

## BAB 4

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Perancangan Awal Kapal

Perancangan awal merupakan estimasi perhitungan yang akan digunakan untuk perhitungan perancangan utama. Perancangan awal terdiri dari beberapa perhitungan sesuai dengan ketentuan koreksi perhitungannya. Berikut merupakan perhitungan perancangan awal dibawah ini:

- a. Perhitungan Ukuran Utama
- b. Koreksi Ukuran Utama
- c. Estimasi Nilai Koefisien Kapal
- d. Koreksi Nilai Koefisien Kapal
- e. Estimasi *Displacement* Kapal
- f. Estimasi Ukuran *Super Structure*
- g. Estimasi Tenaga Penggerak Kapal
- h. Estimasi Berat Kapal (*Dead Weight Ton* dan *Light Weight Ton*)
- i. Estimasi Stabilitas Awal

#### 4.1.1 Data Awal Kapal

Untuk merancang sebuah kapal, perancang perlu mengetahui dahulu data apa saja yang dibutuhkan untuk memulai merancang. Data awal merupakan parameter awal yang akan dijadikan untuk menentukan ukuran utama kapal, koefisien bentuk kapal, dan rencana garis kapal (*linesplan*). Apabila hasil perhitungannya sudah memenuhi syarat perhitungan maka hasil perhitungan tersebut akan digunakan untuk tahapan rancangan selanjutnya. Berikut merupakan data awal kapal yang akan di rancang oleh penulis:

- |                      |                                    |
|----------------------|------------------------------------|
| - Jenis Kapal        | : <i>Tanker</i>                    |
| - Rute Pelayaran     | : Plaju - Jakarta                  |
| - Bobot Mati ( DWT ) | : 16000 Ton                        |
| - Kecepatan ( Vs )   | : 13 Knot                          |
| - Klasifikasi        | : Biro Klasifikasi Indonesia (BKI) |

Berdasarkan data awal kapal diatas selanjutnya akan dilakukan proses perhitungan ukuran utama kapal, koefisien bentuk kapal, dan rencana garis kapal (*linesplan*) serta perhitungan lainnya dalam perancangan kapal Tanker.

#### 4.1.2 Metode Perhitungan Ukuran Utama

Menentukan ukuran utama kapal dapat dilakukan dengan berbagai metode, setiap metode tersebut memiliki kelebihan dan kekurangan masing-masing. Metode tersebut tergantung perancang memilih metode yang akan digunakan.

Dalam menentukan ukuran utama kapal penulis menggunakan metode pembandingan (*Comparison Method*) berdasarkan syarat-syarat dan jenis. kapal yang akan di rancang. Metode ini cukup populer khususnya di galangan, sebab metode ini dipakai berdasarkan pengalaman para ahli dan tidak membutuhkan data yang terlalu banyak karena cukup membuthukan data kapal pembandingan yang similar dengan kapal yang akan di rancang.

#### 4.1.3 Data Kapal Pembandingan

Dalam menggunakan metode perbandingan, tahap pertama yang harus dilakukan adalah mencari ukuran pokok kapal pembandingan yang similar dengan kapal yang akan dirancang. Berikut merupakan data ukuran pokok kapal pembandingan:

##### Kapal Pembandingan 1

• IMO number	=	9256652
• Nama kapal	=	BROADSTONE
• Jenis kapal	=	OIL TANKER
• DWT	=	15267 ton
• Gross tonnage	(GT) =	8602 ton
• Panjang keseluruhan	(LOA) =	139,95 m
• Panjang garis tegak	(LPP) =	134,7 m
• Lebar	(B) =	21 m
• Tinggi	(H) =	10,6 m
• Sarat air	(T) =	8 m
• Koefisien blok	(Cb) =	0,72

- Kecepatan dinas (Vs) = 14 Knot
- Sumber = Veristar Register

#### Kapal Pemanding 2

- IMO number = 9123362
- Nama kapal = PVT SEA LION
- Jenis kapal = OIL TANKER
- DWT = 16187 ton
- Gross tonnage (GT) = 9544 ton
- Panjang keseluruhan (LOA) = 138,62 m
- Panjang garis tegak (LPP) = 130,6 m
- Lebar (B) = 21,8 m
- Tinggi (H) = 12,1 m
- Sarat air (T) = 9,05 m
- Koefisien blok (Cb) = 0,74
- Kecepatan dinas (Vs) = 13 Knot
- Sumber = Veristar Register

#### **4.1.4 Estimasi *Displacement* ( $\Delta$ ) Kapal**

##### Kapal Pemanding 1

$$\begin{aligned}\Delta_1 &= L_{pp1} \times B_1 \times T_1 \times C_{b1} \times 1,025 \\ &= 134,7 \times 21 \times 8 \times 0,72 \times 1,025 \\ &= 16681 \text{ ton}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}C_1 &= \frac{DWT_1}{\Delta_1} \\ &= \frac{15267 \text{ ton}}{16681 \text{ ton}} \\ &= 0,9152\end{aligned}$$

##### Kapal Pemanding 2

$$\begin{aligned}\Delta_2 &= L_{pp2} \times B_2 \times T_2 \times C_{b2} \times 1,025 \\ &= 130,6 \times 21,8 \times 9,05 \times 0,74 \times 1,025 \\ &= 19490,74 \text{ ton}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 C_2 &= \frac{DWT_2}{\Delta_2} \\
 &= \frac{16187 \text{ ton}}{19490,74 \text{ ton}} \\
 &= 0,83
 \end{aligned}$$

**Tabel 4.1** Penentuan nilai *C Displacement*

PENENTUAN HARGA C		
Kapal x	DWT	C
KP 1	15267	0,9152
Kapal Rancangan	16000	Dihitung
KP 2	16187	0,83

$$\begin{aligned}
 CR &= C_2 \pm \frac{DWT_2 - DWT_r}{DWT_2 - DWT_1} (C_2 - C_1) \\
 &= 0,83 \pm \frac{16187 - 16000}{16187 - 15267} (0,83 - 0,9152) \\
 &= 0,848
 \end{aligned}$$

Maka displacement ( $\Delta$ ) rancangan kapal adalah adalah

$$\begin{aligned}
 \Delta &= \frac{DWT}{CR} \\
 &= \frac{16000}{0,848} \\
 &= 18874,15 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

#### 4.1.5 Perhitungan Ukuran Utama

##### A. Menghitung Panjang Antar Garis Tegak ( $L_{pp}$ )

###### Kapal Pembanding 1

$$\begin{aligned}
 C_1 &= \frac{Vd_1}{\sqrt{L_{pp1}}} \\
 &= \frac{14}{\sqrt{134,7}} \\
 &= 1,206
 \end{aligned}$$



### Kapal Pembanding 2

$$\begin{aligned}C_2 &= \frac{Vd_2}{\sqrt{Lpp_2}} \\ &= \frac{13}{\sqrt{130,6}} \\ &= 1,137\end{aligned}$$

**Tabel 4.2** Penentuan nilai C Lpp

PENENTUAN HARGA C:		
Kapal x	DWT	C
KP 1	15267	1,206
Kapal Rancangan	16000	Dihitung
KP 2	16187	1,137

$$\begin{aligned}CR &= C_2 \pm \frac{DWT_2 - DWT_r}{DWT_2 - DWT_1} (C_2 - C_1) \\ &= 1,137 \pm \frac{16187 - 16000}{16187 - 15267} (1,137 - 1,206) \\ &= 1,151\end{aligned}$$

Maka Lpp rancangan kapal adalah

$$\begin{aligned}Lpp &= \left(\frac{Vd}{CR}\right)^2 \\ &= \left(\frac{13}{1,151}\right)^2 \\ &= 127,451 \text{ m}\end{aligned}$$

## **B. Menghitung Panjang Keseluruhan Kapal (LOA)**

### Kapal Pembanding 1

$$\begin{aligned}C_1 &= \frac{Lpp_1}{Loa_1} \\ &= \frac{134,7}{139,95} \\ &= 0,962\end{aligned}$$

### Kapal Pembanding 2

$$\begin{aligned}C_2 &= \frac{Lpp_2}{Loa_2} \\ &= \frac{130,6}{138,62} \\ &= 0,942\end{aligned}$$

**Tabel 4.3** Penentuan nilai C Loa

PENENTUAN HARGA C		
Kapal x	DWT	C
KP 1	15267	0,962
Kapal Rancangan	16000	Dihitung
KP 2	16187	0,942

$$\begin{aligned}CR &= C_2 \pm \frac{DWT_2 - DWT_r}{DWT_2 - DWT_1} (C_2 - C_1) \\ &= 0,942 \pm \frac{16187 - 16000}{16187 - 15267} (0,942 - 0,962) \\ &= 0,946\end{aligned}$$

Maka Loa rancangan kapal adalah

$$\begin{aligned}Loa &= \frac{Lpp}{CR} \\ &= \frac{127,451}{0,946} \\ &= 134,687 \text{ m}\end{aligned}$$

### **C. Menghitung Panjang Garis Air (Lwl)**

(Menggunakan rumus umum)

$$\begin{aligned}Lwl &= Lpp + (2\sim 3\%)Lpp \\ &= 127,451 + (3\%)127,451\end{aligned}$$

Maka Lwl rancangan kapal adalah

$$Lwl = 131,275 \text{ m}$$

#### D. Menghitung Tinggi Sarat Air (T)

##### Kapal Pemanding 1

$$\begin{aligned}C_1 &= \frac{T_1}{\sqrt{\Delta_1}/\sqrt{Lpp_1}} \\ &= \frac{8}{\sqrt{16681}/134,7} \\ &= 0,718\end{aligned}$$

##### Kapal Pemanding 2

$$\begin{aligned}C_2 &= \frac{T_2}{\sqrt{\Delta_2}/\sqrt{Lpp_2}} \\ &= \frac{9,05}{\sqrt{19490,74}/\sqrt{130,6}} \\ &= 0,74\end{aligned}$$

**Tabel 4.4** Penentuan nilai C Sarat Air

PENENTUAN HARGA C		
Kapal x	DWT	C
KP 1	15267	0,718
Kapal Rancangan	16000	Dihitung
KP 2	16187	0,74

$$\begin{aligned}CR &= C_2 \pm \frac{DWT_2 - DWT_r}{DWT_2 - DWT_1} (C_2 - C_1) \\ &= 0,74 \pm \frac{16187 - 16000}{16187 - 15267} (0,74 - 0,718) \\ &= 0,736\end{aligned}$$

Maka sarat air (T) rancangan kapal adalah

$$\begin{aligned}T &= CR \times \left( \frac{\sqrt{\Delta}}{\sqrt{Lpp}} \right) \\ &= 0,736 \times \left( \frac{\sqrt{18874,15}}{\sqrt{127,451}} \right) \\ &= 8,96 \text{ m}\end{aligned}$$

### E. Menghitung Lebar Kapal (B)

$$\begin{aligned} B &= \frac{\Delta}{(L_{pp} \times T \times C_b \times 1,025)} \\ &= \frac{18874,15}{(127,451 \times 8,96 \times 0,796 \times 1,025)} \end{aligned}$$

Maka lebar (B) kapal rancangan adalah

$$B = 20,27 \text{ m}$$

### F. Menghitung Tinggi Kapal (H)

#### Kapal Pembanding 1

$$\begin{aligned} C_1 &= \frac{H_1}{T_1} \\ &= \frac{10,6}{8} \\ &= 1,33 \end{aligned}$$

#### Kapal Pembanding 2

$$\begin{aligned} C_2 &= \frac{H_2}{T_2} \\ &= \frac{12,1}{89,05} \\ &= 1,34 \end{aligned}$$

**Tabel 4.5** Penentuan nilai C Tinggi Kapal

PENENTUAN HARGA C		
Kapal x	DWT	C
KP 1	15267	1,33
Kapal Rancangan	16000	Dihitung
KP 2	16187	1,34

$$\begin{aligned} CR &= C_2 \pm \frac{DWT_2 - DWT_r}{DWT_2 - DWT_1} (C_2 - C_1) \\ &= 1,34 \pm \frac{16187 - 16000}{16187 - 15267} (1,34 - 1,33) \\ &= 1,33 \end{aligned}$$

Maka tinggi (H) rancangan kapal adalah

$$\begin{aligned}
 H &= CR \times T \\
 &= 1,33 \times 8,96 \\
 &= 11,96 \text{ m}
 \end{aligned}$$

#### **4.1.6 Koreksi Ukuran Utama**

##### **A. Koreksi Lpp/B**

Dalam buku “*Ship Design For Efficiency And Economy*” oleh Gateborg. Untuk perbandingan Lpp/B nilainya antara 4 – 6,5, dimana nilai Lpp/B kapal rancangan adalah:

$$\begin{aligned}
 \text{Lpp/B} &= \frac{127,451}{20,27} \\
 &= 6,29
 \end{aligned}$$

Maka nilai Lpp/B rancangan memenuhi

##### **B. Koreksi T/B**

Dalam buku “Prinsip Merancang Kapal” halaman 15 karya Dr. Ir. Marcus Alberth Talahatu, M.T. Untuk pebandingan T/B nilainya antara 0,4 - 0,5, dimana nilai T/B kapal rancangan adalah:

$$\begin{aligned}
 \text{T/B} &= \frac{8,96}{20,27} \\
 &= 0,44
 \end{aligned}$$

Maka nilai T/B rancangan memenuhi

##### **C. Koreksi B/H**

Dalam buku “Prinsip Merancang Kapal” halaman 15 karya Dr. Ir. Marcus Alberth Talahatu, M.T. Untuk pebandingan B/H nilainya antara 1,5 – 1,8, dimana nilai B/H kapal rancangan adalah:

$$\begin{aligned}
 \text{B/H} &= \frac{20,27}{11,96} \\
 &= 1,69
 \end{aligned}$$

Maka nilai B/H rancangan memenuh

##### **D. Koreksi T/H**

Dalam buku “Prinsip Merancang Kapal” halaman 15 karya Dr. Ir. Marcus Alberth Talahatu, M.T. Untuk pebandingan T/H nilainya antara 0,66 – 0,82, dimana nilai T/H kapal rancangan adalah:

$$\begin{aligned} T/H &= \frac{8,96}{11,96} \\ &= 0,75 \end{aligned}$$

Maka nilai T/H rancangan memenuhi

#### **D. Koreksi Lpp/H**

Dalam buku “*Ship Design For Efficiency And Economy*” oleh Gateborg. Untuk perbandingan Lpp/H nilainya antara 10 – 14, dimana nilai Lpp/H kapal rancangan adalah:

$$\begin{aligned} Lpp/H &= \frac{127,451}{11,96} \\ &= 10,66 \end{aligned}$$

Maka nilai Lpp/H rancangan memenuhi

#### **E. Koreksi B/T**

Dalam buku “*Ship Design For Efficiency And Economy*” oleh Gateborg. Untuk perbandingan B/T nilainya antara 1,5 – 3,5, dimana nilai B/T kapal rancangan adalah:

$$\begin{aligned} B/T &= \frac{20,27}{8,96} \\ &= 2,26 \end{aligned}$$

Maka nilai B/T rancangan memenuhi

#### **F. Koreksi H/T**

Dalam buku “*Entwurf und Einrichtung Chiffen*” hal.24. Untuk perbandingan H/T nilainya antara 1,2 – 1,5, dimana nilai H/T kapal rancangan adalah:

$$\begin{aligned} B/T &= \frac{11,96}{8,96} \\ &= 1,33 \end{aligned}$$

Maka nilai H/T rancangan memenuhi

#### 4.1.7 Estimasi Nilai Koefisien Kapal

##### A. Menghitung Nilai Koefisien Blok (Cb)

(Menggunakan rumus *Ayre II*)

$$\begin{aligned} C_b &= 1,179 - 0,333 \frac{Vd}{\sqrt{LPP(\text{feet})}} \\ &= 1,179 - 0,333 \frac{13}{\sqrt{418,166}} \end{aligned}$$

Maka koefisien blok (CB) rancangan kapal adalah

$$C_b = 0,796$$

##### B. Menghitung Nilai Koefisien Tengah Kapal (Cm)

(Menggunakan rumus *Van Lammeren*)

$$\begin{aligned} C_m &= 0,9 + 0,1\sqrt{CB} \\ &= 0,9 + 0,1\sqrt{0,796} \end{aligned}$$

Maka koefisien tengah kapal (Cm) kapal rancangan adalah

$$C_m = 0,99$$

##### C. Menghitung Nilai Koefisien Garis Air (Cw)

(Menggunakan rumus *Hooker*)

$$\begin{aligned} C_w &= (0,7 \times CB) + 0,3 \\ C_w &= (0,7 \times 0,796) + 0,3 \end{aligned}$$

Maka koefisien garis air (Cw) kapal rancangan adalah

$$C_w = 0,86$$

##### D. Menghitung Nilai Koefisien Perismatik (Cp)

(Menggunakan rumus umum)

$$\begin{aligned} C_p &= \frac{CB}{C_m} \\ &= \frac{0,796}{0,99} \end{aligned}$$

Maka koefisien prismatic (CP) kapal rancangan adalah

$$C_p = 0,804$$

#### 4.1.8 Koreksi Nilai Koefisien kapal

##### A. Koreksi Nilai Koefisien Blok (Cb)

Dalam buku “Prinsip Merancang Kapal” halaman 15 karya Dr. Ir. Marcus Alberth Talahatu, M.T. Untuk perbandingan Cb nilainya antara 0,75 – 0,82, dimana nilai Cb kapal rancangan adalah:

$$C_b = 0,796 \text{ (Memenuhi)}$$

##### B. Koreksi Nilai Koefisien Tengah Kapal (Cm)

Dalam buku “Prinsip Merancang Kapal” halaman 15 karya Dr. Ir. Marcus Alberth Talahatu, M.T. Untuk perbandingan Cm nilainya antara 0,95 – 0,99, dimana nilai Cm kapal rancangan adalah:

$$C_m = 0,99 \text{ (Memenuhi)}$$

##### C. Koreksi Nilai Koefisien Garis Air (Cw)

Dalam buku “Prinsip Merancang Kapal” halaman 15 karya Dr. Ir. Marcus Alberth Talahatu, M.T. Untuk perbandingan Cw nilainya antara 0,85 – 0,89, dimana nilai Cw kapal rancangan adalah:

$$C_w = 0,86 \text{ (Memenuhi)}$$

#### 4.1.9. Hasil Perhitungan Ukuran Pokok

Setelah melakukan perhitungan ukuran utama kapal dengan menggunakan metode perbandingan. Berikut merupakan hasil ukuran utama kapal:

- Panjang seluruhnya (Loa) = 134,687 m
- Panjang garis air (Lwl) = 131,275 m
- Panjang antar garis tegak (Lpp) = 127,451 m
- Lebar (B) = 20,27 m
- Tinggi (H) = 11,96 m
- Sarat air (T) = 8,96 m
- Koefisien blok (Cb) = 0,796
- Koefisien prismatic (Cp) = 0,804
- Koefisien garis air (Cw) = 0,86
- Koefisien tengah kapal (Cm) = 0,99
- *Displacement* ( $\Delta$ ) = 18874,15 ton
- Kecepatan dinas (Vs) = 13 knot

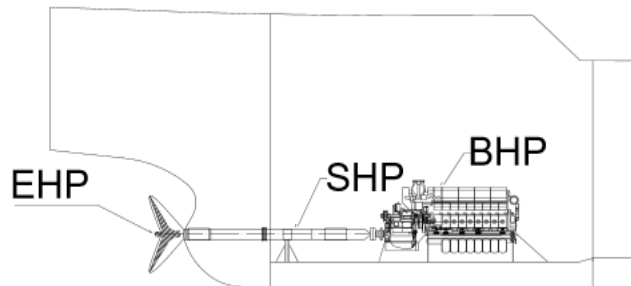


#### 4.1.10 Estimasi Ukuran *Super Structure*

- Tinggi *Poop deck* = 2,2 m ~ 2,4 m  
Maka ditetapkan = 2,4 m
- Panjang *Poop deck* = (15% ~ 20%) x  $L_{pp}$   
= 16,5% x 127,451 m  
= 21 m
- Tinggi *Forcastle deck* = 2,2 m ~ 2,4 m  
Maka ditetapkan = 2,4 m
- Panjang *Forcastle deck* = (5% ~ 8%) x  $L_{pp}$   
= 8% x 127,451 m  
= 10,19 m
- Tinggi *Bullwark* = 1 m

#### 4.1.11 Estimasi Tenaga Penggerak Kapal

Dalam tahap ini akan dilakukan perhitungan perkiraan daya mesin utama berdasarkan hambatan total kapal. Berikut langkah-langkahnya:



**Gambar 4.1** Sketsa Tenaga Penggerak Kapal

- Perkiraan Hambatan Gesek ( $R_f$ )

Menurut W. Froude dalam buku “*Resistance and Propulsion of Ship*”, Harvald, 1992. hal.53

$$R_f = f \times S \times (V)^{1,852}$$

Dimana:

$$\begin{aligned} f &= 0,00871 + \frac{0,053}{[(L_{pp} \times 3,28) + 8,8]} \\ &= 0,00871 + \frac{0,053}{[(127,451 \times 3,28) + 8,8]} \\ &= 0,008834 \end{aligned}$$

Menurut *Mumford's Formula* dalam buku "Practical Ship Design" hal.164"

$$\begin{aligned} S &= 1,7 \times \text{LWL} \times T + C_b \times \text{LWL} \times B \\ &= (1,7 \times 131,275 \times 8,96) + (0,796 \times 131,275 \times 20,27) \\ &= 4117,69 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Maka:

$$\begin{aligned} R_f &= f \times S \times (V)^{1,852} \\ &= 0,008834 \times 4117,69 \times (13)^{1,852} \\ &= 3924,258 \text{ lbs} \\ &= 1780,01 \text{ kg} \end{aligned}$$

- Perkiraan Hambatan Sisa (Rr)

$$\begin{aligned} R_r &= 12,5 \times C_b \times \Delta \times \frac{V_s^4}{L_{pp}^2} \\ &= 12,5 \times 0,796 \times 18874,15 \times \frac{(13)^4 \times 28561}{(127,451)^2 \times 16243,75} \\ &= 330200,4 \text{ lbs} \\ &= 149776,38 \text{ kg} \end{aligned}$$

- Perkiraan Hambatan Total (Rt)

$$\begin{aligned} R_t &= R_f + R_r \\ &= 1780,01 \text{ kg} + 149776,38 \text{ kg} \\ &= 151556,39 \text{ kg} \end{aligned}$$

- Penentuan Besar Tenaga Penggerak (EHP)

$$\begin{aligned} \text{EHP} &= 0,003071 \times R_t \times V_s(\text{knot}) \\ &= 0,003071 \times 151556,39 \times 13 \\ &= 6050,58 \text{ Hp} \end{aligned}$$

- Penentuan Besar Shaft Horse Power (SHP)

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

Dimana:

$$\text{PC} = 0,98$$

$$\begin{aligned} \text{SHP} &= \frac{6050,58}{0,98} \\ &= 6174,06 \text{ Hp} \end{aligned}$$

- Penentuan Besar Tenaga Penggerak (BHP)

Sea Margin berkisar antara 10% ~ 30%

$$\begin{aligned} \text{BHP} &= (10\% \times \text{SHP}) + \text{SHP} \\ &= (10\% \times 6174,06) + 6174,06 \\ &= 6791,466 \text{ Hp} \\ &= 5064,4 \text{ kW} \end{aligned}$$

Faktor MCR : 85% x BHPsm

$$\begin{aligned} \text{BHPmcr} &= 85\% \times 5064,4 \\ &= 4304,74 \text{ kW} \\ &= 5772,3 \text{ Hp} \end{aligned}$$

Berdasarkan estimasi daya yang telah dihitung, maka dipilih 1 unit. Diesel Merek Catepillar Tipe 9M 32C dengan spesifikasi mesin sebagai berikut:



Sumber: <https://www.cat.com>

**Gambar 4.2** Mesin Catepillar 9M 32C

- Stroke = 480 mm
- Emisi = IMO II
- Bore = 320 mm
- Daya (kW) = 4500 Kw
- Daya (mHp) = 6120 mHp
- Speed = 600 rpm
- Konfigurasi = 6, 8, 9 silinder

#### 4.1.12 Estimasi Berat Kapal

##### A. Perhitungan *Light Weight Ton* (Lwt)

*Light Weight Ton* merupakan komponen kapal yang bersifat tetap, seperti berat baja, berat mesin, berat propeller. *Light Weight Ton* bisa didapat dengan melakukan perhitungan dibawah ini:

- Berat Baja Kapal Kosong (Wst)

Menurut Schneekluth dalam *Harald Poehls*, 1979

$$Wst = Lpp \times B \times H \times Cbd \times C_1$$

Dimana:

$$\begin{aligned} Cbd &= Cb + 0,5 \frac{H - T}{T} (1 - Cb) \\ &= 0,796 + 0,5 \frac{11,96 - 8,96}{8,96} (1 - 0,796) \\ &= 0,828 \text{ ton/m}^3 \end{aligned}$$

$$C_1 = 0,106$$

Maka:

$$\begin{aligned} Wst &= Lpp \times B \times H \times Cbd \times C_1 \\ &= 127,451 \times 20,27 \times 11,96 \times 0,828 \times 0,106 \\ &= 2711,841 \text{ ton} \end{aligned}$$

- Berat Instalasi Mesin (Wep)

Menurut Watson dalam *Harald Poehls*, 1979.

$$Wep = Wme + Wr$$

$$\begin{aligned} Wme &= 9,38 \times \frac{(5772,3)^{0,84}}{(RPM)^{0,84}} \\ &= 9,38 \times \frac{(5772,3)^{0,84}}{(600)^{0,84}} \\ &= 62,8 \text{ ton} \end{aligned}$$

$$Wr = 0,56 \times (MCR)^{0,7}$$

Dimana:

$$\begin{aligned} MCR &= BHP + 10\% BHP \\ &= 5772,3 + 10\% 5772,3 \\ &= 6349,53 \text{ Hp} \end{aligned}$$

Maka:

$$\begin{aligned} W_r &= 0,56 \times (6349,53)^{0,7} \\ &= 257,1 \text{ ton} \end{aligned}$$

Maka:

$$\begin{aligned} W_{ep} &= W_{me} + W_r \\ &= 62,8 + 257,1 \\ &= 319,9 \text{ ton} \end{aligned}$$

- Berat Outfitting Dan Akomodasi ( $W_o + a$ )

Menurut Schneekluth dalam *Harald Poehls*, 1979

$$W_o + a = (K \times (L_{pp} \times B \times H))^{2/3}$$

Dimana:

$$K = 0,7 \sim 0,9$$

Maka:

$$\begin{aligned} W_o + a &= (0,7 \times (127,451 \times 20,27 \times 11,96))^{2/3} \\ &= 689,14 \text{ ton} \end{aligned}$$

- Berat Shaft Propeller ( $W_{sh}$ )

$$W_{sh} = (\pi/4 \times d \times L \times \rho) + 10\% (\pi/4 \times d \times L \times \rho)$$

Dimana:

$$L = 10 \text{ m (Estimasi panjang shaft propeller)}$$

$$\rho = 7,86 \text{ ton/m}$$

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

Diketahui:

$$k = 115$$

$$nG = 3$$

$$Cw = 0,86$$

$$n = 600 \text{ rpm}$$

$$PE = 5772,3 \text{ Hp}$$

Maka:

$$\begin{aligned} d &= 115 \sqrt[3]{\frac{5772,3}{600} \times 3 \times 0,86} \\ &= 355,45 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$= 0,355 \text{ m}$$

Maka:

$$\begin{aligned} W_{sh} &= (\pi/4 \times d \times L \times \rho) + 10\% (\pi/4 \times d \times L \times \rho) \\ &= (\pi/4 \times 0,355 \times 10 \times 7,86) + 10\% (\pi/4 \times 0,355 \times 10 \times 7,86) \\ &= 24 \text{ ton} \end{aligned}$$

- Berat Propeller ( $W_{prop}$ )

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

Dimana:

$$\begin{aligned} D_{prop} &= (0,6 \sim 0,7) \times T \\ &= 0,7 \times 8,96 \\ &= 6,272 \text{ m} \end{aligned}$$

$$k = 0,15$$

Maka:

$$\begin{aligned} W_{prop} &= (D_{prop})^3 \times k \\ &= (6,272)^3 \times 0,15 \\ &= 37 \text{ ton} \end{aligned}$$

- Berat Lainnya ( $W_{etc}$ )

Berat lainnya terdiri dari pompa-pompa, sistem perpipaan, distribusi kabel, bagian gudang, tangga-tangga, dan lain-lain.

Menurut Schneekluth dalam *Harald Poehls*, 1979.

$$W_{etc} = k \times BHP$$

Dimana:

$$k = 30 - 50 \text{ kg/Hp}$$

$$BHP = 5772,3 \text{ Hp}$$

Maka:

$$\begin{aligned} W_{etc} &= k \times BHP \\ &= 30 \times 5772,3 \\ &= 173169 \text{ kg} \\ &= 173,169 \text{ ton} \end{aligned}$$

## B. Total Berat *Light Weight Ton* (Lwt)

• Berat Baja Kapal Kosong (Wst)	= 2711,841	ton
• Berat Instalasi Mesin (Wep)	= 319,9	ton
• Berat <i>Outfitting</i> Dan Akomodasi (Wo + a)	= 689,14	ton
• Berat <i>Shaft Propeller</i> (Wsh)	= 24	ton
• Berat <i>Propeller</i> (Wprop)	= 37	ton
• Berat Lainnya (Wetc)	= 173,169	ton
Total Berat <i>Light Weight Ton</i> (Lwt)	= 3949,05	ton

## C. Koreksi *Displacement* ( $\Delta$ )

- *Displacement* ( $\Delta_1$ ) = 18874,15 ton
- *Displacement* ( $\Delta_2$ ) = DWT + LWT  
= 16000 ton + 3949,05 ton  
= 19949,05 ton

### Koreksi *Displacement* ( $\Delta$ )

$$\begin{aligned}\text{Koreksi} &= \frac{\Delta_2 - \Delta_1}{\Delta_1} \times 100\% \\ &= \frac{19949,05 - 18874,15}{18874,15} \times 100\% \\ &= 0,0569 \times 100\% \\ &= 0,0569 \% \\ &= 0,0569 \% < 0,5 \% \text{ maka nilai } \textit{Displacement} (\Delta) \text{ memenuhi koreksi}\end{aligned}$$

## D. Estimasi Berat Muatan *Dead Weight Ton* (Dwt)

Bobot mati atau *Dead Weight Ton* (Dwt) adalah berat dari muatan kapal, yang terdiri dari berat bahan bakar, minyak pelumas, persediaan air, ballast, awak kapal, dan barang bawaan. Berat *Dead Weight Ton* (Dwt) yang di rencanakan pada kapal rancangan ini adalah 16000 Dwt. Berikut merupakan rincian perhitungannya:

- Berat Bahan Bakar (Wfo)

Dalam buku “Prinsip Merancang Kapal” hal 21 karya Dr. Ir. Marcus Alberth Talahatu, M.T

$$Wfo = [(PbME \times bME) + (PbAE \times bAE)] \times \frac{S}{V_S} \times 10^{-6} \times (1,3 \sim 1,5)$$

Dimana:

$$\begin{aligned}PbME &= 4304,74 \text{ kW} \\bME &= \text{Konsumsi mesin utama (196 ~ 209)} \\PbAE &= (10\% \sim 15\%) \times PbME \\&= 10\% \times 4304,74 \text{ kW} \\&= 430,474 \text{ kW} \\bAE &= \text{Konsumsi mesin bantu (205 ~ 211)} \\S &= \text{Radius pelayaran} \\&= 325 \text{ mil laut} \\Vs &= 13 \text{ knot}\end{aligned}$$

Maka:

$$\begin{aligned}Wfo &= [(PbME \times bME) + (PbAE \times bAE)] \times \frac{S}{Vs} \times 10^{-6} \times (1,3 \sim 1,5) \\&= [(4304,74 \times 196) + (430,474 \times 205)] \times \frac{325}{13} \times 10^{-6} \times (1,5) \\&= 34,95 \text{ ton}\end{aligned}$$

- Berat Minyak Pelumas (Wlub)

Dalam buku “Prinsip Merancang Kapal” hal 21 karya Dr. Ir. Marcus Alberth Talahatu, M.T

$$Wlub = 0,5 \times Wmp + (0,5 \times Wmp \times 10\%)$$

Dimana:

$$\begin{aligned}Wmp &= 0,03 \times Wfo + (0,03 \times Wfo \times 10\%) \\&= 0,03 \times 34,95 + (0,03 \times 34,95 \times 10\%) \\&= 1,15 \text{ ton}\end{aligned}$$

Maka:

$$\begin{aligned}Wlub &= 0,5 \times Wmp + (0,5 \times Wmp \times 10\%) \\&= 0,5 \times 1,15 + (0,5 \times 1,15 \times 10\%) \\&= 0,632 \text{ ton}\end{aligned}$$

- Berat Air Bersih Dan Tawar (Wfw)

Dalam buku “Prinsip Merancang Kapal” hal 21 karya Dr. Ir. Marcus Alberth Talahatu, M.T

$$Wfw = N \times T \times Cfw$$



Dimana:

$$\begin{aligned} N &= \text{Jumlah Crew} \\ &= \text{Estimasi 35 orang} \\ T &= \pm 27 \text{ jam} \\ &= 1 \text{ hari} \\ Cfw &= \text{Konsumsi air tawar (mandi, minum, dll)} \\ &= 0,17 \text{ ton/orang/hari} \end{aligned}$$

Maka:

$$\begin{aligned} Wfw &= N \times T \times Cfw \\ &= 35 \times 1 \times 0,17 \\ &= 5,95 \text{ ton} \end{aligned}$$

- Berat Makanan (Wpov)

Dalam buku “Prinsip Merancang Kapal” hal 22 karya Dr. Ir. Marcus Alberth Talahatu, M.T

$$Wprov = N \times T \times Cprov$$

Dimana:

$$\begin{aligned} N &= \text{Jumlah Crew} \\ &= \text{Estimasi 35 orang} \\ T &= \pm 27 \text{ jam} \\ &= 1 \text{ hari} \\ Cprov &= \text{Konsumsi makanan} \\ &= 0,01 \text{ ton/orang/hari} \end{aligned}$$

Maka:

$$\begin{aligned} Wprov &= N \times T \times Cprov \\ &= 35 \times 1 \times 0,01 \\ &= 0,35 \text{ ton} \end{aligned}$$

- Berat Crew Dan Barang Bawaan (Wcl)

Dalam buku “Prinsip Merancang Kapal” hal 22 karya Dr. Ir. Marcus Alberth Talahatu, M.T

$$Wcl = N \times Ccrew$$

Dimana:

$$\begin{aligned} N &= \text{Jumlah Crew} \\ &= \text{Estimasi 35 orang} \\ \text{Crew} &= \text{Konstanta berat crew dan barang bawaan} \\ &= 0,17 \text{ ton/orang/hari} \end{aligned}$$

Maka:

$$\begin{aligned} W_{cl} &= N \times C_{crew} \\ &= 35 \times 0,17 \\ &= 5,95 \text{ ton} \end{aligned}$$

- Berat Air Ballast (Ballast Capacity)

$$\begin{aligned} \text{Ballast} &= (10\% \sim 50\%) \times Dwt \\ &= 25\% \times 18874,15 \\ &= 4718,53 \text{ ton} \end{aligned}$$

- Berat Payload

Dalam buku “Prinsip Merancang Kapal” hal 22 karya Dr. Ir. Marcus Alberth Talahatu, M.T

$$\begin{aligned} W_{pl} &= Dwt - (W_{fo} + W_{do} + W_{lub} + W_{fw} + W_{pov} + W_{cl} + \text{Ballast}) \\ &= 11226,648 \text{ ton} \end{aligned}$$

#### 4.1.13 Estimasi Stabilitas Awal

##### A. Perhitungan Stabilitas Awal

Stabilitas kapal merupakan proses keseimbangan baik pada kondisi statis dan kondisi dinamis yang menentukan apakah kapal itu bias mempertahankan posisi tegaknya.

- Keel of Buoyancy (KB)

Dalam buku “Prinsip Merancang Kapal” hal 178 karya Dr. Ir. Marcus Alberth Talahatu, M.T

$$\begin{aligned} KB &= T \times \left( \frac{5}{6} - \frac{1}{3} \times Cw \right) \\ &= 8,96 \times \left( \frac{5}{6} - \frac{1}{3} \times 0,86 \right) \\ &= 4,72 \text{ m} \end{aligned}$$

- Keel of Gravity (KG)

$$\begin{aligned} KG &= 0,6 \times H \\ &= 0,6 \times 11,96 \\ &= 7,17 \text{ m} \end{aligned}$$

- Transverse Bouyancy of Metacenter (BM)

Dalam buku “*Ship Design for Efficiency and Economy Second Edition* hal.11” karya H. Schneekluth dan V. Bertham

$$BM = \frac{f(Cwp)}{12} \times \frac{B^2}{T \times CB}$$

Dimana:

$$\begin{aligned} F(Cwp) &= 0,096 + 0,89 \times Cw^2 \\ &= 0,096 + 0,89 \times 0,86^2 \\ &= 0,75 \end{aligned}$$

Maka:

$$\begin{aligned} BM &= \frac{0,75}{12} \times \frac{20,27^2}{8,96 \times 0,796} \\ &= 3,6 \text{ m} \end{aligned}$$

- Transverse keel of Metacenter (KM)

Dalam buku “*Ship Design for Efficiency and Economy Second Edition*” hal.12 karya H. Schneekluth dan V. Bertham

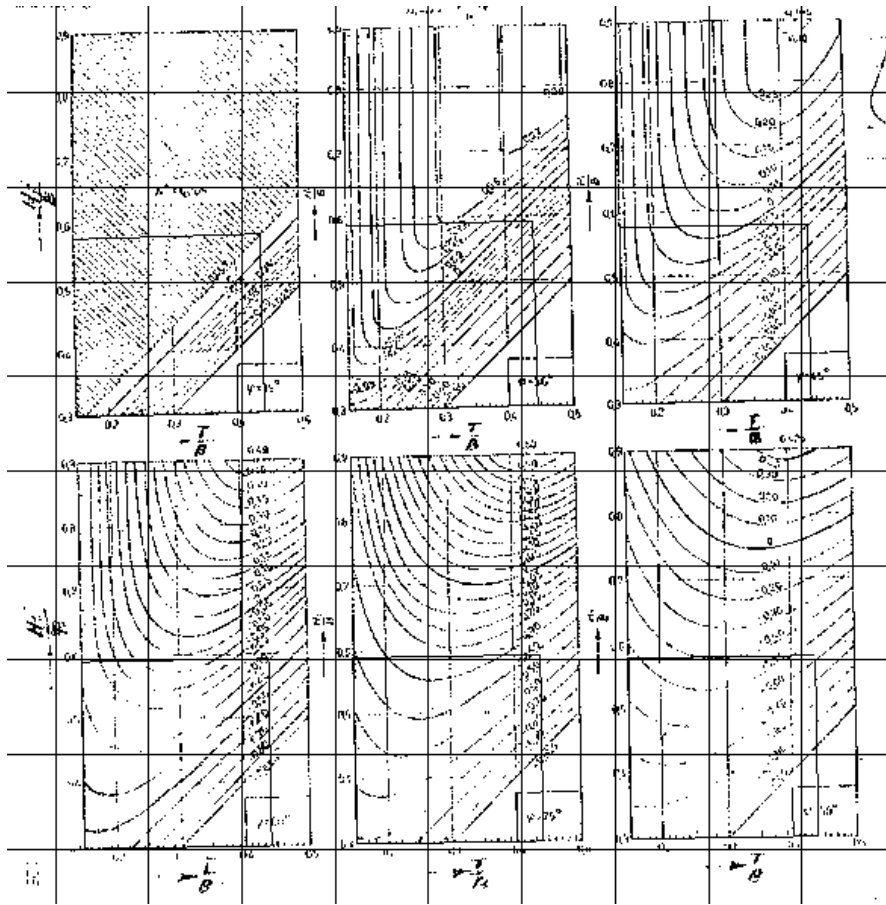
$$\begin{aligned} KM &= KB + BM \\ &= 4,72 + 3,6 \\ &= 8,32 \text{ m} \end{aligned}$$

- Metacentric height (GM)

Dalam buku “*Ship Design for Efficiency and Economy Second Edition* hal.14” karya H. Schneekluth dan V. Bertham cara menghitungnya adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} GM &= KM - KG \\ &= 8,32 - 7,17 \\ &= 1,15 \text{ m} \end{aligned}$$

## B. Grafik Stabilitas Awal



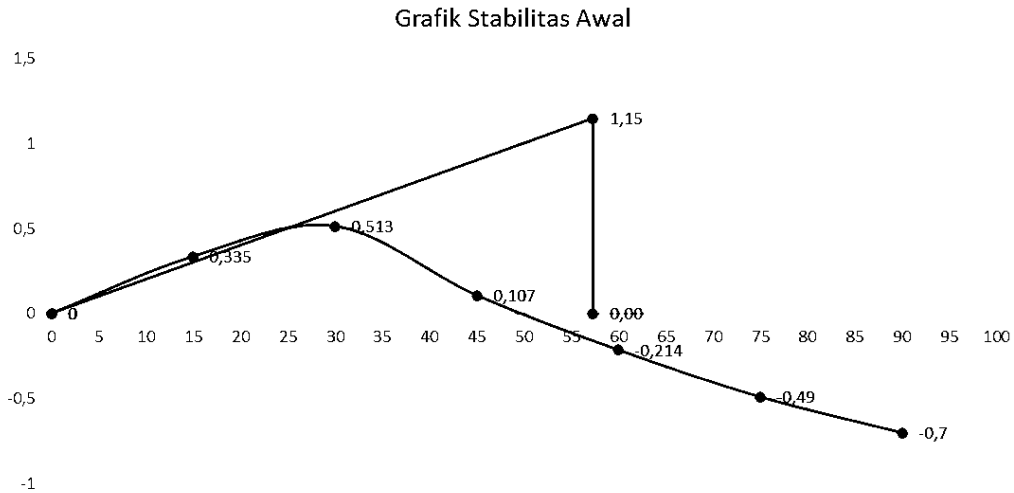
**Gambar 4.3** Grafik Prohaska

Berdasarkan kurva prohaska diatas maka perhitungan grafik stabilitas awal adalah:

**Tabel 4.6** Perhitungan Grafik Stabilitas Awal

No.	Keterangan	0°	15°	30°	45°	60°	75°	90°
1.	Sin $\phi$	0,000	0,259	0,500	0,707	0,866	0,966	1,000
2.	Grafik Prohaska	0	0,009	-0,02	-0,20	-0,30	-0,45	-0,52
3.	(2) x BM	0	0,032	-0,07	-0,72	-1,08	-1,62	-1,87
4.	(1) x GM	0	0,303	0,585	0,827	0,866	1,13	1,17
5.	GZ = (3) + (4)	0	0,335	0,513	0,107	-0,214	-0,49	-0,7

Setelah melakukan perhitungan grafik stabilitas awal, maka langkah selanjutnya adalah menggambar grafik stabilitas awal seperti gambar dibawah ini:



**Gambar 4.4** Grafik Stabilitas Awal

### C. Koreksi Stabilitas Awal

Setelah mendapatkan perhitungan stabilitas awal maka, hasil perhitungan tersebut harus di koreksi berdasarkan standard IMO (*International Of Maritime Organization*). Berikut perhitungan koreksi stabilitas awal dibawah ini:

- Koreksi Nilai  $GZ_{30^\circ} \geq 0,20$  m

Dimana:

$$GZ_{30^\circ} = 0,513$$

Maka:

$$GZ_{30^\circ} = 0,513 \geq 0,20 \text{ m (Memenuhi)}$$

- Koreksi Nilai  $GM \geq 0,20$  m

Dimana:

$$GM = 1,17 \text{ m}$$

Maka:

$$GZ_{30^\circ} = 0,513 \geq 0,20 \text{ m (Memenuhi)}$$

- Koreksi Rolling Period ( $T_R$ )

Untuk menentukan periode oleng atau rolling periode dari kapal rancangan digunakan rumus pendekatan yang terdapat dalam buku “*Code On Intact Stability*” oleh IMO (*International Maritime Organization*) halaman 14, yaitu:

$$T_R = \frac{(2\pi \times 0,335 \times B)}{\sqrt{g \times GM}}$$

Dimana:

$$B = 20,27 \text{ m}$$

$$g = 9,81 \text{ m}$$

$$GM = 1,17 \text{ m}$$

Maka:

$$\begin{aligned} T_R &= \frac{(2\pi \times 0,335 \times 20,27)}{\sqrt{9,81 \times 1,17}} \\ &= 12,706 \text{ detik (Memenuhi)} \end{aligned}$$

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 12,706 detik yang artinya memenuhi koreksi.

