digunakan rumus pendekatan *NJ Van Drimmelen* yang terdapat dalam buku *Soekarsono N.A* dengan judul *Merancang Kapal* halaman 2, menurut *NJ Van Drimmelen* pemakaian air tawar untuk tiap anak buah kapal sebesar 150 kg/Hari/Orang.

$$W_{FW} = \text{Crew} \times T \times 150$$

Dimana : W_{FW} = Berat air tawar dari kapal rancangan.

Crew = Jumlah ABK + Penumpang.

= 51 Orang

T = Waktu pengisian bahan bakar

= 8 hari

$$\begin{aligned} \text{Maka : } W_{FW} &= 51 \times 8 \times 150 \\ &= 61.200 \text{ Kg} \\ &= 61,200 \text{ ton} \end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas ditetapkan harga $W_{FW} = 61,200 \text{ ton.}$

D. Menentukan Berat Crew Dan Barang Bawaan (W_{CB})

Untuk menentukan berat crew dan barang bawaan dari kapal rancangan digunakan rumus pendekatan *NJ Van Drimmelen* yang terdapat dalam buku *Soekarsono N.A* dengan judul *Merancang Kapal* halaman 3, dengan nilai barang bawaan sebesar 0,25 ton/ Orang :

$$W_{CB} = \text{Crew} \times 0,25$$

Dimana : W_{CB} = Berat crew dan barang bawaan untuk kapal rancangan.

$$\text{Crew} = 51 \text{ orang.}$$

$$\begin{aligned} \text{Maka : } W_{CB} &= 51 \times 0,25 \\ &= 12,750 \text{ ton} \end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas ditetapkan harga $W_{CB} = 12,750 \text{ ton.}$

E. Menentukan Berat Makanan (W_{FD})

Untuk menentukan berat makanan dari kapal rancangan digunakan rumus pendekatan yang terdapat dalam buku *Soekarsono N.A* dengan judul *Merancang Kapal* halaman 3, diambil harganya sebesar 5 Kg/Hari/Orang.

$$W_{FD} = 5 \times T \times \text{Crew}$$

Dimana : W_{FD} = Berat makanan

T = Waktu pelayaran

= 8 Hari

$\text{Crew} = 51$ Orang

$$\begin{aligned} \text{Maka : } W_{FD} &= 5 \times 8 \times 51 \\ &= 2040 \text{ kg} \\ &= 2,040 \text{ ton.} \end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas ditetapkan harga $W_{FD} = 2,040 \text{ ton.}$

F. Menentukan Berat Air *Ballast* (W_{WB})

Untuk menentukan berat air *ballast* dari kapal rancangan digunakan rumus pendekatan *Herald Phoels* yaitu persentase dikalikan terhadap *displacement* :

$$W_{WB} = \% \times \Delta$$

Dimana : W_{WB} = Berat air *ballast*

% = Persentase tipe kapal 10% - 15%

= 15%

Δ = *Displacement* kapal rancangan

= 869,960 ton

Maka : $W_{WB} = 15\% \times 869,960$

= 130,494 ton

Dari perhitungan diatas ditetapkan harga $W_{WB} = 130,494 \text{ ton.}$

G. Menentukan Berat *Foam* (W_{FM})

Untuk menentukan berat *foam* dari kapal rancangan digunakan rumus pendekatan persentase terhadap DWT, yaitu :

$$W_{FM} = \% \times DWT$$

Dimana : W_{FM} = Berat *foam*

% = Persentase perbandingan

= 2%

DWT = *Dead weight ton* kapal rancangan

= 357,633 ton

Maka : $W_{FM} = 2\% \times 357,633$

= 7,153 ton

Dari perhitungan diatas ditetapkan harga $W_{FM} = 7,153 \text{ ton.}$

H. Menentukan Berat Deterjen (W_{DT})

Untuk menentukan berat *deterjen* dari kapal rancangan digunakan rumus pendekatan persentase terhadap DWT, yaitu :

$$W_{FM} = \% \times DWT$$

Dimana : W_{DT} = Berat *deterjen*

% = Persentase perbandingan

= 2%

DWT = *Dead weight ton* kapal rancangan

= 357,633 ton

Maka : $W_{WB} = 2\% \times 357,633$

= 7,153 ton

Dari perhitungan diatas ditetapkan harga $W_{DT} = 7,153$ ton.

