

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

II.1. Estimasi Ukuran Utama, Koefisien dan *Displacement* 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 *Breadth (B)*.
- C. Menentukan *Draft (T)*.
- D. Menentukan *Height (H)*.
- E. Menentukan *Length Over All (LOA)*.
- F. Menentukan *Length Water Line (LWL)*.
- G. Menentukan *Froude Number (Fn)*.

Dimensi utama dengan menggunakan kapal pembanding :

Ket : 1 = Kapal Pembanding

2 = Kapal Yang Dirancang

A. Menentukan *Length Between Perpendicular (LBP)*

$$LBP_2 = \sqrt[3]{\frac{DWT_2}{DWT_1}} \times LBP_1$$
$$LBP_2 = \sqrt[3]{\frac{2600}{2500}} \times 86,00 \text{ m}$$
$$= 84,88 \text{ m}$$

*Maka ditetapkan **LBP** kapal rancangan = **85,00 m**

B. Menentukan *Breadth (B)*

$$\text{Ratio } \frac{LBP}{B} \text{ kapal pembanding} = \frac{86,00 \text{ m}}{15,20 \text{ m}} = 5,658$$

Maka lebar kapal rancangan :

$$B = \frac{LBP_2}{\text{Ratio}} = \frac{85,00 \text{ m}}{5,658} = 15,00 \text{ m}$$

* Maka ditetapkan **B** kapal rancangan = **15,00 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 5,658.....Memenuhi.
- Dalam buku *Practical Ship Design* oleh D.G.M Watson halaman 67, untuk perbandingan LBP/B tipe kapal *Cargo* dengan panjang 50-100 meter adalah 4 ~ 10, dimana perbandingan LBP/B kapal rancangan dengan panjang kapal 85,00 meter adalah 5,658..... Memenuhi

C. Menentukan *Draft (T)*

$$\text{Ratio } \frac{B}{T} \text{ kapal pembanding} = \frac{15,20 \text{ m}}{5,55 \text{ m}} = 2,739$$

Maka sarat air kapal rancangan :

$$T = \frac{B_2}{\text{Ratio}} = \frac{15,00 \text{ m}}{2,739} = 5,48 \text{ m}$$

* Maka ditetapkan **T** kapal rancangan = **5,50 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 15,496..... Memenuhi.

D. Menentukan Height (H)

$$\text{Ratio } \frac{LBP}{H} \text{ kapal pembanding} = \frac{86,00 \text{ m}}{8,20 \text{ m}} = 10,488$$

Maka tinggi kapal rancangan :

$$H = \frac{LBP_2}{\text{Ratio}} = \frac{85,00 \text{ m}}{10,488} = 8,09 \text{ m}$$

* Maka ditetapkan **H** kapal rancangan = **8,10 m**

Pengecekan Tinggi Kapal (H)

- Dalam buku *Practical Ship Design* oleh D.G.M Watson halaman 70, untuk perbandingan T/H tipe kapal cargo dengan tinggi kapal 0 ~ 10 meter adalah 0~10, dimana perbandingan T/H dari kapal rancangan dengan tinggi kapal 8,10 m adalah 0,68.....Memenuhi.

E. Menentukan Length Over All (LOA)

Dari kapal pembanding :

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

$$C = \frac{90,80 \text{ m}}{86,00 \text{ m}}$$

$$C = 1,056$$

Untuk kapal rancangan :

$$\begin{aligned} LOA &= C \times LBP \\ &= 1,058 \times 85,00 \text{ m} \\ &= 89,62 \text{ m} \end{aligned}$$

* Maka ditetapkan **LOA** kapal rancangan = **90,00 m**

F. Menentukan *Length Water Line* (*LWL*)

$$\begin{aligned}LWL &= LBP + (2,1\% LBP) \\ &= 85,00 \text{ m} + (2,1\% \times 85,00 \text{ m}) \\ &= 86,80 \text{ m}\end{aligned}$$

* Maka ditetapkan **LWL** kapal rancangan = **86,80 m**

G. Menentukan *Froude Number* (*Fn*)

Bilangan *Froude* (*Fn*) adalah merupakan angka *Froude* yang didapat dari adanya tegangan geser akibat adanya aliran fluida yang mengenai kapal. Dari Persamaan 5.5.9 Tahanan dan Propulsi Kapal *Sv. Aa. Harvald*, harga *Froude Number* harus memenuhi $0,18 < Fn < 0,25$.

$$Fn = \frac{Vs}{\sqrt{g \times Lwl}} \quad (\text{Ref. 3, Hal 118})$$

Di mana :

$$\begin{aligned}Vs &= \text{Kecepatan kapal} \\ &= 12 \text{ knot} \\ &= 6,1733 \text{ m / detik} \\ g &= \text{Percepatan grafitasi} \\ &= 9,8 \text{ m /detik}^2 \\ L_{wl} &= 86,80 \text{ m}\end{aligned}$$

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

$$Fn = \frac{6,1733}{\sqrt{9,8 \times 86,8}}$$

$$Fn = 0,212$$

* Maka ditetapkan **Fn** kapal rancangan = 0,212 m

II.1.2. Estisimasi Koefisien Bentuk Kapal

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

- A. *Coefficient Block* (*Cb*)
- B. *Coefficient Midship* (*Cm*)
- C. *Coefficient Prismatic* (*Cp*)
- D. *Coefficient Water Line* (*Cw*)

Menurut Buku *Harald Poehls*, 1979, Untuk memenuhi kebutuhan dan sesuai dengan persyaratan koefisien yang berlaku untuk kapal medium *speed* (kecepatan sedang), maka perancang mengambil nilai $V_s = 12,00$ Knot untuk kecepatannya.

A. Koefisien Blok (C_b)

Koefisien blok (C_b) menurut "Ayre"

$$C_b = 1,05 - \left(1,67 \times \frac{V_s}{\sqrt{g \cdot L}}\right)$$

$$C_b = 1,05 - \left(1,67 \times \frac{6,173}{\sqrt{9,81 \times 85,00}}\right)$$

$$= 0,67 \quad (0,6 - 0,8) \text{ Memenuhi}$$

Harga C_b yang diambil adalah = **0,67**

B. Koefisien Midship (C_m)

Coefisien Midship (C_m) Menurut "Arkent Bont Shocker"

$$C_m = 0,90 \pm 0,1 \cdot \sqrt{C_b}$$

$$= 0,90 + 0,1 \cdot \sqrt{0,67}$$

$$= \mathbf{0,98} \quad (0,93 - 0,98) \text{ Memenuhi}$$

Harga C_m yang diambil adalah = **0,980**

C. Koefisien Prismatic (C_p)

Acc. Van Lammerent, dalam buku *Harald Pohels* 1979

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

$$C_p = \frac{0,67}{0,98}$$

$$C_p = \mathbf{0,683} \quad (0,65 - 0,80) \text{ Memenuhi}$$

Harga C_p yang diambil adalah = **0,683**

D. Koefisien Waterline (C_w)

Koefisien *Waterline* (C_w) menurut *Troast*, dalam teorinya menyatakan rumus C_b sebagai berikut:

$$\begin{aligned}C_w &= \sqrt{cb - 0,025} \\ &= \sqrt{0,67 - 0,025} \\ &= \mathbf{0,803} \quad (0,80 - 0,87) \text{ Memenuhi}\end{aligned}$$

Harga C_w yang diambil adalah = **0,803**

II.1.3 Menentukan *Volume Displacement* (∇) dan *Displacement Kapal* (Δ)

Untuk menentukan volume *displacement* (∇) dan *displacement* (Δ) dari pada kapal rancangan digunakan rumus dalam buku *Principles Of Naval Architecture* oleh SNAME Chapter 1 hal. 42 yaitu :

$$\text{Volume Displacement } (\nabla) = \text{LBP} \times \text{B} \times \text{T} \times \text{Cb}$$

$$\text{Displacement } (\Delta) = \text{Volume Displacement } (\nabla) \times \gamma \times c$$