## 4.2 Perancangan Utama Kapal

Langkah selanjutnya dalam merancang kapal adalah melakukan perhitungan perancangan utama berdasarkan hasil perhitungan perancangan awal. Perancangan utama terdiri dari beberapa perhitungan. Berikut merupakan perhitungan perancangan utama dibawah ini:

- a. Rencana Garis Kapal (*Lines Plan*)
- b. Kurva Hidrostatic Dan Kurva Bonjean
- c. Hambatan, Propulsi, Dan Daya Mesin
- d. Rencana Umum, Lambung Timbul, Dan *Capacity Plan*
- e. Stabilitas Dan *Floodable Length*
- f. Kontruksi Dan Kekuatan Kapal
- g. Peluncuran

## 4.2.1 Rencana Garis Kapal (*Lines Plan*)

### A. Pengertian Rencana Garis (*Lines Plan*)

Rencana garis atau *lines plan* adalah rencana garis dari bentuk sebuah kapal. Rencana garis atau *lines plan* merupakan langkah atau tahap selanjutnya dalam proses merancang setelah mendapatkan hasil ukuran utama kapal yang sesuai dan memenuhi syarat perhitungan.

Tujuan dari penggambaran rencana garis atau *lines plan* adalah untuk mengetahui bentuk badan kapal yang berada dibawah garis air. Penggambaran rencana garis atau *lines plan* dibuat berdasarkan hasil hitungan ukuran utama kapal yang telah memenuhi ketentuan dan syarat perhitungan perancangan kapal.

Rencana garis atau *lines plan* merupakan suatu gambar yang sangat penting karena rencana garis ini yang akan menentukan gambar-gambar dan perhitungan-perhitungan perancangan kapal selanjutnya seperti kurva hidrostatis, kurva bonjen, rencana umum (*general arrangement*), konstruksi profil (*profil construction*), stabilitas kapal (*stability calculation*) dan lainnya.

Gambar rencana garis atau *linesplan* terdiri dari tiga bagian yaitu:

#### 1. Rencana badan kapal (*Body Plan*)

*Body Plan* merupakan bagian dari rencana garis kapal yang memperlihatkan bentuk kapal jika dipotong secara tegak melintang. Dari gambar tersebut kita dapat melihat bentuk gading kapal dari haluan sampai buritan. *Body plan* dibagi atas dua sisi yaitu sisi sebelah kiri dan sisi sebelah kanan. Sisi sebelah kiri menggambarkan bentuk gading dari bagian tengah kapal sampai buritan dan sisi sebelah kanan menggambarkan bentuk gading dari bagian tengah kapal sampai haluan.

#### 2. Rencana setengah lebar kapal (*Half Breadth Plan*)

Menunjukkan bentuk bidang geladak dan garis bidang air (*water line*) yang terjadi dari perpotongan (sayatan memanjang kapal). Kurva ini juga merupakan bentuk garis air untuk setiap kenaikan sarat. Pada rencana setengah lebar kapal juga diperlihatkan bentuk deck utama bangunan atas dan *bulwark*.

### 3. Penampang garis kapal (*Sheer Plan*)

*Sheer plan* merupakan penampakan bentuk kapal jika kapal dipotong kearah tegak sepanjang badan kapal. Pada gambar ini kita dapat melihat bentuk haluan dan buritan kapal, kenaikan deck dan *bulwark*. Garis tegak yang memotong kapal kearah memanjang disebut *buttock line*. Dari garis tegak ini kita dapat mengetahui apakah garis air yang sudah direncanakan sudah cukup baik atau tidak.

Untuk mempermudah proses pembuatan rencanan garis penulis menggunakan software Microsoft Excel 2016 untuk perhitungan dan pengolahan data dan Autocad 2016 untuk penggambaran rencana garis.

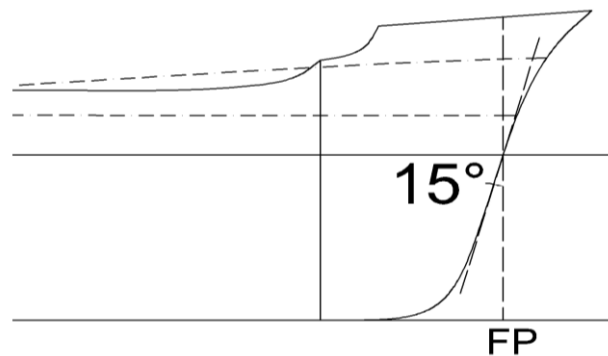
## B. Metode Rencana Garis (*Lines Plan*)

Dalam membuat rencana garis penulis menggunakan metode form data. Form data merupakan suatu metode untuk merencanakan bentuk lambung kapal dengan karakteristik-karakteristiknya berdasarkan bentuk lambung yang telah ditetapkan. Dengan menggunakan kurva non dimensional sections menyatakan bentuk gading untuk beberapa koefisien blok, karena kurva ini tidaklah berdimensi maka bentuk lambung kapal yang di dapat belum menyatakan bentuk yang sebenarnya dan akan tergantung dari rancangan tinggi dan lebar kapal.

## C. Tahapan Membuat Rencana Garis (*Lines Plan*)

### 1. Membuat Linggi Haluan

Linggi haluan dibuat dari pelat dan bentuknya makin keatas makin membesar jari-jarinya sengan sudut kemiringan  $\pm 15^{\circ}$ . Berikut merupakan gambar linggi haluan yang tertera pada gambar dibawah ini:

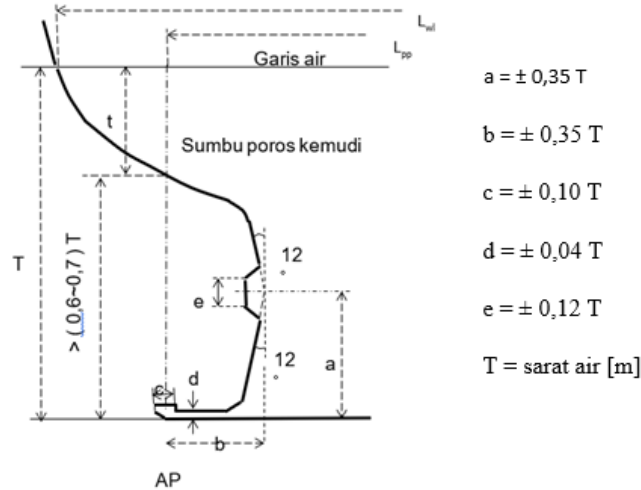


**Gambar 4.5** Linggi Haluan



## 2. Membuat Linggi Buritan

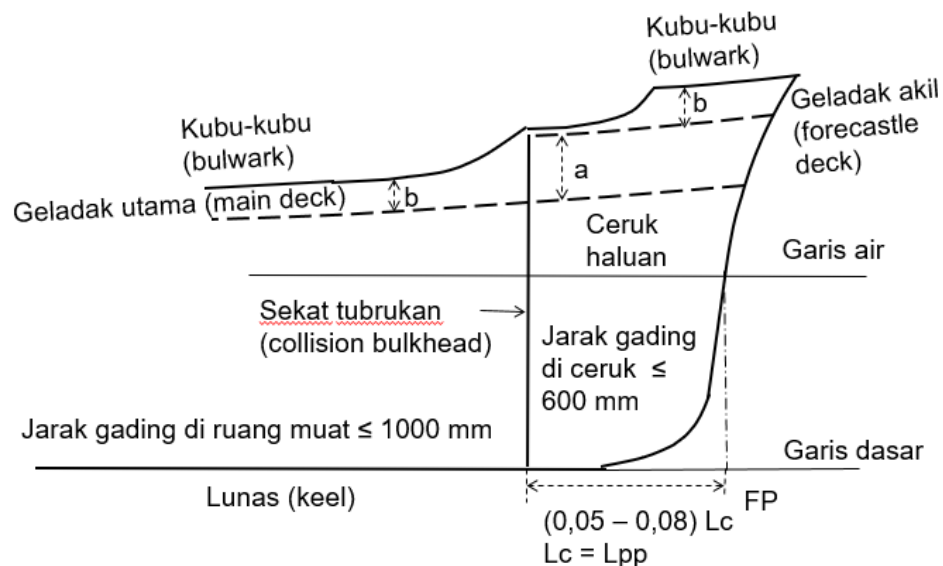
Pembuatan linggi buritan memiliki 2 tipe yaitu tipe linggi buritan memakai sepatu linggi dan tanpa sepatu linggi. Untuk rancangan kapal ini menggunakan sepatu linggi.



**Gambar 4.6** Linggi Buritan

## 3. Membuat *Forcastle Deck* Dan *Bulwark*

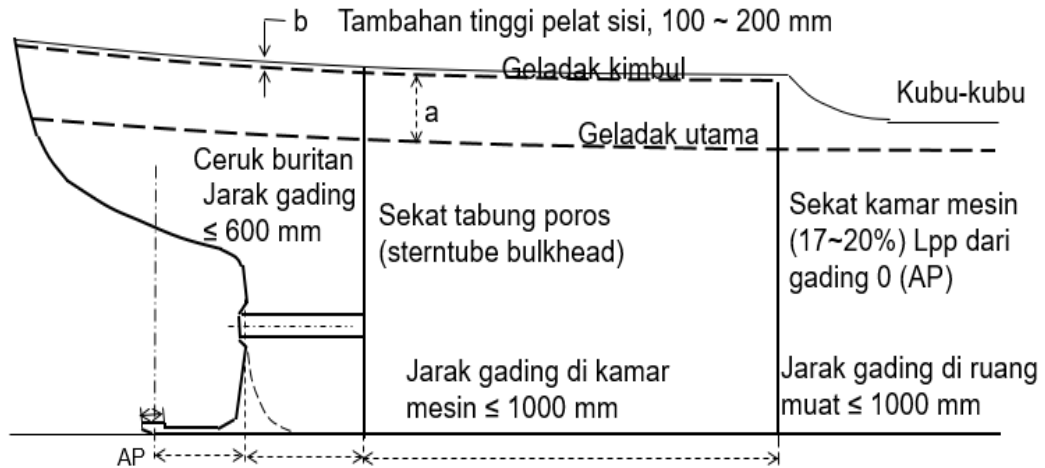
Tinggi *forcastle deck* dari *main deck*,  $a = \pm 2,4 \sim 2,5$  m, sejajar bulwark dari *main deck* dan *forcastle deck*,  $b = 1$  m



**Gambar 4.7** Sketsa *Forcastle Deck* Dan *Bulwark*

#### 4. Membuat *Poop Deck*

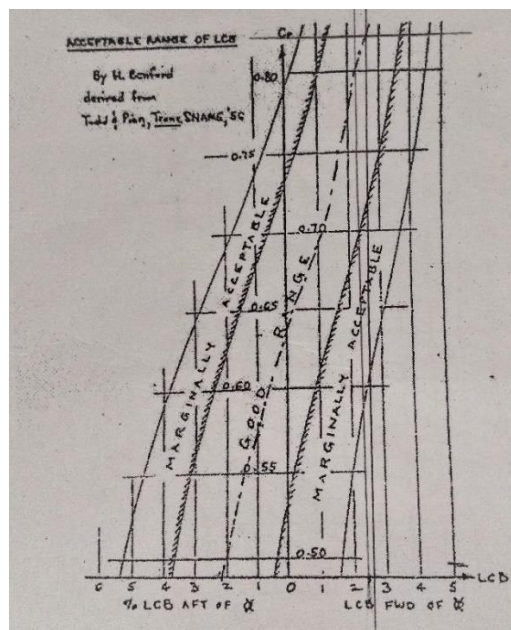
Tinggi *Poop* dari *main Deck deck*,  $a = \pm 2,4 \sim 2,5$  m, sejajar, tinggi pelat sisi di atas geladak kimbul,  $b = 100 \sim 200$  mm



**Gambar 4.8** Sketsa *Poop Deck*

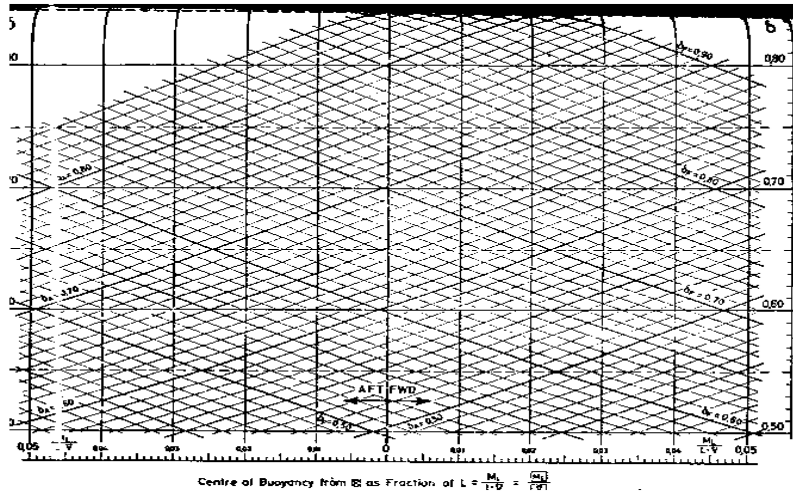
#### 5. Menentukan *Longitudinal Center of Buoyancy (LCB)*

LCB didapatkan dari perpotongan garis  $C_p$  dengan garis putus putus yang berada pada gambar dibawah ini:



**Gambar 4.9** Diagram LCB

6. Menentukan koefisien blok bagian depan ( $Cb_f$ ) dan belakang ( $Cb_a$ )
  - Masukkan nilai  $Cb$  dan  $LCB$  yang telah ditentukan pada tahap pertama
  - Dari perpotongan garis  $Cb$  dan  $LCB$  dapat diketahui besarnya koefisien blok depan ( $Cb_f$ ) dan koefisien blok belakang ( $Cb_a$ )

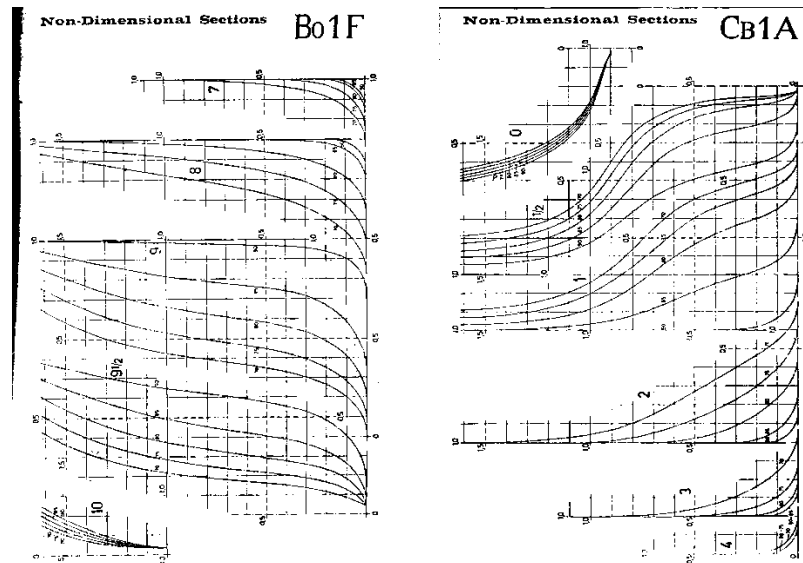


**Gambar 4.10** Diagram Kombinasi

7. Membuat bentuk lambung bagian depan dan belakang (*Body Plan*)

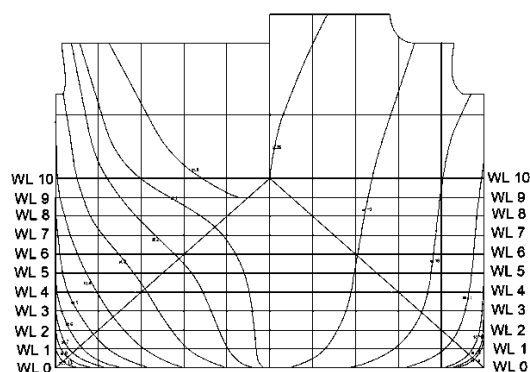
Membentuk lambung dengan bagian depan dan belakang dengan bantuan kurva non dimensional sections. Kurva non dimensional sections menyatakan bentuk gading untuk beberapa koefisien blok, karena kurva ini tidaklah berdimensi maka bentuk lambung kapal yang di dapat belum menyatakan bentuk yang sebenarnya dan akan tergantung dari rancangan tinggi dan lebar kapal. Berikut tahapan pembuatan body plan menggunakan metode form data sebagai berikut:

- Pilih seri untuk lambung kapal bagian depan dan belakang berdasarkan koefisien tengah kapal yang telah ditentukan. Berdasarkan hitungan, seri yang memenuhi adalah  $Bo1F$  untuk lambung kapal bagian depan dan  $Cb1A$  untuk lambung kapal bagian belakang.



**Gambar 4.11** Kurva *Non Dimensional Sections*

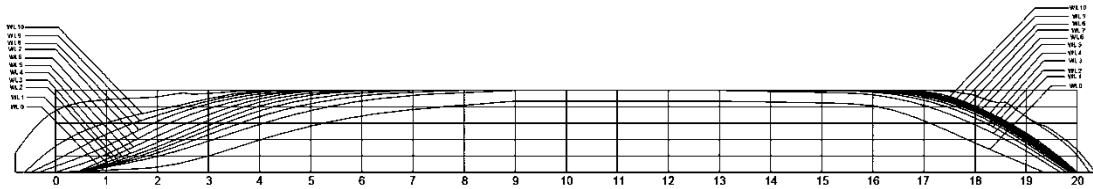
- Membuat bentuk tiap seksi (0, ½, 1, 2, 3, dan 4) untuk lambung kapal bagian belakang dan (6, 7, 8, 9, 9½, 10) untuk lambung kapal bagian depan.
- Untuk nilai Cb yang berada diantara Cb yang ada pada kurva non dimensional sections, maka bentuk dengan cara menginterpolasi nilai Cb diantaranya.
- Pindahkan sketsa bentuk lambung kapal bagian depan dan lambung kapal bagian belakang, lalu sesuaikan dengan sarat air, tinggi kapal, dan lebar kapal dengan menggunakan cara skala.
- Berikut merupakan hasil *body plan* rancangan kapal dengan menggunakan metode form data:



**Gambar 4.12** *Body Plan* Rancangan Kapal

## 8. Membuat *Half Breadth Plan*

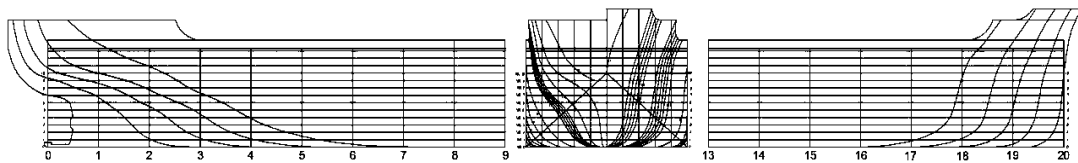
Membuat *half breadth plan* dengan cara memproyeksikan tiap-tiap garis air (*waterline*) pada *body plan*. Didapatkan hasil pembuatan *half breadth plan* pada gambar di bawah ini:



**Gambar 4.13** *Half Breadth Plan* Rancangan Kapal

## 9. Membuat *Sheer Plan*

Membuat *Sheer Plan* dengan cara memproyeksikan tiap-tiap *buttock line* pada *body plan* dan *half breadth plan*. Didapatkan hasil pembuatan *Sheer Plan* pada gambar di bawah ini:



**Gambar 4.14** *Sheer Plan* Rancangan Kapal

## 4.2.2 Kurva Hidrostatic Dan Kurva Bonjean

### 4.2.2.1 Kurva Hidrostatik

Kurva hidrostatik merupakan kumpulan beberapa kurva yang menggambarkan karakteristik sebuah kapal yang berada dibawah garis air sampai muatan penuh. Kurva hidrostatik menunjukkan kemampuan apung serta menunjukkan parameter dalam berbagai kondisi kapal tersebut. Kurva hidrostatik terdiri dari beberapa kuva, yaitu:

1. AW (*Waterplan Area*)
2. TPC (*Ton Per Centimetre Immersion*)
3.  $\Delta$  (*Displacement*)
4.  $\nabla$  (*Volume Displacement*)
5. MTC (*Moment To Change One Centimetre Trim*)
6.  $\Delta_a$  (*Shell Displacement*)
7. KML (*Longitudinal Keel of Metacentre*)
8. BML (*Longitudinal Bouyancy of Metacentre*)
9. KMT (*Transverse Keel of Metacentre*)
10. BMT (*Transverse Bouyancy of Metacentre*)
11.  $C_b$  (*Block Coefficient*)
12.  $C_m$  (*Midship Coefficient*)
13.  $C_p$  (*Coefficient Prismatic*)
14.  $C_w$  (*Coefficient Waterline*)
15. KB (*Keel of Bouyancy*)
16. LCB (*Midship Center of Bouyancy*)
17. LCF (*Midship Center of Floatation*)
18.  $A_m$  (*Area of Midhip*)
19. IT (*Transverse Moment of Inertia*)
20. IL (*Longitudinal Moment of Inertia*)
21. WSA (*Wetted Surface Area*)

Berikut merupakan langkah-langkah dalam membuat kurva hidrostatik:

1. Mengukur *offset section bodyplan* kapal tiap sarat air yang telah dibagi sebelumnya. Didapatkan nilainya seperti tabel dibawah ini:

**Tabel 4.7** *Offset Section Bodyplan*

STATION	1/2 WATER LINES										
	WL 0	WL 1	WL 2	WL 3	WL 4	WL 5	WL 6	WL 7	WL 8	WL 9	WL 10
AP	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,475	3,206
1	0,249	0,639	0,731	0,83	0,973	1,207	1,611	2,22	3,248	4,7	6,114
2	0,642	1,973	2,408	2,771	3,159	3,693	4,504	5,421	6,314	7,069	7,691
3	2,041	3,862	4,648	5,261	5,806	6,435	7,14	7,892	8,486	8,835	9,116
4	3,987	5,933	6,895	7,613	8,177	8,676	9,088	9,432	9,697	9,927	10,041
5	5,721	7,646	8,498	9,093	9,544	9,791	9,925	10,021	10,135	10,135	10,135
6	6,979	8,836	9,46	9,839	10,065	10,118	10,135	10,135	10,135	10,135	10,135
7	7,729	9,498	9,932	10,135	10,135	10,135	10,135	10,135	10,135	10,135	10,135
8	8,305	9,87	10,135	10,135	10,135	10,135	10,135	10,135	10,135	10,135	10,135
9	8,800	10,135	10,135	10,135	10,135	10,135	10,135	10,135	10,135	10,135	10,135
10	8,800	10,135	10,135	10,135	10,135	10,135	10,135	10,135	10,135	10,135	10,135
11	8,800	10,135	10,135	10,135	10,135	10,135	10,135	10,135	10,135	10,135	10,135
12	8,800	10,135	10,135	10,135	10,135	10,135	10,135	10,135	10,135	10,135	10,135
13	8,800	10,135	10,135	10,135	10,135	10,135	10,135	10,135	10,135	10,135	10,135
14	8,691	10,008	10,135	10,135	10,135	10,135	10,135	10,135	10,135	10,135	10,135
15	8,574	9,906	10,081	10,135	10,135	10,135	10,135	10,135	10,135	10,135	10,135
16	8,206	9,578	9,925	10,038	10,096	10,135	10,135	10,135	10,135	10,135	10,135
17	6,379	8,264	8,935	9,233	9,423	9,55	9,639	9,711	9,788	9,891	10,009
18	3,610	5,864	6,717	7,204	7,4751	7,623	7,736	7,843	7,944	8,052	8,183
19	0,920	2,611	3,201	3,596	3,843	3,995	4,156	4,31	4,466	4,649	4,839
FP	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

2. Menghitung nilai AW, LCF, IT. Didapatkan nilainya seperti tabel dibawah ini:

**Tabel 4.8** AW, LCF, IT pada garis air 0

<b>GARIS AIR 0</b>								
Nomor Ordinat	SIMPSON	Lengan Momen	Luas Garis Air		BM Memanjang		BM Melintang	
			1/2 Ordinat	Fungsi Luas 1/2 Ordinat	Momen	Momen Inersia	(1/2 Ord) <sup>3</sup>	Fungsi (1/2 Ord) <sup>3</sup>
1	2	3	4	5 = 2 x 4	6 = 3 x 5	7 = 3 x 6	8 = 4 <sup>3</sup>	9 = 2 x 8
AP	1	-10	0	0	0	0	0	0
1	4	-9	0,249	0,996	-8,964	80,676	0,015438249	0,061752996
2	2	-8	0,642	1,284	-10,272	82,176	0,264609288	0,529218576
3	4	-7	2,041	8,164	-57,148	400,036	8,502154921	34,00861968
4	2	-6	3,987	7,974	-47,844	287,064	63,3780258	126,7560516
5	4	-5	5,721	22,884	-114,42	572,1	187,2474204	748,9896814
6	2	-4	6,979	13,958	-55,832	223,328	339,9222517	679,8445035
7	4	-3	7,729	30,916	-92,748	278,244	461,7106815	1846,842726
8	2	-2	8,305	16,61	-33,22	66,44	572,8209726	1145,641945
9	4	-1	8,8	35,2	-35,2	35,2	681,472	2725,888
10	2	0	8,8	17,6	0	0	681,472	1362,944
11	4	1	8,8	35,2	35,2	35,2	681,472	2725,888
12	2	2	8,8	17,6	35,2	70,4	681,472	1362,944
13	4	3	8,8	35,2	105,6	316,8	681,472	2725,888
14	2	4	8,691	17,382	69,528	278,112	656,461	1312,923
15	4	5	8,574	34,296	171,48	857,4	630,305	2521,218
16	2	6	8,206	16,412	98,472	590,832	552,5792058	1105,158412
17	4	7	6,379	25,516	178,612	1250,284	259,5719779	1038,287912
18	2	8	3,61	7,22	57,76	462,08	47,045881	94,091762
19	4	9	0,92	3,68	33,12	298,08	0,778688	3,114752
FP	1	10	0	0	0	0	0	0
				348,092	329,324	6184,452	7187,185	21557,906
				<b>Σ(5)</b>	<b>Σ(6)</b>	<b>Σ(7)</b>	<b>Σ(8)</b>	<b>Σ(9)</b>

hlpp =	LPP/20 =	6,373	meter
Aw =	2 x 1/3 hlpp x Σ(5) =	1478,823	m <sup>2</sup>
OF =	[Σ(6)/Σ(5)] x hlpp =	6,029	m
IL (O) =	2 x 1/3 x hlpp <sup>3</sup> x Σ(7) =	1066964,290	m <sup>4</sup>
IL (F) =	IL (O) - [Aw x (OF <sup>2</sup> )] =	1013211,454	m <sup>4</sup>
IT =	2 x 1/9 x hlpp x Σ(9) =	30528,633	m <sup>4</sup>



Tabel 4.9 AW, LCF, IT pada garis air 1

<b>GARIS AIR 1</b>								
Nomor Ordinat	SIMPSON	Lengan Momen	Luas Garis Air		BM Memanjang		BM Melintang	
			1/2 Ordinat	Fungsi Luas 1/2 Ordinat	Momen	Momen Inersia	(1/2 Ord) <sup>3</sup>	Fungsi (1/2 Ord) <sup>3</sup>
1	2	3	4	5 = 2 x 4	6 = 3 x 5	7 = 3 x 6	8 = 4 <sup>3</sup>	9 = 2 x 8
AP	1	-10	0	0	0	0	0	0
1	4	-9	0,639	2,556	-23,004	207,036	0,260917119	1,043668476
2	2	-8	1,973	3,946	-31,568	252,544	7,680	15,361
3	4	-7	3,862	15,448	-108,136	756,952	57,602	230,408
4	2	-6	5,933	11,866	-71,196	427,176	208,845	417,689
5	4	-5	7,646	30,584	-152,92	764,6	446,995	1787,981
6	2	-4	8,836	17,672	-70,688	282,752	689,870	1379,740
7	4	-3	9,498	37,992	-113,976	341,928	856,834	3427,334
8	2	-2	9,87	19,74	-39,48	78,96	961,505	1923,010
9	4	-1	10,135	40,54	-40,54	40,54	1041,049	4164,197
10	2	0	10,135	20,27	0	0	1041,049	2082,098
11	4	1	10,135	40,54	40,54	40,54	1041,049	4164,197
12	2	2	10,135	20,27	40,54	81,08	1041,049	2082,098
13	4	3	10,135	40,54	121,62	364,86	1041,049	4164,197
14	2	4	10,008	20,016	80,064	320,256	1002,402	2004,804
15	4	5	9,906	39,624	198,12	990,6	972,064	3888,257
16	2	6	9,578	19,156	114,936	689,616	878,667	1757,335
17	4	7	8,264	33,056	231,392	1619,744	564,379	2257,516
18	2	8	5,864	11,728	93,824	750,592	201,642	403,285
19	4	9	2,611	10,444	93,996	845,964	17,80002513	71,20010052
FP	1	10	0	0	0	0	0	0
				435,988	363,524	8855,74	12053,992	36150,550
				<b>Σ(5)</b>	<b>Σ(6)</b>	<b>Σ(7)</b>	<b>Σ(8)</b>	<b>Σ(9)</b>

h <sub>lpp</sub> =	LPP/20 =	6,373	meter
A <sub>w</sub> =	2 x 1/3 h <sub>lpp</sub> x Σ(5) =	1852,237	m <sup>2</sup>
OF =	[Σ(6)/Σ(5)] x h <sub>lpp</sub> =	5,313	m
IL (O) =	2 x 1/3 x h <sub>lpp</sub> <sup>3</sup> x Σ(7) =	1527824,671	m <sup>4</sup>
IL (F) =	IL (O) - [A <sub>w</sub> x(OF) <sup>2</sup> ] =	1475532,063	m <sup>4</sup>
IT =	2 x 1/9 x h <sub>lpp</sub> x Σ(9) =	51193,603	m <sup>4</sup>

Tabel 4.10 AW, LCF, IT pada garis air 2

<b>GARIS AIR 2</b>								
Nomor Ordinat	SIMPSON	Lengan Momen	Luas Garis Air		BM Memanjang		BM Melintang	
			1/2 Ordinat	Fungsi Luas 1/2 Ordinat	Momen	Momen Inersia	(1/2 Ord) <sup>3</sup>	Fungsi (1/2 Ord) <sup>3</sup>
1	2	3	4	5 = 2 x 4	6 = 3 x 5	7 = 3 x 6	8 = 4 <sup>3</sup>	9 = 2 x 8
AP	1	-10	0	0	0	0	0	0
1	4	-9	0,731	2,924	-26,316	236,844	0,391	1,562
2	2	-8	2,408	4,816	-38,528	308,224	13,963	27,925
3	4	-7	4,648	18,592	-130,144	911,008	100,415	401,660
4	2	-6	6,895	13,79	-82,74	496,44	327,795	655,591
5	4	-5	8,498	33,992	-169,96	849,8	613,692	2454,766
6	2	-4	9,46	18,92	-75,68	302,72	846,591	1693,181
7	4	-3	9,932	39,728	-119,184	357,552	979,738	3918,954
8	2	-2	10,135	20,27	-40,54	81,08	1041,049	2082,098
9	4	-1	10,135	40,54	-40,54	40,54	1041,049	4164,197
10	2	0	10,135	20,27	0	0	1041,049	2082,098
11	4	1	10,135	40,54	40,54	40,54	1041,049	4164,197
12	2	2	10,135	20,27	40,54	81,08	1041,049	2082,098
13	4	3	10,135	40,54	121,62	364,86	1041,049	4164,197
14	2	4	10,135	20,27	81,08	324,32	1041,049	2082,098
15	4	5	10,081	40,324	201,62	1008,1	1024,497	4097,989
16	2	6	9,925	19,85	119,1	714,6	977,668	1955,337
17	4	7	8,935	35,74	250,18	1751,26	713,319	2853,275
18	2	8	6,717	13,434	107,472	859,776	303,058	606,116
19	4	9	3,201	12,804	115,236	1037,124	32,7987296	131,1949184
FP	1	10	0	0	0	0	0	0
				457,614	353,756	9765,868	13188,471	39487,341
				<b>Σ(5)</b>	<b>Σ(6)</b>	<b>Σ(7)</b>	<b>Σ(8)</b>	<b>Σ(9)</b>

h <sub>lpp</sub> =	LPP/20 =	6,373	meter
A <sub>w</sub> =	2 x 1/3 h <sub>lpp</sub> x Σ(5) =	1944,112	m <sup>2</sup>
OF =	[Σ(6)/Σ(5)] x h <sub>lpp</sub> =	4,926	m
IL (O) =	2 x 1/3 x h <sub>lpp</sub> <sup>3</sup> x Σ(7) =	1684843,284	m <sup>4</sup>
IL (F) =	IL (O) - [A <sub>w</sub> x(OF <sup>2</sup> )] =	1637663,387	m <sup>4</sup>
IT =	2 x 1/9 x h <sub>lpp</sub> x Σ(9) =	55918,909	m <sup>4</sup>

Tabel 4.11 AW, LCF, IT pada garis air 3

<b>GARIS AIR 3</b>								
Nomor Ordinat	SIMPSON	Lengan Momen	Luas Garis Air		BM Memanjang		BM Melintang	
			1/2 Ordinat	Fungsi Luas 1/2 Ordinat	Momen	Momen Inersia	(1/2 Ord) <sup>3</sup>	Fungsi (1/2 Ord) <sup>3</sup>
1	2	3	4	5 = 2 x 4	6 = 3 x 5	7 = 3 x 6	8 = 4 <sup>3</sup>	9 = 2 x 8
AP	1	-10	0	0	0	0	0	0
1	4	-9	0,83	3,32	-29,88	268,92	1	2,287
2	2	-8	2,771	5,542	-44,336	354,688	21,277	42,554
3	4	-7	5,261	21,044	-147,308	1031,156	145,615	582,458
4	2	-6	7,613	15,226	-91,356	548,136	441,232	882,465
5	4	-5	9,093	36,372	-181,86	909,3	751,833	3007,333
6	2	-4	9,839	19,678	-78,712	314,848	952,473	1904,947
7	4	-3	10,135	40,54	-121,62	364,86	1041,049	4164,197
8	2	-2	10,135	20,27	-40,54	81,08	1041,049	2082,098
9	4	-1	10,135	40,54	-40,54	40,54	1041,049	4164,197
10	2	0	10,135	20,27	0	0	1041,049	2082,098
11	4	1	10,135	40,54	40,54	40,54	1041,049	4164,197
12	2	2	10,135	20,27	40,54	81,08	1041,049	2082,098
13	4	3	10,135	40,54	121,62	364,86	1041,049	4164,197
14	2	4	10,135	20,27	81,08	324,32	1041,049	2082,098
15	4	5	10,135	40,54	202,7	1013,5	1041,049	4164,197
16	2	6	10,038	20,076	120,456	722,736	1011,443	2022,887
17	4	7	9,233	36,932	258,524	1809,668	787,097	3148,390
18	2	8	7,204	14,408	115,264	922,112	373,870	747,741
19	4	9	3,596	14,384	129,456	1165,104	46,50065274	186,0026109
FP	1	10	0	0	0	0	0	0
				470,762	334,028	10357,448	13854,857	41490,440
				$\Sigma(5)$	$\Sigma(6)$	$\Sigma(7)$	$\Sigma(8)$	$\Sigma(9)$

hlpp =	LPP/20 =	6,373	meter
Aw =	2 x 1/3 hlpp x $\Sigma(5)$ =	1999,970	m <sup>2</sup>
OF =	[ $\Sigma(6)/\Sigma(5)$ ] x hlpp =	4,522	m
IL (O) =	2 x 1/3 x hlpp <sup>3</sup> x $\Sigma(7)$ =	1786904,830	m <sup>4</sup>
IL (F) =	IL (O) - [Aw x (OF <sup>2</sup> )] =	1746015,216	m <sup>4</sup>
IT =	2 x 1/9 x hlpp x $\Sigma(9)$ =	58755,541	m <sup>4</sup>

Tabel 4.12 AW, LCF, IT pada garis air 4

<b>GARIS AIR 4</b>								
Nomor Ordinat	SIMPSON	Lengan Momen	Luas Garis Air		BM Memanjang		BM Melintang	
			1/2 Ordinat	Fungsi Luas 1/2 Ordinat	Momen	Momen Inersia	(1/2 Ord) <sup>3</sup>	Fungsi (1/2 Ord) <sup>3</sup>
1	2	3	4	5 = 2 x 4	6 = 3 x 5	7 = 3 x 6	8 = 4 <sup>3</sup>	9 = 2 x 8
AP	1	-10	0	0	0	0	0	0
1	4	-9	0,973	3,892	-35,028	315,252	0,921	3,685
2	2	-8	3,159	6,318	-50,544	404,352	31,525	63,049
3	4	-7	5,806	23,224	-162,568	1137,976	195,718	782,873
4	2	-6	8,177	16,354	-98,124	588,744	546,741	1093,483
5	4	-5	9,544	38,176	-190,88	954,4	869,343	3477,373
6	2	-4	10,065	20,13	-80,52	322,08	1019,627	2039,254
7	4	-3	10,135	40,54	-121,62	364,86	1041,049	4164,197
8	2	-2	10,135	20,27	-40,54	81,08	1041,049	2082,098
9	4	-1	10,135	40,54	-40,54	40,54	1041,049	4164,197
10	2	0	10,135	20,27	0	0	1041,049	2082,098
11	4	1	10,135	40,54	40,54	40,54	1041,049	4164,197
12	2	2	10,135	20,27	40,54	81,08	1041,049	2082,098
13	4	3	10,135	40,54	121,62	364,86	1041,049	4164,197
14	2	4	10,135	20,27	81,08	324,32	1041,049	2082,098
15	4	5	10,135	40,54	202,7	1013,5	1041,049	4164,197
16	2	6	10,096	20,192	121,152	726,912	1029,077	2058,155
17	4	7	9,423	37,692	263,844	1846,908	836,696	3346,783
18	2	8	7,4751	14,9502	119,6016	956,8128	417,687	835,374
19	4	9	3,843	15,372	138,348	1245,132	57	227
FP	1	10	0	0	0	0	0	0
				480,0802	309,0616	10809,3488	14316,779	42849,406
				$\Sigma(5)$	$\Sigma(6)$	$\Sigma(7)$	$\Sigma(8)$	$\Sigma(9)$

$h_{lpp} = LPP/20 =$	6,373	meter
$A_w = 2 \times 1/3 \times h_{lpp} \times \Sigma(5) =$	2039,557	m <sup>2</sup>
$OF = [\Sigma(6)/\Sigma(5)] \times h_{lpp} =$	4,102	m
$IL (O) = 2 \times 1/3 \times h_{lpp}^3 \times \Sigma(7) =$	1864868,410	m <sup>4</sup>
$IL (F) = IL (O) - [A_w \times (OF)^2] =$	1830542,270	m <sup>4</sup>
$IT = 2 \times 1/9 \times h_{lpp} \times \Sigma(9) =$	60680,004	m <sup>4</sup>

Tabel 4.13 AW, LCF, IT pada garis air 5

<b>GARIS AIR 5</b>								
Nomor Ordinat	SIMPSON	Lengan Momen	Luas Garis Air		BM Memanjang		BM Melintang	
			1/2 Ordinat	Fungsi Luas 1/2 Ordinat	Momen	Momen Inersia	(1/2 Ord) <sup>3</sup>	Fungsi (1/2 Ord) <sup>3</sup>
1	2	3	4	5 = 2 x 4	6 = 3 x 5	7 = 3 x 6	8 = 4 <sup>3</sup>	9 = 2 x 8
AP	1	-10	0	0	0	0	0	0
1	4	-9	1,207	4,828	-43,452	391,068	1,758	7,034
2	2	-8	3,693	7,386	-59,088	472,704	50,366	100,732
3	4	-7	6,435	25,74	-180,18	1261,26	266,468	1065,873
4	2	-6	8,676	17,352	-104,112	624,672	653,068	1306,137
5	4	-5	9,791	39,164	-195,82	979,1	938,601	3754,405
6	2	-4	10,118	20,236	-80,944	323,776	1035,819	2071,639
7	4	-3	10,135	40,54	-121,62	364,86	1041,049	4164,197
8	2	-2	10,135	20,27	-40,54	81,08	1041,049	2082,098
9	4	-1	10,135	40,54	-40,54	40,54	1041,049	4164,197
10	2	0	10,135	20,27	0	0	1041,049	2082,098
11	4	1	10,135	40,54	40,54	40,54	1041,049	4164,197
12	2	2	10,135	20,27	40,54	81,08	1041,049	2082,098
13	4	3	10,135	40,54	121,62	364,86	1041,049	4164,197
14	2	4	10,135	20,27	81,08	324,32	1041,049	2082,098
15	4	5	10,135	40,54	202,7	1013,5	1041,049	4164,197
16	2	6	10,135	20,27	121,62	729,72	1041,049	2082,098
17	4	7	9,55	38,2	267,4	1871,8	870,984	3483,936
18	2	8	7,623	15,246	121,968	975,744	442,974	885,947
19	4	9	3,995	15,98	143,82	1294,38	63,760	255,041
FP	1	10	0	0	0	0	0	0
				488,182	274,992	11235,004	14670,531	43907,179
				$\Sigma(5)$	$\Sigma(6)$	$\Sigma(7)$	$\Sigma(8)$	$\Sigma(9)$

hlpp =	LPP/20 =	6,373	meter
Aw =	2 x 1/3 hlpp x $\Sigma(5)$ =	2073,976	m <sup>2</sup>
OF =	[ $\Sigma(6)/\Sigma(5)$ ] x hlpp =	3,590	m
IL (O) =	2 x 1/3 x hlpp <sup>3</sup> x $\Sigma(7)$ =	1938304,002	m <sup>4</sup>
IL (F) =	IL (O) - [Aw x (OF <sup>2</sup> )] =	1911579,661	m <sup>4</sup>
IT =	2 x 1/9 x hlpp x $\Sigma(9)$ =	62177,939	m <sup>4</sup>

Tabel 4.14 AW, LCF, IT pada garis air 6

<b>GARIS AIR 6</b>								
Nomor Ordinat	SIMPSON	Lengan Momen	Luas Garis Air		BM Memanjang		BM Melintang	
			1/2 Ordinat	Fungsi Luas 1/2 Ordinat	Momen	Momen Inersia	(1/2 Ord) <sup>3</sup>	Fungsi (1/2 Ord) <sup>3</sup>
1	2	3	4	5 = 2 x 4	6 = 3 x 5	7 = 3 x 6	8 = 4 <sup>3</sup>	9 = 2 x 8
AP	1	-10	0	0	0	0	0	0
1	4	-9	1,611	6,444	-57,996	521,964	4,181	16,724
2	2	-8	4,504	9,008	-72,064	576,512	91,368	182,736
3	4	-7	7,14	28,56	-199,92	1399,44	363,994	1455,977
4	2	-6	9,088	18,176	-109,056	654,336	750,594	1501,188
5	4	-5	9,925	39,7	-198,5	992,5	977,668	3910,673
6	2	-4	10,135	20,27	-81,08	324,32	1041,049	2082,098
7	4	-3	10,135	40,54	-121,62	364,86	1041,049	4164,197
8	2	-2	10,135	20,27	-40,54	81,08	1041,049	2082,098
9	4	-1	10,135	40,54	-40,54	40,54	1041,049	4164,197
10	2	0	10,135	20,27	0	0	1041,049	2082,098
11	4	1	10,135	40,54	40,54	40,54	1041,049	4164,197
12	2	2	10,135	20,27	40,54	81,08	1041,049	2082,098
13	4	3	10,135	40,54	121,62	364,86	1041,049	4164,197
14	2	4	10,135	20,27	81,08	324,32	1041,049	2082,098
15	4	5	10,135	40,54	202,7	1013,5	1041,049	4164,197
16	2	6	10,135	20,27	121,62	729,72	1041,049	2082,098
17	4	7	9,639	38,556	269,892	1889,244	895,563	3582,250
18	2	8	7,736	15,472	123,776	990,208	462,966	925,933
19	4	9	4,156	16,624	149,616	1346,544	71,784	287,135
FP	1	10	0	0	0	0	0	0
				496,86	230,068	11735,568	14997,876	44889,057
				<b>Σ(5)</b>	<b>Σ(6)</b>	<b>Σ(7)</b>	<b>Σ(8)</b>	<b>Σ(9)</b>

hlpp =	LPP/20 =	6,373	meter
Aw =	2 x 1/3 hlpp x Σ(5) =	2110,844	m <sup>2</sup>
OF =	[Σ(6)/Σ(5)] x hlpp =	2,951	m
IL (O) =	2 x 1/3 x hlpp <sup>3</sup> x Σ(7) =	2024663,135	m <sup>4</sup>
IL (F) =	IL (O) - [Awx(OF <sup>2</sup> )] =	2006283,916	m <sup>4</sup>
IT =	2 x 1/9 x hlpp x Σ(9) =	63568,399	m <sup>4</sup>