I. Menentukan Berat Dirty Oil (W_{DO})

Untuk menentukan berat *deterjen* dari kapal rancangan digunakan rumus pendekatan persentase terhadap DWT, yaitu :

$$W_{FM} = \% \times DWT$$

Dimana : W_{DT} = Berat *deterjen*

% = Persentase perbandingan

= 2%

DWT = *Dead weight ton* kapal rancangan

= 357,633 ton

Maka : $W_{WB} = 2\% \times 357,633$

= 7,153 ton

Dari perhitungan diatas ditetapkan harga $W_{DT} = 7,153$ ton.

J. Menentukan Berat Maksimum Kargo (W_{DC})

Untuk menentukan berat *maksimum kargo* dari kapal rancangan digunakan rumus pendekatan sebagai berikut :

$$W_{DC} = DWT - W_{FO} + W_{LO} + W_{FW} + W_{CB} + W_{FD} + W_{WB} + W_{FM} + W_{DT} + W_{DO}$$

Dimana : DWT = *Dead weight ton* kapal rancangan

$$= 357,633$$

W_{FO} = Berat bahan bakar

$$= 86,850 \text{ ton.}$$

W_{LO} = Berat minyak pelumas

$$= 0,479 \text{ ton}$$

W_{FW} = Berat air tawar

$$= 61,200 \text{ ton}$$

W_{CB} = Berat *crew* dan barang bawaan

$$= 12,750 \text{ ton}$$

W_{FD} = Berat makanan

$$= 2,040 \text{ ton.}$$

W_{WB} = Berat air *ballast*

$$= 130,494 \text{ ton}$$

W_{FM} = Berat *foam*

$$= 7,153 \text{ ton}$$

W_{DT} = Berat *deterjen*

$$= 7,153 \text{ ton}$$

W_{DO} = Berat *dirty oil*

$$= 7,153 \text{ ton}$$

$$\text{Maka : } W_{DC} = 357,633 - 315,272$$

$$= 42,361 \text{ ton}$$

Dari perhitungan diatas ditetapkan harga **$W_{DC} = 42,361 \text{ ton.}$**

K. Total Dead Weigth Ton (DWT)

Untuk menentukan total *DWT* kapal rancangan adalah didapat dari penjumlahan-penjumlahan komponen-komponen *DWT*, yaitu :

$$DWT = W_{FO} + W_{LO} + W_{FW} + W_{CB} + W_{FD} + W_{WB} + W_{FM} + W_{DT} + W_{DO} + W_{DC}$$

Maka:

$$DWT = [86,850+0,479+61,200+12,750+2,040+130,494+7,153+7,153+7,153+42,361]$$

$$= 357,633 \text{ ton}$$

II.5.3 Perhitungan Displacement (Δ_2)

Setelah dilakukan perhitungan *Dead Weigth Ton (DWT)* dan *Ligth Weigth Ton (LWT)*, maka *displacement* kapal rancangan ini adalah :

$$\Delta_2 = DWT + LWT$$

$$= 357,633 + 511,526$$

$$= 869,159 \text{ ton.}$$

II.6 Koreksi Displacement (Δ)

Setelah didapatkan *displacement* baru (Δ_2) dari penjumlahan *DWT* dengan *LWT*, kemudian dikoreksi dengan *displacemet* awal (Δ_1) dari perhitungan pra-rancangan. Hasil dari koreksi kedua *displacement* tersebut tidak boleh lebih besar dari 0,5%.

$$\frac{\Delta_1 - \Delta_2}{\Delta_1} \times 100\% = \dots \leq 0,5\%$$

Dimana : $\Delta_1 = \text{Displacement awal kapal rancangan.}$
 $= 869,159 \text{ ton.}$

$\Delta_2 = \text{Displacement baru kapal rancangan.}$
 $= 869,159 \text{ ton}$

Maka : Koreksi = $\left| \frac{869,159 - 869,159}{869,159} \right| \times 100\%$

$$= |0,000| \times 100\%$$

$$= 0,000\% \leq 0,5\% \dots \dots \dots \text{Memenuhi.}$$

II.7 Perkiraan Stabilitas Awal Kapal

II.7.1 Menentukan Posisi Titik-titik Stabilitas Awal

Dalam tahap rencana awal, menentukan posisi dari titik-titik stabilitas awal perlu dilakukan. Hal ini berguna untuk dapat mengetahui posisi titik-titik stabilitas kapal yang dirancang. Letak posisi titik-titik stabilitas yang perlu diketahui pada tahap rencana awal ini antara lain adalah :