Dimana :

$$\begin{aligned}\text{LBP} &= \text{Panjang Kapal Rancangan} \\ &= 85,00 \text{ m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{B} &= \text{Lebar Kapal Rancangan} \\ &= 15,00 \text{ m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{T} &= \text{Draft Kapal Rancangan} \\ &= 5,5 \text{ m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Cb} &= \text{Coefficient Block Kapal Rancangan} \\ &= 0,67\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\gamma &= \text{Coefficient Air Laut} \\ &= 1,025\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{C} &= \text{Berat koefisien pengelasan} \\ &= 1,004\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Jadi, Volume Displacement } (\nabla) &= 85,00 \times 15,00 \times 5,5 \times 0,67 \\ &= 4698,375 \text{ m}^3\end{aligned}$$

Dari perhitungan ditetapkan harga $\nabla = 4698,375 \text{ m}^3$

$$\begin{aligned}\text{Displacement } (\Delta) &= \text{Volume Displacement } (\nabla) \times \gamma \times c \\ &= 4698,375 \times 1,025 \times 1,004 \\ &= 4835,098 \text{ Ton}\end{aligned}$$

Dari perhitungan ditetapkan harga $\Delta = 4835,098 \text{ Ton}$

Dari perhitungan di atas maka di dapatkan ukuran kapal yang di rancang sebagai berikut :

| | | |
|---|---|---------------------------|
| ➤ | <i>Length Between Perpendicular (LBP)</i> | = 85,00 m |
| ➤ | <i>Length Over All (LOA)</i> | = 90,00 m |
| ➤ | <i>Length Water Line (LWL)</i> | = 86,80 m |
| ➤ | <i>Breadth (B)</i> | = 15,00 m |
| ➤ | <i>Draft (T)</i> | = 5,50 m |
| ➤ | <i>Height (H)</i> | = 8,10 m |
| ➤ | <i>Froude Number</i> | = 0,212 |
| ➤ | <i>Coefficient Block (Cb)</i> | = 0,67 |
| ➤ | <i>Coefficient Midship (Cm)</i> | = 0,980 |
| ➤ | <i>Coefficient Prismatic (Cp)</i> | = 0,683 |
| ➤ | <i>Coefficient Waterline (Cw)</i> | = 0,803 |
| ➤ | <i>Volume Displacement (∇)</i> | = 4698,375 m ³ |
| ➤ | <i>Displacement (Δ)</i> | = 4835,098 Ton |
| ➤ | <i>Vs</i> | = 12 Knots |

II.2 Estimasi Tenaga Penggerak Kapal

II.2.1 Estimasi Daya Mesin Kapal

1. Metode Admiralty

Menurut Sv.Aa.Harvald (*Resistance and Propulsion of Ship, 1992.Pg.297*)

$$\text{BHP} = \frac{\Delta^{2/3} \times V_S^3}{A_c}$$

$$\begin{aligned} \text{Kapal pemanding} \quad A_c &= \frac{\Delta^{2/3} \times V_S^3}{\text{BHP}} \\ &= \frac{4982,343^{2/3} \times 12^3}{2300} \end{aligned}$$

$$A_c = 219,165$$

$$\begin{aligned} \text{Kapal rancangan} \quad \text{BHP} &= \frac{4835,098^{2/3} \times 12^3}{219,165} \\ &= 2254,489 \text{ Hp} \end{aligned}$$

2. Perkiraan Tenaga Penggerak Berdasarkan Hambatan Total

3. Perkiraan Hambatan Gesek

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

$$R_f = f \times s \times V_s^{1,825}$$

$$\begin{aligned} \text{Dimana : } f &= 0,00871 + \frac{0,053}{(\text{LBP} \times 3,28) + 8,8} \\ &= 0,00871 + \frac{0,053}{(85,00 \times 3,28) + 8,8} \\ &= 0,00889 \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} S &= 15,5 \sqrt{\Delta \times (\text{LBP} \times 3,28)} \\ &= 15,5 \sqrt{4835,098 \times (85,00 \times 3,28)} \\ &= 17996,196 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Maka } R_f &= 0,00889 \times 17996,196 \times 12^{1,825} \\ &= 14920,934 \text{ kg} \end{aligned}$$

4. Perkiraan Hambatan Sisa (Rr)

$$\begin{aligned} R_r &= 12,5 \times C_b \times \Delta \times \frac{V_s^4}{\text{LBP} \times 3,28^2} \\ &= 12,5 \times 0,75 \times 4835,098 \times \frac{12^4}{(85,00 \times 3,28)^2} \\ &= 10802,630 \text{ kg} \end{aligned}$$

5. Perkiraan Hambatan Total (Rt)

$$\begin{aligned} R_t &= R_f + R_r \\ &= 14920,934 \text{ kg} + 10802,630 \text{ kg} \\ &= 25723,614 \text{ kg} \end{aligned}$$

6. Perkiraan Daya Kuda Efektif (EHP)

$$\begin{aligned} \text{EHP} &= 0,003071 \times R_t \times V_s \\ &= 0,003071 \times 25723,614 \times 12 \\ &= 947,967 \text{ Hp} \end{aligned}$$

7. Penentuan Besar Tenaga Penggerak (BHP)

$$\text{BHP} = \frac{\text{EHP}}{\text{PC}}$$
$$\text{BHP} = \frac{947,967}{0,5} = 1895,934 \text{ Hp}$$

Sea Margin berkisar antara 15% ~ 20%

$$\text{BHP}_{SM} = (20\% \times 1895,934) + 1895,934$$
$$= 2275,120 \text{ Hp}$$

Ditetapkan = 2340 Hp

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 seperti diantaranya adalah ukuran kamar mesin pada kapal rancangan. Pada kapal rancangan ini menggunakan 1 (satu) mesin utama, sesuai dengan estimasi power yang telah dihitung, maka spesifikasi mesin yang dipilih yaitu :

- Merek : MAN B & W
- Jenis : Motor Diesel 4 Langkah
- Tipe : 8L21/31
- Jumlah Silinder : 6 silinder
- *Bore* : 210 mm
- *Stroke* : 310 mm
- *Max. Power Engine* : 2340 HP
- *Engine Speed* : 1000 rpm
- *Hight Engine* : 3354 mm
- *Length Engine* : 4895 mm
- *Wide Engine* : 1626 mm
- *Spesific Fuel Oil Consumption* : 100% load = 181 g/kWh
- *Oil Consumption (100% load)* : 0,8 g/kWh

B. Mesin Bantu Kapal

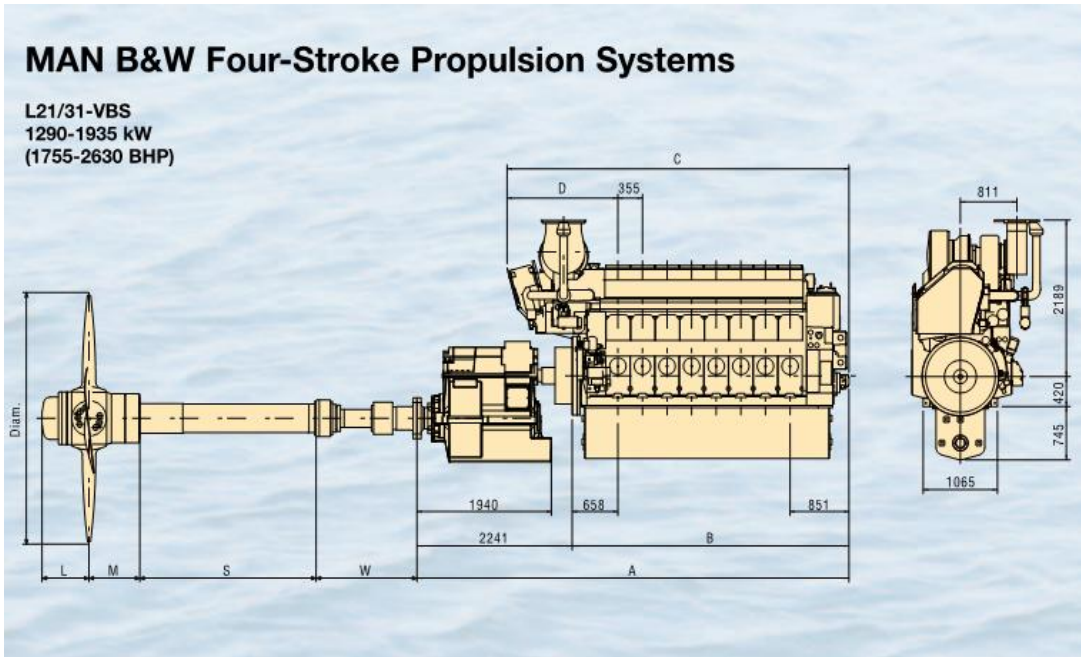
Mesin bantu digunakan untuk membantu pengoperasian kapal selama berlayar. Begitu pula dengan sumber energi listrik didapatkan dari mesin ini. Pada kapal rancangan ini menggunakan 2 (dua) mesin bantu, dengan spesifikasi sebagai berikut :