Tabel 4.15 AW, LCF, IT pada garis air 7

<b>GARIS AIR 7</b>								
Nomor Ordinat	SIMPSON	Lengan Momen	Luas Garis Air		BM Memanjang		BM Melintang	
			1/2 Ordinat	Fungsi Luas 1/2 Ordinat	Momen	Momen Inersia	(1/2 Ord) <sup>3</sup>	Fungsi (1/2 Ord) <sup>3</sup>
1	2	3	4	5 = 2 x 4	6 = 3 x 5	7 = 3 x 6	8 = 4 <sup>3</sup>	9 = 2 x 8
AP	1	-10	0	0	0	0	0,000	0,000
1	4	-9	2,22	8,88	-79,92	719,28	10,941	43,764
2	2	-8	5,421	10,842	-86,736	693,888	159,308	318,616
3	4	-7	7,892	31,568	-220,976	1546,832	491,543	1966,171
4	2	-6	9,432	18,864	-113,184	679,104	839,095	1678,191
5	4	-5	10,021	40,084	-200,42	1002,1	1006,313	4025,253
6	2	-4	10,135	20,27	-81,08	324,32	1041,049	2082,098
7	4	-3	10,135	40,54	-121,62	364,86	1041,049	4164,197
8	2	-2	10,135	20,27	-40,54	81,08	1041,049	2082,098
9	4	-1	10,135	40,54	-40,54	40,54	1041,049	4164,197
10	2	0	10,135	20,27	0	0	1041,049	2082,098
11	4	1	10,135	40,54	40,54	40,54	1041,049	4164,197
12	2	2	10,135	20,27	40,54	81,08	1041,049	2082,098
13	4	3	10,135	40,54	121,62	364,86	1041,049	4164,197
14	2	4	10,135	20,27	81,08	324,32	1041,049	2082,098
15	4	5	10,135	40,54	202,7	1013,5	1041,049	4164,197
16	2	6	10,135	20,27	121,62	729,72	1041,049	2082,098
17	4	7	9,711	38,844	271,908	1903,356	915,781	3663,126
18	2	8	7,843	15,686	125,488	1003,904	482,444	964,887
19	4	9	4,31	17,24	155,16	1396,44	80,063	320,252
FP	1	10	0	0	0	0	0,000	0
				506,328	175,64	12309,724	15356,967	45973,583
				<b>Σ(5)</b>	<b>Σ(6)</b>	<b>Σ(7)</b>	<b>Σ(8)</b>	<b>Σ(9)</b>

hlpp =	LPP/20 =	6,373	meter
Aw =	2 x 1/3 hlpp x Σ(5) =	2151,067	m <sup>2</sup>
OF =	[Σ(6)/Σ(5)] x hlpp =	2,211	m
IL (O) =	2 x 1/3 x hlpp <sup>3</sup> x Σ(7) =	2123718,630	m <sup>4</sup>
IL (F) =	IL (O) - [Aw x (OF <sup>2</sup> )] =	2113207,157	m <sup>4</sup>
IT =	2 x 1/9 x hlpp x Σ(9) =	65104,221	m <sup>4</sup>

Tabel 4.16 AW, LCF, IT pada garis air 8

<b>GARIS AIR 8</b>								
Nomor Ordinat	SIMPSON	Lengan Momen	Luas Garis Air		BM Memanjang		BM Melintang	
			1/2 Ordinat	Fungsi Luas 1/2 Ordinat	Momen	Momen Inersia	(1/2 Ord) <sup>3</sup>	Fungsi (1/2 Ord) <sup>3</sup>
1	2	3	4	5 = 2 x 4	6 = 3 x 5	7 = 3 x 6	8 = 4 <sup>3</sup>	9 = 2 x 8
AP	1	-10	0	0	0	0	0,000	0,000
1	4	-9	3,248	12,992	-116,928	1052,352	34,265	137,059
2	2	-8	6,314	12,628	-101,024	808,192	251,718	503,435
3	4	-7	8,486	33,944	-237,608	1663,256	611,095	2444,382
4	2	-6	9,697	19,394	-116,364	698,184	911,826	1823,653
5	4	-5	10,135	40,54	-202,7	1013,5	1041,049	4164,197
6	2	-4	10,135	20,27	-81,08	324,32	1041,049	2082,098
7	4	-3	10,135	40,54	-121,62	364,86	1041,049	4164,197
8	2	-2	10,135	20,27	-40,54	81,08	1041,049	2082,098
9	4	-1	10,135	40,54	-40,54	40,54	1041,049	4164,197
10	2	0	10,135	20,27	0	0	1041,049	2082,098
11	4	1	10,135	40,54	40,54	40,54	1041,049	4164,197
12	2	2	10,135	20,27	40,54	81,08	1041,049	2082,098
13	4	3	10,135	40,54	121,62	364,86	1041,049	4164,197
14	2	4	10,135	20,27	81,08	324,32	1041,049	2082,098
15	4	5	10,135	40,54	202,7	1013,5	1041,049	4164,197
16	2	6	10,135	20,27	121,62	729,72	1041,049	2082,098
17	4	7	9,788	39,152	274,064	1918,448	937,739	3750,955
18	2	8	7,944	15,888	127,104	1016,832	501,323	1002,646
19	4	9	4,466	17,864	160,776	1446,984	89,075	356,300
FP	1	10	0	0	0	0	0	0
				516,722	111,64	12982,568	15740,557	47139,902
				<b>Σ(5)</b>	<b>Σ(6)</b>	<b>Σ(7)</b>	<b>Σ(8)</b>	<b>Σ(9)</b>

h <sub>lpp</sub> =	LPP/20 =	6,373	meter
A <sub>w</sub> =	2 x 1/3 h <sub>lpp</sub> x Σ(5) =	2195,225	m <sup>2</sup>
OF =	[Σ(6)/Σ(5)] x h <sub>lpp</sub> =	1,377	m
IL (O) =	2 x 1/3 x h <sub>lpp</sub> <sup>3</sup> x Σ(7) =	2239800,139	m <sup>4</sup>
IL (F) =	IL (O) - [A <sub>w</sub> x(OF <sup>2</sup> )] =	2235638,816	m <sup>4</sup>
IT =	2 x 1/9 x h <sub>lpp</sub> x Σ(9) =	66755,872	m <sup>4</sup>



Tabel 4.17 AW, LCF, IT pada garis air 9

<b>GARIS AIR 9</b>								
Nomor Ordinat	SIMPSON	Lengan Momen	Luas Garis Air		BM Memanjang		BM Melintang	
			1/2 Ordinat	Fungsi Luas 1/2 Ordinat	Momen	Momen Inersia	(1/2 Ord) <sup>3</sup>	Fungsi (1/2 Ord) <sup>3</sup>
1	2	3	4	5 = 2 x 4	6 = 3 x 5	7 = 3 x 6	8 = 4 <sup>3</sup>	9 = 2 x 8
AP	1	-10	1,475	1,475	-14,75	147,5	3,209	3,209
1	4	-9	4,7	18,8	-169,2	1522,8	103,823	415,292
2	2	-8	7,069	14,138	-113,104	904,832	353,243	706,487
3	4	-7	8,835	35,34	-247,38	1731,66	689,636	2758,542
4	2	-6	9,927	19,854	-119,124	714,744	978,259	1956,519
5	4	-5	10,135	40,54	-202,7	1013,5	1041,049	4164,197
6	2	-4	10,135	20,27	-81,08	324,32	1041,049	2082,098
7	4	-3	10,135	40,54	-121,62	364,86	1041,049	4164,197
8	2	-2	10,135	20,27	-40,54	81,08	1041,049	2082,098
9	4	-1	10,135	40,54	-40,54	40,54	1041,049	4164,197
10	2	0	10,135	20,27	0	0	1041,049	2082,098
11	4	1	10,135	40,54	40,54	40,54	1041,049	4164,197
12	2	2	10,135	20,27	40,54	81,08	1041,049	2082,098
13	4	3	10,135	40,54	121,62	364,86	1041,049	4164,197
14	2	4	10,135	20,27	81,08	324,32	1041,049	2082,098
15	4	5	10,135	40,54	202,7	1013,5	1041,049	4164,197
16	2	6	10,135	20,27	121,62	729,72	1041,049	2082,098
17	4	7	9,891	39,564	276,948	1938,636	967,655	3870,621
18	2	8	8,052	16,104	128,832	1030,656	522,049	1044,098
19	4	9	4,649	18,596	167,364	1506,276	100,480	401,919
FP	1	10	0	0	0	0	0	0
				528,731	31,206	13875,424	16110,465	48232,539
				<b>Σ(5)</b>	<b>Σ(6)</b>	<b>Σ(7)</b>	<b>Σ(8)</b>	<b>Σ(9)</b>

hlpp =	LPP/20 =	6,373	meter
Aw =	2 x 1/3 hlpp x Σ(5) =	2246,243	m <sup>2</sup>
OF =	[Σ(6)/Σ(5)] x hlpp =	0,376	m
IL (O) =	2 x 1/3 x hlpp <sup>3</sup> x Σ(7) =	2393838,923	m <sup>4</sup>
IL (F) =	IL (O) - [Aw x (OF <sup>2</sup> )] =	2393521,170	m <sup>4</sup>
IT =	2 x 1/9 x hlpp x Σ(9) =	68303,179	m <sup>4</sup>

Tabel 4.18 AW, LCF, IT pada garis air 10

<b>GARIS AIR 10</b>								
Nomor Ordinat	SIMPSON	Lengan Momen	Luas Garis Air		BM Memanjang		BM Melintang	
			1/2 Ordinat	Fungsi Luas 1/2 Ordinat	Momen	Momen Inersia	(1/2 Ord) <sup>3</sup>	Fungsi (1/2 Ord) <sup>3</sup>
1	2	3	4	5 = 2 x 4	6 = 3 x 5	7 = 3 x 6	8 = 4 <sup>3</sup>	9 = 2 x 8
AP	1	-10	3,206	3,206	-32,06	320,6	32,953	32,953
1	4	-9	6,114	24,456	-220,104	1980,936	228,547	914,190
2	2	-8	7,691	15,382	-123,056	984,448	454,934	909,868
3	4	-7	9,116	36,464	-255,248	1786,736	757,553	3030,211
4	2	-6	10,041	20,082	-120,492	722,952	1012,350	2024,701
5	4	-5	10,135	40,54	-202,7	1013,5	1041,049	4164,197
6	2	-4	10,135	20,27	-81,08	324,32	1041,049	2082,098
7	4	-3	10,135	40,54	-121,62	364,86	1041,049	4164,197
8	2	-2	10,135	20,27	-40,54	81,08	1041,049	2082,098
9	4	-1	10,135	40,54	-40,54	40,54	1041,049	4164,197
10	2	0	10,135	20,27	0	0	1041,049	2082,098
11	4	1	10,135	40,54	40,54	40,54	1041,049	4164,197
12	2	2	10,135	20,27	40,54	81,08	1041,049	2082,098
13	4	3	10,135	40,54	121,62	364,86	1041,049	4164,197
14	2	4	10,135	20,27	81,08	324,32	1041,049	2082,098
15	4	5	10,135	40,54	202,7	1013,5	1041,049	4164,197
16	2	6	10,135	20,27	121,62	729,72	1041,049	2082,098
17	4	7	10,009	40,036	280,252	1961,764	1002,702	4010,810
18	2	8	8,183	16,366	130,928	1047,424	547,946	1095,892
19	4	9	4,839	19,356	174,204	1567,836	113,310	453,239
FP	1	10	0	0	0	0	0,000	0,000
				540,208	-43,956	14751,016	16529,576	49496,396
				<b>Σ(5)</b>	<b>Σ(6)</b>	<b>Σ(7)</b>	<b>Σ(8)</b>	<b>Σ(9)</b>

h <sub>lpp</sub> =	LPP/20 =	6,373	meter
A <sub>w</sub> =	2 x 1/3 h <sub>lpp</sub> x Σ(5) =	2295,002	m <sup>2</sup>
OF =	[Σ(6)/Σ(5)] x h <sub>lpp</sub> =	-0,519	m
IL (O) =	2 x 1/3 x h <sub>lpp</sub> <sup>3</sup> x Σ(7) =	2544899,259	m <sup>4</sup>
IL (F) =	IL (O) - [A <sub>w</sub> x(OF <sup>2</sup> )] =	2544282,204	m <sup>4</sup>
IT =	2 x 1/9 x h <sub>lpp</sub> x Σ(9) =	70092,955	m <sup>4</sup>

3. Menghitung nilai KB. Didapatkan nilainya seperti tabel dibawah ini:

**Tabel 4.19** KB pada garis air 0 s/d 2

<b>WL 0 s/d 2</b>					
WL	Simpson	Lever	Aw	Volume Product	Momen Product
1	2	3	4	5 = 2 x 4	6 = 3 x 5
0 m	1	0	1478,823	1478,8226	0
0,896 m	4	1	1852,237	7408,9485	7408,9485
1,792 m	1	2	1944,112	1944,1123	3888,2246
$\Sigma =$				10831,883	11297,173
hwl =	draft / 10 =			0,896083251	m
$\nabla =$	$\frac{1}{3} \times hwl \times \Sigma(5) =$			3235,423	m <sup>3</sup>
$\Delta =$	$\nabla \times 1,025 =$			3316,309	ton
Momen =	$\frac{1}{3} \times (hwl)^2 \times \Sigma(6) =$			3023,746	ton.m
KB =	Momen/ $\nabla =$			0,935	m
KB =	$[\Sigma(6) \times hwl] / \Sigma(5) =$			0,935	m

GA			$\Delta$	KB	Momen. $\Delta$ .KB
			Ton	Meter	Ton-Meter
0	-	2	3316,309	0,935	3023,746

**Tabel 4.20** KB pada garis air 2 s/d 4

<b>WL 2 s/d 4</b>					
WL	Simpson	Lever	Aw	Volume Product	Momen Product
1	2	3	4	5 = 2 x 4	6 = 3 x 5
1,792 m	1	0	1944,112	1944,112	0,000
2,688 m	4	1	1999,970	7999,879	7999,879
3,584 m	1	2	2039,557	2039,557	4079,114
$\Sigma =$				11983,549	12078,993
hwl =	draft / 10 =			0,896083251	m
$\nabla =$	$\frac{1}{3} \times hwl \times \Sigma(5) =$			3579,419	m <sup>3</sup>
$\Delta =$	$\nabla \times 1,025 =$			3668,905	ton
Momen =	$\frac{1}{3} \times (hwl)^2 \times \Sigma(6) =$			3233,004	ton.m
KB =	Momen/ $\nabla =$			0,903	m
KB =	$[\Sigma(6) \times hwl] / \Sigma(5) =$			0,903	m

GA			$\Delta$	KB	Momen. $\Delta$ .KB
			Ton	Meter	Ton-Meter
0	-	2	3316,309	0,935	3099,339
2	-	4	3668,905	0,903	3313,829
$\Sigma$			6985,213	0,918	6413,168

Tabel 4.21 KB pada garis air 4 s/d 6

<b>WL 4 s/d 6</b>					
WL	Simpson	Lever	Aw	Volume Product	Momen Product
1	2	3	4	5 = 2 x 4	6 = 3 x 5
3,584 m	1	0	2039,557	2039,557	0,000
4,47 m	4	1	2073,976	8295,906	8295,906
5,376 m	1	2	2110,844	2110,844	4221,687
$\Sigma =$				12446,306	12517,593
hwl =	draft / 10 =			0,896083251	m
$\nabla =$	$\frac{1}{3} \times \text{hwl} \times \Sigma(5) =$			3717,642	m <sup>3</sup>
$\Delta =$	$\nabla \times 1,025 =$			3810,583	ton
Momen =	$\frac{1}{3} \times (\text{hwl})^2 \times \Sigma(6) =$			3350,397	ton.m
KB =	Momen/ $\nabla =$			0,901	m
KB =	$[\Sigma(6) \times \text{hwl}] / \Sigma(5) =$			0,901	m

GA			$\Delta$	KB	Momen. $\Delta$ .KB
			Ton	Meter	Ton-Meter
0	-	2	3316,309	0,935	3099,339
2	-	4	3668,905	0,903	3313,829
4	-	6	3810,583	0,901	3434,157
$\Sigma$			10795,796	0,912	9847,325

Tabel 4.22 KB pada garis air 6 s/d 8

<b>WL 6 s/d 8</b>					
WL	Simpson	Lever	Aw	Volume Product	Momen Product
1	2	3	4	5 = 2 x 4	6 = 3 x 5
5,376 m	1	0	2110,844	2110,844	0,000
6,272 m	4	1	2151,067	8604,269	8604,269
7,168 m	1	2	2195,225	2195,225	4390,450
$\Sigma =$				12910,338	12994,719
hwl =	draft / 10 =			0,896083251	m
$\nabla =$	$\frac{1}{3} \times \text{hwl} \times \Sigma(5) =$			3856,246	m <sup>3</sup>
$\Delta =$	$\nabla \times 1,025 =$			3952,652	ton
Momen =	$\frac{1}{3} \times (\text{hwl})^2 \times \Sigma(6) =$			3478,102	ton.m
KB =	Momen/ $\nabla =$			0,902	m
KB =	$[\Sigma(6) \times \text{hwl}] / \Sigma(5) =$			0,902	m

GA			$\Delta$	KB	Momen = $\Delta$ .KB
			Ton	Meter	Ton-Meter
0	-	2	3316,309	0,935	3099,339
2	-	4	3668,905	0,903	3313,829
4	-	6	3810,583	0,901	3434,157
6	-	8	3952,652	0,902	3565,055
$\Sigma$			14748,448	0,909	13412,380

Tabel 4.23 KB pada garis air 8 s/d 10

<b>WL 8 s/d 10</b>					
WL	Simpson	Levers	Aw	Volume Product	Momen Product
1	2	3	4	5 = 2 x 4	6 = 3 x 5
7,168 m	1	8	2195,225	2195,225	17561,798
8,064 m	4	9	2246,243	8984,974	80864,764
8,96 m	1	10	2295,002	2295,002	22950,020
$\Sigma =$				13475,201	121376,582
hwl =	draft / 10 =			0,896083251	m
$\nabla =$	$\frac{1}{3} \times \text{hwl} \times \Sigma(5) =$			4024,967	m <sup>3</sup>
$\Delta =$	$\nabla \times 1,025 =$			4125,591	ton
Momen =	$\frac{1}{3} \times (\text{hwl})^2 \times \Sigma(6) =$			32487,057	ton.m
KB =	Momen/ $\nabla =$			8,071	m
KB =	$[\Sigma(6) \times \text{hwl}] / \Sigma(5) =$			8,071	m

GA			$\Delta$	KB	Momen = $\Delta \cdot \text{KB}$
			Ton	Meter	Ton-Meter
0	-	2	3316,309	0,935	3099,339
2	-	4	3668,905	0,903	3313,829
4	-	6	3810,583	0,901	3434,157
6	-	8	3952,652	0,902	3565,055
8	-	10	4125,215	0,903	3723,573
$\Sigma$			18873,664	0,908	17135,953

4. Menghitung nilai Volume ( $\nabla$ ) dan CB. Didapatkan nilainya seperti tabel dibawah ini:

Tabel 4.24 Volume ( $\nabla$ ) dan CB pada garis air 0 s/d 2

WL	Simpson	Aw	Vol. Prod.
			simpson x Aw
0	1	1478,823	1478,823
1	4	1852,237	7408,948
2	1	1944,112	1944,112
$\Sigma$			10831,883
Volume = $\frac{1}{3} \times \text{hwl} \times \Sigma$			3235,423
$\nabla =$			3235,423
Cb = $\nabla / (\text{LPP} \times \text{B} \times \text{T})$			0,70

**Tabel 4.25** Volume ( $\nabla$ ) dan CB pada garis air 2 s/d 4

WL	Simpson	Aw	Vol. Prod.
			simpson x Aw
2	1	1944,112	1944,112
3	4	1999,970	7999,879
4	1	2039,557	2039,557
$\Sigma$			11983,549
Volume = $\frac{1}{3} \times hwl \times \Sigma$			3579,419
$\nabla =$			6814,842
Cb = $\nabla / (LPP \times B \times T)$			0,74

**Tabel 4.26** Volume ( $\nabla$ ) dan CB pada garis air 4 s/d 6

WL	Simpson	Aw	Vol. Prod.
			simpson x Aw
4	1	2039,557	2039,557
5	4	2073,976	8295,906
6	1	2110,844	2110,844
$\Sigma$			12446,306
Volume = $\frac{1}{3} \times hwl \times \Sigma$			3717,642
$\nabla =$			10532,484
Cb = $\nabla / (LPP \times B \times T)$			0,76

**Tabel 4.27** Volume ( $\nabla$ ) dan CB pada garis air 6 s/d 8

WL	Simpson	Aw	Vol. Prod.
			simpson x Aw
6	1	2110,844	2110,844
7	4	2151,067	8604,269
8	1	2195,225	2195,225
$\Sigma$			12910,338
Volume = $\frac{1}{3} \times hwl \times \Sigma$			3856,246
$\nabla =$			14388,730
Cb = $\nabla / (LPP \times B \times T)$			0,78

**Tabel 4.28** Volume ( $\nabla$ ) dan CB pada garis air 8 s/d 10

WL	Simpson	Aw	Vol. Prod.
			simpson x Aw
8	1	2195,225	2195,225
9	4	2246,243	8984,974
10	1	2293,774	2293,774
$\Sigma$			13473,973
Volume = $\frac{1}{3} \times hwl \times \Sigma$			4024,600
$\nabla =$			18413,331
Cb = $\nabla / (LPP \times B \times T)$			0,796

5. Menghitung nilai OB. Didapatkan nilainya seperti tabel dibawah ini:

**Tabel 4.29** OB pada garis air 0 s/d 2

STATION	SIMPSON	LEVERS	1/2 ORDINAT						FUNGSI	LUAS (As)	Volume Product	MOMEN PRODUCT
			GA 0		GA 1		GA 2		1/2 ORDINAT			
			1	4	4	1	7 = 4+5+6	$2 \times 1/3 \times h \times w \times \Sigma$	(As x simpson)			
1	2	3	4	5	6	7	8	9 = 2 x 8	10 = 3 x 9			
AP	1	-10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	4	-9	0,249	0,249	0,639	2,556	0,731	0,731	3,536	2,112	8,449	-76,045
2	2	-8	0,642	0,642	1,973	7,892	2,408	2,408	10,942	6,537	13,073	-104,586
3	4	-7	2,041	2,041	3,862	15,45	4,648	4,648	22,137	13,224	52,898	-370,283
4	2	-6	3,987	3,987	5,933	23,73	6,895	6,895	34,614	20,678	41,356	-248,136
5	4	-5	5,721	5,721	7,646	30,58	8,498	8,498	44,803	26,765	107,059	-535,296
6	2	-4	6,979	6,979	8,836	35,34	9,46	9,46	51,783	30,935	61,869	-247,477
7	4	-3	7,729	7,729	9,498	37,99	9,932	9,932	55,653	33,246	132,986	-398,958
8	2	-2	8,305	8,305	9,87	39,48	10,135	10,135	57,92	34,601	69,202	-138,403
9	4	-1	8,8	8,8	10,14	40,54	10,135	10,135	59,475	35,530	142,119	-142,119
10	2	0	8,8	8,8	10,14	40,54	10,135	10,135	59,475	35,530	71,059	0,000
11	4	1	8,8	8,8	10,14	40,54	10,135	10,135	59,475	35,530	142,119	142,119
12	2	2	8,8	8,8	10,14	40,54	10,135	10,135	59,475	35,530	71,059	142,119
13	4	3	8,8	8,8	10,14	40,54	10,135	10,135	59,475	35,530	142,119	426,356
14	2	4	8,691	8,691	10,01	40,03	10,135	10,135	58,858	35,161	70,322	281,289
15	4	5	8,574	8,574	9,906	39,62	10,081	10,081	58,279	34,815	139,261	696,304
16	2	6	8,206	8,206	9,578	38,31	9,925	9,925	56,443	33,718	67,437	404,621
17	4	7	6,379	6,379	8,264	33,06	8,935	8,935	48,37	28,896	115,583	809,080
18	2	8	3,61	3,61	5,864	23,46	6,717	6,717	33,783	20,182	40,363	322,905
19	4	9	0,92	0,92	2,611	10,44	3,201	3,201	14,565	8,70096837	34,803873	313,234861
FP	1	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b><math>\Sigma</math></b>											<b>1523,14</b>	<b>1276,725</b>

OB =	$[\Sigma(10) \times h] / \Sigma(9) =$	5,342	Ton
------	---------------------------------------	-------	-----



**Tabel 4.30** OB pada garis air 2 s/d 4

STATION	SIMPSON	LEVERS	1/2 ORDINAT						FUNGSI	LUAS (As)	Volume Product (As x simpson)	MOMEN PRODUCT (As x simpson)
			GA 2		GA 3		GA 4		1/2			
			1	4	4	5	1	6	$\Sigma$	$2 \times 1/3 \times h \times w \times \Sigma$	$9 = 2 \times 8$	$10 = 3 \times 9$
1	2	3										
AP	1	-10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
1	4	-9	0,731	0,731	0,83	3,32	0,973	0,973	5,024	3,001	12,005	
2	2	-8	2,408	2,408	2,771	11,08	3,159	3,159	16,651	9,947	19,894	
3	4	-7	4,648	4,648	5,261	21,04	5,806	5,806	31,498	18,817	75,266	
4	2	-6	6,895	6,895	7,613	30,45	8,177	8,177	45,524	27,196	54,391	
5	4	-5	8,498	8,498	9,093	36,37	9,544	9,544	54,414	32,506	130,025	
6	2	-4	9,46	9,46	9,839	39,36	10,065	10,065	58,881	35,175	70,350	
7	4	-3	9,932	9,932	10,14	40,54	10,135	10,135	60,607	36,206	144,824	
8	2	-2	10,14	10,14	10,14	40,54	10,135	10,135	60,81	36,327	72,654	
9	4	-1	10,14	10,14	10,14	40,54	10,135	10,135	60,81	36,327	145,309	
10	2	0	10,14	10,14	10,14	40,54	10,135	10,135	60,81	36,327	72,654	
11	4	1	10,14	10,14	10,14	40,54	10,135	10,135	60,81	36,327	145,309	
12	2	2	10,14	10,14	10,14	40,54	10,135	10,135	60,81	36,327	72,654	
13	4	3	10,14	10,14	10,14	40,54	10,135	10,135	60,81	36,327	145,309	
14	2	4	10,14	10,14	10,14	40,54	10,135	10,135	60,81	36,327	72,654	
15	4	5	10,08	10,08	10,14	40,54	10,135	10,135	60,756	36,295	145,180	
16	2	6	9,925	9,925	10,04	40,15	10,096	10,096	60,173	35,947	71,893	
17	4	7	8,935	8,935	9,233	36,93	9,423	9,423	55,29	33,030	132,119	
18	2	8	6,717	6,717	7,204	28,82	7,4751	7,4751	43,0081	25,693	51,385	
19	4	9	3,201	3,201	3,596	14,38	3,843	3,843	21,428	12,801	51,203	
FP	1	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<b><math>\Sigma</math></b>										<b>1685,080</b>	<b>1194,138</b>	

OB =	$[\Sigma(10) \times h_{lpp}] / \Sigma(9) =$	4,516	Ton
------	---	-------	-----

Tabel 4.31 OB pada garis air 4 s/d 6

STATION	SIMPSON	LEVERS	1/2 ORDINAT						FUNGSI	LUAS (As)	Volume Product	MOMEN PRODUCT
			GA 4		GA 5		GA 6		1/2			
			1	4	4	5	1	6	$\Sigma$	$2 \times 1/3 \times h \times w \times \Sigma$	(As x simpson)	(As x simpson)
1	2	3										
AP	1	-10	0	0	0	0	0	0	0,000	0,000	0,000	
1	4	-9	0,973	0,973	1,207	4,828	1,611	1,611	7,412	4,428	-159,402	
2	2	-8	3,159	3,159	3,693	14,77	4,504	4,504	22,435	13,402	-214,439	
3	4	-7	5,806	5,806	6,435	25,74	7,14	7,14	38,686	23,111	-647,096	
4	2	-6	8,177	8,177	8,676	34,7	9,088	9,088	51,969	31,046	-372,548	
5	4	-5	9,544	9,544	9,791	39,16	9,925	9,925	58,633	35,027	-700,534	
6	2	-4	10,07	10,07	10,12	40,47	10,135	10,135	60,672	36,245	-289,958	
7	4	-3	10,14	10,14	10,14	40,54	10,135	10,135	60,81	36,327	-435,927	
8	2	-2	10,14	10,14	10,14	40,54	10,135	10,135	60,81	36,327	-145,309	
9	4	-1	10,14	10,14	10,14	40,54	10,135	10,135	60,81	36,327	-145,309	
10	2	0	10,14	10,14	10,14	40,54	10,135	10,135	60,81	36,327	0,000	
11	4	1	10,14	10,14	10,14	40,54	10,135	10,135	60,81	36,327	145,309	
12	2	2	10,14	10,14	10,14	40,54	10,135	10,135	60,81	36,327	145,309	
13	4	3	10,14	10,14	10,14	40,54	10,135	10,135	60,81	36,327	435,927	
14	2	4	10,14	10,14	10,14	40,54	10,135	10,135	60,81	36,327	290,618	
15	4	5	10,14	10,14	10,14	40,54	10,135	10,135	60,81	36,327	726,544	
16	2	6	10,1	10,1	10,14	40,54	10,135	10,135	60,771	36,304	435,647	
17	4	7	9,423	9,423	9,55	38,2	9,639	9,639	57,262	34,208	136,831	
18	2	8	7,475	7,475	7,623	30,49	7,736	7,736	45,7031	27,303	436,840	
19	4	9	3,843	3,843	3,995	15,98	4,156	4,156	23,979	14,325	515,692	
FP	1	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<b><math>\Sigma</math></b>										<b>1750,151</b>	<b>979,179</b>	

OB =	$[\Sigma(10) \times h \times lpp] / \Sigma(9) =$	3,565	Ton
------	--	-------	-----

Tabel 4.32 OB pada garis air 6 s/d 8

STATION	SIMPSON	LEVERS	1/2 ORDINAT						FUNGSI	LUAS (As)	Volume Product (As x simpson)	MOMEN PRODUCT (As x simpson)
			GA 6		GA 7		GA 8		1/2			
			1	4	4	5	1	6	$\Sigma$	$2 \times 1/3 \times h \times w \times \Sigma$	$9 = 2 \times 8$	$10 = 3 \times 9$
1	2	3		4		5		6	$7 = 4+5+6$	8	$9 = 2 \times 8$	$10 = 3 \times 9$
AP	1	-10	0	0	0	0	0	0	0	0,000	0,000	0,000
1	4	-9	1,611	1,611	2,22	8,88	3,248	3,248	13,739	8,208	32,830	-295,471
2	2	-8	4,504	4,504	5,421	21,68	6,314	6,314	32,502	19,416	38,833	-310,661
3	4	-7	7,14	7,14	7,892	31,57	8,486	8,486	47,194	28,193	112,773	-789,409
4	2	-6	9,088	9,088	9,432	37,73	9,697	9,697	56,513	33,760	67,520	-405,123
5	4	-5	9,925	9,925	10,02	40,08	10,135	10,135	60,144	35,929	143,717	-718,587
6	2	-4	10,14	10,14	10,14	40,54	10,135	10,135	60,81	36,327	72,654	-290,618
7	4	-3	10,14	10,14	10,14	40,54	10,135	10,135	60,81	36,327	145,309	-435,927
8	2	-2	10,14	10,14	10,14	40,54	10,135	10,135	60,81	36,327	72,654	-145,309
9	4	-1	10,14	10,14	10,14	40,54	10,135	10,135	60,81	36,327	145,309	-145,309
10	2	0	10,14	10,14	10,14	40,54	10,135	10,135	60,81	36,327	72,654	0,000
11	4	1	10,14	10,14	10,14	40,54	10,135	10,135	60,81	36,327	145,309	145,309
12	2	2	10,14	10,14	10,14	40,54	10,135	10,135	60,81	36,327	72,654	145,309
13	4	3	10,14	10,14	10,14	40,54	10,135	10,135	60,81	36,327	145,309	435,927
14	2	4	10,14	10,14	10,14	40,54	10,135	10,135	60,81	36,327	72,654	290,618
15	4	5	10,14	10,14	10,14	40,54	10,135	10,135	60,81	36,327	145,309	726,544
16	2	6	10,14	10,14	10,14	40,54	10,135	10,135	60,81	36,327	72,654	435,927
17	4	7	9,639	9,639	9,711	38,84	9,788	9,788	58,271	34,810	139,242	974,692
18	2	8	7,736	7,736	7,843	31,37	7,944	7,944	47,052	28,108	56,217	449,733
19	4	9	4,156	4,156	4,31	17,24	4,466	4,466	25,862	15,450	61,799	556,188
FP	1	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
$\Sigma$										<b>1815,4013</b>	<b>623,8340</b>	

OB =	$[\Sigma(10) \times h] / \Sigma(9) =$	2,190	Ton
------	---------------------------------------	-------	-----

**Tabel 4.33** OB pada garis air 8 s/d 10

STATION	SIMPSON	LEVERS	1/2 ORDINAT						FUNGSI	LUAS (As)	Volume Product	MOMEN PRODUCT
			GA 8		GA 9		GA 10		1/2			
			1	4	4	5	1	6	$\Sigma$	$2 \times 1/3 \times h \times w \times \Sigma$	(As x simpson)	(As x simpson)
1	2	3	4	5	6	7 = 4+5+6	8	9 = 2 x 8	10 = 3 x 9			
AP	1	-10	0	0	1,475	5,9	2,917	2,917	8,817	5,267	5,267	-52,672
1	4	-9	3,248	3,248	4,7	18,8	6,114	6,114	28,162	16,824	67,295	-605,652
2	2	-8	6,314	6,314	7,069	28,28	7,691	7,691	42,281	25,258	50,516	-404,131
3	4	-7	8,486	8,486	8,835	35,34	9,116	9,116	52,942	31,627	126,508	-885,555
4	2	-6	9,697	9,697	9,927	39,71	10,041	10,041	59,446	35,512	71,025	-426,149
5	4	-5	10,14	10,14	10,14	40,54	10,135	10,135	60,81	36,327	145,309	-726,544
6	2	-4	10,14	10,14	10,14	40,54	10,135	10,135	60,81	36,327	72,654	-290,618
7	4	-3	10,14	10,14	10,14	40,54	10,135	10,135	60,81	36,327	145,309	-435,927
8	2	-2	10,14	10,14	10,14	40,54	10,135	10,135	60,81	36,327	72,654	-145,309
9	4	-1	10,14	10,14	10,14	40,54	10,135	10,135	60,81	36,327	145,309	-145,309
10	2	0	10,14	10,14	10,14	40,54	10,135	10,135	60,81	36,327	72,654	0,000
11	4	1	10,14	10,14	10,14	40,54	10,135	10,135	60,81	36,327	145,309	145,309
12	2	2	10,14	10,14	10,14	40,54	10,135	10,135	60,81	36,327	72,654	145,309
13	4	3	10,14	10,14	10,14	40,54	10,135	10,135	60,81	36,327	145,309	435,927
14	2	4	10,14	10,14	10,14	40,54	10,135	10,135	60,81	36,327	72,654	290,618
15	4	5	10,14	10,14	10,14	40,54	10,135	10,135	60,81	36,327	145,309	726,544
16	2	6	10,14	10,14	10,14	40,54	10,135	10,135	60,81	36,327	72,654	435,927
17	4	7	9,788	9,788	9,891	39,56	10,009	10,009	59,361	35,462	141,846	992,925
18	2	8	7,944	7,944	8,052	32,21	8,183	8,183	48,335	28,875	57,750	461,997
19	4	9	4,466	4,466	4,649	18,6	4,839	4,839	27,901	16,668	66,671	600,039
FP	1	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b><math>\Sigma</math></b>										<b>1894,658</b>	<b>116,729</b>	

OB =	$[\Sigma(10) \times h/pp] / \Sigma(9) =$	0,393	Ton
------	--	-------	-----

5. Menghitung nilai WSA dan  $\Delta a$  Didapatkan nilainya seperti tabel dibawah ini:

**Tabel 4.34** Perhitungan WSA dan  $\Delta a$  pada garis air 0 s/d 10

STATION	FAKTOR SIMPSON	GARIS AIR 0 m		s/d GARIS AIR 1 m		s/d GARIS AIR 2 m		s/d GARIS AIR 3 m		s/d GARIS AIR 4 m	
		1/2 Lengk	FUNGSI	1/2 Lengk	FUNGSI	1/2 Lengk	FUNGSI	1/2 Lengk	FUNGSI	1/2 Lengk	FUNGSI
0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	4	0,249	0,996	1,278	5,112	2,179	8,716	3,08	12,32	3,988	15,952
2	2	0,642	1,284	2,31	4,62	3,307	6,614	4,273	8,546	5,25	10,5
3	4	2,041	8,164	4,081	16,324	5,276	21,104	6,362	25,448	7,411	29,644
4	2	3,987	7,974	6,142	12,284	7,46	14,92	8,608	17,216	9,668	19,336
5	4	5,721	22,884	7,854	31,416	9,094	36,376	10,17	40,68	11,175	44,7
6	2	6,979	13,958	9,074	18,148	10,17	20,338	11,143	22,286	12,069	24,138
7	4	7,729	30,916	9,743	38,972	10,75	42,98	12,664	50,656	13,56	54,24
8	2	8,305	16,61	10,177	20,354	11,12	22,232	12,012	24,024	12,908	25,816
9	4	8,8	35,2	10,541	42,164	11,44	45,748	12,333	49,332	13,229	52,916
10	2	8,8	17,6	10,541	21,082	11,44	22,874	12,333	24,666	13,229	26,458
11	4	8,8	35,2	10,541	42,164	11,44	45,748	12,333	49,332	13,229	52,916
12	2	8,8	17,6	10,541	21,082	11,44	22,874	12,333	24,666	13,229	26,458
13	4	8,8	35,2	10,541	42,164	11,44	45,748	12,333	49,332	13,229	52,916
14	2	8,691	17,382	10,36	20,72	11,27	22,548	12,166	24,332	13,062	26,124
15	4	8,574	34,296	10,233	40,932	11,14	44,572	12,037	48,148	12,933	51,732
16	2	8,206	16,412	9,884	19,768	10,85	21,702	11,754	23,508	12,63	25,26
17	4	6,379	25,516	8,483	33,932	9,024	36,096	10,55	42,2	12,186	48,744
18	2	3,61	7,22	6,057	12,114	7,3	14,6	8,321	16,642	9,258	18,516
19	4	0,92	3,68	2,856	11,424	3,921	15,684	4,911	19,644	5,912	23,648
20	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
$\Sigma$			348,092		454,776		511,474		572,978		630,01

s/d GARIS AIR 5 m		s/d GARIS AIR 6 m		s/d GARIS AIR 7 m		s/d GARIS AIR 8 m		s/d GARIS AIR 9 m		s/d GARIS AIR 10 m	
1/2 Lengk	FUNGSI	1/2 Lengk	FUNGSI	1/2 Lengk	FUNGSI	1/2 Lengk	FUNGSI	1/2 Lengk	FUNGSI	1/2 Lengk	FUNGSI
0	0	0	0	0	0	0	0	1,725	1,725	3,423	3,423
4,914	19,656	5,899	23,596	6,983	27,932	8,352	33,408	10,08	40,32	11,734	46,936
6,295	12,59	7,473	14,946	8,787	17,574	10,052	20,104	11,222	22,444	12,315	24,63
8,506	34,024	9,646	38,584	10,816	43,264	11,893	47,572	12,857	51,428	13,794	55,176
10,693	21,386	11,682	23,364	12,64	25,28	13,574	27,148	14,492	28,984	15,396	30,792
12,105	48,42	13,011	52,044	13,913	55,652	14,813	59,252	15,701	62,804	16,597	66,388
12,967	25,934	13,854	27,708	14,75	29,5	15,646	31,292	16,542	33,084	17,434	34,868
14,456	57,824	15,352	61,408	16,248	64,992	17,144	68,576	17,04	68,16	17,936	71,744
13,804	27,608	14,7	29,4	15,596	31,192	16,492	32,984	17,383	34,766	18,279	36,558
14,125	56,5	15,021	60,084	15,917	63,668	16,813	67,252	17,709	70,836	18,601	74,404
14,125	28,25	15,021	30,042	15,917	31,834	16,813	33,626	17,709	35,418	18,601	37,202
14,125	56,5	15,021	60,084	15,917	63,668	16,813	67,252	17,709	70,836	18,601	74,404
14,125	28,25	15,021	30,042	15,917	31,834	16,813	33,626	17,709	35,418	18,601	37,202
14,125	56,5	15,021	60,084	15,917	63,668	16,813	67,252	17,709	70,836	18,601	74,404
13,958	27,916	14,854	29,708	15,75	31,5	16,646	33,292	17,542	35,084	18,441	36,882
13,829	55,316	14,725	58,9	15,621	62,484	16,517	66,068	17,413	69,652	18,309	73,236
13,536	27,072	14,432	28,864	15,328	30,656	16,224	32,448	17,12	34,24	18,016	36,032
12,371	49,484	13,271	53,084	14,169	56,676	15,069	60,276	15,972	63,888	16,875	67,5
10,167	20,334	11,07	22,14	11,972	23,944	12,874	25,748	13,777	27,554	14,68	29,36
6,75	27	7,661	30,644	8,57	34,28	9,479	37,916	10,394	41,576	11,31	45,24
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
$\Sigma$		680,564	734,726		789,598		845,092		899,053		956,381

**Tabel 4.35** Hasil WSA dan  $\Delta a$  pada garis air 0 s/d 10

Garis Air	Permukaan basah ( $m^2$ )	Faktor Kulit	$\Delta$ Kulit
	$2/3 \times h \times \Sigma$		
1	2	3	$4=2 \times 3$
0	1478,823	0,023	33,499
s/d 1	1932,055	0,023	43,766
s/d 2	2172,929	0,023	49,222
s/d 3	2434,221	0,023	55,141
s/d 4	2676,531	0,023	60,630
s/d 5	2891,286	0,023	65,495
s/d 6	3121,386	0,023	70,707
s/d 7	3354,502	0,023	75,988
s/d 8	3590,261	0,023	81,328
s/d 9	3819,507	0,023	86,521
s/d 10	4063,058	0,023	92,038

6. Menghitung nilai  $A_m$ . Didapatkan nilainya seperti tabel dibawah ini:

**Tabel 4.36** Hasil  $A_m$  pada garis air 0 s/d 2

GARIS AIR	1/2 ORDINAT	SIMPSON	FUNGSI PRODUCT
0	8,8	1	8,8
1	10,135	4	40,54
2	10,135	1	10,135
$\Sigma$			59,475
Luas = $2 \times 1/3 \times hwl \times \Sigma$			35,530
$A_m =$			35,530

**Tabel 4.37** Hasil  $A_m$  pada garis air 2 s/d 4

GARIS AIR	FUNGSI	SIMPSON	FUNGSI PRODUCT
2	10,135	1	10,135
3	10,135	4	40,54
4	10,135	1	10,135
$\Sigma$			60,81
Luas = $2 \times 1/3 \times hwl \times \Sigma$			36,327
$A_m =$			71,857

**Tabel 4.38** Hasil Am pada garis air 4 s/d 6

GARIS AIR	FUNGSI	SIMPSON	FUNGSI PRODUCT
4	10,135	1	10,135
5	10,135	4	40,54
6	10,135	1	10,135
$\Sigma$			60,81
Luas = $2 \times 1/3 \times hwl \times \Sigma$			36,32721499
Am =			108,184

**Tabel 4.39** Hasil Am pada garis air 6 s/d 8

GARIS AIR	FUNGSI	SIMPSON	FUNGSI PRODUCT
6	10,135	1	10,135
7	10,135	4	40,54
8	10,135	1	10,135
$\Sigma$			60,81
Luas = $2 \times 1/3 \times hwl \times \Sigma$			36,32721499
Am =			144,511

**Tabel 4.40** Hasil Am pada garis air 8 s/d 10

GARIS AIR	FUNGSI	SIMPSON	FUNGSI PRODUCT
8	10,135	1	10,135
9	10,135	4	40,54
10	10,135	1	10,135
$\Sigma$			60,81
Luas = $2 \times 1/3 \times hwl \times \Sigma$			36,32721499
Am =			180,839

7. Menghitung nilai TPC, MTC, CM, CW, CP, *Displacement* ( $\Delta$ ). Didapatkan nilainya seperti tabel dibawah ini:

**Tabel 4.41** TPC, MTC, CM, CW, CP pada garis air 0 s/d 10

TPC	MTC	CM	CW	CP	$\Delta$ Bersih (tanpa kulit dll)
Ton/cm	Ton-m/cm	-	-	-	Ton
$\frac{Aw \times 1,025}{100}$	$\frac{IL(F) \times 1,025}{100 \times LPP}$	$\frac{Am}{B \times T}$	$\frac{Aw}{LPP \times B}$	CB/CM	$\nabla \times 1,025$
15,158	81,486	0,000	0,573	0,000	0,000
19,927	131,706	0,978	0,753	0,714	3316,309
20,905	147,218	0,989	0,790	0,744	6985,213
21,636	161,351	0,993	0,817	0,764	10795,796
22,501	179,797	0,995	0,850	0,781	14748,448
23,524	204,619	0,996	0,888	0,799	18873,664
					$\Delta$

8. Menghitung nilai BMT, KMT, BML, KML. Didapatkan nilainya seperti tabel dibawah ini:

**Tabel 4.41** BMT, KMT, BML, KML pada garis air 0 s/d 10

BMT	KMT	BML	KML
m	m	m	m
$\frac{IT \times 1,025}{\Delta}$	KB + BMT	$\frac{IL(F) \times 1,025}{\Delta}$	KB + BML
0,000	0,000	0,000	0,000
17,283	18,218	506,167	507,101
8,904	11,599	268,611	271,306
6,035	10,521	190,485	194,971
4,639	10,918	155,374	161,653
3,807	11,878	138,173	146,245