- A. *Keel Buoyancy (KB)*
- B. *Buoyancy Metacentric (BM)*
- C. *Keel of Gravity (KG)*
- D. *Gravity of Metacentric (GM)*

A. Menentukan Tinggi *KB*

Untuk menentukan tinggi *KB* dari pada kapal rancangan digunakan rumus *Schneekluth* yang terdapat dalam buku *H. Schneekluth and V. Bertram* dengan judul *Ship Design For Efficiency and Economy* dalam *second edition* halaman 10, yaitu :

$$KB = T(0,9 - 0,3.Cm - 0,1.Cb)$$

Dimana : T = *Draft* kapal rancangan.

$$= 3,400 \text{ m.}$$

Cb = *Coefficient block* kapal rancangan.

$$= 0,500$$

Cm = *Coefficient midship* kapal rancangan.

$$= 0,919$$

Maka : $KB = 3,400(0,9 - 0,3 \cdot 0,919 - 0,1 \cdot 0,500)$

$$= 2,293 \text{ m.}$$

Dari perhitungan diatas ditetapkan harga **$KB = 2,293 \text{ m}$**

B. Menentukan Jarak BM

Buoyancy metacentric merupakan titik *metacentric* yang berada diatas titik *center of buoyancy*. Untuk menentukan jarak *BM* dari pada kapal rancangan digunakan rumus yang terdapat dalam buku *H. Schneekluth and V. Bertram* dengan judul *Ship Design For Efficiency and Economy* dalam *second edition* halaman 11, yaitu :

$$BM = \frac{I_T}{\nabla} = \frac{f(C_w)}{12} \cdot \frac{B^2}{T \cdot C_b}$$

Dimana : B = Lebar kapal rancangan

$$= 8,600 \text{ m}$$

T = *Draft* kapal rancangan

$$= 3,400 \text{ m}$$

C_b = *Coefficient block* kapal rancangan

$$= 0,500$$

C_w = *Coefficient waterline* kapal rancangan

$$= 0,854$$

$f(C_w)$ = *reduction factor* kapal rancangan

$$= 0,096 + 0,89 \cdot C_w^2 \quad (\text{Normand formula})$$

$$= 0,745$$

$$\text{Maka : } BM = \frac{0,745}{12} \cdot \frac{8,600^2}{3,400 \cdot 0,500}$$

$$= 2,700$$

Dari perhitungan diatas ditetapkan harga **BM = 2,700 m**

C. Menentukan Jarak KG

KG adalah *center of gravity* diatas titik keel atau base line. Untuk menentukan jarak KG dari pada kapal rancangan digunakan rumus yang terdapat dalam buku *A.B Biran* dengan judul *Ship Hydrostatics and Stability* pada halaman 52, yaitu :

$$KG = \frac{2}{3} \times H$$

Dimana : H = Tinggi kapal rancangan
 $= 4,900 \text{ m}$

Maka : $KG = \frac{2}{3} \times 4,900$
 $= 3,267 \text{ m}$

Dari perhitungan diatas ditetapkan harga **$KG = 3,267 \text{ m}$**

D. Menentukan Jarak GM

GM adalah tinggi dari titik *center of gravity* ke titik *metacenter*. Untuk menentukan jarak GM dari pada kapal rancangan digunakan rumus yang terdapat dalam buku *A.B Biran* dengan judul *Ship Hydrostatics and Stability* pada halaman 52, yaitu :

$$GM = KB + BM - KG$$

Dimana : KB = Titik dari titik *keel* ke titik *buoyancy*
 $= 2,293 \text{ m}$

BM = Tinggi dari titik *buoyancy* ke titik *metacenter*
 $= 2,700 \text{ m}$

KG = Tinggi dari titik *keel* ke *gravity*
 $= 3,267 \text{ m}$

Maka : $GM = 2,293 + 2,700 - 3,267$
 $= 1,726 \text{ m}$

Dari perhitungan diatas ditetapkan harga **$GM = 1,726 \text{ m}$**

Pengecekan Metacentric Height (GM)