- Merk : *Caterpillar* (*CAT*)
- Tipe : C18
- Daya : 340 ekW/ 425 kV.A
- Putaran Mesin : 1800 rpm
- *Bore x Store* : 145 mm x 183 mm
- Dimensi : 3040 mm (L), 1557,5 mm (W), 1150,9 mm (H)
- Total : 2 (dua) 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 1 (satu) buah *reduction gear* yang dipasang satu di mesin utama. Adapun spesifikasi dari *reduction gear* tersebut adalah sebagai berikut :

- Merk : MAN B & W
- Tipe : AMG 18 EV
- Seri : 68 VO 18
- Rasio : 6,25
- Dimensi :
 - L (Panjang) : 1940 mm
 - B (Lebar) : 1065 mm
 - H (Tinggi) : 1165 mm



Standard programme

| ENGINE | | REDUCTION GEAR | | PROPELLER | | | DIMENSIONS IN MM | | | | | | | |
|--------------------------------|---------|----------------|--------|-----------|------|------|------------------|------|------|------|------|-----|-----|------|
| Type | Series | Type | Type | Speed | Diam | A | B | C | D | G | H | L | M | W |
| Output mcr | | | | rpm | mm | | | | | | | | | mm |
| 6L21/31 1290 kW 1755 bhp | AMG18EV | 36V018 | VBS640 | 279 | 2350 | 5476 | 3235 | 4185 | 1598 | 1018 | 2029 | 550 | 596 | 1200 |
| | | 46V018 | VBS640 | 217 | 2650 | 5476 | 3235 | 4185 | 1598 | 1018 | 2029 | 550 | 596 | 1200 |
| | | 57V018 | VBS740 | 174 | 2950 | 5476 | 3235 | 4185 | 1598 | 1018 | 2029 | 569 | 655 | 1300 |
| | | 68V018 | VBS860 | 147 | 3250 | 5476 | 3235 | 4185 | 1598 | 1018 | 2029 | 653 | 743 | 1400 |
| 7L21/31 1505 kW 2047 bhp | AMG18EV | 36V018 | VBS640 | 279 | 2450 | 5750 | 3590 | 4540 | 1598 | 1018 | 2029 | 550 | 596 | 1200 |
| | | 46V018 | VBS740 | 217 | 2750 | 5750 | 3590 | 4540 | 1598 | 1018 | 2029 | 569 | 655 | 1300 |
| | | 57V018 | VBS740 | 174 | 3050 | 5750 | 3590 | 4540 | 1598 | 1018 | 2029 | 569 | 655 | 1300 |
| | | 68V018 | VBS860 | 147 | 3350 | 5750 | 3590 | 4540 | 1598 | 1018 | 2029 | 653 | 743 | 1400 |
| 8L21/31 1720 kW 2340 bhp | AMG18EV | 36V018 | VBS640 | 279 | 2550 | 6186 | 3945 | 4895 | 1598 | 1018 | 2029 | 550 | 596 | 1200 |
| | | 46V018 | VBS740 | 217 | 2850 | 6186 | 3945 | 4895 | 1598 | 1018 | 2029 | 569 | 655 | 1300 |
| | | 57V018 | VBS860 | 174 | 3150 | 6186 | 3945 | 4895 | 1598 | 1018 | 2029 | 653 | 743 | 1300 |
| | | 68V018 | VBS860 | 147 | 3450 | 6186 | 3945 | 4895 | 1598 | 1018 | 2029 | 653 | 743 | 1400 |
| 9L21/31 1935 kW 2630 bhp | AMG18EV | 36V018 | VBS740 | 279 | 2650 | 6541 | 4300 | 5250 | 1598 | 1018 | 2029 | 569 | 655 | 1300 |
| | | 46V018 | VBS740 | 217 | 2950 | 6541 | 4300 | 5250 | 1598 | 1018 | 2029 | 569 | 655 | 1300 |
| | | 57V018 | VBS860 | 174 | 3250 | 6541 | 4300 | 5250 | 1598 | 1018 | 2029 | 653 | 743 | 1400 |
| | | 68V018 | VBS860 | 147 | 3550 | 6541 | 4300 | 5250 | 1598 | 1018 | 2029 | 653 | 743 | 1400 |

The propeller diameter is optimized at 85% MCR, 98% rpm and 14.0 kn. The strength calculation is made at 100% MCR, 100% rpm and 14.5 kn. The propeller is calculated according to LR, No ice with high skew

Main data

| ENGINE | BORE | STROKE | SPEED | MEP | PISTON SPEED | OUTPUT/ CYLINDER |
|--------|------|--------|-------|------|--------------|------------------|
| Type | mm | mm | rpm | bar | m/s | kW BHP |
| L21/31 | 210 | 310 | 1000 | 24,1 | 10,3 | 215 292 |

Specific consumption

| ENGINE | FUEL OIL | | | | LUBRICATING OIL | |
|--------|----------|---------|---------|---------|-----------------|---------|
| | Type | mcr | 85% mcr | | mcr | |
| | g/kWh | g/BHP-h | g/kWh | g/BHP-h | g/kWh | g/BHP-h |
| L21/31 | 181 | 133 | 181 | 133 | 0,8 | 0,6 |

Weight

| ENGINE | Gear | Prop | Dry weight in tons (appr.) | | | ENGINE | Gear | Prop | Dry weight in tons (appr.) | | | |
|--------|--------|--------|----------------------------|--------------|--------|--------|--------|--------|----------------------------|--------------|--------------|-----|
| Type | Type | Type | Engine | Gear | Prop* | Type | Type | Type | Engine | Gear | Prop* | |
| 6L | 36V018 | VBS640 | 13,9 | Data | 3,2 | 8L | 36V018 | VBS640 | 16,6 | Data | 3,7 | |
| 21/31 | 46V018 | VBS640 | 13,9 | available | 3,6 | 21/31 | 46V018 | VBS740 | 16,6 | available | 4,6 | |
| | 57V018 | VBS740 | 13,9 | upon request | 4,5 | | 57V018 | VBS860 | 16,6 | upon request | 6,1 | |
| | 68V018 | VBS860 | 13,9 | upon request | 5,7 | | 68V018 | VBS860 | 16,6 | upon request | 6,5 | |
| 7L | 36V018 | VBS640 | 15,2 | Data | 3,6 | 9L | 36V018 | VBS740 | 18,2 | Data | 4,5 | |
| | 46V018 | VBS740 | 15,2 | available | 4,4 | | 21/31 | 46V018 | VBS740 | 18,2 | available | 5,0 |
| | 57V018 | VBS740 | 15,2 | upon request | 4,9 | | | 57V018 | VBS860 | 18,2 | upon request | 6,4 |
| 68V018 | VBS860 | 15,2 | upon request | 6,2 | 68V018 | VBS860 | | 18,2 | upon request | 7,0 | | |

* Weight incl 4.0 m shaft and 2.0 m stern tube

Gambar 2. Main Engine MAN B & W 8L21/31 Dimension

RATINGS AND FUEL CONSUMPTION

| | Generator Set | | | U.S. g/h | l/h | EPA - IMO - EU |
|----------|---------------|------|------|----------|-------|----------------|
| | ekW @ .8pf | kV•A | rpm | | | |
| 60 Hertz | 340 | 425 | 1800 | 23.6 | 89.3 | NC - I - NC |
| 60 Hertz | 425 | 531 | 1800 | 29.5 | 111.7 | NC - I - NC |
| 60 Hertz | 500 | 625 | 1800 | 34.3 | 129.8 | NC - I - NC |
| 60 Hertz | 550 | 688 | 1800 | 38.1 | 144.2 | NC - I - NC |
| 50 Hertz | 275 | 344 | 1500 | 18.9 | 71.5 | NC - I - NC |
| 50 Hertz | 350 | 438 | 1500 | 23.3 | 88.2 | NC - I - NC |
| 50 Hertz | 400 | 500 | 1500 | 27.0 | 102.2 | NC - I - NC |
| 50 Hertz | 450 | 563 | 1500 | 31.1 | 117.7 | NC - I - NC |

Contact local dealer for availability.

| | LG | H | W |
|------|------------------|-------------------|-------------------|
| min. | 119.7 in/3040 mm | 61.3 in/1557.5 mm | 45.3 in/1150.9 mm |
| max. | 119.7 in/3040 mm | 61.3 in/1557.5 mm | 45.3 in/1150.9 mm |

In-line 6, 4-Stroke-Cycle Diesel

| | | |
|-------------------------------|------------------|--------------|
| Aspiration | TA, TTA | |
| Bore x Stroke | 5.7 x 7.2 in | 145 x 183 mm |
| Displacement | 1106 cu in | 18.1 liter |
| Rotation (from flywheel end) | Counterclockwise | |
| Generator set weight (approx) | 8375-10,064 lb | 3799-4565 kg |



Image may not reflect actual engine

Gambar 3. Generator Sets C18 Dimension

II.3 Estimasi Kapasitas Ruang Muat

Volume ruang muat dapat dicari dengan cara mengurangi total volume lambung kapal, seperti volume tangki, volume ceruk dan volume ruang mesin.