## 9. Koreksi Kurva Hidrostatik

Dalam buku “Prinsip Merancang Kapal hal.51” karya Dr. Ir. Marcus Alberth Talahatu, M.T. caranya adalah sebagai berikut :

- Volume *Displacement* ( $\nabla$ )

$$\text{Syarat} = \text{Koreksi} \leq 0,5\%$$

$$\text{Koreksi} = \left| \frac{\nabla_{\text{Hitungan}} - \nabla_{\text{Hidrostatik}}}{\nabla_{\text{Hitungan}}} \right| \times 100$$

Dimana:

$$\begin{aligned} \nabla_{\text{Hitungan}} &= L_{pp} \times B \times T \times C_b \\ &= 127,451 \times 20,27 \times 8,96 \times 0,796 \\ &= 18413,8 \end{aligned}$$

Maka:

$$\begin{aligned} \text{Koreksi} &= \left| \frac{18413,8 - 18413,331}{18413,8} \right| \times 100 \\ &= 0,0027 \% \text{ (Memenuhi)} \end{aligned}$$

- *Displacement* ( $\Delta$ )

$$\text{Syarat} = \text{Koreksi} \leq 0,5\%$$

$$\begin{aligned} \text{Koreksi} &= \left| \frac{\Delta_{\text{Hitungan}} - \Delta_{\text{Hidrostatik}}}{\Delta_{\text{Hitungan}}} \right| \times 100 \\ &= \left| \frac{18874,15 - 18873,664}{18874,15} \right| \times 100 \\ &= 0,0025 \% \text{ (Memenuhi)} \end{aligned}$$

10. Mengumpulkan hasil perhitungan kurva hidrostatik

**Tabel 4.41** Hasil perhitungan kurva hidrostatik pada garis air 0 s/d 10

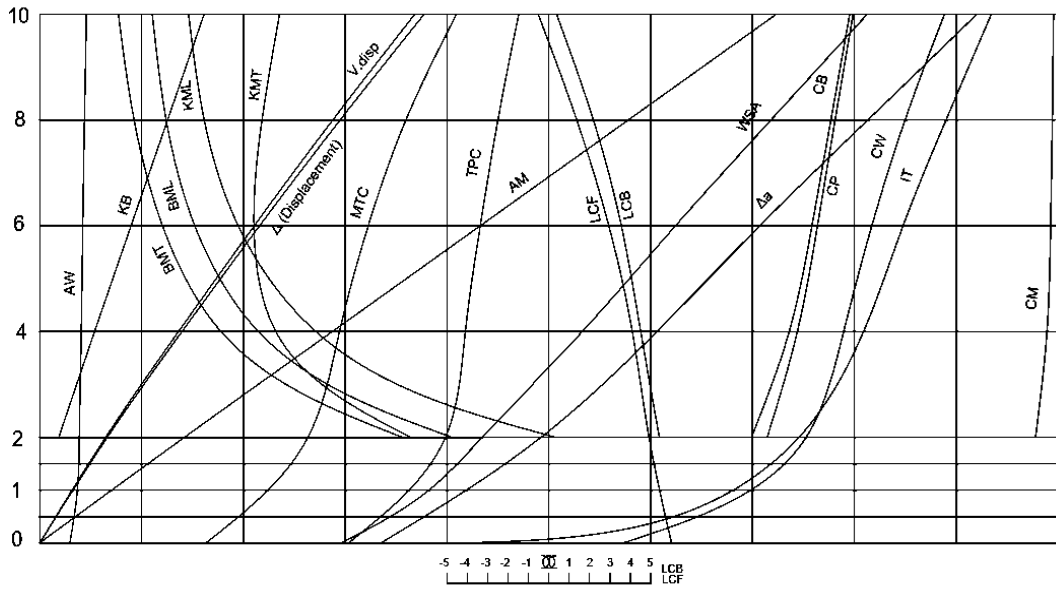
Aw	TPC	$\Delta$	$\nabla$	$\Delta a$
1478,823	15,158	0,000	0,000	33,499
1944,112	19,927	3316,309	3235,423	49,222
2039,557	20,905	6985,213	6814,842	60,630
2110,844	21,636	10795,796	10532,484	70,707
2195,225	22,501	14748,448	14388,730	81,328
2295,002	23,524	18873,664	18413,331	92,038

BMT	KMT	BML	KML	MTC
0,000	0,000	0,000	0,000	81,486
17,283	18,218	506,167	507,101	131,706
8,904	11,599	268,611	271,306	147,218
6,035	10,521	190,485	194,971	161,351
4,639	10,918	155,374	161,653	179,797
3,807	11,878	138,173	146,245	204,619

Cw	Cm	CB	CP	KB
0,573	0,000	0,000	0,000	0,000
0,753	0,978	0,699	0,714	0,935
0,790	0,989	0,736	0,744	1,853
0,817	0,993	0,758	0,764	2,766
0,850	0,995	0,777	0,781	3,675
0,888	0,996	0,796	0,799	4,583

OB(LCB)	OF	AM	IT	WSA
0,000	6,029	0,000	30528,633	1478,823
5,342	4,926	35,530	55918,909	2172,929
4,516	4,102	71,857	60680,004	2676,531
3,565	2,951	108,184	63568,399	3121,386
2,190	1,377	144,511	66755,872	3590,261
0,393	-0,485	180,839	70081,439	4063,058

## 11. Penggambaran Kurva Hidrostatik



**Gambar 4.15** Kurva Hidrostatik Rancangan Kapal

#### 4.2.2.2 Kurva Bonjean

Kurva *Bonjean* adalah kurva yang menunjukkan luasan tiap stasion sebagai fungsi dari sarat air. Berikut merupakan langkah-langkah untuk membuat kurva bonjean:

1. Mengukur *offset section-section* kapal tiap sarat air (*waterline*)

**Tabel 4.42** *offset section-section* pada garis air 0 s/d 12

STATION	1/2 WATER LINES												
	WL 0	WL 1	WL 2	WL 3	WL 4	WL 5	WL 6	WL 7	WL 8	WL 9	WL 10	WL 11	WL 12
AP	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,475	3,206	4,888	5,794
1	0,249	0,639	0,731	0,83	0,973	1,207	1,611	2,22	3,248	4,7	6,114	7,386	7,941
2	0,642	1,973	2,408	2,771	3,159	3,693	4,504	5,421	6,314	7,069	7,691	8,37	8,713
3	2,041	3,862	4,648	5,261	5,806	6,435	7,14	7,892	8,486	8,835	9,116	9,373	9,607
4	3,987	5,933	6,895	7,613	8,177	8,676	9,088	9,432	9,697	9,927	10,041	10,098	10,135
5	5,721	7,646	8,498	9,093	9,544	9,791	9,925	10,021	10,135	10,135	10,135	10,135	10,135
6	6,979	8,836	9,46	9,839	10,065	10,118	10,135	10,135	10,135	10,135	10,135	10,135	10,135
7	7,729	9,498	9,932	10,135	10,135	10,135	10,135	10,135	10,135	10,135	10,135	10,135	10,135
8	8,305	9,87	10,135	10,135	10,135	10,135	10,135	10,135	10,135	10,135	10,135	10,135	10,135
9	8,800	10,135	10,135	10,135	10,135	10,135	10,135	10,135	10,135	10,135	10,135	10,135	10,135
10	8,800	10,135	10,135	10,135	10,135	10,135	10,135	10,135	10,135	10,135	10,135	10,135	10,135
11	8,800	10,135	10,135	10,135	10,135	10,135	10,135	10,135	10,135	10,135	10,135	10,135	10,135
12	8,800	10,135	10,135	10,135	10,135	10,135	10,135	10,135	10,135	10,135	10,135	10,135	10,135
13	8,800	10,135	10,135	10,135	10,135	10,135	10,135	10,135	10,135	10,135	10,135	10,135	10,135
14	8,691	10,008	10,135	10,135	10,135	10,135	10,135	10,135	10,135	10,135	10,135	10,135	10,135
15	8,574	9,906	10,081	10,135	10,135	10,135	10,135	10,135	10,135	10,135	10,135	10,135	10,135
16	8,206	9,578	9,925	10,038	10,096	10,135	10,135	10,135	10,135	10,135	10,135	10,135	10,135
17	6,379	8,264	8,935	9,233	9,423	9,55	9,639	9,711	9,788	9,891	10,009	10,135	10,135
18	3,610	5,864	6,717	7,204	7,4751	7,623	7,736	7,843	7,944	8,052	8,183	8,473	9,047
19	0,920	2,611	3,201	3,596	3,843	3,995	4,156	4,31	4,466	4,649	4,839	5,232	5,719
FP	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,309	0,629

2. Melakukan perhitungan luas *section* tiap 3 *waterline*

**Tabel 4.43** Luas *section* pada garis air 0 s/d 2

STATION	SIMPSON	Lengan momen	WL 0		WL 1		WL 2		Fungsi 1/2 Ordinats	Luas
			1/2 Ordinats		1/2 Ordinats		1/2 Ordinats			
			1	4	4	5	1	6		
1	2	3		4		5		6	7=4+5+6	$2 \times \frac{1}{3} \times hwl \times \Sigma$
AP	1	-10	0	0	0	0	0	0	0	0,000
1	4	-9	0,249	0,249	0,639	2,556	0,731	0,731	3,536	2,112
2	2	-8	0,642	0,642	1,973	7,892	2,408	2,408	10,942	6,537
3	4	-7	2,041	2,041	3,862	15,448	4,648	4,648	22,137	13,224
4	2	-6	3,987	3,987	5,933	23,732	6,895	6,895	34,614	20,678
5	4	-5	5,721	5,721	7,646	30,584	8,498	8,498	44,803	26,765
6	2	-4	6,979	6,979	8,836	35,344	9,46	9,46	51,783	30,935
7	4	-3	7,729	7,729	9,498	37,992	9,932	9,932	55,653	33,246
8	2	-2	8,305	8,305	9,87	39,48	10,135	10,135	57,92	34,601
9	4	-1	8,8	8,8	10,135	40,54	10,135	10,135	59,475	35,530
10	2	0	8,8	8,8	10,135	40,54	10,135	10,135	59,475	35,530
11	4	1	8,8	8,8	10,135	40,54	10,135	10,135	59,475	35,530
12	2	2	8,8	8,8	10,135	40,54	10,135	10,135	59,475	35,530
13	4	3	8,8	8,8	10,135	40,54	10,135	10,135	59,475	35,530
14	2	4	8,691	8,691	10,008	40,032	10,135	10,135	58,858	35,161
15	4	5	8,574	8,574	9,906	39,624	10,081	10,081	58,279	34,815
16	2	6	8,206	8,206	9,578	38,312	9,925	9,925	56,443	33,718
17	4	7	6,379	6,379	8,264	33,056	8,935	8,935	48,37	28,896
18	2	8	3,61	3,61	5,864	23,456	6,717	6,717	33,783	20,182
19	4	9	0,92	0,92	2,611	10,444	3,201	3,201	14,565	8,701
FP	1	10	0	0	0	0	0	0	0	0,000

**Tabel 4.44** Luas section pada garis air 2 s/d 4

STATION	SIMPSO N	Lengan momen	WL 2		WL 3		WL 4		Fungsi 1/2 Ordinat	Luas
			1/2 Ordinat		1/2 Ordinat		1/2 Ordinat			
			1		4		1			
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>		<b>4</b>		<b>5</b>		<b>6</b>	$7=4+5+6$	$2 \times 1/3 \times hwl \times \Sigma$
AP	1	-10	0	0	0	0	0	0	0	0,000
1	4	-9	0,731	0,731	0,83	3,32	0,973	0,973	5,024	3,001
2	2	-8	2,408	2,408	2,771	11,084	3,159	3,159	16,651	9,947
3	4	-7	4,648	4,648	5,261	21,044	5,806	5,806	31,498	18,817
4	2	-6	6,895	6,895	7,613	30,452	8,177	8,177	45,524	27,196
5	4	-5	8,498	8,498	9,093	36,372	9,544	9,544	54,414	32,506
6	2	-4	9,46	9,46	9,839	39,356	10,065	10,065	58,881	35,175
7	4	-3	9,932	9,932	10,135	40,54	10,135	10,135	60,607	36,206
8	2	-2	10,135	10,135	10,135	40,54	10,135	10,135	60,81	36,327
9	4	-1	10,135	10,135	10,135	40,54	10,135	10,135	60,81	36,327
10	2	0	10,135	10,135	10,135	40,54	10,135	10,135	60,81	36,327
11	4	1	10,135	10,135	10,135	40,54	10,135	10,135	60,81	36,327
12	2	2	10,135	10,135	10,135	40,54	10,135	10,135	60,81	36,327
13	4	3	10,135	10,135	10,135	40,54	10,135	10,135	60,81	36,327
14	2	4	10,135	10,135	10,135	40,54	10,135	10,135	60,81	36,327
15	4	5	10,081	10,081	10,135	40,54	10,135	10,135	60,756	36,295
16	2	6	9,925	9,925	10,038	40,152	10,096	10,096	60,173	35,947
17	4	7	8,935	8,935	9,233	36,932	9,423	9,423	55,29	33,030
18	2	8	6,717	6,717	7,204	28,816	7,4751	7,4751	43,0081	25,693
19	4	9	3,201	3,201	3,596	14,384	3,843	3,843	21,428	12,801
FP	1	10	0	0	0	0	0	0	0	0,000

**Tabel 4.45** Luas *section* pada garis air 4 s/d 6

STATION	SIMPSON	Lengan momen	WL 4		WL 5		WL 6		Fungsi 1/2 Ordinat	Luas
			1/2 Ordinat		1/2 Ordinat		1/2 Ordinat			
			1	4	4	5	1	6		
1	2	3		4		5		6	7=4+5+6	$2 \times 1/3 \times hwl \times \Sigma$
AP	1	-10	0	0	0	0	0	0	0,000	0,000
1	4	-9	0,973	0,973	1,207	4,828	1,611	1,611	7,412	4,428
2	2	-8	3,159	3,159	3,693	14,772	4,504	4,504	22,435	13,402
3	4	-7	5,806	5,806	6,435	25,74	7,14	7,14	38,686	23,111
4	2	-6	8,177	8,177	8,676	34,704	9,088	9,088	51,969	31,046
5	4	-5	9,544	9,544	9,791	39,164	9,925	9,925	58,633	35,027
6	2	-4	10,065	10,065	10,118	40,472	10,135	10,135	60,672	36,245
7	4	-3	10,135	10,135	10,135	40,54	10,135	10,135	60,810	36,327
8	2	-2	10,135	10,135	10,135	40,54	10,135	10,135	60,810	36,327
9	4	-1	10,135	10,135	10,135	40,54	10,135	10,135	60,810	36,327
10	2	0	10,135	10,135	10,135	40,54	10,135	10,135	60,810	36,327
11	4	1	10,135	10,135	10,135	40,54	10,135	10,135	60,810	36,327
12	2	2	10,135	10,135	10,135	40,54	10,135	10,135	60,810	36,327
13	4	3	10,135	10,135	10,135	40,54	10,135	10,135	60,810	36,327
14	2	4	10,135	10,135	10,135	40,54	10,135	10,135	60,810	36,327
15	4	5	10,135	10,135	10,135	40,54	10,135	10,135	60,810	36,327
16	2	6	10,096	10,096	10,135	40,54	10,135	10,135	60,771	36,304
17	4	7	9,423	9,423	9,55	38,2	9,639	9,639	57,262	34,208
18	2	8	7,4751	7,4751	7,623	30,492	7,736	7,736	45,703	27,303
19	4	9	3,843	3,843	3,995	15,98	4,156	4,156	23,979	14,325
FP	1	10	0	0	0	0	0	0	0,000	0,000

**Tabel 4.46** Luas section pada garis air 6 s/d 8

STATION	SIMPSON	Lengan momen	WL 6		WL 7		WL 8		Fungsi 1/2 Ordinats	Luas
			1/2 Ordinats		1/2 Ordinats		1/2 Ordinats			
			1		4		1			
1	2	3	4	5	6	7=4+5+6	$2 \times \frac{1}{3} \times hwl \times \Sigma$			
AP	1	-10	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1	4	-9	1,611	1,611	2,220	8,880	3,248	3,248	13,739	8,208
2	2	-8	4,504	4,504	5,421	21,684	6,314	6,314	32,502	19,416
3	4	-7	7,140	7,140	7,892	31,568	8,486	8,486	47,194	28,193
4	2	-6	9,088	9,088	9,432	37,728	9,697	9,697	56,513	33,760
5	4	-5	9,925	9,925	10,021	40,084	10,135	10,135	60,144	35,929
6	2	-4	10,135	10,135	10,135	40,540	10,135	10,135	60,810	36,327
7	4	-3	10,135	10,135	10,135	40,540	10,135	10,135	60,810	36,327
8	2	-2	10,135	10,135	10,135	40,540	10,135	10,135	60,810	36,327
9	4	-1	10,135	10,135	10,135	40,540	10,135	10,135	60,810	36,327
10	2	0	10,135	10,135	10,135	40,540	10,135	10,135	60,810	36,327
11	4	1	10,135	10,135	10,135	40,540	10,135	10,135	60,810	36,327
12	2	2	10,135	10,135	10,135	40,540	10,135	10,135	60,810	36,327
13	4	3	10,135	10,135	10,135	40,540	10,135	10,135	60,810	36,327
14	2	4	10,135	10,135	10,135	40,540	10,135	10,135	60,810	36,327
15	4	5	10,135	10,135	10,135	40,540	10,135	10,135	60,810	36,327
16	2	6	10,135	10,135	10,135	40,540	10,135	10,135	60,810	36,327
17	4	7	9,639	9,639	9,711	38,844	9,788	9,788	58,271	34,810
18	2	8	7,736	7,736	7,843	31,372	7,944	7,944	47,052	28,108
19	4	9	4,156	4,156	4,310	17,240	4,466	4,466	25,862	15,450
FP	1	10	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000



**Tabel 4.47** Luas section pada garis air 8 s/d 10

STATION	SIMPSON	Lengan momen	WL 8		WL 9		WL 10		Fungsi 1/2 Ordinat	Luas
			1/2 Ordinat		1/2 Ordinat		1/2 Ordinat			
			1		4		1			
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>		<b>4</b>		<b>5</b>		<b>6</b>	<b>7=4+5+6</b>	<b><math>2 \times 1/3 \times hwl \times \Sigma</math></b>
AP	1	-10	0,000	0,000	1,475	5,900	3,206	3,206	9,106	5,440
1	4	-9	3,248	3,248	4,700	18,800	6,114	6,114	28,162	16,824
2	2	-8	6,314	6,314	7,069	28,276	7,691	7,691	42,281	25,258
3	4	-7	8,486	8,486	8,835	35,340	9,116	9,116	52,942	31,627
4	2	-6	9,697	9,697	9,927	39,708	10,041	10,041	59,446	35,512
5	4	-5	10,135	10,135	10,135	40,540	10,135	10,135	60,810	36,327
6	2	-4	10,135	10,135	10,135	40,540	10,135	10,135	60,810	36,327
7	4	-3	10,135	10,135	10,135	40,540	10,135	10,135	60,810	36,327
8	2	-2	10,135	10,135	10,135	40,540	10,135	10,135	60,810	36,327
9	4	-1	10,135	10,135	10,135	40,540	10,135	10,135	60,810	36,327
10	2	0	10,135	10,135	10,135	40,540	10,135	10,135	60,810	36,327
11	4	1	10,135	10,135	10,135	40,540	10,135	10,135	60,810	36,327
12	2	2	10,135	10,135	10,135	40,540	10,135	10,135	60,810	36,327
13	4	3	10,135	10,135	10,135	40,540	10,135	10,135	60,810	36,327
14	2	4	10,135	10,135	10,135	40,540	10,135	10,135	60,810	36,327
15	4	5	10,135	10,135	10,135	40,540	10,135	10,135	60,810	36,327
16	2	6	10,135	10,135	10,135	40,540	10,135	10,135	60,810	36,327
17	4	7	9,788	9,788	9,891	39,564	10,009	10,009	59,361	35,462
18	2	8	7,944	7,944	8,052	32,208	8,183	8,183	48,335	28,875
19	4	9	4,466	4,466	4,649	18,596	4,839	4,839	27,901	16,668
FP	1	10	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

**Tabel 4.48** Luas *section* pada garis air 10 s/d 12

STATION	SIMPSON	Lengan momen	WL 10		WL 11		WL 12		Fungsi 1/2 Ordinats	Luas
			1/2 Ordinats		1/2 Ordinats		1/2 Ordinats			
			1		4		1			
1	2	3	4	5	6	7=4+5+6	$2 \times \frac{1}{3} \times hwl \times \Sigma$			
AP	1	-10	3,206	3,206	4,888	19,552	5,794	5,794	28,552	28,552
1	4	-9	6,114	6,114	7,386	29,544	7,941	7,941	43,599	43,599
2	2	-8	7,691	7,691	8,370	33,480	8,713	8,713	49,884	49,884
3	4	-7	9,116	9,116	9,373	37,492	9,607	9,607	56,215	56,215
4	2	-6	10,041	10,041	10,098	40,392	10,135	10,135	60,568	60,568
5	4	-5	10,135	10,135	10,135	40,540	10,135	10,135	60,810	60,810
6	2	-4	10,135	10,135	10,135	40,540	10,135	10,135	60,810	60,810
7	4	-3	10,135	10,135	10,135	40,540	10,135	10,135	60,810	60,810
8	2	-2	10,135	10,135	10,135	40,540	10,135	10,135	60,810	60,810
9	4	-1	10,135	10,135	10,135	40,540	10,135	10,135	60,810	60,810
10	2	0	10,135	10,135	10,135	40,540	10,135	10,135	60,810	60,810
11	4	1	10,135	10,135	10,135	40,540	10,135	10,135	60,810	60,810
12	2	2	10,135	10,135	10,135	40,540	10,135	10,135	60,810	60,810
13	4	3	10,135	10,135	10,135	40,540	10,135	10,135	60,810	60,810
14	2	4	10,135	10,135	10,135	40,540	10,135	10,135	60,810	60,810
15	4	5	10,135	10,135	10,135	40,540	10,135	10,135	60,810	60,810
16	2	6	10,135	10,135	10,135	40,540	10,135	10,135	60,810	60,810
17	4	7	10,009	10,009	10,135	40,540	10,135	10,135	60,684	60,684
18	2	8	8,183	8,183	8,473	33,892	9,047	9,047	51,122	51,122
19	4	9	4,839	4,839	5,232	20,928	5,719	5,719	31,486	31,486
FP	1	10	0,000	0,000	0,309	1,236	0,000	0,000	1,236	1,236

**Tabel 4.49** Hasi luas *section* pada garis air 0 s/d 12

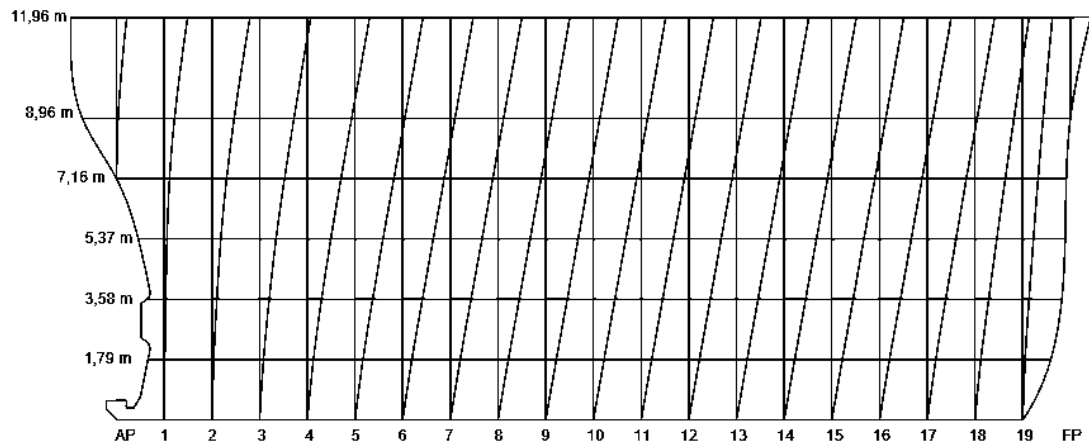
STATION	GARIS AIR					
	0 s/d 2	2 s/d 4	4 s/d 6	6 s/d 8	8 s/d 10	10 s/d 12
AP	0,000	0,000	0,000	0,000	5,267	28,263
1	2,112	3,001	4,428	8,208	16,824	43,599
2	6,537	9,947	13,402	19,416	25,258	49,884
3	13,224	18,817	23,111	28,193	31,627	56,215
4	20,678	27,196	31,046	33,760	35,512	60,568
5	26,765	32,506	35,027	35,929	36,327	60,810
6	30,935	35,175	36,245	36,327	36,327	60,810
7	33,246	36,206	36,327	36,327	36,327	60,810
8	34,601	36,327	36,327	36,327	36,327	60,810
9	35,530	36,327	36,327	36,327	36,327	60,810
10	35,530	36,327	36,327	36,327	36,327	60,810
11	35,530	36,327	36,327	36,327	36,327	60,810
12	35,530	36,327	36,327	36,327	36,327	60,810
13	35,530	36,327	36,327	36,327	36,327	60,810
14	35,161	36,327	36,327	36,327	36,327	60,810
15	34,815	36,295	36,327	36,327	36,327	60,810
16	33,718	35,947	36,304	36,327	36,327	60,810
17	28,896	33,030	34,208	34,810	35,462	60,684
18	20,182	25,693	27,303	28,108	28,875	51,122
19	8,701	12,801	14,325	15,450	16,668	31,486
FP	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	1,236

3. Menjumlahlah luas *section* tiap kenaikan *waterline*

**Tabel 4.50** Hasil penjumlahan luas *section* pada garis air 0 s/d 12

STATION	<b>GARIS AIR</b>					
	0 s/d 2	2 s/d 4	4 s/d 6	6 s/d 8	8 s/d 10	10 s/d 12
AP	0,000	0,000	0,000	0,000	5,267	28,263
1	2,112	3,001	4,428	8,208	16,824	43,599
2	6,537	9,947	13,402	19,416	25,258	49,884
3	13,224	18,817	23,111	28,193	31,627	56,215
4	20,678	27,196	31,046	33,760	35,512	60,568
5	26,765	32,506	35,027	35,929	36,327	60,810
6	30,935	35,175	36,245	36,327	36,327	60,810
7	33,246	36,206	36,327	36,327	36,327	60,810
8	34,601	36,327	36,327	36,327	36,327	60,810
9	35,530	36,327	36,327	36,327	36,327	60,810
10	35,530	36,327	36,327	36,327	36,327	60,810
11	35,530	36,327	36,327	36,327	36,327	60,810
12	35,530	36,327	36,327	36,327	36,327	60,810
13	35,530	36,327	36,327	36,327	36,327	60,810
14	35,161	36,327	36,327	36,327	36,327	60,810
15	34,815	36,295	36,327	36,327	36,327	60,810
16	33,718	35,947	36,304	36,327	36,327	60,810
17	28,896	33,030	34,208	34,810	35,462	60,684
18	20,182	25,693	27,303	28,108	28,875	51,122
19	8,701	12,801	14,325	15,450	16,668	31,486
F	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	1,236

#### 4. Penggambaran kurva Bonjean



**Gambar 4.16** Kurva Bonjean Rancangan Kapal

### 4.2.3 Hambatan, Daya Mesin Dan Propulsi

#### 4.2.3.1 Hambatan

Hambatan kapal adalah gaya yang menahan kapal ketika melaju dengan kecepatan dinasnya. Gaya hambat ini harus dilawan oleh gaya dorong yang dihasilkan oleh mesin kapal agar mendapatkan kecepatan kapal yang direncanakan. Hambatan kapal terdiri dari beberapa komponen, antara lain yaitu:

- Hambatan Gesek

Hambatan gesek ini terjadi karena adanya suatu volume air yang melekat pada badan kapal yang terbentuk pada permukaan bagian yang terendam air dari badan kapal yang sedang bergerak. Perubahan variasi kecepatan zat cair mencerminkan adanya pengaruh intensif gaya-gaya viskositas pada lapisan batas yang menimbulkan tahanan gesek pada lambung kapal tersebut.

- Hambatan Gelombang

Kapal yang bergerak di dalam air akan mengalami hambatan sehingga menyebabkan terbentuknya suatu system gelombang. Sistem gelombang ini terbentuk akibat terjadinya perubahan tekanan air terhadap lambung kapal pada saat kapal bergerak dengan kecepatan tertentu. Energi yang dibutuhkan untuk membentuk system gelombang ini diperoleh dari Gerakan kapal ini sendiri.

Pemindahan energi ini dianggap menggambarkan adanya suatu gaya yang menghambat gerak maju dari kapal dan dianggap sebagai hambatan gelombang.

- Hambatan Bentuk

Hambatan ini terjadi karena adanya partikel-partikel air yang bergerak dalam satuan pusaran. Pusaran ini terjadi karena adanya bentuk yang tidak stream line, bentuk ini terdapat di bagian belakang kapal. Akibat terjadinya arus pusaran ini, pada bagian belakang kapal tekanan yang terjadi tidak dapat mengimbangi tekanan pada bagian depan sehingga timbul suatu gaya yang melawan gerak maju dari kapal.

- Hambatan Udara

Hambatan ini terjadi pada badan kapal yang berada di atas permukaan air. Seperti halnya pada badan kapal yang berada di bawah garis air, maka hambatan udara juga terbagi dua menjadi hambatan gesek dan hambatan bentuk. Kecuali dalam keadaan cuaca buruk maka hambatan udara yang dialami kapal hanya berkisar 2% - 4% dari hambatan total.

- Hambatan Tambahan

Hambatan ini terjadi karena adanya penonjolan daripada alat-alat bantu pada lambung kapal seperti kemudi, lunas sayap, zinc anode, bentuk buritan, dan lain-lain. Besarnya hambatan ini kisaran 10% dari hambatan total.

Berikut merupakan langkah-langkah untuk menghitung hambatan kapal menggunakan rumus *Contour Cr* diagram *Guldhammer & Harvald* pada buku "Hambatan Kapal dan Daya Mesin Penggerak" halaman 94:

1. Menghitung Froude Number (Fn)

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

Dimana:

$$\begin{aligned} Vs &= 13 \text{ knot} \\ &= 6,687 \text{ m/s} \\ Lwl &= 131,275 \text{ m} \\ g &= 9,81 \text{ m/s} \end{aligned}$$

Maka:

$$Fn = \frac{6,687}{\sqrt{9,81 \times 131,275}}$$

$$= 0,186$$

2. Menghitung Reynold Number (Rn)

$$Rn = \frac{Vs \times Lwl}{Vk}$$

Dimana:

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

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

$$Lwl = 131,275 \text{ m}$$

$$Vk = \text{Koefisien Viskositas Kinematik}$$

$$= 1,188 \times 10^{-6}$$

Maka:

$$Rn = \frac{6,687 \times 131,275}{1,188 \times 10^{-6}}$$

$$= 738919128,8$$

3. Menghitung luas permukaan basah total

Berdasarkan data hidrostatis nilai luas permukaan basah adalah 4063,058 m<sup>2</sup>

Maka:

$$S = 4063,058 \text{ m}^2$$

4. Menentukan CR1 dengan menggunakan grafik *Guldhammer-Harvald*

$$\frac{Lwl}{V^{1/3}}$$

Dimana:

$$Lwl = 131,275 \text{ m}$$

$$V = 18413,33 \text{ m}^3 \text{ (Data Hidrostatis)}$$

Maka:

$$\frac{Lwl}{V^{1/3}} = \frac{131,275}{(18413,33)^{1/3}}$$

$$= 4,97$$

Berdasarkan hasil perhitungan diatas maka grafik yang digunakan adalah grafik 4,5 dan grafik 5,0 yang dapat dilihat pada gambar di bawah ini:

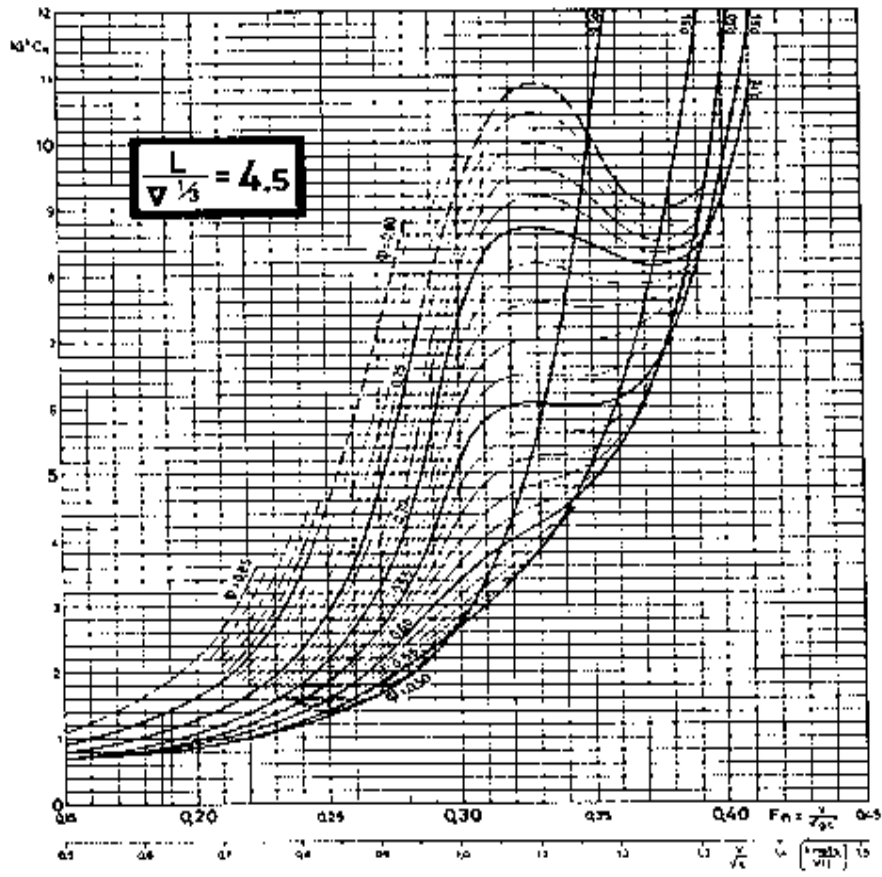
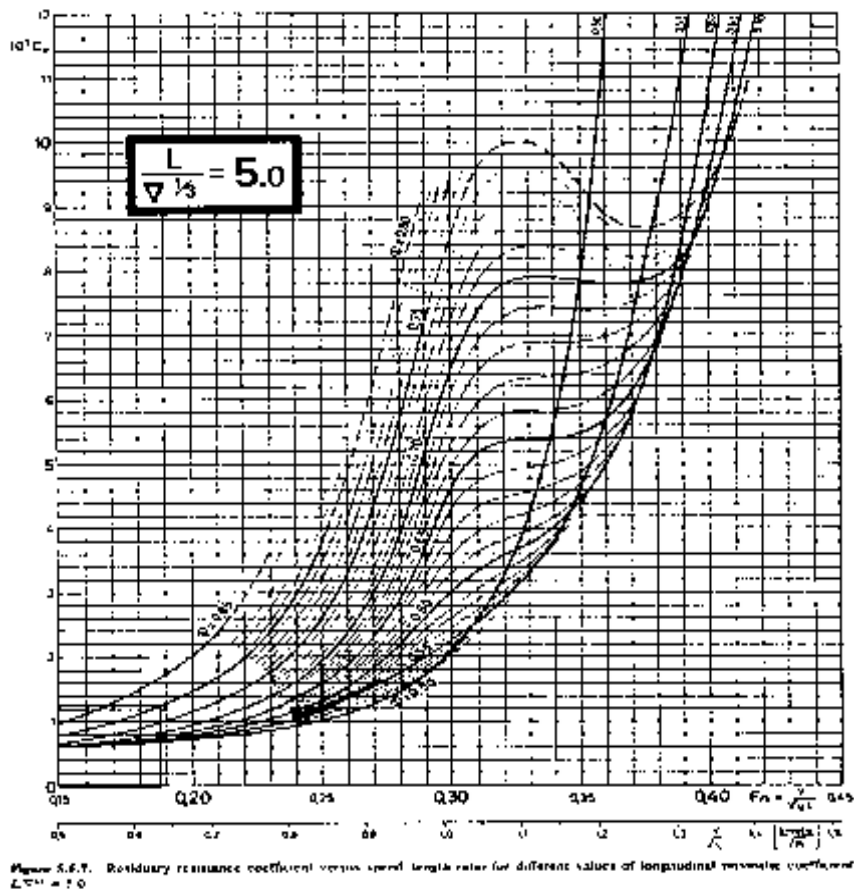


Figure 5.5.4. Residual resistance coefficient versus speed-length ratio for different values of longitudinal prismatic coefficient,  $L/v^{1/3} = 4.5$ .

(Sumber: Buku *Harvald Resistance and Propulsion of Ships*)

**Gambar 4.17** Grafik 4,5 Guldhammer-Harvald





(Sumber: Buku *Harvald Resistance and Propulsion of Ships*)

**Gambar 4.18** Grafik 5,0 *Guldhammer-Harvald*

Dari hasil pembacaan grafik 4,5 dan grafik 5,0. Berikut merupakan hasil  $10^3$  CR yang dapat dilihat pada tabel di bawah ini:

**Tabel 4.51** Hasil  $10^3$  CR pada grafik 4,5

Berdasarkan diagram CR			
$L/V^{1/3}$ (min)	4,5	$10^3$ CR	CR <sub>1</sub>
Fn	0,186	1,39	0,00139
CP	0,804		

**Tabel 4.52** Hasil  $10^3$  CR pada grafik 5,0

Berdasarkan diagram CR			
$L/V^{1/3}$ (max)	5,0	$10^3$ CR	CR <sub>2</sub>
Fn	0,186	1,25	0,00125
CP	0,804		

Untuk mendapatkan nilai CR maka dilakukan perhitungan interpolasi sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 CR_1 &= CR_2 \pm \frac{L/\nabla^{\frac{1}{3}}(\text{max}) - L/\nabla^{\frac{1}{3}}}{L/\nabla^{\frac{1}{3}}(\text{max}) - L/\nabla^{\frac{1}{3}}(\text{min})} (CR_2 - CR_1) \\
 &= 0,00125 \pm \frac{5,0 - 4,7}{5,0 - 4,5} (0,00125 - 0,00139) \\
 &= 1,258 \times 10^{-3}
 \end{aligned}$$

5. Menentukan CR2 tahanan sisa B/T

$$10^3 CR = 0,16 \times \left[ \left( \frac{B}{T} \right) - 2,5 \right]$$

Dimana:

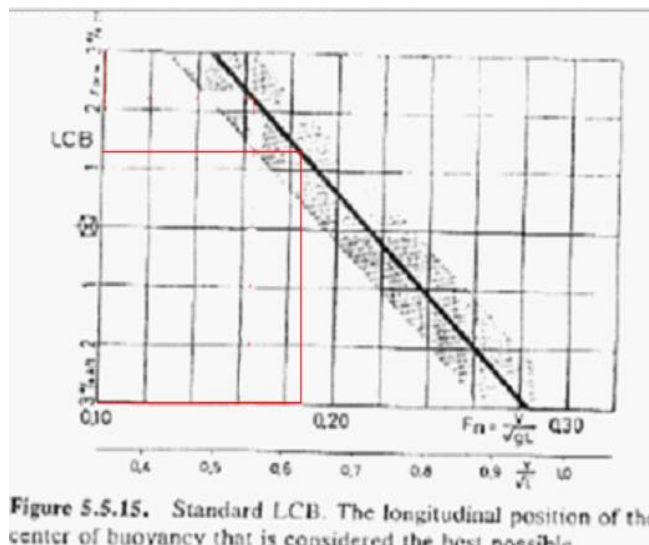
$$\begin{aligned}
 \frac{B}{T} &= \frac{20,27 \text{ m}}{8,96 \text{ m}} \\
 &= 2,262
 \end{aligned}$$

Maka:

$$\begin{aligned}
 10^3 CR &= 0,16 \times [2,262 - 2,5] \\
 CR_2 &= -0,038 \times 10^{-3}
 \end{aligned}$$

6. Menentukan CR3 loreksi letak LCB

Untuk mendapatkan nilai %LCB standar metode ini, maka dapat diperoleh dari gambar grafik dibawah ini:



**Gambar 4.19** Grafik LCB Standar

Harga LCB dihitung dalam % terhadap LWL. Berikut perhitungannya:

$$\%LCB = \frac{LCB}{LWL} \times 100\%$$

Dimana:

$$LCB = 0,393 \text{ m (Data Hidrostatik)}$$

$$LWL = 131,275 \text{ m}$$

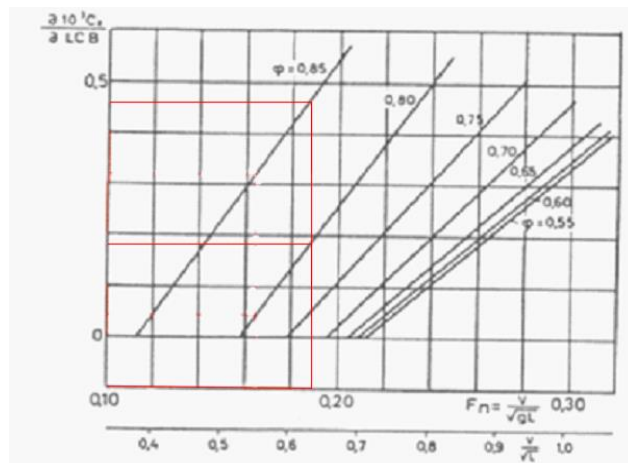
$$\%LCB_{stand} = 1,25 \% \text{ (Dari gambar grafik \%LCB)}$$

Maka:

$$\begin{aligned} \%LCB &= \frac{0,393}{131,275} \times 100\% \\ &= 0,299\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta LCB &= \%LCB - \%LCB_{stand} \\ &= 0,299 - 1,25 \\ &= -0,951 \end{aligned}$$

Karena LCB berada di belakang LCB standard, maka dilakukan koreksi terhadap harga Cr dengan faktor koreksi pada grafik di bawah ini:



(Sumber: Buku *Harvald Resistance and Propulsion of Ships*)

**Gambar 4.20** Grafik Koreksi LCB

**Tabel 4.53** Hasil pembacaan grafik koreksi LCB

Cp		$\frac{\partial 10^3 CR}{\partial LCB}$	
Cp <sub>1</sub>	0,8	a	0,18
Cp	0,804	x	Dihitung
Cp <sub>2</sub>	0,85	b	0,45

Dilakukan perhitungan interpolasi sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \frac{\partial 10^3 CR}{\partial LCB} &= b + \frac{(Cp_2 - Cp)}{(Cp_2 - Cp_1)} x (b - a) \\ &= 0,45 + \frac{(0,85 - 0,804)}{(0,85 - 0,8)} x (0,45 - 0,18) \\ &= 0,202 \end{aligned}$$

Maka:

$$10^3 CR3 = \frac{\partial 10^3 CR}{\partial LCB} x \Delta LCB$$

$$10^3 CR3 = 0,202 x -0,951$$

$$CR3 = -0,191 x 10^{-3}$$

7. Menentukan CR4 koreksi bentuk penampang badan kapal

**Tabel 4.54** Koreksi bentuk penampang badan kapal

Bentuk Penampang Badan Kapal			
Haluan	<i>extreme 'U'</i>	<i>extreme 'V'</i>	x10 <sup>-3</sup>
	-0,1	+0,1	
Buritan	<i>extreme 'U'</i>	<i>extreme 'V'</i>	
	-0,1	+0,1	

Tabel koreksi diatas berlaku untuk Fn = 0,20 ~ 0,25. Dimana nilai Fn kapal rancangan adalah 0,186 maka tidak perlu dilakukan koreksi, maka nilai CR4 = 0.

8. Menentukan CR5 koreksi Bulbous Bow

**Tabel 4.55** Koreksi Bulbous Bow

$\varphi$ \ Fn	0,15	0,18	0,21	0,24	0,27	0,30	0,33	0,36
0,50	-	-	+ 0,2	0	- 0,2	- 0,4	- 0,4	- 0,4
0,60	-	-	+ 0,2	0	- 0,2	- 0,3	- 0,3	-
0,70	-	+ 0,2	0	- 0,2	- 0,3	- 0,3	-	-
0,80	+ 0,1	0	- 0,2	-	-	-	-	-

Nilai F<sub>n</sub> kapal rancangan adalah 0,186 dan nilai C<sub>p</sub> kapal rancangan adalah 0,804.

Maka berdasarkan tabel koreksi diatas maka nilai CR<sub>5</sub> = 0

9. Menentukan CR6 koreksi tahanan bentuk (*Appendages*)

Penambahan bentuk tertentu pada badan kapal, dapat menambah tahanan bagi kapal. Berikut ini daftar tahanan yang diakibatkan bentuk tambahan (*Appendages*).