- Dalam buku *A.A Biran* dengan judul *Ship Hydrostatic and Stability* halaman 39 yaitu untuk nilai GM pada stabilitas kapal awal adalah $GM > 0$, dimana GM kapal rancangan adalah 1,726 m Memenuhi.
- Dalam buku *SNAME* dengan judul *Ship Design and Construction* halaman 20 yaitu untuk perhitungan GM adalah *tidak kurang dari 0,025B* dimana nilai GM kapal rancangan $\{0,025(8,600) = 0,215\}$ adalah 1,726 m.
Dimana $0,897 > 0,215$ Memenuhi.
- Dalam buku *Anthony F. Molland* dengan judul *The Maritime Engineering Reference Book* halaman 103 yaitu untuk *High Speed Craft* nilai $GM \geq 0,15$ m.
Dimana nilai GM kapal rancangan adalah 1,726 m Memenuhi.

II.7.2 Perhitungan Kurva Stabilitas Awal

Dalam peraturan klas, kapal patroli rancangan ini merupakan salah satu jenis kapal cepat atau *High Speed Craft*. Berdasarkan hal tersebut maka perhitungan kurva stabilitas awal kapal rancangan dilakukan dengan menggunakan *Residuary Stability Theory* dari *Prohaska* seperti yang terdapat dalam buku *Naval Postgraduate School, USA* karangan *James W. Sebastian* dengan judul *Stability Methods* halaman 13, yaitu:

$$GZ = GM \cdot \sin \phi + MS$$

Dimana : GZ = *Righting arm (stability)*

GM = *Metacentric Height* kapal rancangan
= 1,726 m.

Φ = *Degree*
= $0^\circ - 90^\circ$ (*IMO Code on Contact Stability*)

MS = *Residuary Stability* kapal rancangan

$$MS = C_{RS} \times BM$$

BM = *Buoyancy Metacentric* kapal rancangan
= 2,700 m

C_{RS} = *Coefficient residuary stability* kapal rancangan, diambil dari grafik *Prohaska* yaitu *coefficient residuary stability* dalam buku *James W. Sebastian* dengan judul *Stability Methods* halaman 34.

Selanjutnya untuk memudahkan perhitungan dilakukan dengan menggunakan tabel seperti dibawah ini :

Tabel 1. Perhitungan Kurva Stabilitas Awal

| No. | φ | 0° | 10° | 20° | 30° | 40° |
|-----|--------------------------|-------|---------|---------|---------|---------|
| 1 | $\sin \varphi$ | 0,000 | 0,174 | 0,342 | 0,500 | 0,643 |
| 2 | $GM \times \sin \varphi$ | 0,000 | 0,300 | 0,590 | 0,863 | 1,110 |
| 3 | C_{RS} | 0,000 | - 0,018 | - 0,075 | - 0,160 | - 0,260 |
| 4 | $C_{RS} \times BM$ | 0,000 | - 0,049 | - 0,203 | - 0,432 | - 0,703 |
| 5 | <i>Righting Arm (GZ)</i> | 0,000 | 0,251 | 0,387 | 0,431 | 0,407 |

| No. | φ | 50° | 60° | 70° | 80° | 90° |
|-----|--------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 1 | $\sin \varphi$ | 0,766 | 0,866 | 0,940 | 0,985 | 1,000 |
| 2 | $GM \times \sin \varphi$ | 1,322 | 1,495 | 1,622 | 1,700 | 1,726 |
| 3 | C_{RS} | - 0,369 | - 0,480 | - 0,583 | - 0,674 | - 0,745 |
| 4 | $C_{RS} \times BM$ | - 0,995 | - 1,297 | - 1,575 | - 1,819 | - 2,012 |
| 5 | <i>Righting Arm (GZ)</i> | 0,327 | 0,198 | 0,047 | - 0,119 | - 0,286 |

Untuk penggambaran kurva stabilitas awal digunakan harga *righting arm (GZ)*. Gambar dapat dilihat pada gambar 7.

II.7.3 Pengecekan Kurva Stabilitas Awal

Untuk pengecekan atau koreksi dari hasil nilai terhadap kurva stabilitas awal kapal rancangan dilakukan berdasarkan standar *IMO Intact Stability Regulation* yaitu *Regulations Relating to High Speed Craft Stability* seperti dalam buku *Anthony F. Molland* dengan judul *The Maritime Engineering Reference Book* halaman 102-103, yaitu :

- $GM \geq 0,15 \text{ m}$.