Sedangkan kapasitas muatan (*Cargo Capacity*) dinyatakan dari volume ruang muat dikali koefisien kapasitas muatan.

Tabel Capacity Coefficient

Hull Capacity Coefficient $k_1 = 1,03$ at $C_b = 0,5$
 $= 1,13$ at $C_b = 0,8$

Peak Capacity Coefficient $k_2 = 0,37$

Double Bottom Capacity Coefficient $k_3 = 0,6$ at $C_b = 0,55$
 $= 0,9$ at $C_b = 0,80$

Machinery Space Capacity Coefficient

After Position $k_4 = 0,85$

1. Volume Total Lambung (V_h)

$$V_h = L \times B \times C_b \times k_1 \times \left[H + \frac{(S_f + S_a)}{6} + \frac{(2 C_a)}{3} \right]$$

Dimana :

Untuk $C_b = 0,67$

$$k_1 = 1,03 + \left(\frac{0,67 - 0,50}{0,80 - 0,50} \right) \times (1,13 - 1,03)$$

$$k_1 = 1,087$$

$B =$ lebar kapal rancangan $= 15,00$ m

$C_b =$ *coefficient block* kapal rancangan $= 0,67$

$H =$ tinggi kapal rancangan $= 8,10$ m

$S_f =$ *sheer* muka, digunakan *sheer standard*

$$= 50 \left(\frac{L}{3} + 10 \right) = 50 \left(\frac{85,00}{3} + 10 \right) = 1,916 \text{ m}$$

$S_a =$ *sheer* belakang

$$= 25 \left(\frac{L}{3} + 10 \right) = 25 \left(\frac{85,00}{3} + 10 \right) = 0,958 \text{ m}$$

$$Ca = Chamber = \frac{B}{50} = \frac{15}{50} = 0,3 \text{ m}$$

$$V_h = 85,00 \times 15,00 \times 0,67 \times 1,087 \times \left[8,10 + \frac{(1,916+0,958)}{6} + \frac{(2 \times 0,3)}{3} \right]$$

$$V_h = 9122,478 \text{ m}^3$$

2. Volume Ruang Mesin (V_{er})

$$V_{er} = L_{er} \times B \times (H - H_{db}) \times C_b \times k_4$$

Dimana :

$$L_{er} = \text{panjang ruang mesin} = \pm 20\% \times LBP = 20\% \times 85,00$$

$$L_{er} = 17,00 \text{ m}$$

$$B = \text{lebar kapal rancangan} = 15,00 \text{ m}$$

$$H = \text{tinggi kapal rancangan} = 8,10 \text{ m}$$

$$C_b = \text{Coefficient block kapal rancangan} = 0,67$$

$$H_{db} = \text{tinggi double bottom di bawah ruang mesin} \\ = 0,1 \times H \text{ minimum (BKI)} = 0,1 \times 8,10 = 0,81 \text{ m}$$

$$k_4 = \text{machinery capacity coefficient untuk mesin dibelakang} = 0,85$$

$$V_{er} = 17,00 \times 15,00 \times (8,10 - 0,81) \times 0,67 \times 0,85 \\ = 1058,67 \text{ m}^3$$

3. Volume Ceruk (V_p)

$$V_p = L_p \times B \times \left[H + \frac{(S_f + S_a)}{2} \right] \times C_b \times k_2$$

Dimana :

$$k_2 = \text{peak capacity coefficient} = 0,37$$

$$L_p = \text{panjang AP dan Fp} = LBP/10 = 8,50 \text{ m}$$

$$B = \text{lebar kapal rancangan} = 15,00 \text{ m}$$

$$C_b = \text{Coefficient block kapal rancangan} = 0,67$$

$$V_p = 8,50 \times 15,00 \times \left[8,10 + \frac{(1,916+0,958)}{2} \right] \times 0,67 \times 0,37 \\ = 301,438 \text{ m}^3$$

4. Volume Double Bottom (V_{db})

$$V_{db} = \{ (LBP - L_p - L_{er}) \times H_{db} + L_{er} \times H_{db} \} \times B \times C_b \times k_3$$

Dimana :

$$k_3 = 0,60 + \left(\frac{0,67 - 0,55}{0,80 - 0,55} \right) \times (0,90 - 0,60)$$

$$= 0,744$$

$$L_p = LBP/10 = 8,50 \text{ m}$$

$$L_{er} = \text{panjang ruang mesin} = 17,00 \text{ m}$$

$$LBP = \text{panjang kapal rancangan} = 85,00 \text{ m}$$

$$H_{db} = \text{tinggi double bottom} = 0,1 \times 8,10 = 0,81 \text{ m}$$

$$B = \text{lebar kapal rancangan} = 15,00 \text{ m}$$

$$C_b = \text{coefficient block} = 0,67$$

$$V_{db} = \{ (85,00 - 8,50 - 17,00) \times 0,81 + 17,00 \times 0,81 \} \times 15,00 \times 0,67 \times 0,744$$

$$= 463,325 \text{ m}^3$$

5. Volume Ruang Muat (V_{rm})

$$V_{rm} = V_h - V_{er} - V_p - V_{db}$$

$$= 9122,478 - 1058,67 - 301,438 - 463,325$$

$$= 7299,043 \text{ m}^3$$

6. Kapasitas Ruang Muat / Cargo Capacity

$$\text{Cargo capacity} = V_{rm} \times \text{Capacity coefficient}$$

Dimana :

$$V_{rm} = \text{volume ruang muat} = 7299,043 \text{ m}^3$$

$$\text{Capacity coefficient} = 0,9$$

$$\text{Cargo capacity} = 7299,043 \times 0,9$$

$$= 6569,139 \text{ m}^3$$

II.4 Estimasi Ukuran Super Structure

- Panjang Keseluruhan Kapal (*LOA*) = 90,00 m
- Tinggi *Poop Deck* = 2,20 m ~ 2,40 m
- Maka ditetapkan = 2,20 m

- Panjang *Poop Deck* = (15 % ~ 20%) x LBP (dari AP)
= 20% x 85,00 m
= 17 m
- Tinggi *Forecastle Deck* = 2,20 m ~ 2,40 m
Maka di tetapkan = 2,20 m
- Panjang *Forecastle Deck* = (5% ~ 8%) x LBP (dari FP)
= 8% x 85,00 m
= 6,80 m
- Tinggi *Bulwark* = 1,00 m

II.5 Pemeriksaan *Freeboard* / Lambung Timbul

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.