**Tabel 4.56** Koreksi *Appendages*

<i>Appendages</i>	
<i>Bossing</i>	3% ~ 5%
	diambil 4%
<i>Shaft Bracket</i>	5% ~ 8%
	diambil 7%
Daun Kemudi	tidak ada koreksi
<i>Bilge Keel</i>	tidak ada koreksi

Untuk *Bossing* koreksinya sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Bossing} &= 4\% \times 10^3 \text{CR}_1 \\ &= 4\% \times 1,258 \\ &= 0,05 \end{aligned}$$

Untuk *Shaft Bracket* koreksinya sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Shaft Bracket} &= 7\% \times 10^3 \text{CR}_1 \\ &= 7\% \times 1,258 \\ &= 0,088 \end{aligned}$$

Maka nilai CR<sub>6</sub> sebagai berikut:

$$\begin{aligned} 10^3 \text{CR}_6 &= \text{CR}_{\text{Bossing}} + \text{CR}_{\text{ShaftBracket}} \\ 10^3 \text{CR}_6 &= 0,05 + 0,088 \\ \text{CR}_6 &= 0,138 \times 10^{-3} \end{aligned}$$

10. Menghitung CR<sub>total</sub> (Tahanan Sisa)

**Tabel 4.57** Perhitungan penjumlahan CR<sub>total</sub>

CR <sub>1</sub>	=	$L\bar{V}^{1/3}$	=	1,258	$\times 10^{-3}$
CR <sub>2</sub>	=	B/T	=	-0,03804	$\times 10^{-3}$
CR <sub>3</sub>	=	LCB	=	-0,1916	$\times 10^{-3}$
CR <sub>4</sub>	=	badan kapal	=	0	$\times 10^{-3}$
CR <sub>5</sub>	=	<i>bulbous bow</i>	=	0	$\times 10^{-3}$
CR <sub>6</sub>	=	<i>appendages</i>	=	0,138	$\times 10^{-3}$
CR			=	1,167	$\times 10^{-3}$
10 <sup>3</sup> CR			=	1,167	

Maka ditetapkan nilai 10<sup>3</sup>CR<sub>total</sub> adalah 1,167.

11. Menghitung koefisien CR<sub>resultan</sub> (Tahanan Sisa)

$$\begin{aligned} \text{CR}_{\text{resultan}} &= \frac{10^3 \text{CR}_{\text{total}}}{1000} \\ &= \frac{1,167}{1000} \\ &= 0,00117 \end{aligned}$$

12. Menghitung koefisien CF<sub>resultan</sub> (Tahanan Gesek)

(Sv. Aa Harvald 1992 halaman 118)

$$\begin{aligned} \text{CF}_{\text{resultan}} &= \frac{0,075}{(\log(Rn) - 2)^2} \\ &= \frac{0,075}{(\log(738919128,8) - 2)^2} \\ &= 0,0016 \end{aligned}$$

13. Menghitung koefisien CA<sub>resultan</sub> (Tahanan Tambahan)

**Tabel 4.58** Ketentuan CA *Guldhammer & Harvald*

Keterangan	CA
Lwl ≤ 100 m	$0,4 \times 10^{-3}$
Lwl = 150 m	$0,2 \times 10^{-3}$
Lwl = 200 m	0
Lwl = 250 m	$0,2 \times 10^{-3}$
Lwl = 350 m	$0,3 \times 10^{-3}$

Nilai Lwl kapal rancangan adalah 131,275 m, maka perhitungan CAresultan adalah sebagai berikut:

**Tabel 4.59** Perhitungan CAresultan

LWL		CA	
LWL <sub>1</sub>	100	CA <sub>1</sub>	0,0004
LWL	131,275	CA	Dihitung
LWL <sub>2</sub>	150	CA <sub>2</sub>	0,0002

Untuk mendapatkan nilai CAresultan maka dilakukan perhitungan interpolasi sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{CAresultan} &= \text{CA}_2 + \frac{(\text{LWL}_2 - \text{LWL})}{(\text{LWL}_2 - \text{LWL}_1)} \times (\text{CA}_2 - \text{CA}_1) \\
 &= 0,0004 + \frac{(150 - 131,275)}{(150 - 100)} \times (0,0002 - 0,0004) \\
 &= 0,00027
 \end{aligned}$$

#### 14. Menghitung koefisien CAresultan (Tahan Udara)

Dalam metode *Guldhammer & Harvald* nilai tahanan udara ditetapkan, yaitu CAresultan = 0,00007

#### 15. Menghitung koefisien CASresultan (Tahanan Kemudi)

Dalam metode *Guldhammer & Harvald* nilai tahanan udara ditetapkan, yaitu CASresultan = 0,00004

#### 16. Mengitung koefisien CT (Tahanan Total)

$$\text{CT} = \text{CRresultan} + \text{CFresultan} + \text{CAresultan} + \text{CAAresultan} + \text{CASresultan}$$

Dimana:

**Tabel 4.60** Perhitungan CT

Keterangan	Nilai
CRresultan	0,00117
CFresultan	0,0016
Careultan	0,00027
CAAresultan	0,00007
CASresultan	0,00004

Maka:

$$\begin{aligned}CT &= 0,00117 + 0,0016 + 0,00027 + 0,00007 + 0,00004 \\ &= 0,00314\end{aligned}$$

#### 17. Menghitung nilai RT (Hambatan Total)

Pada perhitungan metode *Guldhammer & Harvald* menggunakan rumus:

$$RT = CT \times \left( \frac{1}{2} \times \rho \times V_s^2 \times S \right)$$

Dimana:

$$\begin{aligned}CT &= 0,00314 \\ \rho &= 1,025 \text{ ton/m}^3 \\ V_s &= 6,687 \text{ m/s} \\ S &= 4063,06 \text{ m}^2 \text{ (Data Hidrostatik)}\end{aligned}$$

Maka:

$$\begin{aligned}RT &= 0,00314 \times \left( \frac{1}{2} \times 1,025 \times 6,687 \times 4063,06 \right) \\ &= 292,5 \text{ kN}\end{aligned}$$

#### 18. Menghitung nilai RTdinas (Hambatan Total Dinas)

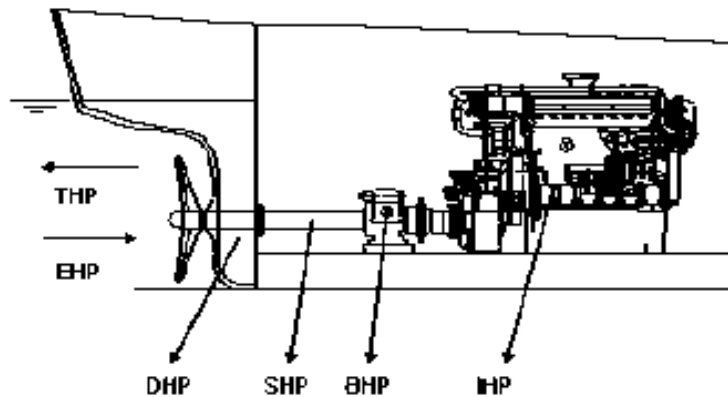
Pada perhitungan metode *Guldhammer & Harvald* menggunakan rumus:

$$\begin{aligned}RT_{dinas} &= RT + 15\% RT \\ &= 292,5 \text{ kN} + 15\% (292,5 \text{ kN}) \\ &= 336,38 \text{ kN}\end{aligned}$$



#### 4.2.3.2 Daya Mesin

Secara umum kapal yang bergerak di media air dengan kecepatan tertentu, maka sudah dapat dipastikan kapal akan mengalami gaya hambat (*resistance*) yang berlawanan dengan arah gerak kapal tersebut. Besarnya gaya hambat yang terjadi harus mampu diatasi oleh gaya dorong kapal (*thrust*) yang dihasilkan dari mesin penggerak utama kapal (*main engine*).



(Sumber: <https://www.google.com/imghp>)

**Gambar 4.21** Sketsa aliran daya mesin utama

#### A. Perhitungan Daya Mesin

Berikut merupakan langkah-langkah perhitungan untuk menentukan mesin yang akan digunakan oleh kapal rancangan:

##### 1. Menghitung *Wake Friction* ( $w$ )

*Wake Friction* ( $w$ ) adalah perbedaan antara kecepatan kapal dengan kecepatan aliran air yang menuju *propeller* kapal. Perbedaan tersebut menghasilkan nilai koefisien yang dihitung sebagai berikut:

$$w = (0,5 \times C_b) - 0,05$$

Dimana:

$$\begin{aligned} C_b &= \text{Koefisien blok} \\ &= 0,796 \end{aligned}$$

Maka:

$$\begin{aligned} w &= (0,5 \times 0,796) - 0,05 \\ &= 0,35 \end{aligned}$$

## 2. Merhitung *Thrust Deduction Factor* (t)

*Thrust Deduction Factor* (t) adalah gaya dorong yang diperlukan untuk menggerakkan kapal, dimana besar gaya dorong harus lebih besar dari besar gaya hambatan kapal. Berikut perhitungannya:

$$t = k \times w$$

Dimana:

$$w = 0,35$$

$$k = 0,7 \sim 0,9$$

= diambil 0,8

Maka:

$$t = 0,8 \times 0,35$$
$$= 0,28$$

## 3. Merhitung *Speed of Advance* (Va)

*Speed of Advance* (Va) adalah akselerasi air di bagian *propeller*, Akselerasi tersebut akan bergerak kurang dari kecepatan kapal. Perhitungannya sebagai berikut:

$$V_a = (1 - w) \times V_s$$

Dimana:

$$w = 0,35$$

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

Maka:

$$V_a = (1 - 0,35) \times 6,687 \text{ m/s}$$
$$= 4,36 \text{ m/s}$$

## 4. Merhitung Efisiensi Propulsif

- Efisiensi Relatif Rotatif ( $\eta_{rr}$ )

Dalam buku "*Principles of Naval Architecture*" halaman 152 karya Edwar V. Lewis tahun 1992. Nilai  $\eta_{rr}$  untuk single screw ship antara 1,02 ~ 1,05. Diambil 1,02, maka ditetapkan:

$$\eta_{rr} = 1,02$$

- Efisiensi Propeller ( $\eta_p$ )

Dalam buku “*Principles of Naval Architecture*” halaman 152 karya Edwar V. Lewis tahun 1992. Nilai  $\eta_p$  untuk single screw ship antara 40% ~ 70%. Diambil 60%, maka ditetapkan:

$$\eta_p = 60\%$$

- Efisiensi Lambung ( $\eta_H$ )

Dalam buku “*Principles of Naval Architecture*” halaman 160 karya Edwar V. Lewis tahun 1992.

$$\begin{aligned}\eta_H &= \frac{1 - t}{1 - w} \\ &= \frac{1 - 0,28}{1 - 0,35} \\ &= 1,107\end{aligned}$$

- Koefisien Propulsi

$$\begin{aligned}P_c &= \eta_{rr} \times \eta_p \times \eta_H \\ &= 1,02 \times 60\% \times 1,107 \\ &= 0,68\end{aligned}$$

## 5. Merhitung Efisiensi Horse Power (EHP)

Efisiensi Horse Power (EHP) adalah daya yang dibutuhkan untuk mengatasi gaya hambat dari lambung, agar kapal bergerak sesuai kecepatan. Berikut perhitungan EHP:

$$EHP = RT_{dinas} \times V_s$$

Dimana

$$RT_{dinas} = 336,38 \text{ kN}$$

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

Maka:

$$\begin{aligned}EHP &= 336,38 \text{ kN} \times 6,687 \text{ m/s} \\ &= 2249,35 \text{ kW} \\ &= 3016,38 \text{ Hp}\end{aligned}$$

## 6. Menghitung Thrust Horse Power (THP)

Thrust Horse Power (THP) adalah daya yang dihasilkan oleh propeller ke air.

Berikut perhitungan THP:

$$THP = \frac{EHP}{\eta_H}$$

Dimana:

$$EHP = 3016,38 \text{ Hp}$$

$$\eta_H = 1,107$$

Maka:

$$\begin{aligned} THP &= \frac{3016,38}{1,107} \\ &= 2725,45 \text{ Hp} \\ &= 2032,37 \text{ kW} \end{aligned}$$

## 7. Menghitung Delivered Horse Power (DHP)

Delivered Horse Power (DHP) adalah daya yang dihasilkan oleh tabung poros plopeller. Berikut perhitungan DHP:

$$DHP = \frac{EHP}{P_c}$$

Dimana:

$$EHP = 3016,38 \text{ Hp}$$

$$P_c = 0,68$$

Maka:

$$\begin{aligned} DHP &= \frac{3016,38 \text{ Hp}}{0,68} \\ &= 4453,34 \text{ Hp} \\ &= 3320,86 \text{ kW} \end{aligned}$$

## 8. Menghitung Shaft Horse Power (SHP)

Shaft Horse Power (SHP) adalah daya yang keluar dari mesin yang sudah tereduksi, dan akan disalurkan ke poros baling-baling, dan nilai kerugian mekanis mencapai 2%, atau transmisi porosnya sebesar 0,98. Berikut Perhitungan SHP:

$$SHP = \frac{DHP}{\eta_{S\eta_b}}$$

Dimana:

$$\text{DHP} = 4453,34 \text{ Hp}$$

$$\eta_{\text{S}\eta_{\text{b}}} = 0,98$$

Maka:

$$\text{SHP} = \frac{4453,34 \text{ Hp}}{0,98}$$

$$= 4544,23 \text{ Hp}$$

$$= 3388,63 \text{ kW}$$

#### 9. Menghitung Power Main Engine (BHP)

Daya main engine (BHP) adalah daya mesin yang nantinya ditransmisikan ke propeller untuk menghasilkan daya dorong sesuai kecepatan kapal yang telah direncanakan. Berikut perhitungan BHP:

- Perhitungan BHPscr

$$\text{BHPscr} = \frac{\text{SHP}}{\eta_{\text{G}}}$$

Dimana:

$$\text{SHP} = 4544,23 \text{ Hp}$$

$$\eta_{\text{G}} = 0,98 \text{ (untuk single reduction gear)}$$

Maka:

$$\text{BHPscr} = \frac{4544,23 \text{ Hp}}{0,98}$$

$$= 4636,97 \text{ Hp}$$

$$= 3457,79 \text{ kW}$$

- Perhitungan BHPmcr

$$\text{BHPmcr} = \frac{\text{BHPscr}}{0,85}$$

Dimana:

$$\text{BHPscr} = 4636,97 \text{ Hp}$$

Maka:

$$\text{BHPmcr} = \frac{4636,97 \text{ Hp}}{0,85}$$

$$= 5455,26 \text{ Hp}$$

$$= 4067,98 \text{ kW}$$

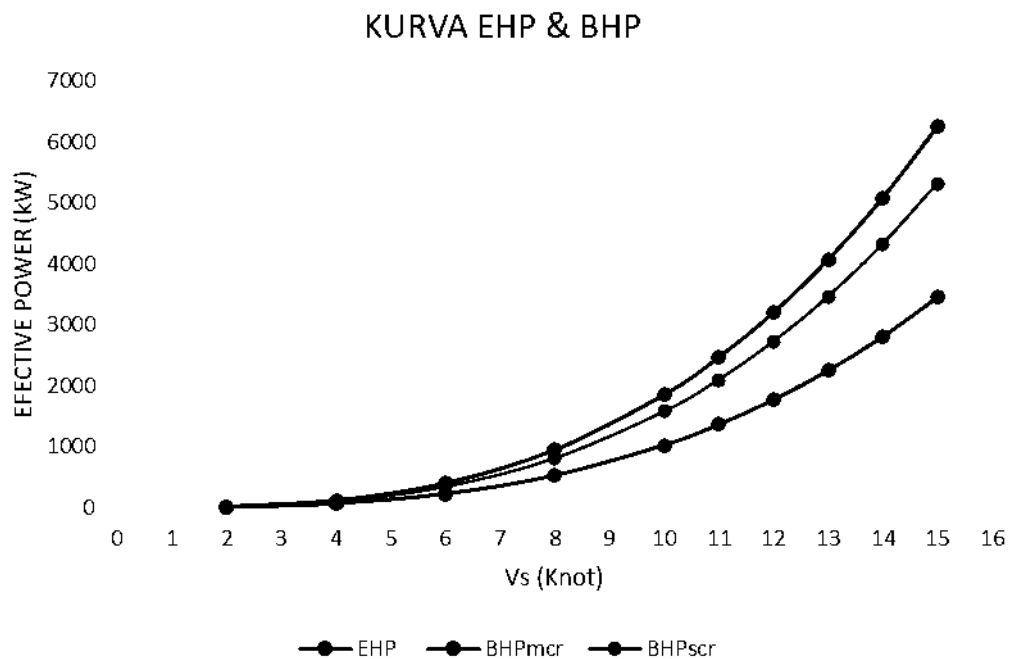
## 10. Kurva Efisiensi Horse Power (EHP) dan Power Main Engine (BHP)

Data BHP dan EHP diatas adalah Power yang dibutuhkan mesin untuk kapal ketika mencapai kecepatan maksimal. Lalu dilakukan percobaan perhitungan dengan menggunakan beberapa kecepatan mulai dari 2 knot, 4 knot, 6 knot, 8 knot, 10 knot, 12 knot, dan 13 knot, 14 knot dan 15 knot.

**Tabel 4.61** Perhitungan EHP dan BHP

Vs	RT	RT dinas	EHP		BHPscr		BHPmcr	
(knot)	KN	KN	(kW)	(HP)	(kW)	(HP)	(kW)	(HP)
2,00	6,92	7,96	8,19	10,99	12,60	16,89	14,82	19,87
4,00	27,70	31,85	65,55	87,90	100,76	135,12	118,54	158,97
6,00	62,32	71,67	221,22	296,65	340,07	456,03	400,08	536,51
8,00	110,79	127,41	524,37	703,18	806,09	1080,97	948,33	1271,73
10,00	173,12	199,08	1024,16	1373,40	1574,40	2111,27	1852,21	2483,85
11,00	209,47	240,89	1363,16	1827,99	2095,53	2810,10	2465,29	3306,00
12,00	249,29	286,68	1769,75	2373,23	2720,57	3648,28	3200,61	4292,09
13,00	292,50	336,38	2249,35	3016,38	3457,79	4636,97	4067,98	5455,26
14,00	339,31	390,20	2810,30	3768,61	4320,16	5793,33	5082,46	6815,68
15,00	389,51	447,94	3456,54	4635,22	5313,60	7125,54	6251,20	8382,99

Berdasarkan perhitungan EHP dan BHP diatas, berikut merupakan penggambaran kurva di bawah ini:



**Gambar 4.22** Kurva EHP dan BHP

## B. Pemilihan Mesin-Mesin Kapal Rancangan

### 1. Menentukan mesin utama kapal rancangan (*Main Engine*)

Berdasarkan perhitungan daya mesin, maka dipilih 1 unit mesin utama yang memenuhi syarat perhitungan yaitu mesin diesel Catepillar Tipe 9M 32C dengan spesifikasi mesin sebagai berikut:



Sumber: <https://www.cat.com>

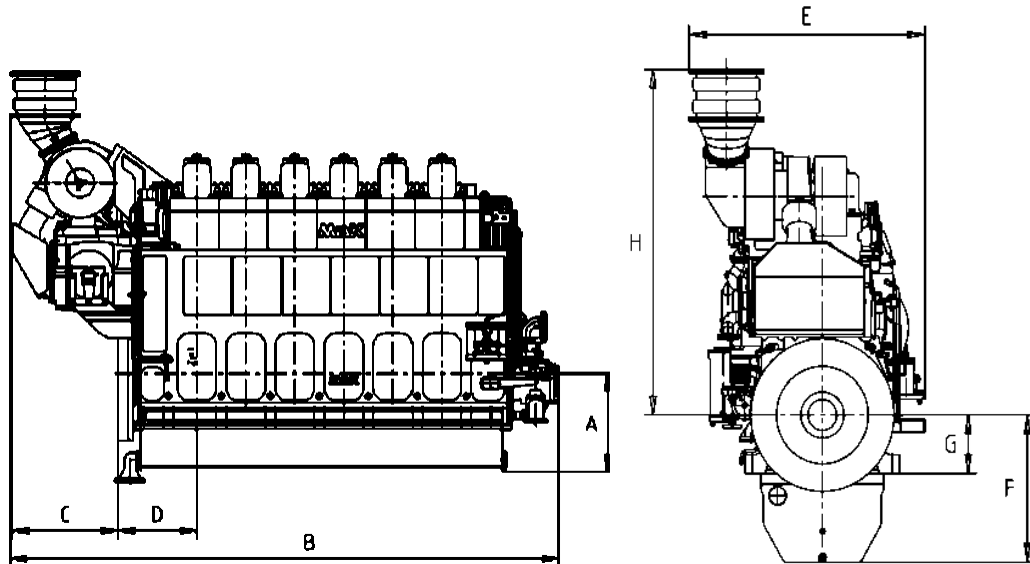
**Gambar 4.23** Mesin Catepillar 9M 32C

**Tabel 4.62** Spesifikasi mesin Catepillar 9M 32C

MAIN ENGINE		
<i>Name</i>	Catepillar 9 M 32 C	
<i>Brand</i>	Catepillar	
<i>Model</i>	MaK 9 M 32 C	
<i>Langkah (Stroke )</i>	480	mm
<i>Diameter (Bore )</i>	320	mm
<i>Power</i>	6035	HP
	4500	kW
<i>Rated Speed</i>	600	rpm
<i>Piston Speed</i>	9,6	m/s
<i>Pressure</i>	25,9	bar
<i>Panjang (Length)</i>	7839	mm
<i>Tinggi (Height)</i>	4900	mm
<i>Lebar (Width)</i>	2181	mm
<i>Berat (Weight)</i>	52	ton
<i>Fuel Consumption</i>	178	g/kWh

**Tabel 4.63** Ukuran dimensi dan berat mesin Catepillar 9M 32C

Type	A	B	C	D	E	F	G	H	Berat
9M 32C	1052	7839	1279	852	2181	1387	550	3513	52 Ton



**Gambar 4.24** Dimensi Mesin Catepillar 9M 32C

## 2. Menentukan mesin bantu kapal rancangan (*Auxiliary Engine*)

Menurut ketentuan rumus umum, asumsi untuk mencari daya mesin bantu adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 W_{mb} &= (10 \sim 15) \% \times \text{Daya Mesin Utama} \\
 &= 15\% \times 4500 \text{ kW} \\
 &= 675 \text{ kW} \\
 &= 700 \text{ kW (dibulatkan)}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan besar daya yang akan digunakan sebesar 700kW. Maka dipilih 2 unit mesin bantu yang masing-masing memiliki daya 350kW, yaitu Yanmar 6N165LW dengan spesifikasi mesin sebagai berikut:

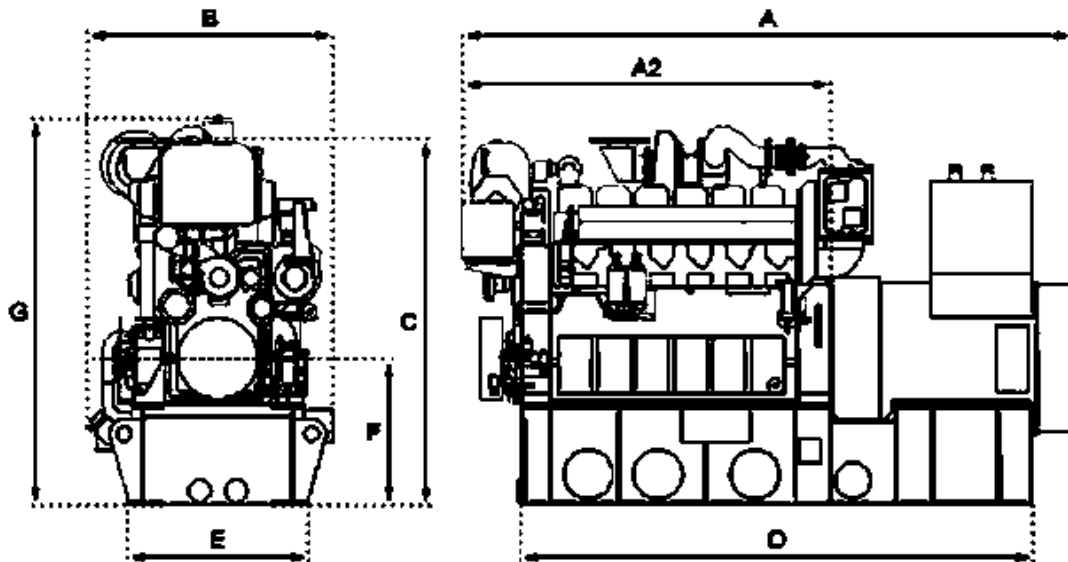


**Tabel 4.64** Spesifikasi mesin Yanmar 6N165LW

AUXILIARY ENGINE		
Name	Yanmar 6N165LW	
Brand	Yanmar	
Langkah (Stroke)	232	mm
Diameter (Bore)	165	mm
Power	353	kW
	474	Hp
Rated Speed	1000	rpm
Panjang (Length)	3182	mm
Tinggi (Height)	2105	mm
Lebar (Width)	1982	mm
Berat (Weight)	6,4	ton

**Tabel 4.65** Ukuran dimensi dan berat mesin Yanmar 6N165LW

Type	A	A2	B	C	D	E	F	G	Berat
6N165LW	3332	2012	1557	1999	2800	998	800	2105	6,4 Ton



**Gambar 4.25** Dimensi Mesin Yanmar 6N165LW

### 3. Menentukan *Reduction Gearbox*

Dalam menentukan *Reduction Gearbox* ada beberapa hal yang harus diperhatikan, antara lain:

- Daya/power dari gearbox harus sama atau lebih besar dari daya engine.
- Putaran maksimumnya sesuai dengan putaran engine
- Ratio nya mampu menurunkan putaran mesin menjadi low speed

Berdasarkan persyaratan di atas, maka dipilih 1 unit mesin *Gearbox*, yaitu mesin diesel ZF tipe W93300 NC2 dengan spesifikasi mesin sebagai berikut:

**Tabel 4.66** Spesifikasi mesin ZF W93300 NC2

PEMILIHAN REDUCTION GEARBOX		
NAMA	ZF W93300 NC2	
MERЕК	ZF	
TIPE	W93300 NC2	
RASIO	5,789	
RPM	600	rpm
POWER	4862	kW
	6520	HP

#### 4.2.3.3 Propulsi

Propulsi merupakan sistem yang menggerakkan benda ke depan, mempunyai gaya dorong agar kapal mampu bergerak sesuai dengan kecepatan yang direncanakan.

##### A. Perhitungan Propulsi

##### 1. Menentukan nilai Power Absorbtion (Bp)

Power Absorbtion adalah kemampuan propeller untuk menerima semua daya yang dikeluarkan oleh mesin.

$$B_p = \frac{N_{prop} \times SHP^{0,5}}{V_a^{2,5}}$$

Dimana:

$$\begin{aligned} N_{prop} &= \frac{\text{Putaran Mesin (rpm)}}{\text{Ratio Gearbox}} \\ &= \frac{600 \text{ rpm}}{5,789} \\ &= 103,64 \text{ rpm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{SHP} &= 4544,23 \text{ Hp} \\ V_a &= (1 - w) \times V_s \text{ (knot)} \\ &= (1 - 0,35) \times 13 \text{ knot} \\ &= 8,48 \text{ knot} \end{aligned}$$

Maka:

$$\begin{aligned} B_p &= \frac{103,64 \text{ rpm} \times (4533,23 \text{ Hp})^{0,5}}{(8,48 \text{ knot})^{2,5}} \\ &= 33,40 \end{aligned}$$

## 2. Pembacaan diagram Bp pada 2 tipe propeller (Kondisi *open water test*)

Diagram yang akan digunakan adalah berdasarkan *type propeller Wageningen Bp series*, yaitu diagram B4-70 dan diagram B5-60. Berikut merupakan pembacaan diagram di bawah ini:

### B4-70

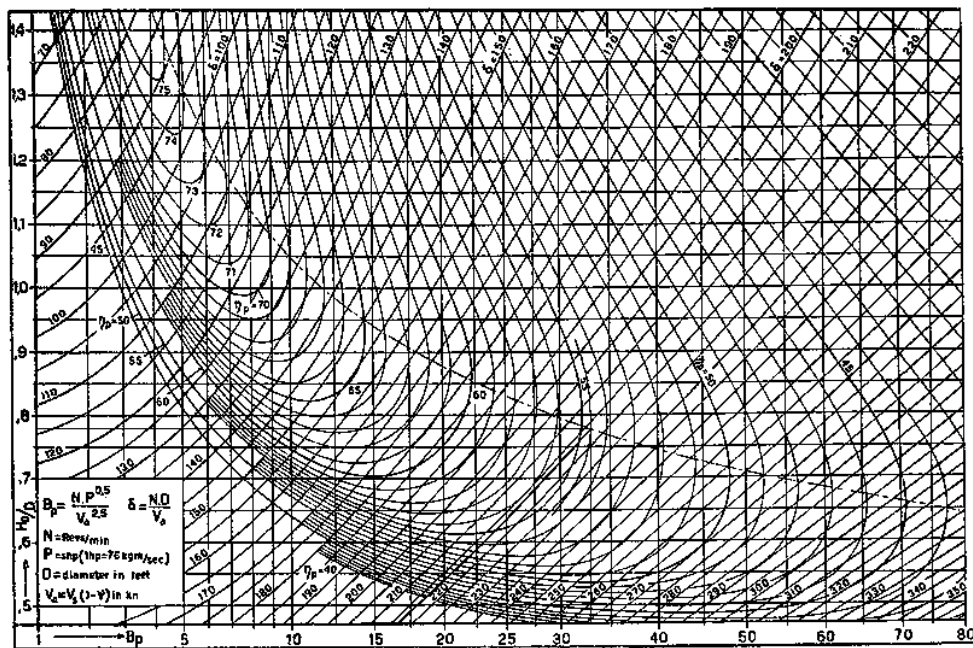


Fig. 3.17 Troost B.4 - 70  $B_p - \delta$  Chart

**Gambar 4.26** Pembacaan Diagram Bp (*open water test*) tipe B4-70

## B5-60

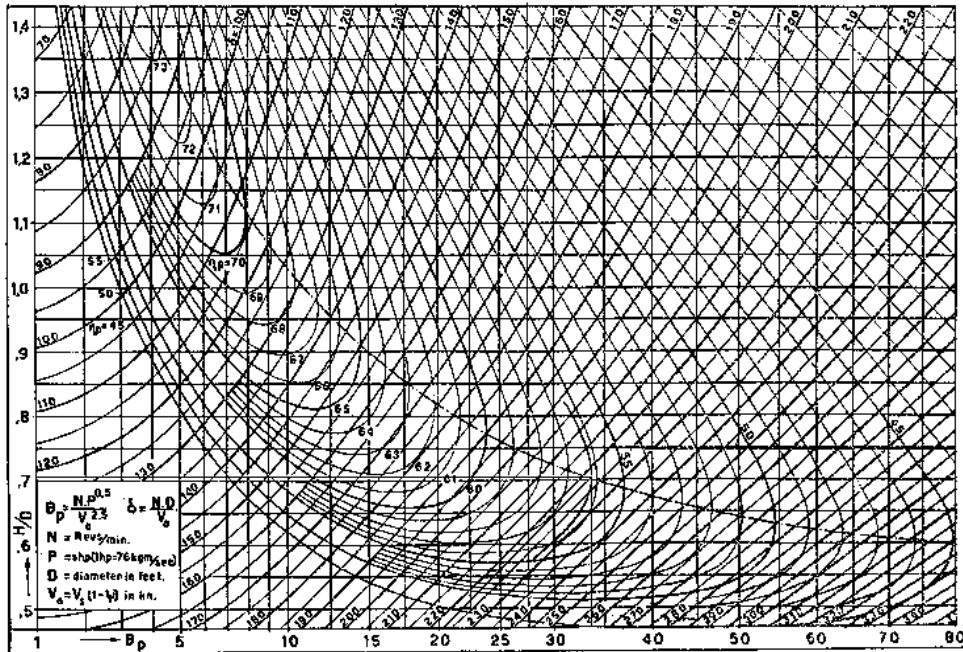


Fig. 3.19 Troost B.5 - 60 Bp - 8 Chart

**Gambar 4.27** Pembacaan Diagram Bp (*open water test*) tipe B5-60

Dari hasil pembacaan diagram B4-70 dan diagram B5-60. Berikut merupakan hasil pembacaan gambar yang dapat dilihat pada tabel di bawah ini:

**Tabel 4.67** Pembacaan diagram Bp (*open water test*)

No.	Tipe Propeller	<i>Propeller Open Water Test</i>		
		P/D <sub>0</sub>	δ <sub>0</sub>	η <sub>0</sub> (%)
3.	B4-70	0,78	218	54,7
5.	B5-60	0,705	223	56,2

### 3. Menentukan Diameter maksimum propeller

$$D_{max} = (0,6 \sim 0,7) \times T$$

Dimana:

$$T = \text{Sarat air kapal rancangan}$$

$$= 8,96 \text{ m}$$

Maka:

$$D_{max} = 0,6 \times 8,96 \text{ m}$$

$$= 5,38 \text{ m}$$

4. Menentukan diameter propeller pada kondisi *open water test* ( $D_o$ ) dan diameter propeller pada kondisi *behind water test* ( $D_b$ )

Pada tahap ini ada syarat yang harus dipenuhi yaitu  $D_b < D_{max}$ . Berikut perhitungannya yang disajikan pada tabel di bawah ini:

**Tabel 4.68** Perhitungan  $D_o$  dan  $D_b$

Tipe Propelle	$P/D_o$	$\delta_o$	$\eta_o$ (%)	$D_o$ (feet)	$D_b$ (feet)	$D_b$ (meter)	$D_{max}$ (meter)	$D_b < D_{max}$
B4-70	0,78	218	54,7	17,83	16,94	5,16	5,38	MEMENUHI
B5-60	0,705	223	56,2	18,24	17,32	5,28	5,38	MEMENUHI
Rumus	Pembacaan Diagram BP			$\frac{\delta_o \times V_a}{N_{prop}}$	$0,95 \times D_o$	$D_b(ft) \times 0,3048$		

5. Menentukan hasil *Behind Water Test* ( $\delta_b$ ) dan Pembacaan diagram  $B_p$  (kondisi *behind water test*)

Mencari nilai  $\delta_b$ , dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

**Tabel 4.68** Perhitungan hasil *behind water test* ( $\delta_b$ )

No.	Tipe Propeller	$\delta_b$
1.	B4-70	207,1
2.	B5-60	211,85
Rumus		$\frac{D_b(\text{feet}) \times N_{prop}}{V_a}$

Mencari nilai  $P/D_b$  (pitch rasio) dan nilai  $\eta_b$  (efisiensi propeller) pada diagram  $B_p$  berdasarkan nilai  $\delta_b$  yang telah dihitung pada tabel diatas, berikut pembacaan diagramnya:

## B4-70

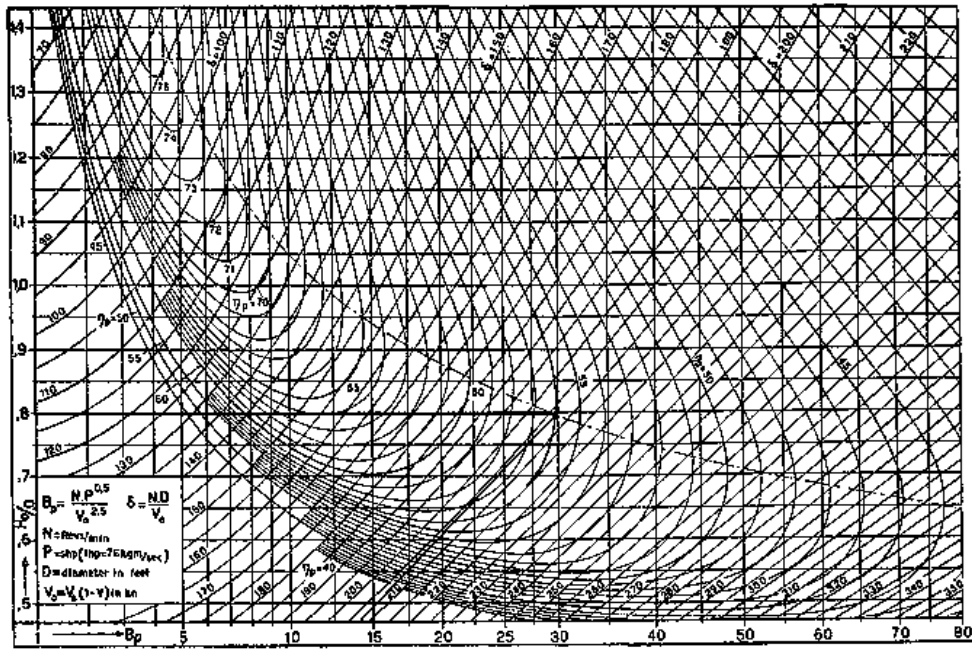


Fig. 3.17 Troost B.4 - 70  $B_p - \delta$  Chart

Gambar 4.28 Pembacaan Diagram  $B_p$  (*behind water test*) tipe B4-70

## B5-60

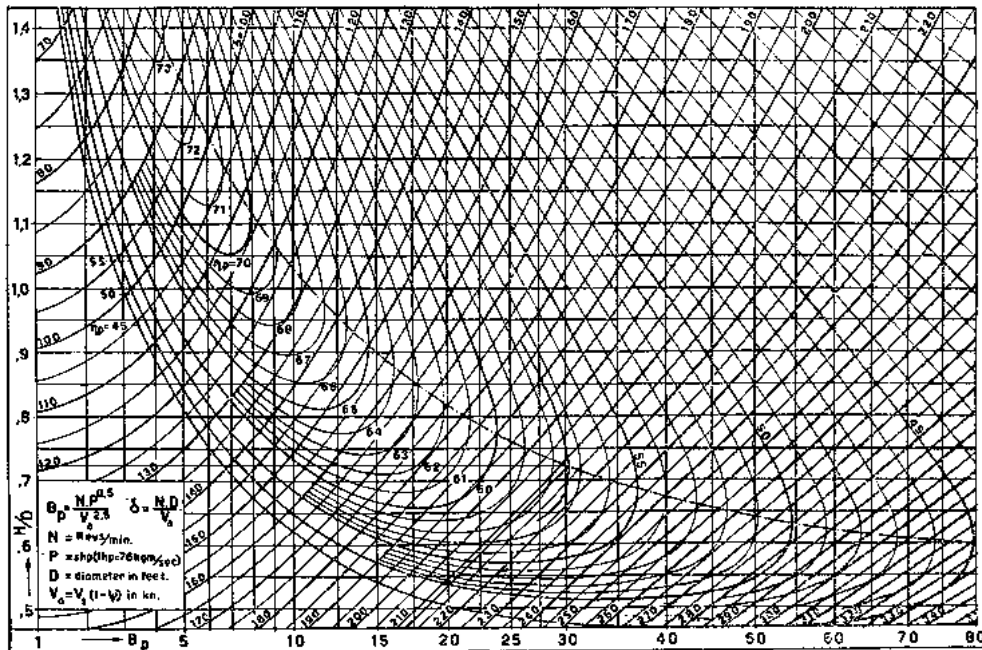


Fig. 3.19 Troost B.5 - 60  $B_p - \delta$  Chart

Gambar 4.29 Pembacaan Diagram  $B_p$  (*behind water test*) tipe B5-60

Dari hasil pembacaan diagram B4-70 dan diagram B5-60. Berikut merupakan hasil pembacaan gambar yang dapat dilihat pada tabel di bawah ini:

**Tabel 4.69** Pembacaan diagram Bp (*behind water test*)

No.	Tipe Propeller	<i>Propeller Behind Water Test</i>		
		$\delta b$	P/Db	$\eta b$ (%)
1.	B4-70	207,1	0,799	56
2.	B5-60	211,85	0,725	57,5
Rumus		$\frac{Db(\text{feet}) \times N_{\text{prop}}}{V_a}$	Diagram Bp	Diagram Bp

## B. kavitasi Pada Propeller

Kavitasi adalah proser menguapnya zat cair sehingga membentuk gelembung-gelembung uap akibat baling-baling bekerja dengan beban yang tinggi. Sehingga menurunnya tekanan pada zat cair sampai di bawah titik jenuh uapnya.

Kavitasi pada propeller biasanya disebabkan oleh goresan kecil pada daun propeller, ujung yang tajam di tepi depan propeller, daun propeller yang sudah bengkok, pemasangan propeller yang salah, dan kecepatan kapal yang tinggi.

Kavitasi biasa terjadi di bagian sisi depan daun propeller atau di bagian sisi hisap daun propeller. Ada beberapa akibat yang dapat ditimbulkan oleh proses kavitasi propeller, antara lain:

- Kerusakan pada propeller berupa lubang-lubang kecil pada permukaan daun propeller. Apabila hal ini dibiarkan terus menerus maka daun propeller akan menipis dan akan mudah
- Timbulnya geratan dan bunyi pada baling-baling propeller
- Terjadinya erosi pada propeller sehingga daun propeller retak.

Maka dari itu diperlukan perhitungan propeller yang bertujuan untuk memastikan propeller yang direncanakan tidak mengalami kavitasi. Perhitungan kavitasi ini menggunakan diagram buril, berikut langkah langkah perhitungannya:

1. Menentukan nilai luas area lingkaran putar propeller ( $A_o$ )

$$A_o = \frac{1}{4} \times \pi \times D_b^2$$

Dimana:

$D_b$  = Diameter propeller *behind water test* (meter)

Maka:

**Tabel 4.70** Perhitungan nilai  $A_o$

No.	Tipe Propeller	$A_o$ (m <sup>2</sup> )
1.	B4-70	20,94
2.	B5-60	21,91
Rumus		$\frac{1}{4} \times \pi \times D_b^2$ (m)

2. Menentukan *Expanded Ratio* ( $A_e/A_o$ )

$A_e/A_o$  merupakan rasio perbandingan luasan daun propeller ( $A_e$ ) dengan luasan area lingkaran luar propeller ( $A_o$ ). Nilai  $A_e/A_o$  berbeda-beda sesuai dengan tipe propeller yang digunakan.