Dimana GM dari kapal rancangan = $1,726 \text{ m} \geq 0,15 \text{ m}$ Memenuhi.

- $GZ_{max} \geq 15^\circ$.

Dimana nilai GZ_{max} kapal rancangan berada disudut $30,9^\circ$ Memenuhi.

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

Dimana GZ kapal rancangan pada titik $30^\circ = 0,431 \text{ m}$ Memenuhi.

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

Tabel 2. Pengecekan Kurva Stabilitas Awal $GZ-30^\circ$

| No | ϕ | GZ | FS | GZ x FS |
|----|------------|-------|------------|---------|
| 1 | 0° | 0,000 | 1 | 0,000 |
| 2 | 5° | 0,126 | 4 | 0,504 |
| 3 | 10° | 0,251 | 2 | 0,502 |
| 4 | 15° | 0,319 | 4 | 0,638 |
| 5 | 20° | 0,387 | 2 | 0,774 |
| 6 | 25° | 0,409 | 4 | 1,636 |
| 7 | 30° | 0,431 | 1 | 0,431 |
| | | | Σ_1 | 4,485 |

$$\begin{aligned} \text{Dimana : } \Delta GZ-30^\circ &= \frac{(1/3) \times 5^\circ \times \Sigma_1}{57,3^\circ} \\ &= \frac{(1/3) \times 5^\circ \times 4,485}{57,3^\circ} \end{aligned}$$

Maka : $\Delta GZ-30^\circ = 0,130 \text{ m-rad} > 0,055 \text{ m-rad}$ Memenuhi.

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

Tabel 3. Pengecekan Kurva Stabilitas Awal $GZ-40^\circ$

| No | ϕ | hF | FS | hF x FS |
|----|------------|-------|------------|---------|
| 1 | 30° | 0,431 | 1 | 0,431 |
| 2 | 35° | 0,419 | 4 | 1,676 |
| 3 | 40° | 0,407 | 1 | 0,407 |
| | | | Σ_2 | 2,514 |

$$\begin{aligned} \text{Dimana : } \Delta GZ-40^{\circ} &= \frac{(1/3) \times 5^{\circ} \times \Sigma_2}{57,3^{\circ}} + GZ.30^{\circ} \\ &= \frac{(1/3) \times 5^{\circ} \times 2,514}{57,3^{\circ}} + 0,130 \end{aligned}$$

Maka : $\Delta GZ-40^{\circ} = 0,203 \text{ m-rad} > 0,09 \text{ m-rad} \dots \dots \dots$ Memenuhi.

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

Dimana : $GZ-40^{\circ} = 0,203 \text{ m-rad.}$

$GZ-30^{\circ} = 0,130 \text{ m-rad.}$

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

$= (0,203) - (0,130)$

$= 0,073 \text{ m-rad} > 0,03 \text{ m-rad} \dots \dots \dots$ Memenuhi.

II.7.4 Pemeriksaan Momen Pengganggu Stabilitas Awal

Pemeriksaan momen pengganggu stabilitas kapal dari kapal yang akan dirancangan 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 :

- A. Menentukan momen cikar (MC).
- B. Menentukan momen angin (MW).
- C. Menentukan momen pengganggu stabilitas (MP).
- D. Menentukan momen stabilitas (MS).

A. Momen Cikar (MC)

Untuk menentukan momen cikar kapal rancangan 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 :

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

Dimana : M_C = Momen cakar kapal rancangan.

ρ = Kepadatan air laut.

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

∇ = *Volume displacement* kapal rancangan.

$$= 847,960 \text{ m}^3.$$

V_s = Kecepatan kapal rancangan.

$$= 25 \text{ knots} = 12,86 \text{ m/s}$$

KG = *Center of gravity* diatas *base line*.

$$= 3,267 \text{ m.}$$

T = *Draft* kapal rancangan.

$$= 3,400 \text{ m.}$$

LBP = Panjang kapal rancangan.

$$= 58,000 \text{ m.}$$

$$\text{Maka : } M_C = 0,233 \times \frac{104,5 \times 847,960 \times (0,8 \times 12,860)^2}{58,000} \times (3,267 - 0,5 \times 3,400)$$

$$= 59,041 \text{ ton meter.}$$

Dari perhitungan diatas ditetapkan harga $M_C = 59,041 \text{ ton meter.}$

B. Momen Angin (MW)

Untuk menentukan momen angin dari kapal rancangan 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 85 dan 138, yaitu :

$$M_w = \xi \times 0,5 \times \rho \times V_w \times A \times a$$

Dimana : M_w = Momen angin kapal rancangan.