$$= 5,50 \text{ m}$$

H = Tinggi kapal rancangan

$$= 8,10 \text{ m}$$

Maka : f = $H - T$

$$= 8,10 - 5,50$$

$$= 2,6 \text{ m}$$

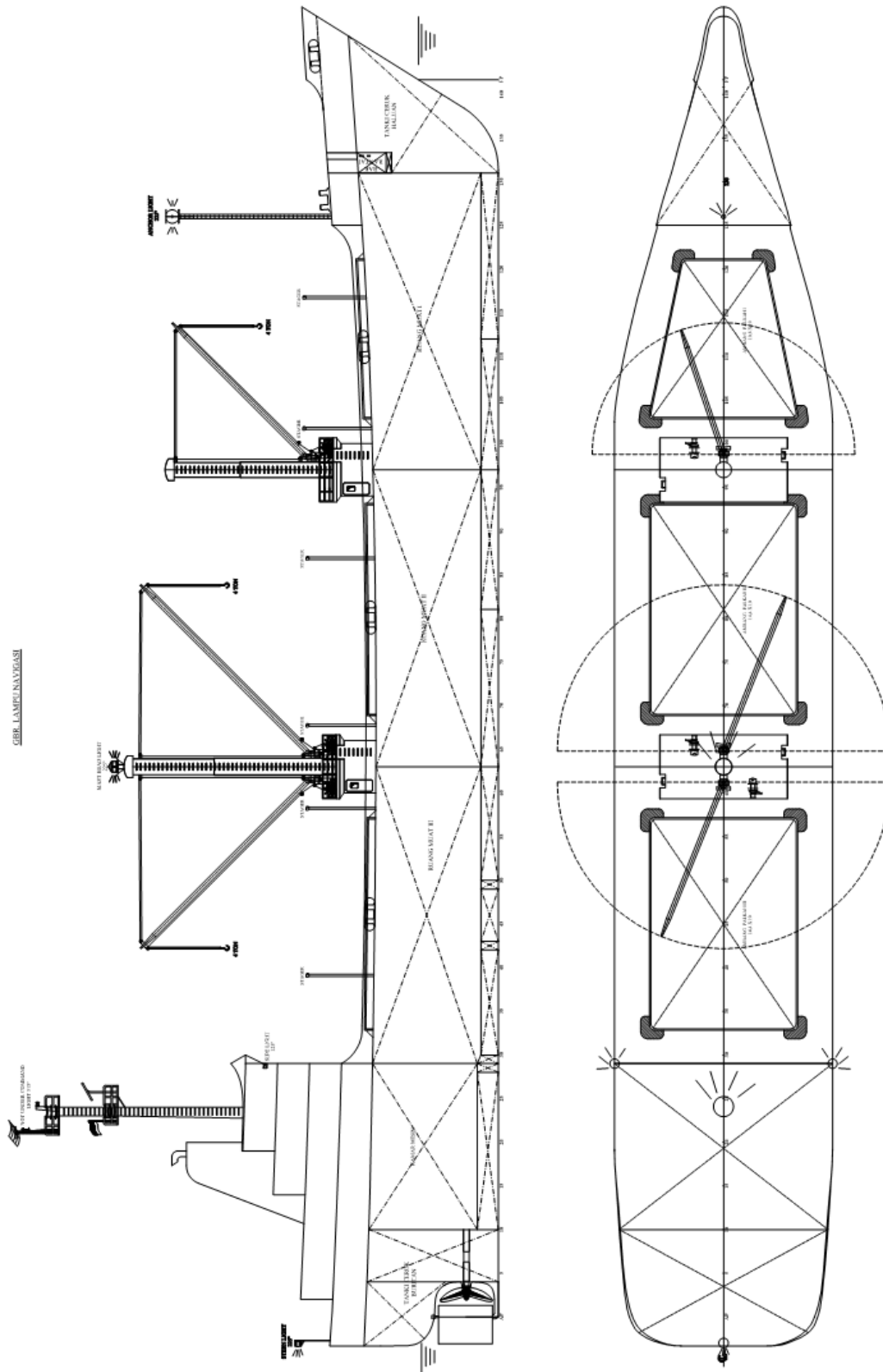
Dari perhitungan diatas ditetapkan harga $f = 2,6 \text{ m}$

Koreksi *Freeboard* / Lambung Timbul :

Menurut tabel Lambung Timbul *SOLAS Konvensi* 1966, kapal dengan panjang 90,00 m $f_{\text{min}} = 1,044 \text{ m}$

f pra rancangan $>$ f minimum yang disyaratkan, maka f pra rancangan memenuhi.

II.6 Sketsa Rencana Umum



Gambar 4. Sketsa Rencana Umum

II.7 Perhitungan Berat DWT, LWT dan *Displacement* (Δ)

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

Yang termasuk dalam berat kosong (W_{is}) adalah :

- Berat lambung kapal (Whull)
- Berat Outfitt dan akomodasi (WO+a)
- Berat equipment / peralatan (Weq)
- Berat instalasi mesin (Wep)

Sedangkan yang termasuk Daya Angkut Kapal adalah :

- Berat muatan kapal (Wpl)
- Berat bahan bakar (Wfc)
- Berat minyak pelumas (Wlo)
- Berat air tawar (Wfw)
- Berat bahan makanan (Wprof)
- Berat awak dan barang bawaan (Wa+bb)

II.7.1 Estimasi Berat Muatan (DWT)

Perhitungan berat muatan menurut Harald Poehls (1979), sebagai berikut :

1. Berat bahan bakar (Wfo)

$$W_{fo} = \{ (P_{bME} \times b_{ME}) + (P_{bAE} \times b_{AE}) \frac{S}{V_s} 10^{-6} (1,3 - 1,5) \}$$

Dimana :

- $P_{bME} = 2340 \text{ Hp} \times 0,736 = 1722 \text{ kW}$
- $b_{ME} = b_{AE} = \text{koefisien BBM} = 181 \text{ g/kWh}$
- $P_{bAE} = 340 \text{ kW}$
- $S = \text{radius pelayaran} = 228 \text{ mil}$
- $V_s = \text{kecepatan servis} = 12 \text{ knot}$
- $W_{fo} = \{ (1722 \times 181) + (340 \times 181) \} \frac{228}{12} 10^{-6} (1,5)$
 $= 10,637 \text{ Ton}$

2. Berat Bahan Bakar Diesel (Wdo)

$$\begin{aligned} W_{do} &= 0,1 - 0,2 W_{fo} \\ &= 0,2 \times 10,637 \text{ Ton} \\ &= 2,127 \text{ Ton} \end{aligned}$$

3. Berat Minyak Pelumas (Wlo)

$$Wlo = [(Pb_{MEX} b_{ME}) + (Pb_{AE} \times b_{AE})] \times \frac{S}{V_S} \times 10^{-6} + Add$$

Dimana :

$$b_{AE} = b_{ME} = \text{koefisien pemakaian mesin} = 0,95 \sim 1,5 \text{ g/kWh}$$

$$b_{AE} = b_{ME} = 1,5 \text{ g/kWh}$$

$$Add = 10\%$$

$$Wlo = [(1722 \times 1,5) + (340 \times 1,5)] \times \frac{228}{12} 10^{-6} + 10\%$$

$$Wlo = 0,059 \text{ Ton} + 0,1$$

$$Wlo = 0,159 \text{ Ton}$$

4. Berat Air Bersih dan Tawar (Wfw)

$$Wfw = \{ [((DW+WW) \times Z) + BF(Pb_{ME} + Pb_{AE}) 24] \left(\frac{S}{V_S} \cdot \frac{1}{24} + add \right) \} / 1000$$

Dimana :

- (DW) Air minum = 10 – 30 kg/orang/hari
- (WW) Air cuci = 25 – 120 kg/orang/hari
- (BF) Air untuk boiler feed = 0,14 kg/kwh
- (Add) tambahan untuk volume tangki = 3% - 4%
- Z = jumlah awak kapal & ABK = 30 orang

$$Wfw = \{ [((30+120) \times 30) + 0,14(1722+340)24] \left(\frac{228}{12} \cdot \frac{1}{24} + 4\% \right) \} / 1000$$

$$Wfw = 9,505 \text{ Ton}$$

5. Berat Makanan (Wp)

$$Wp = (Cp \times Z \times \frac{S}{V_S} \cdot \frac{1}{24}) / 1000$$

Dimana :

- Cp = 3 – 5 kg/hari/orang
- Z = jumlah penumpang = 30 orang

$$Wp = (5 \times 30 \times \frac{228}{12} \cdot \frac{1}{24}) / 1000$$

$$Wp = 0,119 \text{ Ton}$$

6. Berat Barang Bawaan dan Awak (Wpl)

$$Wp+l = (Z (P + L))$$

Dimana :

- P = rata – rata berat ABK = 80 kg/orang

- $L = \text{berat barang bawaan} = 20 - 70 \text{ kg/orang}$

$$W_{pl} = (30 (80 + 70)) / 1000$$

$$W_{pl} = 4,500 \text{ Ton}$$

7. Berat Air Ballast (*Ballast Capacity*)

$$\begin{aligned} \text{Ballast Capacity} &= (10\% \sim 50\%) \times \text{DWT} \\ &= 50\% \times 2500 \\ &= 1250 \text{ Ton} \end{aligned}$$