**Tabel 4.71** Penentuan nilai  $A_e/A_o$

No.	Tipe Propeller	$A_e/A_o$
1.	B4-70	0,70
2.	B5-60	0,60

3. Menentukan nilai luasan daun propeller ( $A_e$ )

$$A_e = \frac{A_e}{A_o} \times A_o$$

Dimana:

$A_e/A_o$  = *Expanded Ratio*

$A_o$  = Luasan area lingkaran putar propeller



Maka:

**Tabel 4.72** Perhitungan nilai Ae

No.	Tipe Propeller	Ae (m <sup>2</sup> )
1.	B4-70	14,66
2.	B5-60	13,15
Rumus		$\frac{Ae}{Ao} \times Ao$

4. Menentukan nilai luasan bayangan propeller (AP)

$$AP = Ae \times (1,067 \times 0,229 \times P/Db)$$

Dimana:

Ae = luas area lingkaran putar propeller

P/Db = *pitch ratio behind water test*

Maka:

**Tabel 4.73** Penentuan nilai Ae

No.	Tipe Propeller	AP (m <sup>2</sup> )
1.	B4-70	12,96
2.	B5-60	11,84
Rumus		$Ae \times \left(1,067 - 0,229 \times \frac{P}{Db}\right)$

5. Menentukan nilai *Relative Velocity* (Vr<sup>2</sup>)

$$Vr^2 = Va^2 + (0,7 \times \pi \times n \times Db)^2$$

Dimana:

Db = Diameter propeller *behind water test* (feet)

n = putaran propeller (rps)

$\pi$  = 3,14

Va = *Speed of Advanced*

= 8,48 knot

Maka:

**Tabel 4.74** Perhitungan nilai  $Vr^2$

No.	Tipe Propeller	$Vr^2$
1.	B4-70	456,71
2.	B5-60	474,57
Rumus		$Va^2 + (0,7 \cdot \pi \cdot Nrps \cdot Db)^2$

6. Menentukan nilai *Cavitation* ( $\tau_C$  hitungan)

$$\tau_C = \frac{T_p}{(A_p \times 0,5 \times \rho \times Vr^2)}$$

Dimana:

$$\begin{aligned} T_p &= \text{Thrust Propeller} \\ &= \frac{RT_{dinas}}{(1 - t) \times Z_p} \\ &= \frac{336,38 \text{ kN}}{(1 - 0,28) \times 1} \\ &= 446,15 \text{ kN} \end{aligned}$$

Maka:

**Tabel 4.75** Perhitungan nilai  $\tau_C$  hitungan

No.	Tipe Propeller	$\tau_C$ (hitungan)
1.	B4-70	0,154
2.	B5-60	0,162
Rumus		$\frac{T_p}{(A_p \times 0,5 \times \rho \times Vr^2)}$

7. Menentukan nilai  $\sigma_{0,7R}$

$$\sigma_{0,7R} = \frac{188,2 + 19,62 h}{Va^2 + (4,836 \times n^2 \times Db^2)}$$

Dimana:

$$\begin{aligned} H &= T - (0,33 \times T) \\ &= 8,96 \text{ m} \times (0,33 \times 8,96 \text{ m}) \\ &= 6,003 \text{ m} \end{aligned}$$

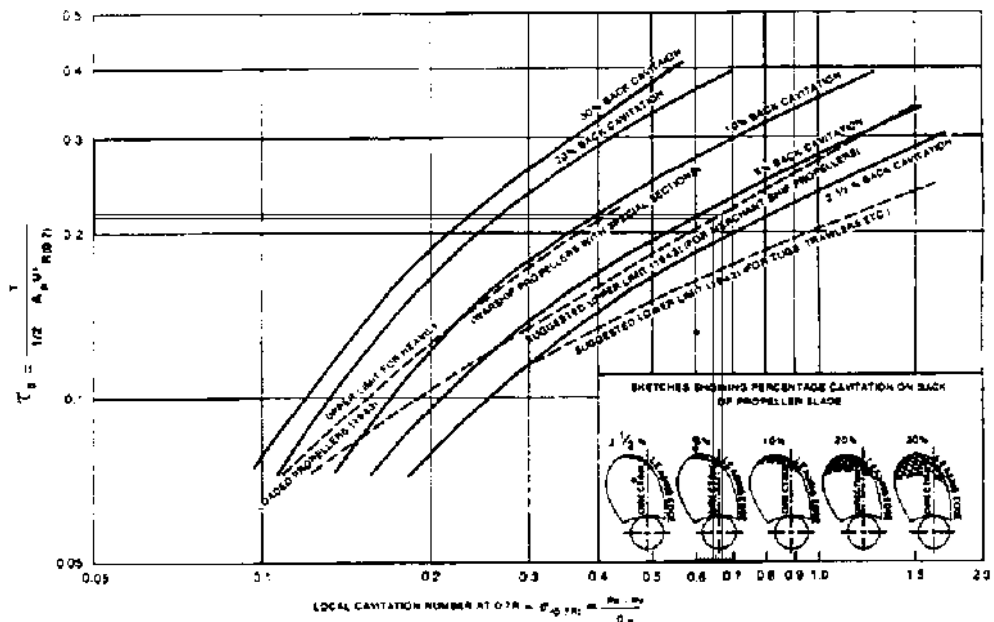
Maka:

**Tabel 4.76** Perhitungan nilai  $\sigma_{0,7R}$

No.	Type Propeller	$\sigma_{0,7R}$
1.	B4-70	0,67
2.	B5-60	0,645
Rumus		$\frac{188,2 + (19,62 \times h)}{Va^2 + (4,836 \times Nrps^2 \times Db^2)}$

8. Pembacaan diagram buril ( $\tau C$  diagram buril)

Pembacaan diagram buril ini dibuat berdasarkan nilai  $\sigma_{0,7R}$  yang telah dihitung. Berikut pembacaan gambar diagram buril:



**Gambar 4.30** Pembacaan Diagram Buril

Dari hasil pembacaan diagram buril. Berikut merupakan hasil pembacaan gambar yang dapat dilihat pada tabel di bawah ini:

**Tabel 4.77** Pembacaan diagram Buril

No.	Type Propeller	$\tau C$ (diagram buril)
1.	B4-70	0,223
2.	B5-60	0,218
Rumus		Pembacaan Diagram Buril

## 9. Koreksi Kavitas

Koreksi kavitas ini yang bertujuan untuk memastikan propeller yang direncanakan tidak mengalami kavitas. Berikut hasil koreksi yang dapat dilihat di bawah ini:

$$\text{Syarat} = \tau C \text{ hitungan} < \tau C \text{ diagram buril}$$

Maka:

**Tabel 4.78** Koreksi Kavitas

Tipe Propeller	$\tau C$ (hitungan)	$\tau C$ (diagram buril)	Keterangan
B4-70	0,154	0,223	TIDAK KAVITASI
B5-60	0,162	0,218	TIDAK KAVITASI

## C. Pemilihan Propeller Dan Efisiensi Daya Propeller

Tujuan dari pemilihan tipe propeller adalah menentukan karakteristik propeller yang sesuai dengan karakteristik badan kapal (badan kapal yang tercelup ke air) dan besarnya daya yang dibutuhkan sesuai dengan kebutuhan misi kapal. Dengan diperolehnya karakteristik tipe propeller maka dapat ditentukan efisiensi daya yang ditransmisikan oleh motor induk ke propeller. Berikut merupakan tipe propeller yang akan digunakan kapal rancangan:

**Tabel 4.79** Data Propeller B5-60

DATA PROPELLER		
Tipe Propeller	B5-60	
Diameter (Db)	5,28	m
Efisiensi ( $\eta_b$ )	57,5	%
Putaran (Nprop)	103,64	rpm
Jumlah Daun (Z)	5	buah
Ae/Ao	0,60	
Pitch Ratio (P/D)	0,725	

Berdasarkan data propeller diatas berikut perhitungan efisiensi propeller dibawah ini:

1. Menentukan nilai kofisiensi propulsi

$$P_c = \eta_{rr} \times \eta_b \times \eta_H$$

Dimana:

$$\eta_{rr} = 1,02 \sim 1,05. \text{ Diambil } 1,02$$

$$\eta_b = 57,5 \%$$

$$\begin{aligned} \eta_H &= \text{Efisiensi lambung} \\ &= 1,107 \end{aligned}$$

Maka:

$$\begin{aligned} P_c &= 1,02 \times 57,5 \times 1,107 \\ &= 0,65 \end{aligned}$$

2. Menentukan nilai Delivered Horse Power (DHP)

$$DHP = \frac{EHP}{P_c}$$

Dimana:

$$EHP = 3016,38 \text{ Hp}$$

$$P_c = 0,65$$

Maka:

$$\begin{aligned} DHP &= 3016,38 / 0,65 \\ &= 4649,97 \text{ Hp} \\ &= 3465,24 \text{ kW} \end{aligned}$$

3. Menentukan nilai Shaft Horse Power (SHP)

$$SHP = \frac{DHP}{\eta_S \eta_b}$$

Dimana:

$$DHP = 4649,97 \text{ Hp}$$

$$\eta_S \eta_b = 0,98$$

Maka:

$$\begin{aligned} SHP &= \frac{4649,97 \text{ Hp}}{0,98} \\ &= 4741,80 \text{ Hp} \\ &= 3535,96 \text{ kW} \end{aligned}$$

4. Menentukan nilai BHPscr

$$\text{BHPscr} = \frac{\text{SHP}}{\eta\text{S}\eta\text{b}}$$

Dimana:

$$\text{SHP} = 4741,80 \text{ Hp}$$

$$\eta\text{S}\eta\text{b} = 0,98$$

Maka:

$$\begin{aligned}\text{BHPscr} &= \frac{4741,80 \text{ Hp}}{0,98} \\ &= 4838,57 \text{ Hp} \\ &= 3608,13 \text{ kW}\end{aligned}$$

5. Menentukan nilai BHPmcr

$$\text{BHPmcr} = \frac{\text{BHPscr}}{0,85}$$

Dimana:

$$\text{BHPscr} = 4838,57 \text{ Hp}$$

Maka:

$$\begin{aligned}\text{BHPmcr} &= \frac{4838,57 \text{ Hp}}{0,85} \\ &= 5692,44 \text{ Hp} \\ &= 4244,45 \text{ kW}\end{aligned}$$

Agar daya mesin dapat memenuhi kebutuhan daya propeller maka:

$$\text{BHPpropeller} < \text{BHPmesin utama}$$

$$5692,44 \text{ Hp} < 6035 \text{ Hp} \text{ (daya propeller dapat dipenuhi oleh mesin utama)}$$

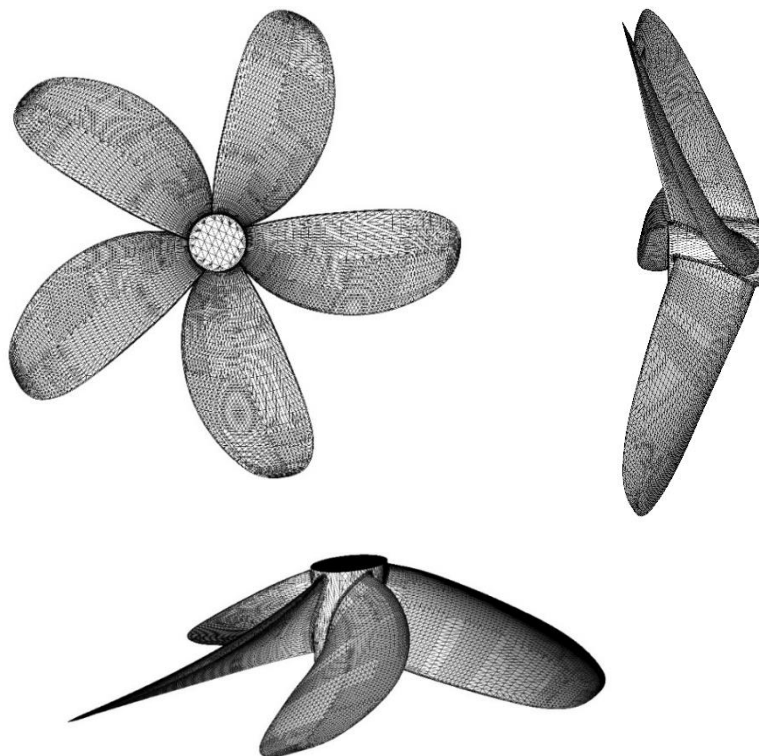
## D. Desain Propeller

Untuk mendesain propeller kapal rancangan dibutuhkan beberapa data yang akan dijadikan acuan untuk menggambar propeller. Berikut merupakan data yang diperlukan:

**Tabel 4.80** Data desain propeller

B-SERIES PROPELLER		ENGINE	
DIAMETER [m]	5,28	ENGINE OUTPUT PER SHAFT [kW]	3388,63
NUMBER OF BLADE	5	ENGINE RPM	600
ROTATION	Clockwise	GEAR RATIO	5,789
EXPANDED AREA RATIO	0,60	VS [kn]	13
RAKE	15	WAKE NUMBER	0,35
MATERIAL	<i>stainless steel</i>	WATER DENSITY [kg/m <sup>3</sup> ]	1025

### 1. Hasil desain propeller



Sumber: <https://www.wageningen-b-series-propeller.com>

**Gambar 4.31** Sketsa propeller kapal rancangan

#### 4.2.4 Rencana Umum

Rencana Umum dari sebuah kapal merupakan penentuan ruangan kapal untuk segala fungsi serta kegiatan dari kapal yang akan dirancang dan juga penentuan peralatan dan perlengkapan kapal yang dibutuhkan sesuai dengan letak dari ruangan tersebut, serta penentuan bahan material baku kapal yang akan digunakan.

##### 4.2.4.1 Perencanaan Ruangan

###### A. Perencanaan Susunan Awak Kapal

###### 1. Jumlah awak kapal di Kapal

Dalam buku “Tentang Rencana Umum hal.8” karya Gaguk Suhardjito, cara menentukan jumlah awak kapal adalah sebagai berikut :

$$N = Cst \times \left[ Cdk \times \left( \frac{CN}{1000} \right)^{\frac{1}{6}} + Ceng \times \left( \frac{BHP}{1000} \right)^{\frac{1}{3}} + Cadet \right]$$

Dimana:

Cst = Koefisien ABK *catering department* (1,2 ~ 1,33)

= ditetapkan 1,3

Cdk = Koefisien ABK *deck department* (11,5 ~ 14,5)

= ditetapkan 13

Ceng = Koefisien ABK *engineering department* (8,5 ~ 11)

= ditetapkan 10

Cadet = Perwira Tambahan / Tamu

= ditetapkan 2

CN = (Lpp x B x H)/1000

= 30,89

BHP = 5455,26 Hp

Maka:

$$\begin{aligned} N &= 1,3 \times \left[ 13 \times \left( \frac{30,89}{1000} \right)^{\frac{1}{6}} + 10 \times \left( \frac{5455,26}{1000} \right)^{\frac{1}{3}} + 2 \right] \\ &= 34,85 \\ &\approx 35 \text{ orang} \end{aligned}$$



## 2. Susunan awak kapal

- Nahkoda/*Captain* = 1 Orang
- Catering Departement
  - a) Perwira
    - 1) Kepala Koki/*Chief Cook* = 1 Orang
    - 2) Pembantu Koki/*Assistant Cook* = 1 Orang
  - b) Bintara
    - 3) Pelayan/*Steward* = 3 Orang
- Jumlah = 5 Orang
- Deck Departement
  - a) Perwira
    - 1) Mualim I/*Chief Officer* = 1 Orang
    - 2) Mualim II/*Second Officer* = 1 Orang
    - 3) Operator Radio/*Radio Officer* = 2 Orang
    - 4) Kepala Kelasi/*Deck Master* = 1 Orang
  - b) Bintara
    - 5) Juru Mudi/*Quarter Master* = 3 Orang
    - 6) Kelasi/*Deck Crew* = 6 Orang
- Jumlah = 14 Orang
- Engine Departement
  - a) Perwira
    - 1) Kepala Kamar Mesin (KKM)/*Chief Engineer* = 1 Orang
    - 2) Penanggung Jawab Mesin Pompa/*Second Engineer* = 1 Orang
  - b) Bintara
    - 3) Juru Mesin/*Engine Man* = 2 Orang
    - 4) Juru Listrik/*Electrician Man* = 2 Orang
    - 5) Juru Pipa/*Pipe Man* = 2 Orang
    - 6) Juru Minyak/*Oil Man* = 2 Orang
    - 7) Juru Pompa/*Pump Man* = 2 Orang
    - 8) Pemadam Kebakaran/*Firefighter* = 1 Orang
- Jumlah = 13 Orang

- Perwira tambahan/Tamu = 2 Orang

Berdasarkan susunan awak kapal, maka jumlah seluruh anak buah kapal = 35 Orang.

## **B. Perhitungan *Light Weight Ton* dan *Dead Weight Ton*, dan *Payload***

- ***Light Weight Ton (LWT)***

LWT adalah berat kapal kosong tanpa muatan dimana yang diperhitungkan hanya berat baja kapal, outfitting dan akomodasi, instalasi permesinan, dan berat cadangan. LWT bisa didapat dengan melakukan perhitungan dibawah ini:

### 1. Menghitung berat baja kapal kosong (Wst)

Menurut Watson dan Gilfillan (1977) dalam buku “*Ship Design for Efficiency and Economy*” Second edition hal 153 Karya H. Schneekluth dan V. Bertram.

Berikut perhitungannya:

$$Wst = Ch \times Lpp \times (B + H)$$

Dimana:

$$Lpp = 127,541 \text{ m}$$

$$B = 20,27 \text{ m}$$

$$H = 11,96 \text{ m}$$

$$Ch = 0,4 \sim 0,48$$

Maka:

$$\begin{aligned} Wst &= 0,47 \times 127,451 \times (20,27 + 11,96) \\ &= 1910,102 \text{ ton} \end{aligned}$$

### 2. Menghitung berat instalasi mesin

#### a) Berat mesin utama (Wme)

$$Wep = 52 \text{ ton (Berat mesin utama kapal rancangan Catepillar 9M 32C)}$$

#### b) Berat mesin bantu (Wae)

$$Wae = 12,8 \text{ (Berat 2 mesin bantu kapal rancangan Yanmar 6N165LW)}$$

#### c) Berat gearbox (Wge)

$$Wge = 21 \text{ ton (Berat gearbox kapal rancangan ZF W93300 NC2)}$$

d) Berat *shaft propeller* ( $W_{sh}$ )

Dalam buku "*Ship Design for Efficiency and Economy*" Second edition hal.175

Karya H. Schneekluth dan V. Bertram berikut perhitungannya:

$$W_{sh} = l \times 0,081 \times (PD/n)^{2/3}$$

Dimana:

$$l = \text{Panjang shaft propeller}$$

$$= 7,5 \text{ m}$$

$$PD = \text{Shaft Horse Power (SHP)}$$

$$= 3388,63 \text{ kW}$$

$$n = \text{Rated Speed Propeller}$$

$$= 103,64 \text{ rpm}$$

Maka:

$$W_{sh} = 7,5 \times 0,081 \times (3388,63/103,64)^{2/3}$$

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

e) Berat propeller ( $W_{prop}$ )

Dalam buku "*Ship Design for Efficiency and Economy*" Second edition hal.175

Karya H. Schneekluth dan V. Bertram berikut perhitungannya:

$$W_{prop} = D^3 \times K$$

Dimana:

$$D = \text{Diameter propeller}$$

$$= 5,28 \text{ m}$$

$$K = 0,10 \times Ae/Ao - (Z-2)/100$$

$$= 0,078$$

$$Ae/Ao = 0,60$$

$$Z = \text{Jumlah daun propeller}$$

$$= 5$$

Maka:

$$W_{prop} = (5,28)^3 \times 0,078$$

$$= 11,48 \text{ ton}$$

f) Berat instalasi mesin lainnya ( $W_{other}$ )

Dalam buku "*Ship Design for Efficiency and Economy*" Second edition hal.174

-177 Karya H. Schneekluth dan V. Bertram berikut perhitungannya:

$$W_{other} = M \times C$$

Dimana:

$$M = 0,1 \sim 0,2 \text{ ton/kW}$$

$$\begin{aligned} C &= 0,07 \times \text{BHP} \\ &= 0,07 \times 4500 \text{ kW} \\ &= 315 \text{ kW} \end{aligned}$$

Maka:

$$\begin{aligned} W_{other} &= 0,1 \text{ ton/kW} \times 315 \text{ kW} \\ &= 31,5 \text{ ton} \end{aligned}$$

Maka berat keseluruhan instalasi mesin yaitu:

$$\begin{aligned} W_{ep} &= W_{me} + W_{ae} + W_{ge} + W_{sh} + W_{prop} + W_{other} \\ &= 52 \text{ ton} + 12,8 \text{ ton} + 21 \text{ ton} + 6,2 \text{ ton} + 11,48 \text{ ton} + 31,5 \text{ ton} \\ &= 134,99 \text{ ton} \end{aligned}$$

### 3. Berat *outfitting* dan akomodasi

Dalam buku “*Ship design and Ship Theor*” hal.76 karya H. Phoels berikut perhitungannya:

$$W_o = C \times (L_{pp} \times B \times H)^{2/3}$$

Dimana:

$$\begin{aligned} C &= 0,7 \sim 0,9 \text{ t/m}^2 \\ &= 0,8 \text{ t/m}^2 \text{ (ditetapkan)} \end{aligned}$$

Maka:

$$\begin{aligned} W_o &= 0,8 \times (127,451 \times 20,27 \times 11,96)^{2/3} \\ &= 787,73 \text{ ton} \end{aligned}$$

### 4. Berat cadangan ( $W_{ld}$ )

$$W_{ld} = (2 \sim 3) \% \times (W_{st} + W_{ep} + W_o)$$

Dimana:

$$\begin{aligned} W_{st} &= \text{Berat baja kapal kosong} \\ &= 1910,102 \text{ ton} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} W_{ep} &= \text{Berat instalasi mesin} \\ &= 134,99 \text{ ton} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} W_o &= \text{Berat } \textit{outfitting} \text{ dan akomodasi} \\ &= 787,73 \text{ ton} \end{aligned}$$

Maka:

$$\begin{aligned}Wld &= 2\% \times (1848,486 + 134,99 + 787,73) \\ &= 2\% \times 2771,205 \\ &= 56,65 \text{ ton}\end{aligned}$$

Maka berat LWT (*Light Weight Ton*) kapal rancangan yaitu:

$$\begin{aligned}LWT &= Wst + Wep + Wo + Wld \\ &= 1910,102 + 134,99 + 787,73 + 56,65 \\ &= 2889,478 \text{ ton}\end{aligned}$$

- **Dead Weight Ton (DWT)**

Dalam buku “Prinsip Merancang Kapal hal.22” karya Dr. Ir. Marcus Alberth Talahatu, M.T. cara menghitungnya adalah sebagai berikut:

1. Menghitung nilai Displacement ( $\Delta$ )

$$\Delta = Lpp \times B \times T \times Cb \times \rho$$

Dimana:

$$\begin{aligned}Lpp &= 127,541 \text{ m} \\ B &= 20,27 \text{ m} \\ T &= 8,96 \text{ m} \\ Cb &= 0,796 \\ \rho &= 1,025 \text{ ton/m}^3\end{aligned}$$

Maka:

$$\begin{aligned}\Delta &= 127,451 \times 20,27 \times 8,96 \times 0,796 \times 1,025 \\ &= 18886,085 \text{ ton}\end{aligned}$$

2. Menghitung *Dead Weight Ton* (DWT)

$$\begin{aligned}DWT &= \Delta - LWT \\ &= 18886,085 - 2889,478 \\ &= 15996,607 \text{ ton} \\ &\sim 16000 \text{ ton}\end{aligned}$$

- **Payload**

*Payload* merupakan berat bersih kapal atau kapasitas muatan kapal. *Payload* diusahakan semaksimal mungkin agar muatan semakin banyak sehingga keuntungan yang diperoleh maksimal.

$$Payload = DWT - (Wfo + Wfb + Wlo + Wfw + Wprov + Wcl + Wr)$$

1. Berat bahan bakar mesin utama (Wfo) + 10% (cadangan)

Berdasarkan buku "Parametric Design Chapter 11 hal.24" karya Michael G. Parsons

$$W_{fo} = \text{SFR} \times \text{MCR} \times \text{range/speed} \times \text{Margin}$$

Dimana:

$$\begin{aligned} \text{SFR} &= \text{Spesific Fuel Rate} \\ &= 187 \text{ g/kW-h} \\ &= 0,000187 \text{ ton/kW-h} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{MCR} &= \text{Daya Main Engine} \\ &= 4500 \text{ kW} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Range} &= \text{Radius Pelayaran (Plaju – Tanjung Priok)} \\ &= 325 \text{ Nm} \end{aligned}$$

$$\text{Speed} = 13 \text{ knot}$$

$$\text{Margin} = 1,05 \sim 1,1$$

Maka:

$$\begin{aligned} W_{fo} &= 0,000187 \times 4500 \times 325/13 \times 1,05 \\ &= 22,089 \text{ ton} + (10\% \times 22,089 \text{ ton}) \\ &= 24,298 \text{ ton} \end{aligned}$$

2. Berat Bahan bakar mesin bantu (Wfb) + 10% (cadangan)

Berdasarkan buku "Tentang Rencana Umum hal.17" karya Gaguk Suhardjito  
berikut perhitungannya:

$$W_{fb} = (0,1 \sim 0,2) \times W_{fo} \times n$$

Dimana:

$$\begin{aligned} W_{fo} &= \text{Berat bahan bakar} \\ &= 24,298 \text{ ton} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} n &= \text{Jumlah mesin bantu} \\ &= 2 \end{aligned}$$

Maka:

$$\begin{aligned} W_{fb} &= 0,15 \times 23,141 \text{ ton} \times 2 \\ &= 6,63 \text{ ton} (10\% \times 6,63 \text{ ton}) \\ &= 7,289 \text{ ton} \end{aligned}$$

3. Berat minyak pelumas (Wlub) + 10% (cadangan)

$$W_{lub} = (1 \sim 3) \% \times W_{fo}$$

Dimana:

$$\begin{aligned} W_{fo} &= \text{Berat bahan bakar} \\ &= 24,298 \text{ ton} \end{aligned}$$

Maka:

$$\begin{aligned} W_{lub} &= 3\% \times 24,298 \text{ ton} \\ &= 0,728 \text{ ton} \text{ (10\%} \times 0,728 \text{ ton)} \\ &= 0,80 \text{ ton} \end{aligned}$$

4. Berat air tawar (Wfwt) + 10% (cadangan)

Berdasarkan buku "Prinsip Merancang Kapal" karya Dr. Ir. Marcus Alberth Talahatu, M.T berikut perhitungannya:

a) Untuk awak kapal

$$W_{fwt1} = N \times t \times C_{fw}$$

Dimana:

$$\begin{aligned} N &= \text{Jumlah awak kapal} \\ &= 35 \text{ Orang} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} t &= \text{Waktu pelayaran} \\ &= 1,1 \text{ hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C_{fw} &= \text{Konsumsi air tawar awak kapal} \\ &= 0,17 \text{ ton/orang/hari (Parametric Design Chapter 11 hal.24 karya} \\ &\quad \text{Michael G. Parsons)} \end{aligned}$$

Maka:

$$\begin{aligned} W_{fw} &= 35 \times 1,1 \times 0,17 \\ &= 6,545 \text{ ton} \end{aligned}$$

b) Untuk pendingin mesin

$$W_{fwt2} = (C_{pm} \times BHP)/1000$$

Dimana:

$$\begin{aligned} C_{pm} &= \text{Koefisien air pendingin} \\ &= 2 \sim 5 \text{ kg/Hp} \\ &= 4 \text{ kg/Hp} \end{aligned}$$

$$BHP = 6035 \text{ Hp}$$

Maka:

$$\begin{aligned}W_{fw2} &= (4 \times 6035)/1000 \\ &= 24,14 \text{ ton}\end{aligned}$$

Maka berat air tawar kapal rancangan (Fwt) yaitu:

$$\begin{aligned}Fwt &= Fwt1 + Fwt2 \\ &= 6,545 \text{ ton} + 24,14 \text{ ton} \\ &= 30,685 \text{ ton} + (10\% \times 30,685) \\ &= 33,754 \text{ ton}\end{aligned}$$

#### 5. Berat bahan makanan awak kapal ( $W_{prov}$ )

Berdasarkan buku "Prinsip Merancang Kapal" karya Dr. Ir. Marcus Alberth Talahatu, M.T. Berikut perhitungannya:

$$W_{prov} = N \times t \times C_{prov}$$

Dimana

$$\begin{aligned}N &= \text{Jumlah awak kapal} \\ &= 35 \text{ Orang}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}t &= \text{Waktu pelayaran} \\ &= 1,1 \text{ hari}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}C_{prov} &= \text{Konsumsi makanan kapal} \\ &= 0,01 \text{ ton/orang/hari (Parametric Design Chapter 11 hal.25 karya} \\ &\quad \text{Michael G. Parsons)}\end{aligned}$$

Maka:

$$\begin{aligned}W_{prov} &= 35 \times 1,1 \times 0,01 \\ &= 0,385 \text{ ton}\end{aligned}$$

#### 6. Berat awak kapal dan barang bawaan ( $W_{cl}$ )

Dalam buku "Prinsip Merancang Kapal" hal 22 karya Dr. Ir. Marcus Alberth Talahatu, M.T

$$W_{cl} = N \times C_{crew}$$

Dimana:

$$\begin{aligned}N &= \text{Jumlah awak kapal} \\ &= 35 \text{ Orang}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}C_{crew} &= \text{Konstanta berat awak kapal dan barang bawaan} \\ &= 0,17 \text{ ton/orang/hari}\end{aligned}$$



Maka:

$$\begin{aligned}W_{cl} &= N \times C_{crew} \\ &= 5,95 \text{ ton}\end{aligned}$$

7. Berat cadangan ( $W_r$ )

$$W_r = (0,5 \sim 1,5) \% \times \text{Displacement}$$

Maka:

$$\begin{aligned}W_r &= 0,5 \% \times 18886,08 \\ &= 188,861 \text{ ton}\end{aligned}$$

Maka *Payload* kapal rancangan yaitu:

$$\begin{aligned}W_{pl} &= Dwt - (W_{fo} + W_{fb} + W_{lub} + W_{fw} + W_{pov} + W_{cl} + W_r) \\ &= 15735,27 \text{ ton}\end{aligned}$$

### C. Perencanaan Sekat dan Gading

1. Menentukan tinggi dasar ganda (*double bottom*) dan lambung ganda (*double hull*)

a) *Double bottom* ruang Muat

Dalam aturan BKI (Volume II section 24) dijelaskan bahwa nilai  $h$  atau tinggi *double bottom* tidak boleh kurang dari 1000 mm dan tidak boleh lebih dari 2000 mm.

$$\begin{aligned}h &= 350 + (45 \times B) \\ &= 350 + (45 \times 20,27) \\ &= 1262 \text{ mm} \\ &\approx 1300 \text{ mm (1,3 m)}\end{aligned}$$

b) *Double bottom* kamar mesin

$$\begin{aligned}h &= h (\text{ruang muat}) + (20\% h (\text{ruang muat})) \\ &= 1,3 \text{ m} + (20\% \times 1,3 \text{ m}) \\ &= 1,56 \text{ m} \\ &\approx 1,6 \text{ m}\end{aligned}$$

c) *Double hull*

$$\begin{aligned}w &= 0,5 + (Dwt/20000) \\ &= 0,5 + (16000/20000) \\ &= 1,3 \text{ m}\end{aligned}$$

2. Menentukan jarak gading (*frame spacing*)

a) *Frame spacing* dari AP ke sekat buritan

Jarak maksimum untuk jarak gading yang berada di belakang sekat buritan yaitu 600 mm. Maka ditetapkan *frame spacing* dari AP ke sekat buritan yaitu 600 m.

b) *Frame spacing* sekat haluan ke FP

Jarak maksimum untuk jarak gading yang berada di depan sekat haluan ialah 600 mm. Maka ditetapkan *frame spacing* dari FP ke sekat buritan yaitu 600 m.

c) *Frame spacing* kamar mesin dan ruang muat

Jarak maksimum untuk jarak gading dari sekat buritan ke sekat haluan ialah 1000 mm. Tetapi penentuan jarak gading pada bagian ini harus berdasarkan:

$$a_0 = (L/500) + 0.48$$

Dimana:

$$L = 127,451 \text{ m}$$

Maka:

$$a_0 = 0.734 \text{ m}$$

$$\approx 0.7 \text{ m}$$

$$= 700 \text{ mm}$$

3. Perencanaan sekat memanjang

$$\begin{aligned} L_{ct} &= (b_i / 4.B + 0,15) \times L_c \\ &= (8,8 / 4 (20,27) + 0,1) \times 127,451 \\ &= 25,49 \end{aligned}$$

Berdasarkan BKI (Volume II section 24) maka ditetapkan 1 sekat kedap air memanjang.

4. Perencanaan sekat kedap air

**Tabel 4.81** Penentuan jumlah sekat

Number of watertight transverse bulkheads

L [m]	Arrangement of machinery space	
	aft	elsewhere
L ≤ 65	3	4
65 < L ≤ 85	4	4
85 < L ≤ 105	4	5
105 < L ≤ 125	5	6
125 < L ≤ 145	6	7
145 < L ≤ 165	7	8
165 < L ≤ 185	8	9
L > 185	to be special considered	

Berdasarkan BKI Rules Vol.II Section 11, bahwa jumlah sekat dari kapal yang mempunyai panjang 131.275 m adalah 6 sekat, antara lain:

a) Sekat buritan (*Stern tube Bulkhead*)

$0,35T = 3,13$  m diambil 5 jarak gading

Sekat buritan minimal 3 jarak gading dari 0,35T, maka ditetapkan sekat buritan terletak pada gading ke-9 (diambil 4 jarak gading) dan mempunyai jarak 5,4 m dari AP.

b) Sekat haluan (*Collision Bulkhead*)

Letak sekat Haluan terletak (0,05 ~ 0,08)  $L_{pp}$  dari AP

$0,05L_{pp} = 6,37$  m

$0,08L_{pp} = 10,19$  m

Maka ditetapkan sekat haluan (*Collision Bulkhead*) terletak pada gading ke-171 dan mempunyai jarak 9,1 m dari FP.

c) Sekat kamar mesin

Letak sekat kamar mesin terletak (0,17 ~ 0,20)  $L_{pp}$  dari AP

$0,17L_{pp} = 21,66$  m

$0,20L_{pp} = 25,49$  m

Maka ditetapkan sekat kamar mesin terletak pada gading ke-35 dan mempunyai jarak 23,6 m dari AP.

d) Sekat ruang muat IV dan III

Sekat ruang muat terletak pada gading ke-72, mempunyai jarak 49,5 m dari AP.

e) Sekat ruang muat III dan II

Sekat ruang muat terletak pada gading ke-104, mempunyai jarak 71,9 m dari AP.

f) Sekat ruang muat II dan I

Sekat ruang muat terletak pada gading ke-136, mempunyai jarak 94,3 m dari AP.

Didalam perencanaan kapal tanker ini terdapat 2 sekat tambahan, antara lain:

a) Sekat *Sloop tank*

Sekat *sloop tank* terletak pada gading ke 40 dan mempunyai jarak 27,1 m dari AP

b) Sekat *coverdam tank*.

Sekat *coverdam tank* terletak pada gading ke-168 dan mempunyai jarak 116,7 m dari AP

### D. Capacity Plan

#### 1. Volume tangki ruang muat

##### a) Tangki ruang muat I

Tangki ruang muat I terletak pada gading 168 sampai gading 136 yang mempunyai panjang 22,4 m (32 jarak gading).

**Tabel 4.82** Perhitungan volume tangki ruang muat I bagian bawah

OIL TANK I														
No Ord	Faktor Moment (n)	Faktor Simp (s)	1,3 WL		3,07 WL			4,85 WL		S ys'	S (ys')s	S (ys')sn	y <sup>2</sup> s	y <sup>3</sup> s
			s' = 1		s' = 4			s' = 1						
			y = ys'	ys	y	ys	ys'	y = ys'	ys					
A	0	1	8,748	8,75	8,750	8,75	35,00	8,835	8,84	52,583	52,583	0,000	78,057	689,636
B	1	4	8,629	34,52	8,750	35,00	35,00	8,835	35,34	52,464	209,856	209,856	312,229	2758,542
C	2	2	7,973	15,95	8,474	16,95	33,90	8,632	17,26	50,501	101,002	202,004	149,023	1286,365
D	3	4	6,471	25,88	7,336	29,34	29,34	7,670	30,68	43,483	173,934	521,801	235,316	1804,871
E	4	1	4,054	4,05	5,046	5,05	20,18	5,387	5,39	29,625	29,625	118,500	29,019	156,321
Sys			89,148		95,086			97,506		228,656	566,999	1052,160	803,643	6695,735
s'			1		4			1						
S(ys)s'			89,148		380,346			97,506		566,999				
n'			0		1			2						
S(ys)s'n'			0,000		380,346			195,012		575,357				

- Jarak ordinat horisontal (a) = 5,600 m
- Tinggi sarat (d) = 1,300 m
- Jarak ordinat vertikal (b) = 1,777 m
- Berat jenis muatan (g) = 0,770 ton/m<sup>3</sup> (Premium)
- Jarak sekat ke midship (e) = 43,687 m

**PERHITUNGAN TANGKI MUAT I (1,3 WL – 4,85 WL)**

$$\begin{aligned}
 V &= 2/9 \times a \times b \times S(ys)'s &= 1253,64 & \text{m}^3 \\
 W &= V \times g &= 965,30 & \text{ton} \\
 OG &= S(ys)'sn / S(ys)'s \times a+e &= 54,08 & \text{m} \\
 KG &= S(ys)'s'n' / S(ys)'s' \times b + d &= 3,10 & \text{m} \\
 I_{xx} &= 2 \times 1/3 \times 1/3 \times a \times S(y3s) &= 8332,47 & \text{m}^4 \\
 A &= 2/3 \times a \times S(ys) &= 364,02 & \text{m}^2 \\
 S_x &= 2 \times 1/2 \times 1/3 \times a \times S(y2s) &= 1500,13 & \text{m}^3 \\
 \text{Jarak titik berat } Y &= S_x / A &= 4,12 & \text{m} \\
 \text{Momen Inersia Permukaan Cairan pada Tangki :} & & & \\
 I_{x'x'} &= I_{xx} - (A \times Y^2) &= 2150,42 & \text{m}^4 \\
 I_{xx} \text{ kiri dan kanan} &= 2 \times I_{x'x'} &= 4300,84 & \text{m}^4
 \end{aligned}$$

1,3 WL ~ 4,85 WL					
Garis air	Berat	Vertikal		Horizontal	
		KG	Momen	OG	Momen
1,3 WL ~ 4,85 WL	965,301	3,103	2995,223	54,078	52201,948
Total	965,301		2995,223		52201,948

$$\begin{aligned}
 KG &= 3,103 \text{ m} \\
 OG &= 54,078 \text{ m} \\
 I_{xx} &= 4300,840 \text{ m}^4
 \end{aligned}$$

**Tabel 4.83** Perhitungan volume tangki ruang muat I bagian tengah

OIL TANK I														
No Ord	Faktor Moment (n)	Faktor Simp (s)	4,85 WL		6,63 WL			8,407 WL		S ys'	S (ys')s	S (ys')sn	y <sup>2</sup> s	y <sup>3</sup> s
			s' = 1		s' = 4			s' = 1						
			y = ys'	ys	y	ys	ys'	y = ys'	ys					
A	0	1	8,835	8,84	8,835	8,84	35,34	8,835	8,84	53,010	53,010	0,000	78,057	689,636
B	1	4	8,835	35,34	8,835	35,34	35,34	8,835	35,34	53,010	212,040	212,040	312,229	2758,542
C	2	2	8,632	17,26	8,835	17,67	35,34	8,835	17,67	52,807	105,614	211,228	156,114	1379,271
D	3	4	7,670	30,68	7,833	31,33	31,33	8,083	32,33	47,087	188,348	565,044	261,365	2112,721
E	4	1	5,387	5,39	5,630	5,63	22,52	5,856	5,86	33,761	33,761	135,046	34,289	200,787
Sys			97,506		98,808			100,034		239,675	592,773	1123,358	842,055	7140,958
s'			1		4			1						
S(ys)s'			97,506		395,233			100,034		592,773				
n'			0		1			2						
S(ys)s'n'			0,000		395,233			200,069		595,302				

- Jarak ordinat horisontal (a) = 5,600 m
- Tinggi sarat (d) = 4,853 m
- Jarak ordinat vertikal (b) = 1,777 m
- Berat jenis muatan (g) = 0,770 ton/m<sup>3</sup> (Premium)
- Jarak sekat ke midship (e) = 43,687 m

**PERHITUNGAN TANGKI MUAT I (4,85 WL – 8,407 WL)**

$$\begin{aligned}
 V &= 2/9 \times a \times b \times S(ys)'s &= 1310,62 & \text{m}^3 \\
 W &= V \times g &= 1009,18 & \text{ton} \\
 OG &= S(ys)'sn / S(ys)'s \times a+e &= 54,30 & \text{m} \\
 KG &= S(ys)s'n' / S(ys)s' \times b + d &= 6,64 & \text{m} \\
 I_{xx} &= 2 \times 1/3 \times 1/3 \times a \times S(y3s) &= 8886,53 & \text{m}^4 \\
 A &= 2/3 \times a \times S(ys) &= 373,46 & \text{m}^2 \\
 S_x &= 2 \times 1/2 \times 1/3 \times a \times S(y2s) &= 1571,84 & \text{m}^3 \\
 \text{Jarak titik berat Y} &= S_x / A &= 4,21 & \text{m} \\
 \text{Momen Inersia Permukaan Cairan pada Tangki :} & & & \\
 I_{x'x'} &= I_{xx} - (A \times Y^2) &= 2270,93 & \text{m}^4 \\
 I_{xx} \text{ kiri dan kanan} &= 2 \times I_{x'x'} &= 4541,86 & \text{m}^4
 \end{aligned}$$

4,85 WL ~ 8,407 WL					
Garis air	Berat	Vertikal		Horizontal	
		KG	Momen	OG	Momen
1,3 WL ~ 4,85 WL	965,301	3,103	2995,223	54,078	52201,948
4,85 WL ~ 8,407 WL	1009,181	6,638	6698,548	54,299	54797,710
Total	1974,482		9693,771		106999,658

$$\begin{aligned}
 KG &= 4,910 \text{ m} \\
 OG &= 54,191 \text{ m} \\
 I_{xx} &= 4541,858 \text{ m}^4
 \end{aligned}$$

**Tabel 4.84** Perhitungan volume tangki ruang muat I bagian atas

OIL TANK I														
No Ord	Faktor Moment (n)	Faktor Simp (s)	8,407 WL		10,18 WL			11,96 WL		S ys'	S (ys')s	S (ys')sn	y <sup>2</sup> s	y <sup>3</sup> s
			s' = 1		s' = 4			s' = 1						
			y = ys'	ys	y	ys	ys'	y = ys'	ys					
A	0	1	8,835	8,84	8,835	8,84	35,34	8,835	8,84	53,010	53,010	0,000	78,057	689,636
B	1	4	8,835	35,34	8,835	35,34	35,34	8,835	35,34	53,010	212,040	212,040	312,229	2758,542
C	2	2	8,835	17,67	8,835	17,67	35,34	8,835	17,67	53,010	106,020	212,040	156,114	1379,271
D	3	4	8,083	32,33	8,201	32,80	32,80	8,442	33,77	49,328	197,311	591,934	285,069	2406,556
E	4	1	5,856	5,86	6,239	6,24	24,96	6,801	6,80	37,612	37,612	150,449	46,259	314,626
Sys			100,034		100,886			102,414		245,970	605,994	1166,463	877,729	7548,632
s'			1		4			1						
S(ys)s'			100,034		403,545			102,414		605,994				
n'			0		1			2						
S(ys)s'n'			0,000		403,545			204,829		608,374				

- Jarak ordinat horisontal (a) = 5,600 m
- Tinggi sarat (d) = 8,407 m
- Jarak ordinat vertikal (b) = 1,777 m
- Berat jenis muatan (g) = 0,770 ton/m<sup>3</sup> (Premium)
- Jarak sekat ke midship (e) = 43,687 m



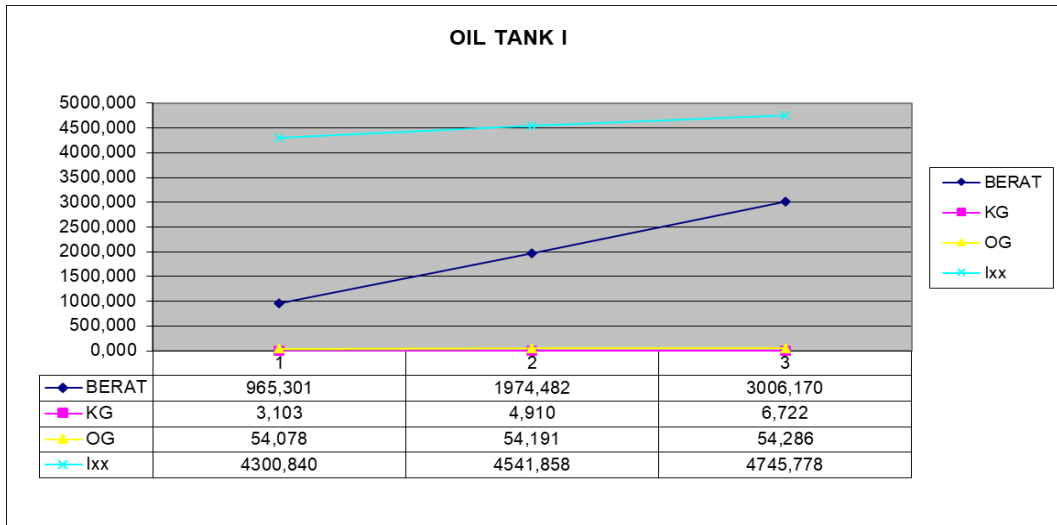
**PERHITUNGAN TANGKI MUAT I (8,407 WL – 11,96 WL)**

$$\begin{aligned}
 V &= 2/9 \times a \times b \times S(ys)'s &= & 1339,85 & \text{m}^3 \\
 W &= V \times g &= & 1031,69 & \text{ton} \\
 OG &= S(ys)'sn / S(ys)'s \times a+e &= & 54,47 & \text{m} \\
 KG &= S(ys)s'n' / S(ys)s' \times b + d &= & 10,19 & \text{m} \\
 I_{xx} &= 2 \times 1/3 \times 1/3 \times a \times S(y3s) &= & 9393,85 & \text{m}^4 \\
 A &= 2/3 \times a \times S(ys) &= & 382,35 & \text{m}^2 \\
 S_x &= 2 \times 1/2 \times 1/3 \times a \times S(y2s) &= & 1638,43 & \text{m}^3 \\
 \text{Jarak titik berat } Y &= S_x / A &= & 4,29 & \text{m} \\
 \text{Momen Inersia Permukaan Cairan pada Tangki :} & & & & \\
 I_{x'x'} &= I_{xx} - (A \times Y^2) &= & 2372,89 & \text{m}^4 \\
 I_{xx} \text{ kiri dan kanan} &= 2 \times I_{x'x'} &= & 4745,78 & \text{m}^4
 \end{aligned}$$

**Jadi jumlah total volume tangki ruang muat I adalah 3904,116 m<sup>3</sup>**

8,407 WL ~ 11,96 mWL					
Garis air	Berat	Vertikal		Horizontal	
		KG	Momen	OG	Momen
4,07 mWL ~ 6,03 mWL	1974,482	4,910	9693,771	54,191	106999,658
8,407 WL ~ 11,96 mWL	1031,688	10,191	10513,599	54,466	56191,919
Total	3006,170		20207,370		163191,577

$$\begin{aligned}
 KG &= 6,722 \text{ m} \\
 OG &= 54,286 \text{ m} \\
 I_{xx} &= 4745,778 \text{ m}^4
 \end{aligned}$$



**Gambar 4.32** Grafik perhitungan tangki ruang muat I

b) Tangki ruang muat II

Tangki ruang muat II terletak pada gading 136 sampai gading 104 yang mempunyai panjang 22,4 m (32 jarak gading).