ξ = Faktor kekuatan angin = 1,2 ~ 1,3

$$= 1,3$$

ρ = Kepadatan udara.

$$= 1,3 \times 10^{-4} \text{ T sec}^2/\text{m}^4$$

VW = Kecepatan angin.

$$= 20 \text{ m/s}$$

A = Luas bidang tangkap angin.

$$A = 74,340 \text{ m}^2$$

a = Jarak titik tangkap angin diatas lambung timbul

$$= 0,5 \times T$$

$$= 0,5 \times 3,400 \text{ m.}$$

$$= 1,700 \text{ m.}$$

$$\text{Maka : } MW = 1,3 \times 0,5 \times 1,3 \times 10^{-4} \times 20 \times 74,340 \times 1,700$$

$$= 0,214 \text{ ton meter.}$$

Dari perhitungan diatas ditetapkan harga $M_w = 0,214 \text{ ton meter.}$

C. Momen Penganggu(MP)

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

$$MP = MC + MW$$

Dimana : M_p = Momen penganggu kapal rancangan.

M_c = Momen cikal kapal rancangan.

$$= 59,041 \text{ ton meter.}$$

M_w = Momen angin kapal rancangan.

$$= 0,214 \text{ ton meter.}$$

$$\text{Maka : } M_p = 59,041 + 0,214$$

$$= 59,255 \text{ ton meter.}$$

Dari perhitungan diatas ditetapkan harga $M_p = 59,255 \text{ ton meter.}$

D. Momen Stabilitas (MS)

Untuk menentukan momen stabilitas kapal rancangan adalah dengan mengalikan GZ_{max} dari kurva stabilitas awal dengan *volume displacement* dari kapal rancangan.

$$MS = GZ_{max} \times \nabla$$

Dimana : MS = Moment stabilitas kapal rancangan.

$$\begin{aligned} GZ_{max} &= GZ \text{ tertinggi pada kurva stabilitas awal.} \\ &= 0,432 \text{ m.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \nabla &= \text{Volume displacement kapal rancangan.} \\ &= 847,960 \text{ m}^3. \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Maka : } M_S &= 0,432 \times 847,960 \text{ m}^3 \\ &= 366,319 \text{ ton meter.} \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan momen pengganggu dan momen stabilitas, selanjutnya dilakukan pengoreksian pada momen stabilitas terhadap moment pengganggu. Menurut standar IMO bahwa momen stabilitas harus lebih besar dari pada moment pengganggu.

$$\text{Momen Stabilitas (MS) } > \text{ Momen Pengganggu (MP)}$$

$$\begin{aligned} \text{Dimana : } M_S &= \text{Momen stabilitas kapal rancangan.} \\ &= 366,319 \text{ ton meter.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_P &= \text{Momen pengganggu stabilitas kapal rancangan.} \\ &= 59,255 \text{ ton meter.} \end{aligned}$$

$$\text{Maka : } = 366,319 \text{ ton meter } > 59,255 \text{ ton meter } \dots\dots\dots \text{Memenuhi.}$$

Dari perhitungan tersebut diatas, maka berdasarkan standar IMO bahwa perhitungan stabilitas kapal rancangan telah memenuhi syarat dan dapat diketahui stabilitas dari kapal rancangan ini mempunyai stabilitas yang baik.

II.7.5 Menentukan Periode Oleng (T_R)

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)* 3.2.2.3 halaman 14, yaitu :

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

Dimana : T_R = Periode oleng kapal rancangan.