8. Berat Cadangan (W_r)

Berat cadangan terdiri dari peralatan – peralatan yang ada digudang, misalnya:

- Berat cat
- Berat persediaan tali – temali
- Berat persediaan lain – lain

$$W_r = (50 - 100 \text{ kg})$$

Maka, dipilih $W_r = 100 \text{ kg}$

$$W_r = 0,1 \text{ Ton}$$

Berat Muatan (*Pay Load*)

$$\begin{aligned} W_{PL} &= \text{DWT} - (W_{fo} + W_{do} + W_{lo} + W_{fw} + W_p + W_{pl} + \text{Ballast} + W_r) \\ &= 3000 - (10,637 + 2,127 + 0,159 + 9,505 + 0,119 + 4,50 + 1250 + 0,1) \\ &= 3000 - 1277,146 \\ &= 1722,854 \text{ Ton} \end{aligned}$$

II.7.2 Perhitungan Berat Kapal Kosong (LWT)

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

Schneekluth dalam Harald Poehls, 1979

$$C_{bd} = C_b + 0,5 \frac{H-T}{T} (1 - C_b)$$

$$= 0,670 + 0,5 \frac{8,10 \text{ m} - 5,50 \text{ m}}{5,50 \text{ m}} (1 - 0,670)$$

$$= 0,748 \text{ Ton/m}^3$$

$$C_1 = 0,106$$

$$W_{st} = LBP \times B \times H \times C_{bd} \times C_1$$

$$\begin{aligned} &= 85,00 \text{ m} \times 15,00 \text{ m} \times 8,10 \text{ m} \times 0,748 \times 0,106 \text{ Ton/m}^3 \\ &= 818,847 \text{ Ton} \end{aligned}$$

Koreksi untuk (W_{st}) :

$$\begin{aligned} \text{a.} &= \left[1 + 0,033 \left(\frac{L}{H} - 12 \right) \right] \\ &= \left[1 + 0,033 \left(\frac{85,00 \text{ m}}{8,10 \text{ m}} - 12 \right) \right] \\ &= 0,950 \\ \text{b.} &= \left[1 + 0,06 \left(a - \frac{H}{4} \right) \right] \\ &= \left[1 + 0,06 \left(1,069 - \frac{8,10 \text{ m}}{4} \right) \right] \\ &= 0,943 \\ \text{c.} &= \left[1 + 0,04 \left(\frac{L}{B} - 6,5 \right) \right] \\ &= \left[1 + 0,04 \left(\frac{85,00 \text{ m}}{15,00 \text{ m}} - 6,5 \right) \right] \\ &= 0,967 \\ \text{d.} &= \left[1 + 0,2 \left(\frac{T}{H} - 0,85 \right) \right] \\ &= \left[1 + 0,2 \left(\frac{5,50 \text{ m}}{8,10 \text{ m}} - 0,85 \right) \right] \\ &= 0,966 \\ \text{e.} &= 0,96 + 1,2 (0,85 - C_{bd})^2 \\ &= 0,96 + 1,2 (0,85 - 0,748)^2 \\ &= 0,973 \\ \text{f.} &= 1 + 0,75 \times C_{bd} \times (C_m - 0,98) \\ &= 1 + 0,75 \times 0,748 \times (0,980 - 0,98) \\ &= 1,00 \end{aligned}$$

Dimana : $C_1 = 0,106$

Koreksi untuk S_{fr} :

$$\begin{aligned} S_{fr} &= W_{st} \times \text{(a)} \times \text{(b)} \times \text{(c)} \times \text{(d)} \times \text{(e)} \times \text{(f)} \times C_1 \\ &= 818,847 \times 0,950 \times 0,943 \times 0,967 \times 0,966 \times 0,973 \times 1,00 \times 0,106 \text{ Ton} \\ &= 71,033 \text{ Ton} \end{aligned}$$

2. Berat Perlengkapan dan Akomodasi (*Weight Of Outfitting and Acomodation (Wo + a)*)

Schnekluth (Harald Pohels, 1979)

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

Dimana : $c = 0,7 \sim 0,9$

$$\begin{aligned} Wo + a &= 0,9 \times (85,00 \text{ m} \times 15,00 \text{ m} \times 8,10 \text{ m})^{2/3} \\ &= 428,132 \text{ Ton} \end{aligned}$$

Jadi berat perlengkapan + akomodasi = 428,132 Ton

3. Berat Poros (*Weight Of Shafting (Wsh)*)

$$d = k \sqrt[3]{\frac{PE}{n} \times \eta G \times Cw}$$

dimana : $k = 115$

$$\eta G = 3,00$$

$$Cw = 0,803$$

$$n = 1000 \text{ RPM}$$

$$PE = 2340 \text{ Hp}$$

$$\begin{aligned} d &= 115 \sqrt[3]{\frac{2340}{1000} \times 3,00 \times 0,803} \\ &= 204,667 \text{ mm} \\ &= 0,204 \text{ m} \end{aligned}$$

Panjang poros diperkirakan 7,00 m

Jadi berat poros : $Wsh = (\pi/4 \times d \times L \times \rho) + 10\% (\pi/4 \times d \times L \times \rho)$

Dimana : $\rho = 7,86 \text{ Ton/m}$

$$L = 7,00 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} Wsh &= (\pi/4 \times 0,206 \times 7,00 \text{ m} \times 7,86 \text{ Ton/m}) + 10\% \\ &= 0,940 + 0,100 \\ &= 8,940 \text{ Ton} \end{aligned}$$

4. Berat Permesinan (*Complete Engine Plan (Wep)*)

Menurut *Watson* dalam *Harald Poehls, 1979*.

$$W_{EP} = W_{M/E} + W_{Remaider} \quad [\text{Ton}]$$

$$W_{M/E} = 9,38 \times (\text{BHP} / \text{RPM})^{0,84}$$

$$W_{M/E} = 9,38 \times (2340 / 1000)^{0,84}$$

$$= 19,158 \text{ Ton}$$

$$W_{REM} = 0,56 \times (\text{MCR})^{0,7}$$

Dimana MCR :

$$\text{MCR} = \text{BHP} \times 10\% + 2340 \text{ Hp}$$

$$= 2574 \text{ Hp}$$

$$W_{REM} = 0,56 \times (2574)^{0,7}$$

$$= 136,651 \text{ Ton}$$

$$W_{EP} = W_{M/E} + W_{Remaider}$$

$$= 19,158 \text{ Ton} + 136,651 \text{ Ton}$$

$$= 155,809 \text{ Ton}$$

5. Berat Propeller (*Weight Of Propeller (Wprop)*)

Menurut *Schneekluth* dalam buku *Harald Poehls*, 1979.

$$T_A = \frac{D_{prop}}{0,7}$$

Dimana : $T_A = 5,50 \text{ m}$, Sarat air kapal

$$k = 0,150$$

$$D_{prop} = T_A \times 0,7 \quad [\text{m}]$$

$$= 5,50 \text{ m} \times 0,7$$

$$= 3,850 \text{ m}$$

$$W_{prop} = (D_{prop})^3 \times k$$

$$= (3,850)^3 \text{ m} \times 0,150$$

$$= 8,560 \text{ Ton}$$

Jadi berat *propeller* kapal yang dirancang adalah = 8,560 Ton

6. Berat *Electrical Aggregate + Emergency (Wel + Wemer)*

Menurut *Schneekluth* dalam buku *Harald Poehls*, 1979.

Diperkirakan :

$$\text{Electric Installation} = 2 \times 950 \text{ kW} = 1900 \text{ kW}$$

$$\text{Emergency (diesel)} = 2 \times 1000 \text{ kW} = 2000 \text{ kW}$$

Acc. Schneekluth :

$$\begin{aligned}W_{EL} &= 40 + Pw/30 \\ &= 40 + 950/30 \\ &= 71,667 \text{ kg/kW}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}W_{EL} \text{Aggregate} &= 71,667 \times 1900 \\ &= 136166,667 \text{ kg} \\ &= 136,166 \text{ Ton}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}W_{EL} &= 40 + Pw/30 \\ &= 40 + 1000/30 \\ &= 73,333 \text{ kg/kW}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}W_{EMER} &= W_{EL} \times \text{Emergency (diesel)} \\ &= 73,333 \times 2000 \\ &= 146666,667 \text{ kg} \\ &= 146,667 \text{ Ton}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}W_{EA} &= W_{EL} \text{Aggregate} + W_{EMER} \\ &= 136,166 \text{ Ton} + 146,667 \text{ Ton} \\ &= 282,833 \text{ Ton}\end{aligned}$$

7. Berat Lainnya (*Other Weight*)

Menurut *Schneekluth* dalam *Harald Poehls*, 1979.