**Tabel 4.85** Perhitungan volume tangki ruang muat II bagian bawah

OIL TANK II														
No Ord	Faktor Moment (n)	Faktor Simp (s)	1,3 WL		3,07 WL			4,85 WL		S ys'	S (ys')s	S (ys')sn	y <sup>2</sup> s	y <sup>3</sup> s
			s' = 1		s' = 4			s' = 1						
			y = ys'	ys	y	ys	ys'	y = ys'	ys					
A	0	1	8,835	8,84	8,835	8,84	35,34	8,835	8,84	53,01	53,01	0,00	78,06	689,64
B	1	4	8,835	35,34	8,835	35,34	35,34	8,835	35,34	53,01	212,04	212,04	312,23	2758,54
C	2	2	8,835	17,67	8,835	17,67	35,34	8,835	17,67	53,01	106,02	212,04	156,11	1379,27
D	3	4	8,814	35,26	8,835	35,34	35,34	8,835	35,34	52,99	211,96	635,87	312,23	2758,54
E	4	1	8,748	8,75	8,835	8,84	35,34	8,835	8,84	52,92	52,92	211,69	78,06	689,64
Sys			105,85		106,02			106,02		264,94	635,95	1271,64	936,69	8275,63
s'			1		4			1						
S(ys)s'			105,85		424,08			106,02		635,95				
n'			0		1			2						
S(ys)s'n'			0,00		424,08			212,04		636,12				

- Jarak ordinat horisontal (a) = 5,600 m
- Tinggi sarat (d) = 1,300 m
- Jarak ordinat vertikal (b) = 1,777 m
- Berat jenis muatan (g) = 0,770 ton/m<sup>3</sup> (Premium)
- Jarak sekat ke midship (e) = 21,287 m

**PERHITUNGAN TANGKI MUAT II (1,3 WL – 4,85 WL)**

$$\begin{aligned}
 V &= 2/9 \times a \times b \times S(ys)'s &= 1406,09 & \text{m}^3 \\
 W &= V \times g &= 1082,69 & \text{ton} \\
 OG &= S(ys)'sn / S(ys)'s \times a+e &= 32,48 & \text{m} \\
 KG &= S(ys)s'n' / S(ys)s' \times b + d &= 3,08 & \text{m} \\
 I_{xx} &= 2 \times 1/3 \times 1/3 \times a \times S(y^3s) &= 10298,56 & \text{m}^4 \\
 A &= 2/3 \times a \times S(ys) &= 395,81 & \text{m}^2 \\
 S_x &= 2 \times 1/2 \times 1/3 \times a \times S(y^2s) &= 1748,48 & \text{m}^3 \\
 \text{Jarak titik berat } Y &= S_x / A &= 4,42 & \text{m} \\
 \text{Momen Inersia Permukaan Cairan pada Tangki :} \\
 I_{x'x'} &= I_{xx} - (A \times Y^2) &= 2574,64 & \text{m}^4 \\
 I_{xx} \text{ kiri dan kanan} &= 2 \times I_{x'x'} &= 5149,28 & \text{m}^4
 \end{aligned}$$

1,3 WL ~ 4,85 WL					
Garis air	Berat	Vertikal		Horizontal	
		KG	Momen	OG	Momen
1,3 WL ~ 4,85 WL	1082,686	3,077	3331,617201	32,484	35170,41839
Total	1082,686		3331,617201		35170,41839

$$\begin{aligned}
 KG &= 3,077 & \text{m} \\
 OG &= 32,484 & \text{m} \\
 I_{xx} &= 5149,279 & \text{m}^4
 \end{aligned}$$

**Tabel 4.86** Perhitungan volume tangki ruang muat II bagian tengah

OIL TANK II														
No Ord	Faktor Moment (n)	Faktor Simp (s)	4,85 WL		6,63 WL			8,407 WL		S ys'	S (ys')s	S (ys')sn	y <sup>2</sup> s	y <sup>3</sup> s
			s' = 1		s' = 4			s' = 1						
			y = ys'	ys	y	ys	ys'	y = ys'	ys					
A	0	1	8,835	8,84	8,835	8,84	35,34	8,835	8,84	53,010	53,010	0,000	78,057	689,636
B	1	4	8,835	35,34	8,835	35,34	35,34	8,835	35,34	53,010	212,040	212,040	312,229	2758,542
C	2	2	8,835	17,67	8,835	17,67	35,34	8,835	17,67	53,010	106,020	212,040	156,114	1379,271
D	3	4	8,835	35,34	8,835	35,34	35,34	8,835	35,34	53,010	212,040	636,120	312,229	2758,542
E	4	1	8,835	8,84	8,835	8,84	35,34	8,835	8,84	53,010	53,010	212,040	78,057	689,636
Sys			106,020		106,020			106,020		265,050	636,120	1272,240	936,687	8275,627
s'			1		4			1						
S(ys)s'			106,020		424,080			106,020		636,120				
n'			0		1			2						
S(ys)s'n'			0,000		424,080			212,040		636,120				

- Jarak ordinat horisontal (a) = 5,600 m
- Tinggi sarat (d) = 4,850 m
- Jarak ordinat vertikal (b) = 1,777 m
- Berat jenis muatan (g) = 0,770 ton/m<sup>3</sup> (Premium)
- Jarak sekat ke midship (e) = 21,287 m

**PERHITUNGAN TANGKI MUAT II (4,85 WL – 8,407 WL)**

$$\begin{aligned}
 V &= 2/9 \times a \times b \times S(ys)'s &= & 1406,46 & \text{m}^3 \\
 W &= V \times g &= & 1082,98 & \text{ton} \\
 OG &= S(ys)'sn / S(ys)'s \times a+e &= & 32,49 & \text{m} \\
 KG &= S(ys)s'n' / S(ys)s' \times b + d &= & 6,63 & \text{m} \\
 I_{xx} &= 2 \times 1/3 \times 1/3 \times a \times S(y3s) &= & 10298,56 & \text{m}^4 \\
 A &= 2/3 \times a \times S(ys) &= & 395,81 & \text{m}^2 \\
 S_x &= 2 \times 1/2 \times 1/3 \times a \times S(y2s) &= & 1748,48 & \text{m}^3 \\
 \text{Jarak titik berat } Y &= S_x / A &= & 4,42 & \text{m} \\
 \text{Momen Inersia Permukaan Cairan pada Tangki :} & & & & \\
 I_{x'x'} &= I_{xx} - (A \times Y^2) &= & 2574,64 & \text{m}^4 \\
 I_{xx} \text{ kiri dan kanan} &= 2 \times I_{x'x'} &= & 5149,28 & \text{m}^4
 \end{aligned}$$

4,85 WL ~ 8,407 WL					
Garis air	Berat	Vertikal		Horizontal	
		KG	Momen	OG	Momen
1,3 WL ~ 4,85 WL	1082,686	3,077	3331,617	32,484	35170,418
4,85 WL ~ 8,407 WL	1082,977	6,627	7176,566	32,487	35182,362
Total	2165,663		10508,183		70352,780

$$\begin{aligned}
 KG &= 4,85217856 \text{ m} \\
 OG &= 32,48556245 \text{ m} \\
 I_{xx} &= 5149,279 \text{ m}^4
 \end{aligned}$$

**Tabel 4.87** Perhitungan volume tangki ruang muat II bagian atas

<b>OIL TANK II</b>														
No Ord	Faktor Moment (n)	Faktor Simp (s)	8,407 WL		10,18 WL			11,96 WL		S ys'	S (ys')s	S (ys')sn	y <sup>2</sup> s	y <sup>3</sup> s
			s' = 1		s' = 4			s' = 1						
			y = ys'	ys	y	ys	ys'	y = ys'	ys					
A	0	1	8,835	8,84	8,835	8,84	35,34	8,835	8,84	53,010	53,010	0,000	78,057	689,636
B	1	4	8,835	35,34	8,835	35,34	35,34	8,835	35,34	53,010	212,040	212,040	312,229	2758,542
C	2	2	8,835	17,67	8,835	17,67	35,34	8,835	17,67	53,010	106,020	212,040	156,114	1379,271
D	3	4	8,835	35,34	8,835	35,34	35,34	8,835	35,34	53,010	212,040	636,120	312,229	2758,542
E	4	1	8,835	8,84	8,835	8,84	35,34	8,835	8,84	53,010	53,010	212,040	78,057	689,636
Sys			106,020		106,020			106,020		265,050	636,120	1272,240	936,687	8275,627
s'			1		4			1						
S(ys)s'			106,020		424,080			106,020		636,120				
n'			0		1			2						
S(ys)s'n'			0,000		424,080			212,040		636,120				

- Jarak ordinat horisontal (a) = 5,600 m
- Tinggi sarat (d) = 8,407 m
- Jarak ordinat vertikal (b) = 1,777 m
- Berat jenis muatan (g) = 0,770 ton/m<sup>3</sup> (Premium)
- Jarak sekat ke midship (e) = 21,287 m

**PERHITUNGAN TANGKI MUAT II (8,407 WL – 11,96 WL)**

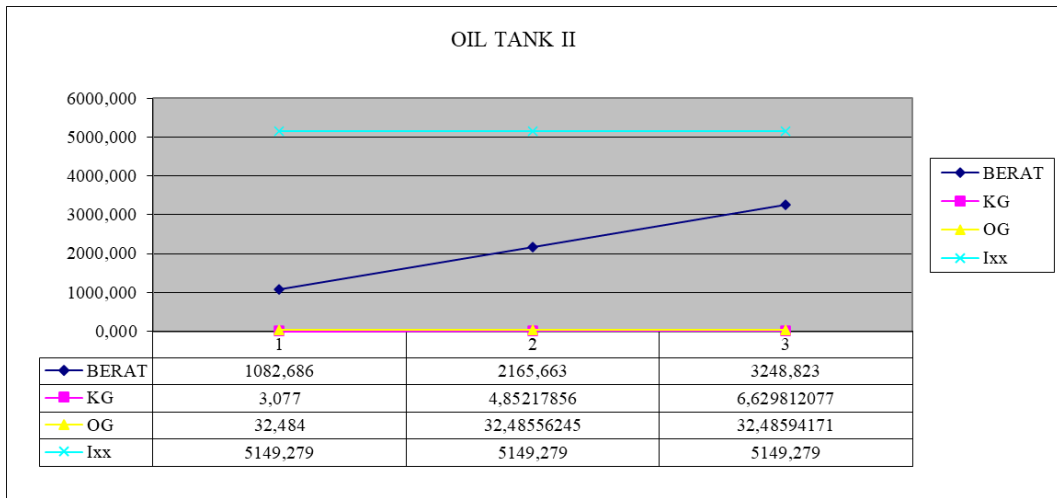
$$\begin{aligned}
 V &= 2/9 \times a \times b \times S(ys)'s &= 1406,70 & \text{m}^3 \\
 W &= V \times g &= 1083,16 & \text{ton} \\
 OG &= S(ys)'sn / S(ys)'s \times a+e &= 32,49 & \text{m} \\
 KG &= S(ys)s'n' / S(ys)s' \times b + d &= 10,18 & \text{m} \\
 I_{xx} &= 2 \times 1/3 \times 1/3 \times a \times S(y3s) &= 10298,56 & \text{m}^4 \\
 A &= 2/3 \times a \times S(ys) &= 395,81 & \text{m}^2 \\
 S_x &= 2 \times 1/2 \times 1/3 \times a \times S(y2s) &= 1748,48 & \text{m}^3 \\
 \text{Jarak titik berat } Y &= S_x / A &= 4,42 & \text{m} \\
 \text{Momen Inersia Permukaan Cairan pada Tangki :} & & & \\
 I_{x'x'} &= I_{xx} - (A \times Y^2) &= 2574,64 & \text{m}^4 \\
 I_{xx} \text{ kiri dan kanan} &= 2 \times I_{x'x'} &= 5149,28 & \text{m}^4
 \end{aligned}$$

**Jadi jumlah total volume tangki ruang muat II adalah 4219,251 m<sup>3</sup>**

8,407 WL ~ 11,96 WL					
Garis air	Berat	Vertikal		Horizontal	
		KG	Momen	OG	Momen
4,85 WL ~ 8,407 WL	2165,663	4,852	10508,183	32,486	70352,780
8,407 WL ~ 11,96 WL	1083,160	10,184	11030,904	32,487	35188,302
Total	3248,823		21539,088		105541,082

$$\begin{aligned}
 KG &= 6,629812077 \text{ m} \\
 OG &= 32,48594171 \text{ m} \\
 I_{xx} &= 5149,279 \text{ m}^4
 \end{aligned}$$





**Gambar 4.33** Grafik perhitungan tangki ruang muat II

c) Tangki ruang muat III

Tangki ruang muat III terletak pada gading 104 sampai gading 72 yang mempunyai panjang 22,4 m (32 jarak gading).

**Tabel 4.88** Perhitungan volume tangki ruang muat III bagian bawah

OIL TANKER III														
No Ord	Faktor Moment (n)	Faktor Simp (s)	1,3 WL		3,07 WL			4,85 WL		S ys'	S (ys')s	S (ys')sn	y <sup>2</sup> s	y <sup>3</sup> s
			s' = 1		s' = 4			s' = 1						
			y = ys'	ys	y	ys	ys'	y = ys'	ys					
A	0	1	8,665	8,67	8,835	8,84	35,34	8,835	8,84	52,840	52,840	0,000	78,057	689,636
B	1	4	8,808	35,23	8,835	35,34	35,34	8,835	35,34	52,983	211,932	211,932	312,229	2758,542
C	2	2	8,835	17,67	8,835	17,67	35,34	8,835	17,67	53,010	106,020	212,040	156,114	1379,271
D	3	4	8,835	35,34	8,835	35,34	35,34	8,835	35,34	53,010	212,040	636,120	312,229	2758,542
E	4	1	8,835	8,84	8,835	8,84	35,34	8,500	8,50	52,675	52,675	210,700	72,250	614,125
Sys			105,742		106,020			105,685		264,518	635,507	1270,792	930,879	8200,116
s'			1		4			1						
S(ys)s'			105,742		424,080			105,685		635,507				
n'			0		1			2						
S(ys)s'n'			0,000		424,080			211,370		635,450				

- Jarak ordinat horisontal (a) = 5,600 m
- Tinggi sarat (d) = 1,300 m
- Jarak ordinat vertikal (b) = 1,777 m
- Berat jenis muatan (g) = 0,770 ton/m<sup>3</sup> (Premium)
- Jarak sekat ke midship (e) = -1,113 m

**PERHITUNGAN TANGKI MUAT III (1,3 WL – 4,85 WL)**

$$\begin{aligned}
 V &= 2/9 \times a \times b \times S(ys)'s &= & 1405,11 & \text{m}^3 \\
 W &= V \times g &= & 1081,93 & \text{ton} \\
 OG &= S(ys)'sn / S(ys)'s \times a+e &= & 10,08 & \text{m} \\
 KG &= S(ys)s'n' / S(ys)s' \times b + d &= & 3,08 & \text{m} \\
 I_{xx} &= 2 \times 1/3 \times 1/3 \times a \times S(y3s) &= & 10204,59 & \text{m}^4 \\
 A &= 2/3 \times a \times S(ys) &= & 394,56 & \text{m}^2 \\
 S_x &= 2 \times 1/2 \times 1/3 \times a \times S(y2s) &= & 1737,64 & \text{m}^3 \\
 \text{Jarak titik berat } Y &= S_x / A &= & 4,40 & \text{m} \\
 \text{Momen Inersia Permukaan Cairan pada Tangki :} \\
 I_{x'x'} &= I_{xx} - (A \times Y^2) &= & 2551,97 & \text{m}^4 \\
 I_{xx} \text{ kiri dan kanan} &= 2 \times I_{x'x'} &= & 5103,93 & \text{m}^4
 \end{aligned}$$

1,3 WL ~ 4,85 WL					
Garis air	Berat	Vertikal		Horizontal	
		KG	Momen	OG	Momen
1,3 WL ~ 4,85 WL	1081,934	3,077	3328,613	10,085	10911,025
Total	1081,934		3328,613		10911,025

$$\begin{aligned}
 KG &= 3,077 & \text{m} \\
 OG &= 10,085 & \text{m} \\
 I_{xx} &= 5103,932 & \text{m}^4
 \end{aligned}$$

**Tabel 4.89** Perhitungan volume tangki ruang muat III bagian tengah

**OIL TANKER III**

No Ord	Faktor Moment (n)	Faktor Simp (s)	4,85 WL		6,63 WL			8,407 WL		S ys'	S (ys')s	S (ys')sn	y <sup>2</sup> s	y <sup>3</sup> s
			s' = 1		s' = 4			s' = 1						
			y = ys'	ys	y	ys	ys'	y = ys'	ys					
A	0	1	8,835	8,84	8,835	8,84	35,34	8,835	8,84	53,010	53,010	0,000	78,057	689,636
B	1	4	8,835	35,34	8,835	35,34	35,34	8,835	35,34	53,010	212,040	212,040	312,229	2758,542
C	2	2	8,835	17,67	8,835	17,67	35,34	8,835	17,67	53,010	106,020	212,040	156,114	1379,271
D	3	4	8,835	35,34	8,835	35,34	35,34	8,835	35,34	53,010	212,040	636,120	312,229	2758,542
E	4	1	8,835	8,84	8,835	8,84	35,34	8,835	8,84	53,010	53,010	212,040	78,057	689,636
Sys			106,020		106,020			106,020		265,050	636,120	1272,240	936,687	8275,627
s'			1		4			1						
S(ys)s'			106,020		424,080			106,020		636,120				
n'			0		1			2						
S(ys)s'n'			0,000		424,080			212,040		636,120				

- Jarak ordinat horisontal (a) = 5,600 m
- Tinggi sarat (d) = 4,850 m
- Jarak ordinat vertikal (b) = 1,777 m
- Berat jenis muatan (g) = 0,770 ton/m<sup>3</sup> (Premium)
- Jarak sekat ke midship (e) = -1,113 m

**PERHITUNGAN TANGKI MUAT III (4,85 WL – 8,407 WL)**

$$\begin{aligned}
 V &= 2/9 \times a \times b \times S(ys)'s &= 1406,46 & \text{m}^3 \\
 W &= V \times g &= 1082,98 & \text{ton} \\
 OG &= S(ys)'sn / S(ys)'s \times a+e &= 10,09 & \text{m} \\
 KG &= S(ys)s'n' / S(ys)s' \times b + d &= 6,63 & \text{m} \\
 I_{xx} &= 2 \times 1/3 \times 1/3 \times a \times S(y3s) &= 10298,56 & \text{m}^4 \\
 A &= 2/3 \times a \times S(ys) &= 395,81 & \text{m}^2 \\
 S_x &= 2 \times 1/2 \times 1/3 \times a \times S(y2s) &= 1748,48 & \text{m}^3 \\
 \text{Jarak titik berat } Y &= S_x / A &= 4,42 & \text{m} \\
 \text{Momen Inersia Permukaan Cairan pada Tangki :} \\
 I_{x'x'} &= I_{xx} - (A \times Y^2) &= 2574,64 & \text{m}^4 \\
 I_{xx} \text{ kiri dan kanan} &= 2 \times I_{x'x'} &= 5149,28 & \text{m}^4
 \end{aligned}$$

4,85 WL ~ 8,407 WL					
Garis air	Berat	Vertikal		Horizontal	
		KG	Momen	OG	Momen
1,3 WL ~ 4,85 WL	1081,934	3,077	3328,613	10,085	10911,025
4,85 WL ~ 8,407 WL	1082,977	6,627	7176,566	10,087	10923,668
Total	2164,911		10505,180		21834,693

$$\begin{aligned}
 KG &= 4,852 & \text{m} \\
 OG &= 10,086 & \text{m} \\
 I_{xx} &= 5149,279 & \text{m}^4
 \end{aligned}$$

**Tabel 4.90** Perhitungan volume tangki ruang muat III bagian atas

**OIL TANKER III**

No Ord	Faktor Moment (n)	Faktor Simp (s)	8,407 WL		10,18 WL			11,96 WL		S ys'	S (ys')s	S (ys')sn	y <sup>2</sup> s	y <sup>3</sup> s
			s' = 1		s' = 4			s' = 1						
			y = ys'	ys	y	ys	ys'	y = ys'	ys					
A	0	1	8,835	8,84	8,835	8,84	35,34	8,835	8,84	53,010	53,010	0,000	78,057	689,636
B	1	4	8,835	35,34	8,835	35,34	35,34	8,835	35,34	53,010	212,040	212,040	312,229	2758,542
C	2	2	8,835	17,67	8,835	17,67	35,34	8,835	17,67	53,010	106,020	212,040	156,114	1379,271
D	3	4	8,835	35,34	8,835	35,34	35,34	8,835	35,34	53,010	212,040	636,120	312,229	2758,542
E	4	1	8,835	8,84	8,835	8,84	35,34	8,835	8,84	53,010	53,010	212,040	78,057	689,636
Sys			106,020		106,020			106,020		265,050	636,120	1272,240	936,687	8275,627
s'			1		4			1						
S(ys)s'			106,020		424,080			106,020		636,120				
n'			0		1			2						
S(ys)s'n'			0,000		424,080			212,040		636,120				

- Jarak ordinat horisontal (a) = 5,600 m
- Tinggi sarat (d) = 8,407 m
- Jarak ordinat vertikal (b) = 1,777 m
- Berat jenis muatan (g) = 0,770 ton/m<sup>3</sup> (Premium)
- Jarak sekat ke midship (e) = -1,113 m

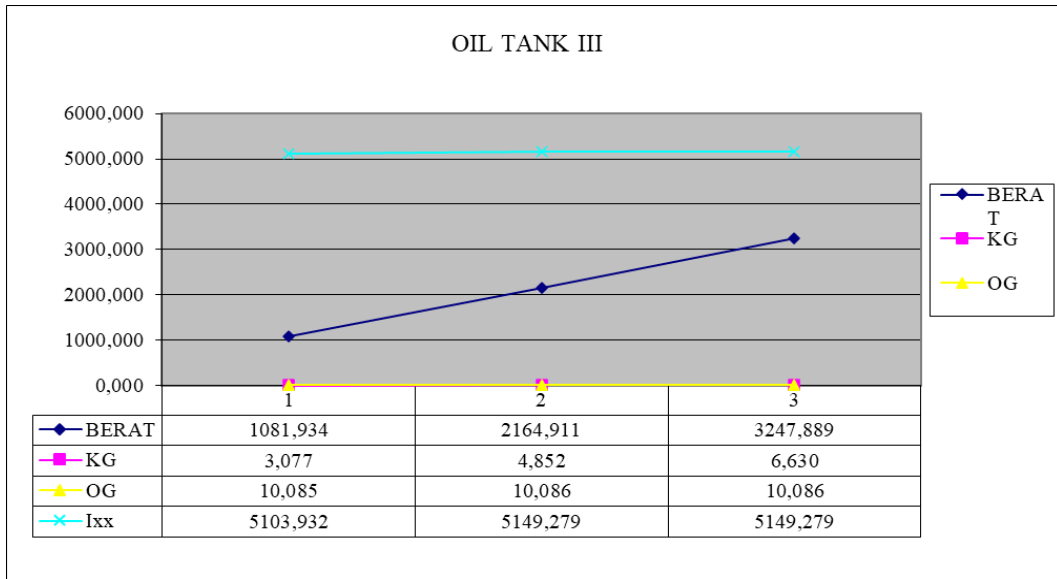
**PERHITUNGAN TANGKI MUAT III (8,407 WL – 11,96 WL)**

$$\begin{aligned}
 V &= 2/9 \times a \times b \times S(ys)'s &= & 1406,46 & \text{m}^3 \\
 W &= V \times g &= & 1082,98 & \text{ton} \\
 OG &= S(ys)'sn / S(ys)'s \times a+e &= & 10,09 & \text{m} \\
 KG &= S(ys)s'n' / S(ys)s' \times b + d &= & 10,18 & \text{m} \\
 I_{xx} &= 2 \times 1/3 \times 1/3 \times a \times S(y3s) &= & 10298,56 & \text{m}^4 \\
 A &= 2/3 \times a \times S(ys) &= & 395,81 & \text{m}^2 \\
 S_x &= 2 \times 1/2 \times 1/3 \times a \times S(y2s) &= & 1748,48 & \text{m}^3 \\
 \text{Jarak titik berat } Y &= S_x / A &= & 4,42 & \text{m} \\
 \text{Momen Inersia Permukaan Cairan pada Tangki :} & & & & \\
 I_{x'x'} &= I_{xx} - (A \times Y^2) &= & 2574,64 & \text{m}^4 \\
 I_{xx} \text{ kiri dan kanan} &= 2 \times I_{x'x'} &= & 5149,28 & \text{m}^4
 \end{aligned}$$

**Jadi jumlah total volume tangki ruang muat III adalah 4218,037 m<sup>3</sup>**

8,407 WL ~ 11,96 WL					
Garis air	Berat	Vertikal		Horizontal	
		KG	Momen	OG	Momen
4,85 WL ~ 8,407 WL	2164,911	4,852	10505,180	10,086	21834,693
8,407 WL ~ 11,96 WL	1082,977	10,184	11028,717	10,087	10923,668
Total	3247,889		21533,896		32758,361

$$\begin{aligned}
 KG &= 6,630 & \text{m} \\
 OG &= 10,086 & \text{m} \\
 I_{xx} &= 5149,279 & \text{m}^4
 \end{aligned}$$



**Gambar 4.34** Grafik perhitungan tangki ruang muat III



d) Tangki ruang muat IV

Tangki ruang muat IV terletak pada gading 72 sampai gading 40 yang mempunyai panjang 22,4 m (32 jarak gading).

**Tabel 4.91** Perhitungan volume tangki ruang muat IV bagian bawah

OIL TANK IV														
No Ord	Faktor Moment (n)	Faktor Simp (s)	1,3 WL		3,07 WL			4,85 WL		S ys'	S (ys')s	S (ys')sn	y <sup>2</sup> s	y <sup>3</sup> s
			s' = 1		s' = 4			s' = 1						
			y = ys'	ys	y	ys	ys'	y = ys'	ys					
A	0	1	5,602	5,60	6,978	6,98	27,91	7,852	7,85	41,366	41,366	0,000	61,654	484,106
B	1	4	6,959	27,84	8,144	32,58	32,58	8,631	34,53	48,166	192,666	192,666	298,004	2572,194
C	2	2	7,867	15,73	8,625	17,25	34,50	8,826	17,65	51,193	102,385	204,771	155,786	1374,920
D	3	4	8,400	33,60	8,823	35,29	35,29	8,835	35,34	52,527	210,108	630,324	312,229	2758,542
E	4	1	8,686	8,69	8,835	8,84	35,34	8,835	8,84	52,861	52,861	211,444	78,057	689,636
Sys			91,458		100,931			104,204		246,113	599,386	1239,204	905,730	7879,399
s'			1		4			1						
S(ys)s'			91,458		403,724			104,204		599,386				
n'			0		1			2						
S(ys)s'n'			0,000		403,724			208,408		612,132				

- Jarak ordinat horisontal (a) = 5,600 m
- Tinggi sarat (d) = 1,300 m
- Jarak ordinat vertikal (b) = 1,777 m
- Berat jenis muatan (g) = 0,770 ton/m<sup>3</sup> (Premium)
- Jarak sekat ke midship (e) = -23,513 m

**PERHITUNGAN TANGKI MUAT IV (1,3 WL – 4,85 WL)**

$$\begin{aligned}
 V &= 2/9 \times a \times b \times S(ys)'s &= & 1325,25 & \text{m}^3 \\
 W &= V \times g &= & 1020,44 & \text{ton} \\
 OG &= S(ys)'sn / S(ys)'s \times a+e &= & -11,94 & \text{m} \\
 KG &= S(ys)s'n' / S(ys)s' \times b + d &= & 3,11 & \text{m} \\
 I_{xx} &= 2 \times 1/3 \times 1/3 \times a \times S(y3s) &= & 9805,47 & \text{m}^4 \\
 A &= 2/3 \times a \times S(ys) &= & 389,03 & \text{m}^2 \\
 S_x &= 2 \times 1/2 \times 1/3 \times a \times S(y2s) &= & 1690,70 & \text{m}^3 \\
 \text{Jarak titik berat Y} &= S_x / A &= & 4,35 & \text{m} \\
 \text{Momen Inersia Permukaan Cairan pada Tangki :} & & & & \\
 I_{x'x'} &= I_{xx} - (A \times Y^2) &= & 2457,80 & \text{m}^4 \\
 I_{xx} \text{ kiri dan kanan} &= 2 \times I_{x'x'} &= & 4915,59 & \text{m}^4
 \end{aligned}$$

1,3 WL ~ 4,85 WL					
Garis air	Berat	Vertikal		Horizontal	
		KG	Momen	OG	Momen
1,3 WL ~ 4,85 WL	1020,439	3,114	3178,138	-11,936	-12179,492
Total	1020,439		3178,138		-12179,492

$$\begin{aligned}
 KG &= 3,114 & \text{m} \\
 OG &= -11,936 & \text{m} \\
 I_{xx} &= 4915,591 & \text{m}^4
 \end{aligned}$$

**Tabel 4.92** Perhitungan volume tangki ruang muat IV bagian tengah

OIL TANK IV														
No Ord	Faktor Moment (n)	Faktor Simp (s)	4,85 WL		6,63 WL			8,407 WL		S ys'	S (ys)s	S (ys)sn	y <sup>2</sup> s	y <sup>3</sup> s
			s' = 1		s' = 4			s' = 1						
			y = ys'	ys	y	ys	ys'	y = ys'	ys					
A	0	1	7,852	7,85	8,407	8,41	33,63	8,723	8,72	50,202	50,202	0,000	76,084	663,648
B	1	4	8,631	34,53	8,631	34,53	34,53	8,787	35,15	51,944	207,776	207,776	308,838	2713,733
C	2	2	8,826	17,65	8,663	17,33	34,65	8,826	17,65	52,301	104,603	209,206	155,786	1374,920
D	3	4	8,835	35,34	8,835	35,34	35,34	8,835	35,34	53,010	212,040	636,120	312,229	2758,542
E	4	1	8,835	8,84	8,835	8,84	35,34	8,835	8,84	53,010	53,010	212,040	78,057	689,636
Sys			104,204		104,433			105,697		260,468	627,631	1265,141	930,994	8200,479
s'			1		4			1						
S(ys)s'			104,204		417,730			105,697		627,631				
n'			0		1			2						
S(ys)s'n'			0,000		417,730			211,393		629,123				

- Jarak ordinat horisontal (a) = 5,600 m
- Tinggi sarat (d) = 4,850 m
- Jarak ordinat vertikal (b) = 1,777 m
- Berat jenis muatan (g) = 0,770 ton/m<sup>3</sup> (Premium)
- Jarak sekat ke midship (e) = -23,513 m

**PERHITUNGAN TANGKI MUAT III (4,85 WL – 8,407 WL)**

$$\begin{aligned}
 V &= 2/9 \times a \times b \times S(ys)'s &= & 1387,69 & \text{m}^3 \\
 W &= V \times g &= & 1068,52 & \text{ton} \\
 OG &= S(ys)'sn / S(ys)'s \times a+e &= & -12,23 & \text{m} \\
 KG &= S(ys)s'n' / S(ys)s' \times b + d &= & 6,63 & \text{m} \\
 I_{xx} &= 2 \times 1/3 \times 1/3 \times a \times S(y3s) &= & 10205,04 & \text{m}^4 \\
 A &= 2/3 \times a \times S(ys) &= & 394,60 & \text{m}^2 \\
 S_x &= 2 \times 1/2 \times 1/3 \times a \times S(y2s) &= & 1737,86 & \text{m}^3 \\
 \text{Jarak titik berat } Y &= S_x / A &= & 4,40 & \text{m} \\
 \text{Momen Inersia Permukaan Cairan pada Tangki :} \\
 I_{x'x'} &= I_{xx} - (A \times Y^2) &= & 2551,37 & \text{m}^4 \\
 I_{xx} \text{ kiri dan kanan} &= 2 \times I_{x'x'} &= & 5102,74 & \text{m}^4
 \end{aligned}$$

1,3 WL ~ 4,85 WL					
Garis air	Berat	Vertikal		Horizontal	
		KG	Momen	OG	Momen
1,3 WL ~ 4,85 WL	1020,439	3,114	3178,138	-11,936	-12179,492
4,85 WL ~ 8,407 WL	1068,524	6,631	7085,306	-12,225	-13062,867
Total	2088,963		10263,443		-25242,359

$$\begin{aligned}
 KG &= 4,913 & \text{m} \\
 OG &= -12,084 & \text{m} \\
 I_{xx} &= 5102,738 & \text{m}^4
 \end{aligned}$$

**Tabel 4.93** Perhitungan volume tangki ruang muat IV bagian atas

<b>OIL TANK IV</b>														
No Ord	Faktor Moment (n)	Faktor Simp (s)	8,407 WL		10,18 WL			11,96 WL		S ys'	S (ys)s	S (ys)sn	y <sup>2</sup> s	y <sup>3</sup> s
			s' = 1		s' = 4			s' = 1						
			y = ys'	ys	y	ys	ys'	y = ys'	ys					
A	0	1	8,72	8,72	8,802	8,80	35,21	8,835	8,84	52,766	52,766	0,000	78,057	689,636
B	1	4	8,79	35,15	8,835	35,34	35,34	8,835	35,34	52,962	211,848	211,848	312,229	2758,542
C	2	2	8,83	17,65	8,835	17,67	35,34	8,835	17,67	53,001	106,001	212,003	156,114	1379,271
D	3	4	8,84	35,34	8,835	35,34	35,34	8,835	35,34	53,010	212,040	636,120	312,229	2758,542
E	4	1	8,84	8,84	8,835	8,84	35,34	8,835	8,84	53,010	53,010	212,040	78,057	689,636
Sys			105,697		105,987			106,020		264,748	635,665	1272,010	936,687	8275,627
s'			1		4			1						
S(ys)s'			105,697		423,948			106,020		635,665				
n'			0		1			2						
S(ys)s'n'			0,000		423,948			212,040		635,988				

- Jarak ordinat horisontal (a) = 5,600 m
- Tinggi sarat (d) = 8,407 m
- Jarak ordinat vertikal (b) = 1,777 m
- Berat jenis muatan (g) = 0,770 ton/m<sup>3</sup> (Premium)
- Jarak sekat ke midship (e) = -23,513 m

**PERHITUNGAN TANGKI MUAT III (8,407 WL – 11,96 WL)**

$$\begin{aligned}
 V &= 2/9 \times a \times b \times S(ys)'s &= & 1405,46 & \text{m}^3 \\
 W &= V \times g &= & 1082,20 & \text{ton} \\
 OG &= S(ys)'sn / S(ys)'s \times a+e &= & -12,31 & \text{m} \\
 KG &= S(ys)s'n' / S(ys)s' \times b + d &= & 10,18 & \text{m} \\
 I_{xx} &= 2 \times 1/3 \times 1/3 \times a \times S(y^3s) &= & 10298,56 & \text{m}^4 \\
 A &= 2/3 \times a \times S(ys) &= & 395,81 & \text{m}^2 \\
 S_x &= 2 \times 1/2 \times 1/3 \times a \times S(y^2s) &= & 1748,48 & \text{m}^3 \\
 \text{Jarak titik berat Y} &= S_x / A &= & 4,42 & \text{m}
 \end{aligned}$$

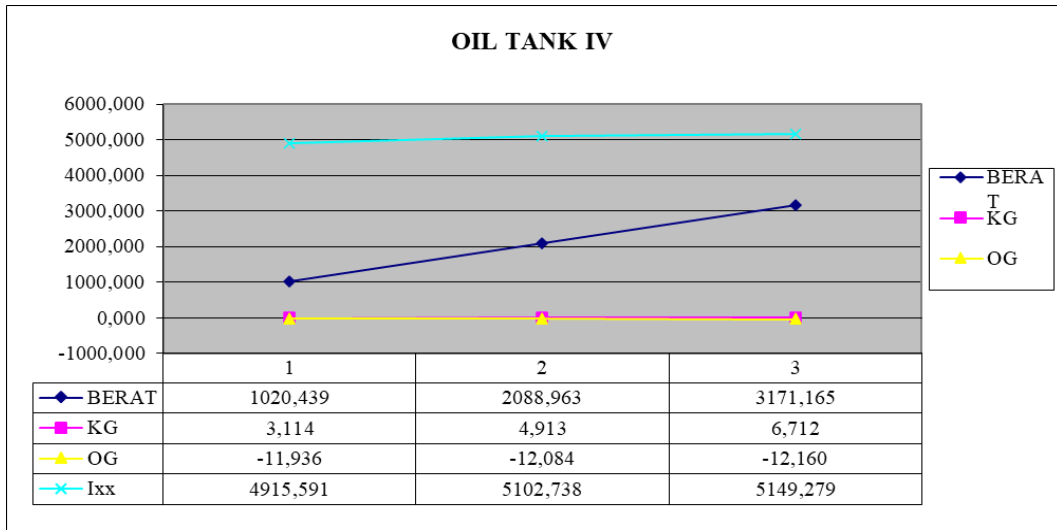
Momen Inersia Permukaan Cairan pada Tangki :

$$\begin{aligned}
 I_{x'x'} &= I_{xx} - (A \times Y^2) &= & 2574,64 & \text{m}^4 \\
 I_{xx} \text{ kiri dan kanan} &= 2 \times I_{x'x'} &= & 5149,28 & \text{m}^4
 \end{aligned}$$

**Jadi jumlah total volume tangki ruang muat IV adalah 4118,396 m<sup>3</sup>**

8,407 WL ~ 11,96 WL					
Garis air	Berat	Vertikal		Horizontal	
		KG	Momen	OG	Momen
4,85 WL ~ 8,407 WL	2088,963	4,913	10263,443	-12,084	-25242,359
8,407 WL ~ 11,96 WL	1082,202	10,185	11021,800	-12,307	-13318,984
Total	3171,165		21285,243		-38561,344

$$\begin{aligned}
 KG &= 6,712 & \text{m} \\
 OG &= -12,160 & \text{m} \\
 I_{xx} &= 5149,279 & \text{m}^4
 \end{aligned}$$



**Gambar 4.35** Grafik perhitungan tangki ruang muat IV

2. Volume tangki ballast

a) Tangki ballast I

**Tabel 4.94** Perhitungan volume tangki ballast I bagian bawah

<b>BALLAST TANK I</b>														
No Ord	Faktor Moment ( n )	Faktor Simp ( s )	0 WL		0,217 WL			0,433 WL		S ys'	S (ys')s	S (ys')sn	y <sup>2</sup> s	y <sup>3</sup> s
			s' = 1		s' = 4			s' = 1						
			y = ys'	ys	y	ys	ys'	y = ys'	ys					
A	0	1	8,594	8,59	9,180	9,18	36,72	9,530	9,53	54,842	54,842	0,000	90,821	865,523
B	1	4	8,437	33,75	9,015	36,06	36,06	9,365	37,46	53,863	215,450	215,450	350,813	3285,363
C	2	2	7,357	14,71	7,739	15,48	30,96	8,430	16,86	46,743	93,486	186,972	142,130	1198,154
D	3	4	5,220	20,88	6,004	24,02	24,02	6,550	26,20	35,787	143,149	429,446	171,610	1124,046
E	4	1	2,748	2,75	3,602	3,60	14,41	4,137	4,14	21,295	21,295	85,180	17,117	70,819
Sys			80,685		88,338			94,187		212,530	528,223	917,049	772,491	6543,905
s'			1		4			1						
S(ys)s'			80,685		353,350			94,187		528,223				
n'			0		1			2						
S(ys)s'n'			0,000		353,350			188,375		541,725				

- Jarak ordinat horisontal (a) = 5,600 m
- Tinggi sarat (d) = 0,000 m
- Jarak ordinat vertikal (b) = 0,217 m
- Berat jenis muatan (g) = 1,025 ton/m<sup>3</sup>
- Jarak sekat ke midship (e) = 43,687 m



**PERHITUNGAN TANGKI BALLAST I (0 WL – 0,433 WL)**

$$\begin{aligned}
 V &= 2/9 \times a \times b \times S(ys)'s &= 142,45 & \text{m}^3 \\
 W &= V \times g &= 146,01 & \text{ton} \\
 OG &= S(ys)'sn / S(ys)'s \times a+e &= 53,41 & \text{m} \\
 KG &= S(ys)s'n' / S(ys)s' \times b + d &= 0,22 & \text{m} \\
 I_{xx} &= 2 \times 1/3 \times 1/3 \times a \times S(y3s) &= 8143,53 & \text{m}^4 \\
 A &= 2/3 \times a \times S(ys) &= 351,63 & \text{m}^2 \\
 S_x &= 2 \times 1/2 \times 1/3 \times a \times S(y2s) &= 1441,98 & \text{m}^3 \\
 \text{Jarak titik berat Y} &= S_x / A &= 4,10 & \text{m} \\
 \text{Momen Inersia Permukaan Cairan pada Tangki :} & & & \\
 I_{x'x'} &= I_{xx} - (A \times Y^2) &= 2230,21 & \text{m}^4 \\
 I_{xx} \text{ kiri dan kanan} &= 2 \times I_{x'x'} &= 4460,42 & \text{m}^4
 \end{aligned}$$

0,00 WL ~ 0,433 WL					
Garis air	Berat	Vertikal		Horizontal	
		KG	Momen	OG	Momen
0,00 WL ~ 0,433 WL	146,008	0,222	32,449	53,409	7798,098
Total	146,008		32,449		7798,098

$$\begin{aligned}
 KG &= 0,222 & \text{m} \\
 OG &= 53,409 & \text{m} \\
 I_{xx} &= 4460,419 & \text{m}^4
 \end{aligned}$$

**Tabel 4.95** Perhitungan volume tangki ballast I bagian tengah

<b>BALLAST TANK I</b>														
No Ord	Faktor Momen (n)	Faktor Simp (s)	0,433 WL		0,65 WL			0,867 WL		S ys'	S (ys)'s	S (ys)'sn	y <sup>2</sup> s	y <sup>3</sup> s
			s' = 1		s' = 4			s' = 1						
			y = ys'	ys	y	ys	ys'	y = ys'	ys					
A	0	1	9,530	9,53	9,706	9,71	38,82	9,911	9,91	58,265	58,265	0,000	98,222	973,449
B	1	4	9,365	37,46	9,589	38,36	38,36	9,743	38,97	57,464	229,856	229,856	379,704	3699,458
C	2	2	8,430	16,86	8,729	17,46	34,92	8,962	17,92	52,308	104,616	209,232	160,635	1439,610
D	3	4	6,550	26,20	6,977	27,91	27,91	7,232	28,93	41,690	166,758	500,275	209,184	1512,736
E	4	1	4,137	4,14	4,547	4,55	18,19	4,813	4,81	27,138	27,138	108,553	23,165	111,493
Sys			94,187		97,975			100,546		236,865	586,633	1047,916	870,910	7736,745
s'			1		4			1						
S(ys)s'			94,187		391,900			100,546		586,633				
n'			0		1			2						
S(ys)s'n'			0,000		391,900			201,092		592,992				

- Jarak ordinat horisontal (a) = 5,600 m
- Tinggi sarat (d) = 0,433 m
- Jarak ordinat vertikal (b) = 0,217 m
- Berat jenis muatan (g) = 1,025 ton/m<sup>3</sup>
- Jarak sekat ke midship (e) = 43,687 m

**PERHITUNGAN TANGKI BALLAST I (0,433 WL – 0,867 WL)**

$$\begin{aligned}
 V &= 2/9 \times a \times b \times S(ys)'s &= & 158,20 & m^3 \\
 W &= V \times g &= & 162,15 & ton \\
 OG &= S(ys)'sn / S(ys)'s \times a+e &= & 53,69 & m \\
 KG &= S(ys)s'n' / S(ys)s' \times b + d &= & 0,65 & m \\
 I_{xx} &= 2 \times 1/3 \times 1/3 \times a \times S(y3s) &= & 9627,95 & m^4 \\
 A &= 2/3 \times a \times S(ys) &= & 375,37 & m^2 \\
 S_x &= 2 \times 1/2 \times 1/3 \times a \times S(y2s) &= & 1625,70 & m^3 \\
 \text{Jarak titik berat } Y &= S_x / A &= & 4,33 & m \\
 \text{Momen Inersia Permukaan Cairan pada Tangki :} \\
 I_{x'x'} &= I_{xx} - (A \times Y^2) &= & 2587,21 & m^4 \\
 I_{xx} \text{ kiri dan kanan} &= 2 \times I_{x'x'} &= & 5174,42 & m^4
 \end{aligned}$$

0,433 WL ~ 0,867 WL					
Garis air	Berat	Vertikal		Horizontal	
		KG	Momen	OG	Momen
0,00 WL ~ 0,433 WL	146,008	0,222	32,449	53,409	7798,098
0,433 WL ~ 0,867 WL	162,153	0,652	105,732	53,690	8706,013
Total	308,161		138,180		16504,112

$$\begin{aligned}
 KG &= 0,448 & m \\
 OG &= 53,557 & m \\
 I_{xx} &= 5174,421 & m^4
 \end{aligned}$$