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

$$= 0,406$$

B = Lebar kapal rancangan.

$$= 8,600 \text{ m.}$$

T = *Draft* kapal rancangan.

$$= 3,400 \text{ m.}$$

LWL = Panjang garis air kapal rancangan.

$$= 59,200 \text{ m}$$

GM = Tinggi *metacenter*.

$$= 1,726 \text{ m.}$$

$$\text{Maka : } T_R = \frac{2 \times 0,406 \times 8,600}{\sqrt{1,726}}$$

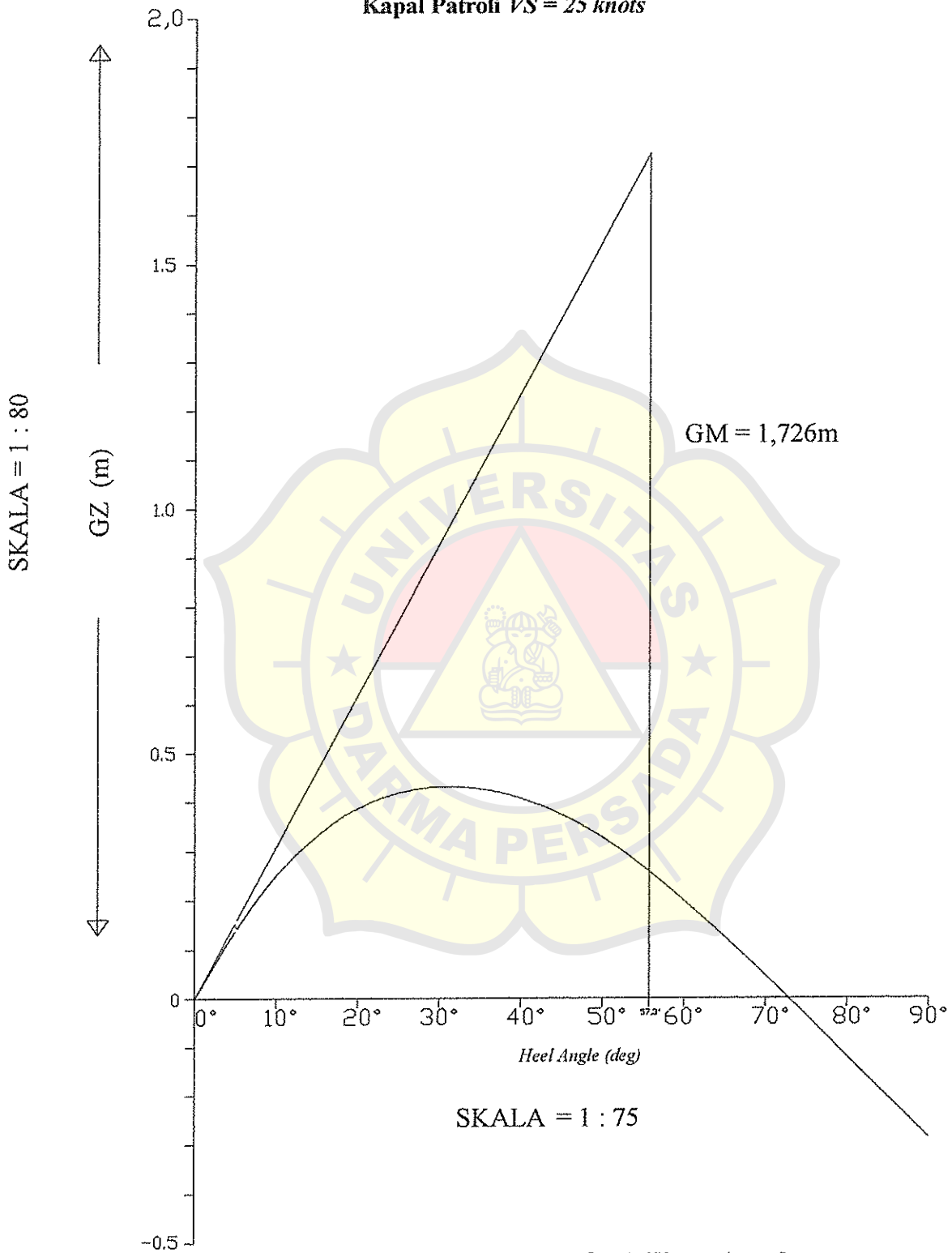
$$= 5,315 \text{ detik}$$

Pengecekan Periode Oleng

- Dari buku *Applied Naval Architecture* karangan *W.J Lovett* halaman 403, bahwa periode oleng kapal itu antara 4 detik sampai dengan 12 detik, dimana periode kapal rancangan adalah 5,315 detik Memenuhi.

KURVA STABILITAS AWAL

Kapal Patroli VS = 25 knots



Gambar 7. Kurva Stabilitas Awal