Pompa-pompa, sistem pemipaan, distribusi kabel, bagian gudang, tunnelboiler, tangga-tangga, dan lain-lain.

$$\begin{aligned}W_{OW} &= c \times PE \\ \text{Dimana : } c &= 30 \sim 50 \text{ kg/Hp} \\ PE = \text{BHP} &= 2340 \text{ Hp} \\ W_{OW} &= 50 \text{ kg/Hp} \times 2340 \text{ Hp} \\ &= 117000 \text{ kg} \\ &= 117,000 \text{ Ton}\end{aligned}$$

TOTAL BERAT *LIGHT WEIGHT* (LWT) KAPAL :

| | | |
|--|---|----------------------|
| 1. Berat Baja Kapal (W_{st}) | = | 818,847 Ton |
| 2. Perlengkapan dan Akomodasi (W_{O++a}) | = | 428,132 Ton |
| 3. Berat poros (W_{SH}) | = | 9,023 Ton |
| 4. Berat Permesinan (W_{EP}) | = | 155,809 Ton |
| 5. Berat Propeller (W_{PROP}) | = | 8,560 Ton |
| 6. Berat <i>Electrical Aggregate + Emergency</i> | = | 282,833 Ton |
| 7. <u>Berat Lainnya (W_{OW})</u> | = | <u>117,000 Ton +</u> |
| Berat Kapal Kosong (LWT) | = | 1820,121 Ton |

II.8 Koreksi *Displacement* :

$$Displacement (\Delta_1) = 4835,098 \text{ Ton}$$

$$\begin{aligned} Displacement (\Delta_2) &= LWT + DWT \\ &= 1820,121 \text{ Ton} + 3000 \text{ Ton} \\ &= 4820,121 \text{ Ton} \end{aligned}$$

Koreksi *Displacement* (Δ)

$$\begin{aligned} &= \left| \frac{\Delta_1 - \Delta_2}{\Delta_2} \right| \times 100\% \\ &= \left| \frac{4835,098 \text{ Ton} - 4820,121 \text{ Ton}}{4820,121 \text{ Ton}} \right| \times 100\% \\ &= 3,11 \times 10^{-3} \times 100\% \text{ Ton} \\ &= 0,311 \% < 0,5 \% \text{ (memenuhi)} \end{aligned}$$

II.9 Perkiraan Stabilitas Awal Kapal

II.9.1 Perhitungan Perkiraan Stabilitas

1. Perhitungan Titik Tekan dan Titik Berat

a. Titik tekan vertical (\overline{KB})

$$\begin{aligned} \overline{KB} &= T \times \left(0,829 - 0,343 \times \frac{C_b}{C_w} \right) \\ &= 5,50 \times \left(0,829 - 0,343 \times \frac{0,670}{0,803} \right) \\ &= 2,230 \text{ m} \end{aligned}$$

b. Titik berat (\overline{KG})

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

$$\begin{aligned}\overline{KG} &= 0,6 \times H \\ &= 0,6 \times 8,10 &= 4,860 \text{ m}\end{aligned}$$

2. Perhitungan Stabilitas Melintang

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

Bauer dalam Harald Poehls, 1979

$$\begin{aligned}\overline{BM} &= \frac{(2 \times C_w + 1)^3}{323} \times \frac{B^2}{T \times C_b} \\ &= \frac{(2 \times 0,803 + 1)^3}{323} \times \frac{15,00^2}{5,50 \times 0,670} \\ &= 3,346 \text{ m}\end{aligned}$$

b. Tinggi Metacenter Melintang Dari Garis Dasar (\overline{KM})

$$\begin{aligned}\overline{KM} &= \overline{KB} + \overline{BM} \\ &= 2,230 + 3,346 \\ &= 5,576 \text{ m}\end{aligned}$$

c. Tinggi Metacenter Melintang (\overline{GM})

$$\begin{aligned}\overline{GM} &= \overline{KM} - \overline{KG} \\ &= 5,576 - 4,860 \text{ m} \\ &= 0,716 \text{ m}\end{aligned}$$

II.9.2 Perhitungan Kurva Stabilitas Awal

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

a. Hid = Ideal Free Board

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

Dimana :

- *Perhitungan sheer pada haluan kapal*

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

$$Sh = 50 + \left(\frac{85,00}{3} + 10 \right)$$

$$Sh = 88,333 \text{ mm}$$

$$Sh = 0,088 \text{ m}$$

- *Perhitungan sheer pada buritan kapal*

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

$$Sf = 25 + \left(\frac{85,00}{3} + 10 \right)$$

$$Sf = 63,333 \text{ mm}$$

$$Sf = 0,063 \text{ m}$$

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

$$Hid = 8,10 + \frac{(0,088 + 0,063)}{6}$$

$$= 8,125 \text{ m}$$

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

Dimana :

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

$$t = \frac{(2 \times 0,803 + 1)^3}{323}$$

$$t = 0,056$$

$$\text{Maka } MTF = \frac{0,056}{0,670} \times \frac{15,00^2}{5,50}$$

$$= 3,419 \text{ m}$$

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

- $\frac{T}{B} = \frac{5,50 \text{ m}}{15,00 \text{ m}} = 0,367 \text{ m}$

- $\overline{MF} = \overline{BM} = 3,346 \text{ m}$

TUGAS MERANCANG KAPAL

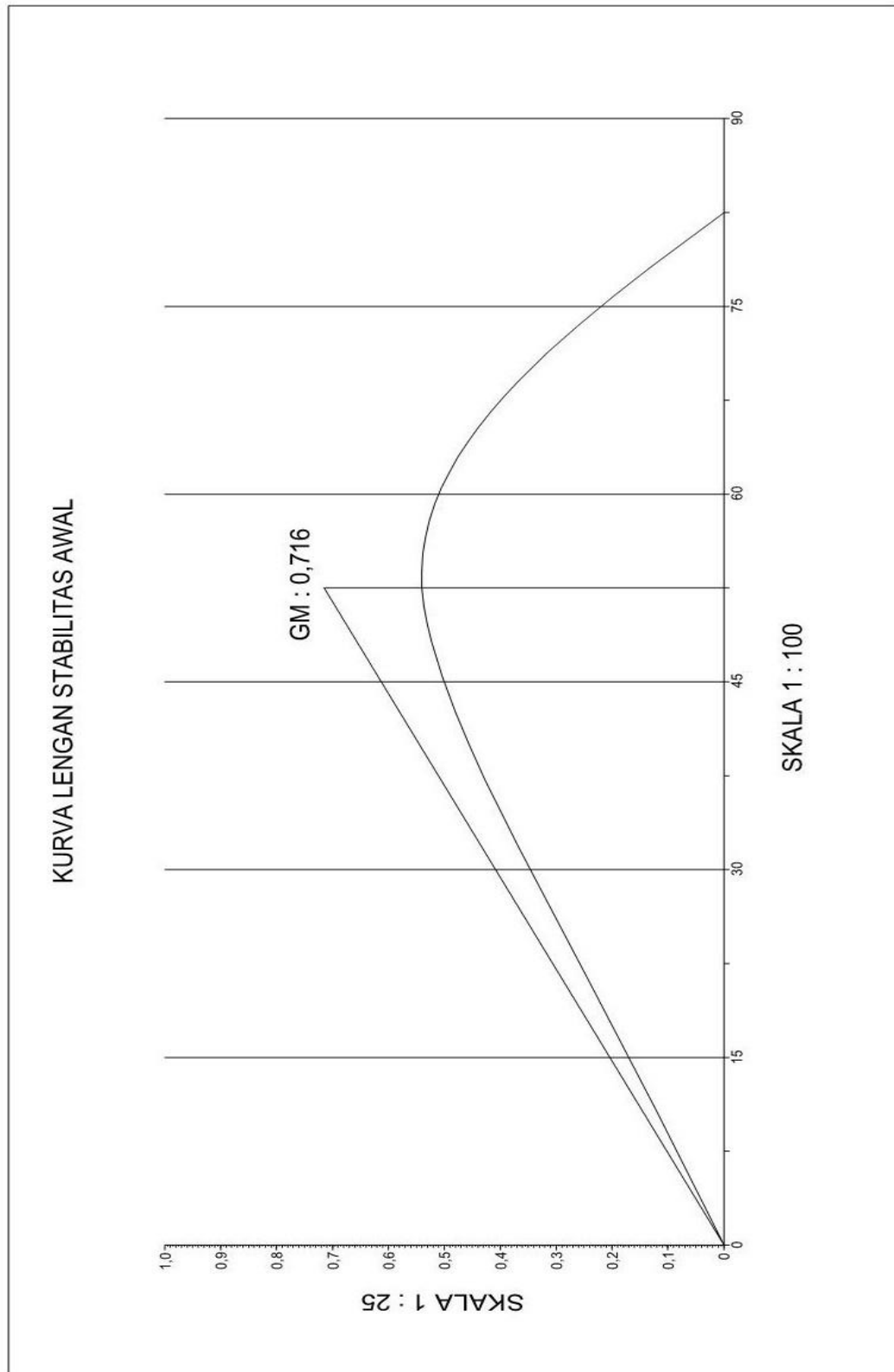
DENY RONGGO UTOMO (2014319002)

- $\frac{Hid}{B} = \frac{8,125 \text{ m}}{15,00 \text{ m}} = 0,542 \text{ m}$
- $\overline{GM} = 0,716 \text{ m}$

Sedangkan untuk harga h^*f dapat dilihat dari grafik Prohaska (*Schiffbautechnisches Handbuch, band I Henschke.1964*).

Tabel 1. Perhitungan Kurva Lengan Stabilitas

| No. | Φ | 0° | 15° | 30° | 45° | 60° | 75° | 90° |
|-----|-------------------------------------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|
| 1 | $\sin \varphi$ | 0,000 | 0,259 | 0,500 | 0,707 | 0,866 | 0,966 | 1,000 |
| 2 | h^*f | 0,000 | 0,009 | 0,020 | -0,010 | -0,020 | -0,040 | -0,050 |
| 3 | $h^*f \times BM$ | 0,000 | 0,030 | 0,067 | -0,033 | -0,067 | -0,134 | -0,167 |
| 4 | $GM \times \sin \varphi$ | 0,000 | 0,185 | 0,358 | 0,506 | 0,620 | 0,692 | 0,716 |
| 5 | <i>Righting Arm</i> (GZ) (3)+(4) | 0,000 | 0,216 | 0,425 | 0,473 | 0,553 | 0,558 | 0,549 |



Gambar 5. Kurva Stabilitas Awal

II.9.3 Pengecekan Kurva Stabilitas Awal

Setelah kurva stabilitas awal didapatkan, kurva stabilitas tersebut harus di periksa berdasarkan standart dari IMO (*International Of Maritime Organization*). Untuk stabilitas *general cargo* menggunakan peraturan 4,5,6 halaman 29 buku *Code On Intact Stability* dari IMO yaitu :

a. $GM > 0,15$

Dimana :

$$GM = 0,716 \text{ m} > 0,15 \text{ m}$$

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

Dimana :

$$h-30^\circ = 0,425 \text{ m} > 0,20 \text{ m}$$

c. 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)

1. Momen Cikar (M_c)

Momen cिकार adalah momen yang terjadi pada saat kapal melakukan olah gerak yaitu belok kanan maupun kekiri. Untuk menentukan momen cिकार 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 cिकार kapal rancangan

$$\begin{aligned} \rho &= \text{Kepadatan air laut} \\ &= 104 \text{ Kg/Kg/sec}^2/\text{m}^4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \nabla &= \text{Volume displacement kapal rancangan} = 4698,375 \text{ m}^3 \\ V_s &= \text{Kecepatan kapal rancangan} \\ &= 12 \text{ knot} \\ &= 6,173 \text{ m/s} \\ KG &= \text{Center Of Gravity diatas baseline} \\ &= 4,860 \text{ m} \\ T &= \text{Draft kapal rancangan} \\ &= 5,50 \text{ m} \\ LBP &= \text{panjang kapal rancangan} \\ &= 85,00 \text{ m} \\ \text{Maka : } M_c &= 0,233 \times \frac{104 \times 4698,375 \times (0,8 \times 6,173)^2}{85,00} \times 2,11 \\ &= 69,256 \text{ ton meter} \end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas didapat nilai $M_c = 69,256$ 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 :

$$\begin{aligned} M_w &= \xi \times 0,5 \times \rho \times V_w^2 \times A \times a \\ \text{Dimana : } M_w &= \text{Momen angin kapal rancangan} \\ \xi &= \text{Faktor kekuatan angin } 1,2 \sim 1,3 \\ &= 1,3 \\ \rho &= \text{Kepadatan udara} \\ &= 1,3 \times 10^{-4} \text{ ton. sec}^2/\text{m}^4 \\ V_w &= \text{Kecepatan angin} \\ &= 15 \text{ m/s} \\ A &= \text{Luas bidang tangkap angin} \\ &= 112,130 \text{ m}^2 \\ a &= \text{Jarak titik tangkap angin diatas lambung kapal} \\ &= 0,5 \times T \\ &= 0,5 \times 5,50 = 2,75 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Maka : } \quad M_w &= 1,3 \times 0,5 \times 1,3 \times 10^{-4} \times 15^2 \times 112.130 \times 2,75 \\ &= 5,863 \text{ ton meter} \end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas ditetapkan $M_w = 5,330$ ton meter

3. Momen Pengganggu (M_p)

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

$$M_p = M_c + M_w$$

Dimana : M_p = Momen pengganggu kapal rancangan

$$\begin{aligned} M_c &= \text{Momen cikal kapal rancangan} \\ &= 69,256 \text{ ton} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_w &= \text{Momen angin kapal rancangan} \\ &= 5,863 \text{ ton meter} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Maka : } \quad M_p &= 69,256 + 5,863 \\ &= 75,119 \text{ ton meter} \end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas diketahui nilai $M_p = 75,119$ 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

$$\begin{aligned} h_{mak} &= h \text{ tertinggi pada kurva stabilitas awal} \\ &= 1,195 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \nabla &= \text{Volume displacement kapal rancangan} \\ &= 4698,375 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Maka : } \quad M_s &= 1,195 \times 4698,375 \text{ m}^3 \\ &= 5614,558 \text{ ton meter} \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan momen pengganggu dan momen stabilitas, selanjutnya dilakukan pengkoreksian pada momen stabilitas terhadap momen pengganggu.

Menurut standar IMO bahwa momen stabilitas harus lebih besar daripada momen pengganggu. Momen Stabilitas (M_S) > Momen Pengganggu (M_p).

$$\begin{aligned} \text{Dimana : } M_S &= \text{momen stabilitas kapal rancangan} \\ &= 5614,558 \text{ ton meter} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_p &= \text{Momen pengganggu kapal rancangan} \\ &= 75,119 \text{ ton meter} \end{aligned}$$

Maka : $5614,558 \text{ ton meter} > 75,119 \text{ ton meter}$ (memenuhi)

5. Perhitungan waktu oleng kapal (Rolling Periode)

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 :

$$T_R = (2\pi \times 0,38 \times B) / \sqrt{g \times GM}$$

Dimana : T_R = Periode oleng kapal rancangan

$$\begin{aligned} B &= \text{Lebar kapal rancangan} \\ &= 15,00 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} g &= \text{gaya gravitasi} \\ &= 9,81 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} GM &= \text{Tinggi metacenter} \\ &= 0,716 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Maka : } T_R &= \frac{2 \times 3,14 \times 0,38 \times 15,00}{\sqrt{9,81 \times 0,716}} \\ &= 13,507 \text{ detik} \end{aligned}$$

Pengecekan priode oleng

- Dari buku *Applied Naval Architecture* karangan *W.J Lovett* halaman 403, bahwa periode oleng kapal itu antara 4 detik sampai dengan 14 detik, dimana periode oleng kapal rancangan adalah 13,507 detik.