**Tabel 4.96** Perhitungan volume tangki ballast I bagian atas

<b>BALLAST TANK I</b>														
No Ord	Faktor Momen (n)	Faktor Simp (s)	0,867 WL		0,108 WL			1,3 WL		S ys'	S (ys)'s	S (ys)'sn	y <sup>2</sup> s	y <sup>3</sup> s
			s' = 1		s' = 4			s' = 1						
			y = ys'	ys	y	ys	ys'	y = ys'	ys					
A	0	1	9,911	9,91	10,001	10,00	40,00	10,049	10,05	59,964	59,964	0,000	100,984	1014,802
B	1	4	9,743	38,97	9,849	39,40	39,40	9,928	39,71	59,067	236,268	236,268	394,261	3914,221
C	2	2	8,962	17,92	9,143	18,29	36,57	9,274	18,55	54,808	109,616	219,232	172,014	1595,259
D	3	4	7,232	28,93	7,524	30,10	30,10	7,774	31,10	45,102	180,406	541,219	241,740	1879,289
E	4	1	4,813	4,81	5,038	5,04	20,15	5,343	5,34	30,308	30,308	121,232	28,548	152,530
Sys			100,546		102,817			104,748		249,248	616,562	1117,951	937,547	8556,101
s'			1		4			1						
S(ys)'s'			100,546		411,268			104,748		616,562				
n'			0		1			2						
S(ys)'s'n'			0,000		411,268			209,496		620,764				

- Jarak ordinat horisontal (a) = 5,600 m
- Tinggi sarat (d) = 0,867 m
- Jarak ordinat vertikal (b) = 0,217 m
- Berat jenis muatan (g) = 1,025 ton/m<sup>3</sup>
- Jarak sekat ke midship (e) = 43,687 m

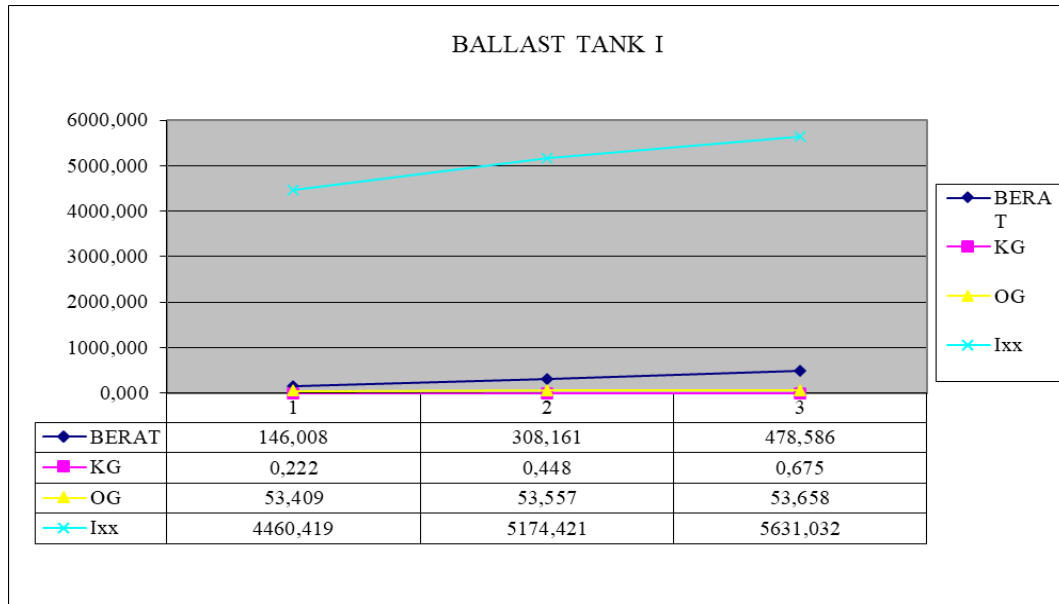
**PERHITUNGAN TANGKI BALLAST I (0,867 WL – 1,3 WL)**

$$\begin{aligned}
 V &= 2/9 \times a \times b \times S(ys)'s &= & 166,27 & \text{m}^3 \\
 W &= V \times g &= & 170,43 & \text{ton} \\
 OG &= S(ys)'sn / S(ys)'s \times a+e &= & 53,84 & \text{m} \\
 KG &= S(ys)s'n' / S(ys)s' \times b + d &= & 1,08 & \text{m} \\
 I_{xx} &= 2 \times 1/3 \times 1/3 \times a \times S(y3s) &= & 10647,59 & \text{m}^4 \\
 A &= 2/3 \times a \times S(ys) &= & 391,06 & \text{m}^2 \\
 S_x &= 2 \times 1/2 \times 1/3 \times a \times S(y2s) &= & 1750,09 & \text{m}^3 \\
 \text{Jarak titik berat Y} &= S_x / A &= & 4,48 & \text{m} \\
 \text{Momen Inersia Permukaan Cairan pada Tangki :} & & & & \\
 I_{x'x'} &= I_{xx} - (A \times Y^2) &= & 2815,52 & \text{m}^4 \\
 I_{xx} \text{ kiri dan kanan} &= 2 \times I_{x'x'} &= & 5631,03 & \text{m}^4
 \end{aligned}$$

**Jadi jumlah total volume tangki ballast I adalah 466,913 m<sup>3</sup>**

0,867 WL ~ 1,3 WL					
Garis air	Berat	Vertikal		Horizontal	
		KG	Momen	OG	Momen
0,433 WL ~ 0,867 WL	308,161	0,448	138,180	53,557	16504,112
0,867 WL ~ 1,3 WL	170,426	1,085	184,891	53,841	9175,828
Total	478,586		323,071		25679,940

$$\begin{aligned}
 KG &= 0,675 & \text{m} \\
 OG &= 53,658 & \text{m} \\
 I_{xx} &= 5631,032 & \text{m}^4
 \end{aligned}$$



**Gambar 4.36** Grafik perhitungan tangki ballast I

b) Tangki ballast II

**Tabel 4.97** Perhitungan volume tangki ballast II bagian bawah

<b>BALLAST TANK II</b>														
No Ord	Faktor Momen (n)	Faktor Simp (s)	0 WL		0,217 WL			0,433 WL		S ys'	S (ys')s	S (ys')sn	y <sup>2</sup> s	y <sup>3</sup> s
			s' = 1		s' = 4			s' = 1						
			y = ys'	ys	y	ys	ys'	y = ys'	ys					
A	0	1	8,799	8,80	9,659	9,66	38,64	9,892	9,89	57,327	57,327	0,000	97,846	967,861
B	1	4	8,799	35,20	9,659	38,64	38,64	9,892	39,57	57,327	229,307	229,307	391,383	3871,442
C	2	2	8,796	17,59	9,647	19,29	38,59	9,883	19,77	57,268	114,535	229,071	195,328	1930,325
D	3	4	8,702	34,81	9,394	37,58	37,58	9,688	38,75	55,966	223,862	671,586	375,422	3637,047
E	4	1	8,594	8,59	9,180	9,18	36,72	9,530	9,53	54,843	54,843	219,370	90,821	865,523
Sys			104,988		114,345			117,505		282,729	679,873	1349,334	1150,799	11272,198
s'			1		4			1						
S(ys)s'			104,988		457,381			117,505		679,873				
n'			0		1			2						
S(ys)s'n'			0,000		457,381			235,010		692,391				

- Jarak ordinat horisontal (a) = 5,600 m
- Tinggi sarat (d) = 0,000 m
- Jarak ordinat vertikal (b) = 0,217 m
- Berat jenis muatan (g) = 1,025 ton/m<sup>3</sup>
- Jarak sekat ke midship (e) = 21,287 m

**PERHITUNGAN TANGKI BALLAST II (0 WL – 0,433 WL)**

$$\begin{aligned}
 V &= 2/9 \times a \times b \times S(ys)'s &= & 183,34 & \text{m}^3 \\
 W &= V \times g &= & 187,93 & \text{ton} \\
 OG &= S(ys)'sn / S(ys)'s \times a+e &= & 32,40 & \text{m} \\
 KG &= S(ys)s'n' / S(ys)s' \times b + d &= & 0,22 & \text{m} \\
 I_{xx} &= 2 \times 1/3 \times 1/3 \times a \times S(y^3s) &= & 14027,62 & \text{m}^4 \\
 A &= 2/3 \times a \times S(ys) &= & 438,69 & \text{m}^2 \\
 S_x &= 2 \times 1/2 \times 1/3 \times a \times S(y^2s) &= & 2148,16 & \text{m}^3 \\
 \text{Jarak titik berat } Y &= S_x / A &= & 4,90 & \text{m} \\
 \text{Momen Inersia Permukaan Cairan pada Tangki :} \\
 I_{x'x'} &= I_{xx} - (A \times Y^2) &= & 3508,52 & \text{m}^4 \\
 I_{xx} \text{ kiri dan kanan} &= 2 \times I_{x'x'} &= & 7017,04 & \text{m}^4
 \end{aligned}$$

0,00 WL ~ 0,433 WL					
Garis air	Berat	Vertikal		Horizontal	
		KG	Momen	OG	Momen
0,00 WL ~ 0,433 WL	187,926	0,221	41,473	32,401	6088,969
Total	187,926		41,473		6088,969

$$\begin{aligned}
 KG &= 0,221 & \text{m} \\
 OG &= 32,401 & \text{m} \\
 I_{xx} &= 7017,037 & \text{m}^4
 \end{aligned}$$



**Tabel 4.98** Perhitungan volume tangki ballast II bagian tengah

<b>BALLAST TANK II</b>														
No Ord	Faktor Moment (n)	Faktor Simp (s)	0,433 WL		0,65 WL			0,867 WL		S ys'	S (ys's)	S (ys's)n	y <sup>2</sup> s	y <sup>3</sup> s
			s' = 1		s' = 4			s' = 1						
			y = ys'	ys	y	ys	ys'	y = ys'	ys					
A	0	1	9,892	9,89	10,027	10,03	40,11	10,123	10,12	60,123	60,123	0,000	102,475	1037,356
B	1	4	9,892	39,57	10,027	40,11	40,11	10,123	40,49	60,123	240,491	240,491	409,901	4149,423
C	2	2	9,883	19,77	10,012	20,02	40,05	10,118	20,24	60,048	120,096	240,192	204,732	2071,393
D	3	4	9,688	38,75	9,874	39,50	39,50	10,005	40,02	59,189	236,756	710,267	400,400	4006,003
E	4	1	9,530	9,53	9,761	9,76	39,04	9,913	9,91	58,487	58,487	233,947	98,270	974,156
Sys			117,505		119,416			120,783		297,969	715,952	1424,897	1215,777	12238,331
s'			1		4			1						
S(ys)s'			117,505		477,664			120,783		715,952				
n'			0		1			2						
S(ys)s'n'			0,000		477,664			241,567		719,230				

- Jarak ordinat horisontal (a) = 5,600 m
- Tinggi sarat (d) = 0,433 m
- Jarak ordinat vertikal (b) = 0,217 m
- Berat jenis muatan (g) = 1,025 ton/m<sup>3</sup>
- Jarak sekat ke midship (e) = 21,287 m

**PERHITUNGAN TANGKI BALLAST II (0,433 WL – 0,867 WL)**

$$\begin{aligned}
 V &= 2/9 \times a \times b \times S(ys)'s &= 193,07 & \text{m}^3 \\
 W &= V \times g &= 197,90 & \text{ton} \\
 OG &= S(ys)'sn / S(ys)'s \times a+e &= 32,43 & \text{m} \\
 KG &= S(ys)s'n' / S(ys)s' \times b + d &= 0,65 & \text{m} \\
 I_{xx} &= 2 \times 1/3 \times 1/3 \times a \times S(y3s) &= 15229,92 & \text{m}^4 \\
 A &= 2/3 \times a \times S(ys) &= 450,92 & \text{m}^2 \\
 S_x &= 2 \times 1/2 \times 1/3 \times a \times S(y2s) &= 2269,45 & \text{m}^3 \\
 \text{Jarak titik berat } Y &= S_x / A &= 5,03 & \text{m} \\
 \text{Momen Inersia Permukaan Cairan pada Tangki :} \\
 I_{x'x'} &= I_{xx} - (A \times Y^2) &= 3808,04 & \text{m}^4 \\
 I_{xx} \text{ kiri dan kanan} &= 2 \times I_{x'x'} &= 7616,08 & \text{m}^4
 \end{aligned}$$

0,433 WL ~ 0,867 WL					
Garis air	Berat	Vertikal		Horizontal	
		KG	Momen	OG	Momen
0,00 WL ~ 0,433 WL	187,926	0,221	41,473	32,401	6088,969
0,433 WL ~ 0,867 WL	197,898	0,651	128,771	32,432	6418,218
Total	385,824		170,244		12507,188

$$\begin{aligned}
 KG &= 0,441 & \text{m} \\
 OG &= 32,417 & \text{m} \\
 I_{xx} &= 7616,079 & \text{m}^4
 \end{aligned}$$

**Tabel 4.99** Perhitungan volume tangki ballast II bagian atas

<b>BALLAST TANK II</b>														
No Ord	Faktor Moment ( n )	Faktor Simp ( s )	0,867 WL		0,108 WL			1,3 WL		S ys'	S (ys')s	S (ys')sn	y <sup>2</sup> s	y <sup>3</sup> s
			s' = 1		s' = 4			s' = 1						
			y = ys'	ys	y	ys	ys'	y = ys'	ys					
A	0	1	10,123	10,12	10,135	10,14	40,54	10,135	10,14	60,798	60,798	0,000	102,718	1041,049
B	1	4	10,123	40,49	10,135	40,54	40,54	10,135	40,54	60,798	243,192	243,192	410,873	4164,197
C	2	2	10,118	20,24	10,132	20,26	40,53	10,135	20,27	60,781	121,561	243,122	205,436	2082,098
D	3	4	10,005	40,02	10,069	40,28	40,28	10,067	40,27	60,350	241,398	724,195	405,378	4080,940
E	4	1	9,913	9,91	10,001	10,00	40,00	10,049	10,05	59,967	59,967	239,868	100,984	1014,802
Sys			120,783		121,218			121,262		302,693	726,917	1450,378	1225,390	12383,087
s'			1		4			1						
S(ys)s'			120,783		484,871			121,262		726,917				
n'			0		1			2						
S(ys)s'n'			0,000		484,871			242,524		727,395				

- Jarak ordinat horisontal (a) = 5,600 m
- Tinggi sarat (d) = 0,730 m
- Jarak ordinat vertikal (b) = 0,217 m
- Berat jenis muatan (g) = 1,025 ton/m<sup>3</sup>
- Jarak sekat ke midship (e) = 21,287 m

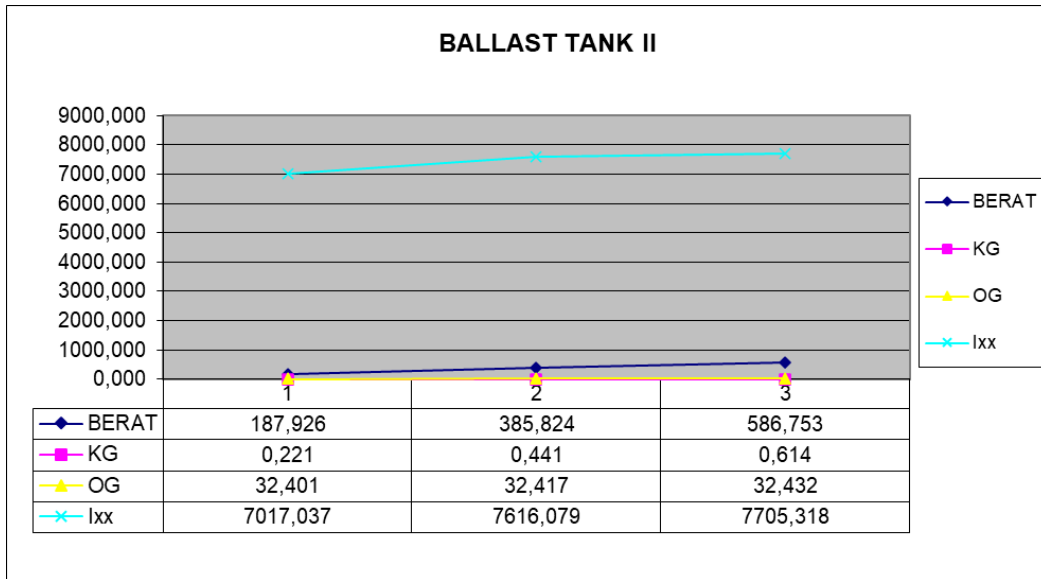
**PERHITUNGAN TANGKI BALLAST II (0,867 WL – 1,3 WL)**

$$\begin{aligned}
 V &= 2/9 \times a \times b \times S(ys)'s &= 196,028 & \text{m}^3 \\
 W &= V \times g &= 200,929 & \text{ton} \\
 OG &= S(ys)'sn / S(ys)'s \times a+e &= 32,460 & \text{m} \\
 KG &= S(ys)s'n' / S(ys)s' \times b + d &= 0,947 & \text{m} \\
 I_{xx} &= 2 \times 1/3 \times 1/3 \times a \times S(y3s) &= 15410,064 & \text{m}^4 \\
 A &= 2/3 \times a \times S(ys) &= 452,712 & \text{m}^2 \\
 S_x &= 2 \times 1/2 \times 1/3 \times a \times S(y2s) &= 2287,395 & \text{m}^3 \\
 \text{Jarak titik berat } Y &= S_x / A &= 5,053 & \text{m} \\
 \text{Momen Inersia Permukaan Cairan pada Tangki:} \\
 I_{x'x'} &= I_{xx} - (A \times Y^2) &= 3852,659 & \text{m}^4 \\
 I_{xx} \text{ kiri dan kanan} &= 2 \times I_{x'x'} &= 7705,318 & \text{m}^4
 \end{aligned}$$

**Jadi jumlah total volume tangki ballast II adalah 572,442 m<sup>3</sup>**

0,867 WL ~ 1,3 WL					
Garis air	Berat	Vertikal		Horizontal	
		KG	Momen	OG	Momen
0,433 WL ~ 0,867 WL	385,824	0,441	170,244	32,417	12507,188
0,867 WL ~ 1,3 WL	200,929	0,947	190,248	32,460	6522,175
Total	586,753		360,493		19029,363

$$\begin{aligned}
 KG &= 0,614 & \text{m} \\
 OG &= 32,432 & \text{m} \\
 I_{xx} &= 7705,318 & \text{m}^4
 \end{aligned}$$



**Gambar 4.37** Grafik perhitungan tangki ballast II

c) Tangki ballast III

**Tabel 4.100** Perhitungan volume tangki ballast III bagian bawah

<b>BALLAST TANK III</b>														
No Ord	Faktor Moment ( n )	Faktor Simp ( s )	0 WL		0,217 WL			0,433 WL		S ys'	S (ys')s	S (ys')sn	y <sup>2</sup> s	y <sup>3</sup> s
			s' = 1		s' = 4			s' = 1						
			y = ys'	ys	y	ys	ys'	y = ys'	ys					
A	0	1	8,180	8,18	8,962	8,96	35,85	9,346	9,35	53,375	53,375	0,000	87,340	816,247
B	1	4	8,630	34,52	9,472	37,89	37,89	9,753	39,01	56,273	225,090	225,090	380,507	3711,203
C	2	2	8,799	17,60	9,659	19,32	38,64	9,892	19,78	57,327	114,653	229,307	195,691	1935,721
D	3	4	8,799	35,20	9,659	38,64	38,64	9,892	39,57	57,327	229,307	687,920	391,383	3871,442
E	4	1	8,799	8,80	9,659	9,66	38,64	9,892	9,89	57,327	57,327	229,307	97,846	967,861
Sys			104,293		114,465			117,601		281,628	679,752	1371,624	1152,768	11302,474
s'			1		4			1						
S(ys)s'			104,293		457,858			117,601		679,752				
n'			0		1			2						
S(ys)s'n'			0,000		457,858			235,201		693,059				

- Jarak ordinat horisontal (a) = 5,600 m
- Tinggi sarat (d) = 0,000 m
- Jarak ordinat vertikal (b) = 0,217 m
- Berat jenis muatan (g) = 1,025 ton/m<sup>3</sup>
- Jarak sekat ke midship (e) = -1,113 m

**PERHITUNGAN TANGKI BALLAST III (0 WL – 0,433 WL)**

$$\begin{aligned}
 V &= 2/9 \times a \times b \times S(ys)'s &= & 183,309 & \text{m}^3 \\
 W &= V \times g &= & 187,892 & \text{ton} \\
 OG &= S(ys)'sn / S(ys)'s \times a+e &= & 10,187 & \text{m} \\
 KG &= S(ys)s'n' / S(ys)s' \times b + d &= & 0,221 & \text{m} \\
 I_{xx} &= 2 \times 1/3 \times 1/3 \times a \times S(y^3s) &= & 14065,301 & \text{m}^4 \\
 A &= 2/3 \times a \times S(ys) &= & 439,043 & \text{m}^2 \\
 S_x &= 2 \times 1/2 \times 1/3 \times a \times S(y^2s) &= & 2151,833 & \text{m}^3 \\
 \text{Jarak titik berat } Y &= S_x / A &= & 4,901 & \text{m} \\
 \text{Momen Inersia Permukaan Cairan pada Tangki :} \\
 I_{x'x'} &= I_{xx} - (A \times Y^2) &= & 3518,749 & \text{m}^4 \\
 I_{xx} \text{ kiri dan kanan} &= 2 \times I_{x'x'} &= & 7037,497 & \text{m}^4
 \end{aligned}$$

0,00 WL ~ 0,433 WL					
Garis air	Berat	Vertikal		Horizontal	
		KG	Momen	OG	Momen
0,00 WL ~ 0,433 WL	187,892	0,221	41,513	10,187	1913,973
Total	187,892		41,513		1913,973

$$\begin{aligned}
 KG &= 0,221 & \text{m} \\
 OG &= 10,187 & \text{m} \\
 I_{xx} &= 7037,497 & \text{m}^4
 \end{aligned}$$

**Tabel 4.101** Perhitungan volume tangki ballast III bagian tengah

<b>BALLAST TANK III</b>														
No Ord	Faktor Momen (n)	Faktor Simp (s)	0,433 WL		0,65 WL			0,867 WL		S ys'	S (ys')s	S (ys')sn	y <sup>2</sup> s	y <sup>3</sup> s
			s' = 1		s' = 4			s' = 1						
			y = ys'	ys	y	ys	ys'	y = ys'	ys					
A	0	1	9,346	9,35	9,604	9,60	38,41	9,779	9,78	57,539	57,539	0,000	95,623	935,068
B	1	4	9,753	39,01	9,917	39,67	39,67	10,004	40,02	59,426	237,706	237,706	400,312	4004,682
C	2	2	9,892	19,78	10,027	20,05	40,11	10,123	20,25	60,123	120,245	240,491	204,950	2074,711
D	3	4	9,892	39,57	10,027	40,11	40,11	10,123	40,49	60,123	240,491	721,472	409,901	4149,423
E	4	1	9,892	9,89	10,027	10,03	40,11	10,123	10,12	60,123	60,123	240,491	102,475	1037,356
Sys			117,601		119,462			120,655		297,334	716,104	1440,160	1213,261	12201,240
s'			1		4			1						
S(ys)s'			117,601		477,848			120,655		716,104				
n'			0		1			2						
S(ys)s'n'			0,000		477,848			241,311		719,158				

- Jarak ordinat horisontal (a) = 5,600 m
- Tinggi sarat (d) = 0,433 m
- Jarak ordinat vertikal (b) = 0,217 m
- Berat jenis muatan (g) = 1,025 ton/m<sup>3</sup>
- Jarak sekat ke midship (e) = -1,113 m



**PERHITUNGAN TANGKI BALLAST III (0,433 WL – 0,867 WL)**

$$\begin{aligned}
 V &= 2/9 \times a \times b \times S(ys)'s &= & 193,112 \quad m^3 \\
 W &= V \times g &= & 197,940 \quad \text{ton} \\
 OG &= S(ys)'sn / S(ys)'s \times a+e &= & 10,149 \quad m \\
 KG &= S(ys)s'n' / S(ys)s' \times b + d &= & 0,651 \quad m \\
 I_{xx} &= 2 \times 1/3 \times 1/3 \times a \times S(y^3s) &= & 15183,766 \quad m^4 \\
 A &= 2/3 \times a \times S(ys) &= & 450,446 \quad m^2 \\
 S_x &= 2 \times 1/2 \times 1/3 \times a \times S(y^2s) &= & 2264,754 \quad m^3 \\
 \text{Jarak titik berat } Y &= S_x / A &= & 5,028 \quad m \\
 \text{Momen Inersia Permukaan Cairan pada Tangki :} \\
 I_{x'x'} &= I_{xx} - (A \times Y^2) &= & 3797,041 \quad m^4 \\
 I_{xx} \text{ kiri dan kanan} &= 2 \times I_{x'x'} &= & 7594,083 \quad m^4
 \end{aligned}$$

0,433 WL ~ 0,867 WL					
Garis air	Berat	Vertikal		Horizontal	
		KG	Momen	OG	Momen
0,00 WL ~ 0,433 WL	187,892	0,221	41,513	10,187	1913,973
0,433 WL ~ 0,867 WL	197,940	0,651	128,785	10,149	2008,874
Total	385,832		170,298		3922,847

$$\begin{aligned}
 KG &= 0,441 \quad m \\
 OG &= 10,167 \quad m \\
 I_{xx} &= 7594,083 \quad m^4
 \end{aligned}$$

**Tabel 4.102** Perhitungan volume tangki ballast III bagian atas

<b>BALLAST TANK III</b>														
No Ord	Faktor Moment (n)	Faktor Simp (s)	0,867 WL		0,108 WL			1,3 WL		S ys'	S (ys')s	S (ys')sn	y <sup>2</sup> s	y <sup>3</sup> s
			s' = 1		s' = 4			s' = 1						
			y = ys'	ys	y	ys	ys'	y = ys'	ys					
A	0	1	9,779	9,78	9,902	9,90	39,61	9,979	9,98	59,366	59,366	0,000	99,580	993,713
B	1	4	10,004	40,02	10,081	40,33	40,33	10,135	40,54	60,464	241,856	241,856	410,873	4164,197
C	2	2	10,123	20,25	10,135	20,27	40,54	10,135	20,27	60,798	121,596	243,192	205,436	2082,098
D	3	4	10,123	40,49	10,135	40,54	40,54	10,135	40,54	60,798	243,192	729,576	410,873	4164,197
E	4	1	10,123	10,12	10,135	10,14	40,54	10,135	10,14	60,798	60,798	243,192	102,718	1041,049
Sys			120,655		121,172			121,464		302,224	726,809	1457,816	1229,481	12445,255
s'			1		4			1						
S(ys)s'			120,655		484,689			121,464		726,809				
n'			0		1			2						
S(ys)s'n'			0,000		484,689			242,928		727,617				

- Jarak ordinat horisontal (a) = 5,600 m
- Tinggi sarat (d) = 0,867 m
- Jarak ordinat vertikal (b) = 0,217 m
- Berat jenis muatan (g) = 1,025 ton/m<sup>3</sup>
- Jarak sekat ke midship (e) = -1,113 m

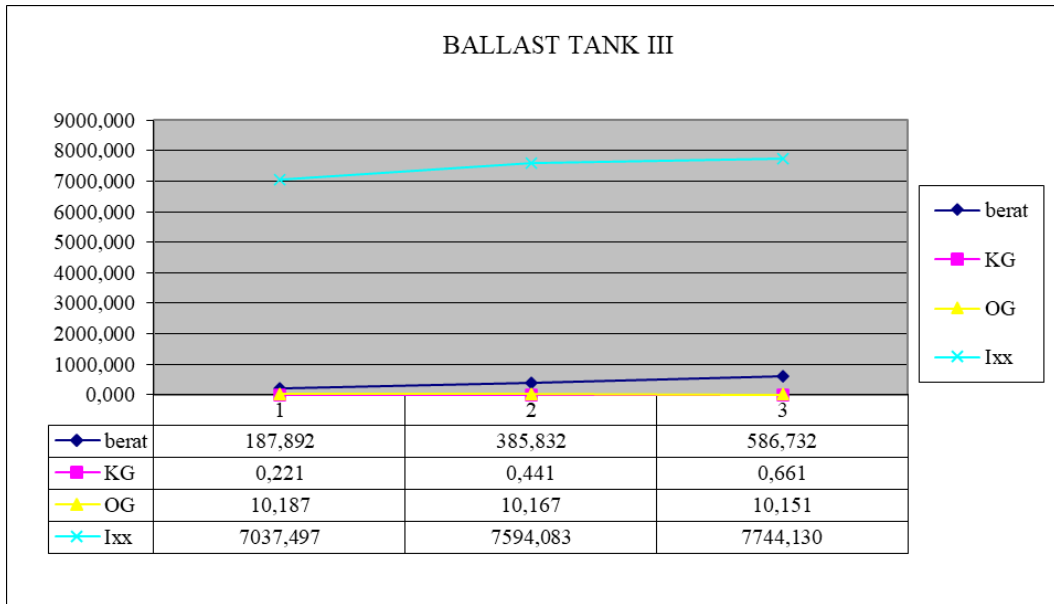
**PERHITUNGAN TANGKI BALLAST III (0,867 WL – 1,3 WL)**

$$\begin{aligned}
 V &= 2/9 \times a \times b \times S(ys)'s &= & 195,999 & \text{m}^3 \\
 W &= V \times g &= & 200,899 & \text{ton} \\
 OG &= S(ys)'sn / S(ys)'s \times a+e &= & 10,119 & \text{m} \\
 KG &= S(ys)s'n' / S(ys)s' \times b + d &= & 1,084 & \text{m} \\
 I_{xx} &= 2 \times 1/3 \times 1/3 \times a \times S(y3s) &= & 15487,428 & \text{m}^4 \\
 A &= 2/3 \times a \times S(ys) &= & 453,466 & \text{m}^2 \\
 S_x &= 2 \times 1/2 \times 1/3 \times a \times S(y2s) &= & 2295,031 & \text{m}^3 \\
 \text{Jarak titik berat } Y &= S_x / A &= & 5,061 & \text{m} \\
 \text{Momen Inersia Permukaan Cairan pada Tangki :} \\
 I_{x'x'} &= I_{xx} - (A \times Y^2) &= & 3872,065 & \text{m}^4 \\
 I_{xx} \text{ kiri dan kanan} &= 2 \times I_{x'x'} &= & 7744,130 & \text{m}^4
 \end{aligned}$$

**Jadi jumlah total volume tangki ballast III adalah 572,422 m<sup>3</sup>**

0,867 WL ~ 1,3 WL					
Garis air	Berat	Vertikal		Horizontal	
		KG	Momen	OG	Momen
0,433 WL ~ 0,867 WL	385,832	0,441	170,298	10,167	3922,847
0,867 WL ~ 1,3 WL	200,899	1,084	217,763	10,119	2032,911
Total	586,732		388,061		5955,757

$$\begin{aligned}
 KG &= 0,661 & \text{m} \\
 OG &= 10,151 & \text{m} \\
 I_{xx} &= 7744,130 & \text{m}^4
 \end{aligned}$$



**Gambar 4.38** Grafik perhitungan tangki ballast III

d) Tangki ballast IV

**Tabel 4.103** Perhitungan volume tangki ballast IV bagian bawah

BALLAST TANK IV														
No Ord	Faktor Moment (n)	Faktor Simp (s)	0 mWL		0,217 WL			0,433 WL		S ys'	S (ys')s	S (ys')sn	y <sup>2</sup> s	y <sup>3</sup> s
			s' = 1		s' = 4			s' = 1						
			y = ys'	ys	y	ys	ys'	y = ys'	ys					
A	0	1	4,463	4,46	5,133	5,13	20,53	5,630	5,63	30,622	30,622	0,000	31,694	178,425
B	1	4	5,917	23,67	6,546	26,19	26,19	7,070	28,28	39,172	156,689	156,689	199,928	1413,453
C	2	2	6,989	13,98	7,770	15,54	31,08	8,252	16,50	46,322	92,644	185,287	136,191	1123,848
D	3	4	7,659	30,64	8,338	33,35	33,35	8,855	35,42	49,866	199,462	598,386	313,609	2776,848
E	4	1	8,180	8,18	8,926	8,93	35,71	9,346	9,35	53,231	53,231	212,924	87,340	816,247
Sys			80,926		89,136			95,177		219,213	532,648	1153,286	768,762	6308,821
s'			1		4			1						
S(ys)s'			80,926		356,546			95,177		532,648				
n'			0		1			2						
S(ys)s'n'			0,000		356,546			190,353		546,899				

- Jarak ordinat horisontal (a) = 5,600 m
- Tinggi sarat (d) = 0,000 m
- Jarak ordinat vertikal (b) = 0,217 m
- Berat jenis muatan (g) = 1,025 ton/m<sup>3</sup>
- Jarak sekat ke midship (e) = -23,513 m

**PERHITUNGAN TANGKI BALLAST IV (0 WL – 0,433 WL)**

$$\begin{aligned}
 V &= 2/9 \times a \times b \times S(ys)'s &= & 143,64 & \text{m}^3 \\
 W &= V \times g &= & 147,23 & \text{ton} \\
 OG &= S(ys)'sn / S(ys)'s \times a+e &= & -11,39 & \text{m} \\
 KG &= S(ys)s'n' / S(ys)s' \times b + d &= & 0,22 & \text{m} \\
 I_{xx} &= 2 \times 1/3 \times 1/3 \times a \times S(y^3s) &= & 7850,98 & \text{m}^4 \\
 A &= 2/3 \times a \times S(ys) &= & 355,33 & \text{m}^2 \\
 S_x &= 2 \times 1/2 \times 1/3 \times a \times S(y^2s) &= & 1435,02 & \text{m}^3 \\
 \text{Jarak titik berat } Y &= S_x / A &= & 4,04 & \text{m} \\
 \text{Momen Inersia Permukaan Cairan pada Tangki :} \\
 I_{x'x'} &= I_{xx} - (A \times Y^2) &= & 2055,48 & \text{m}^4 \\
 I_{xx} \text{ kiri dan kanan} &= 2 \times I_{x'x'} &= & 4110,96 & \text{m}^4
 \end{aligned}$$

0,00 WL ~ 0,433 WL					
Garis air	Berat	Vertikal		Horizontal	
		KG	Momen	OG	Momen
0,00 WL ~ 0,433 WL	147,231	0,222	32,759	-11,388	-1676,650
Total	147,231		32,759		-1676,650

$$\begin{aligned}
 KG &= 0,222 & \text{m} \\
 OG &= -11,388 & \text{m} \\
 I_{xx} &= 4110,964 & \text{m}^4
 \end{aligned}$$

**Tabel 4.104** Perhitungan volume tangki ballast IV bagian tengah

<b>BALLAST TANK IV</b>														
No Ord	Faktor Moment (n)	Faktor Simp (s)	0,433 WL		0,65 WL			0,867 WL		S ys'	S (ys')s	S (ys')sn	y <sup>2</sup> s	y <sup>3</sup> s
			s' = 1		s' = 4			s' = 1						
			y = ys'	ys	y	ys	ys'	y = ys'	ys					
A	0	1	5,630	5,63	6,033	6,03	24,13	6,370	6,37	36,131	36,131	0,000	40,577	258,475
B	1	4	7,070	28,28	7,479	29,91	29,91	7,797	31,19	44,780	179,122	179,122	243,148	1895,727
C	2	2	8,252	16,50	8,575	17,15	34,30	8,871	17,74	51,423	102,846	205,691	157,396	1396,295
D	3	4	8,855	35,42	9,189	36,76	36,76	9,413	37,65	55,024	220,095	660,286	354,441	3336,458
E	4	1	9,346	9,35	9,604	9,60	38,41	9,779	9,78	57,539	57,539	230,156	95,623	935,068
Sys			95,177		99,456			102,731		244,897	595,732	1275,255	891,185	7822,023
s'			1		4			1						
S(ys)s'			95,177		397,825			102,731		595,732				
n'			0		1			2						
S(ys)s'n'			0,000		397,825			205,461		603,287				

- Jarak ordinat horisontal (a) = 5,600 m
- Tinggi sarat (d) = 0,370 m
- Jarak ordinat vertikal (b) = 0,217 m
- Berat jenis muatan (g) = 1,025 ton/m<sup>3</sup>
- Jarak sekat ke midship (e) = -23,513 m

**PERHITUNGAN TANGKI BALLAST IV (0,433 WL – 0,867 WL)**

$$\begin{aligned}
 V &= 2/9 \times a \times b \times S(ys)'s &= & 160,65 & \text{m}^3 \\
 W &= V \times g &= & 164,67 & \text{ton} \\
 OG &= S(ys)'sn / S(ys)'s \times a + e &= & -11,53 & \text{m} \\
 KG &= S(ys)s'n' / S(ys)s' \times b + d &= & 0,59 & \text{m} \\
 I_{xx} &= 2 \times 1/3 \times 1/3 \times a \times S(y^3s) &= & 9734,07 & \text{m}^4 \\
 A &= 2/3 \times a \times S(ys) &= & 383,53 & \text{m}^2 \\
 S_x &= 2 \times 1/2 \times 1/3 \times a \times S(y^2s) &= & 1663,55 & \text{m}^3 \\
 \text{Jarak titik berat } Y &= S_x / A &= & 4,34 & \text{m} \\
 \text{Momen Inersia Permukaan Cairan pada Tangki :} \\
 I_{x'x'} &= I_{xx} - (A \times Y^2) &= & 2518,48 & \text{m}^4 \\
 I_{xx} \text{ kiri dan kanan} &= 2 \times I_{x'x'} &= & 5036,95 & \text{m}^4
 \end{aligned}$$

0,433 WL ~ 0,867 WL					
Garis air	Berat	Vertikal		Horizontal	
		KG	Momen	OG	Momen
0,00 WL ~ 0,433 WL	147,231	0,222	32,759	-11,388	-1676,650
0,433 WL ~ 0,867 WL	164,668	0,589	97,063	-11,525	-1897,859
Total	311,899		129,822		-3574,509

$$\begin{aligned}
 KG &= 0,416 & \text{m} \\
 OG &= -11,460 & \text{m} \\
 I_{xx} &= 5036,952 & \text{m}^4
 \end{aligned}$$



**Tabel 4.105** Perhitungan volume tangki ballast IV bagian atas

<b>BALLAST TANK IV</b>														
No Ord	Faktor Momen (n)	Faktor Simp (s)	0,867 WL		0,108 WL			1,3 WL		S ys'	S (ys')s	S (ys')sn	y <sup>2</sup> s	y <sup>3</sup> s
			s' = 1		s' = 4			s' = 1						
			y = ys'	ys	y	ys	ys'	y = ys'	ys					
A	0	1	6,370	6,37	6,657	6,66	26,63	6,900	6,90	39,900	39,900	0,000	47,610	328,509
B	1	4	7,797	31,19	8,084	32,34	32,34	8,260	33,04	48,393	193,574	193,574	272,910	2254,240
C	2	2	8,871	17,74	9,007	18,01	36,03	9,167	18,33	54,067	108,133	216,266	168,079	1540,829
D	3	4	9,413	37,65	9,579	38,32	38,32	9,701	38,81	57,431	229,723	689,168	376,469	3652,273
E	4	1	9,779	9,78	9,902	9,90	39,61	9,998	10,00	59,385	59,385	237,540	99,958	999,370
Sys			102,731		105,226			107,078		259,175	630,714	1336,548	965,026	8775,221
s'			1		4			1						
S(ys')s'			102,731		420,905			107,078		630,714				
n'			0		1			2						
S(ys')s'n'			0,000		420,905			214,156		635,061				

- Jarak ordinat horisontal (a) = 5,600 m
- Tinggi sarat (d) = 0,730 m
- Jarak ordinat vertikal (b) = 0,217 m
- Berat jenis muatan (g) = 1,025 ton/m<sup>3</sup>
- Jarak sekat ke midship (e) = -23,513 m

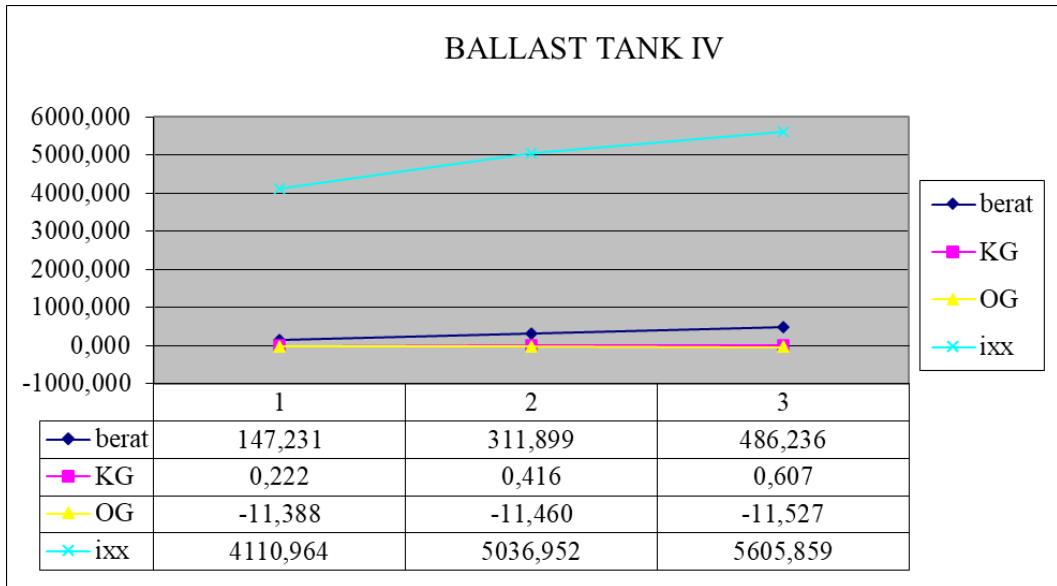
**PERHITUNGAN TANGKI BALLAST III (0,867 WL – 1,3 WL)**

$$\begin{aligned}
 V &= 2/9 \times a \times b \times S(ys)'s &= & 170,09 & \text{m}^3 \\
 W &= V \times g &= & 174,34 & \text{ton} \\
 OG &= S(ys)'sn / S(ys)'s \times a+e &= & -11,65 & \text{m} \\
 KG &= S(ys)s'n' / S(ys)s' \times b + d &= & 0,95 & \text{m} \\
 I_{xx} &= 2 \times 1/3 \times 1/3 \times a \times S(y3s) &= & 10920,27 & \text{m}^4 \\
 A &= 2/3 \times a \times S(ys) &= & 399,76 & \text{m}^2 \\
 S_x &= 2 \times 1/2 \times 1/3 \times a \times S(y2s) &= & 1801,38 & \text{m}^3 \\
 \text{Jarak titik berat } Y &= S_x / A &= & 4,51 & \text{m} \\
 \text{Momen Inersia Permukaan Cairan pada Tangki :} \\
 I_{x'x'} &= I_{xx} - (A \times Y^2) &= & 2802,93 & \text{m}^4 \\
 I_{xx} \text{ kiri dan kanan} &= 2 \times I_{x'x'} &= & 5605,86 & \text{m}^4
 \end{aligned}$$

**Jadi jumlah total volume tangki ballast IV adalah 473,337 m<sup>3</sup>**

0,867 WL ~ 1,3 WL					
Garis air	Berat	Vertikal		Horizontal	
		KG	Momen	OG	Momen
0,433 WL ~ 0,867 WL	311,899	0,416	129,822	-11,460	-3574,509
0,867 WL ~ 1,3 WL	174,337	0,948	165,306	-11,646	-2030,338
Total	486,236		295,127		-5604,848

$$\begin{aligned}
 KG &= 0,607 & \text{m} \\
 OG &= -11,527 & \text{m} \\
 I_{xx} &= 5605,859 & \text{m}^4
 \end{aligned}$$



**Gambar 4.39** Grafik perhitungan tangki ballast IV

### 3. Volume After Peak Tank (A.P.T)

**Tabel 4.106** Perhitungan volume after peak tank bagian bawah

AFTER PEAK TANK														
No Ord	Faktor Moment (n)	Faktor Simp (s)	3,88 WL		5,23 WL			6,66 WL		$\Sigma$ ys'	$\Sigma$ (ys')s	$\Sigma$ (ys')sn	$y^2s$	$y^3s$
			$s' = 1$		$s' = 4$			$s' = 1$						
			y = ys'	ys	y	ys	ys'	y = ys'	ys					
A	0	1	0,000	0,00	0,000	0,00	0,00	0,000	0,00	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
B	1	4	0,000	0,00	0,000	0,00	0,00	0,000	0,00	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
C	2	2	0,000	0,00	0,000	0,00	0,00	0,000	0,00	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
D	3	4	0,000	0,00	0,000	0,00	0,00	0,570	2,28	0,570	2,281	6,842	1,30	0,74
E	4	1	0,742	0,74	1,109	1,11	4,44	1,980	1,98	7,158	7,158	28,631	3,920	7,761
$\Sigma ys$			0,742		1,109			4,261		7,728	9,439	35,474	5,22	8,503
$s'$			1		4			1						
$\Sigma(ys)s'$			0,742		4,436			4,261		9,439				
$n'$			0		1			2						
$\Sigma(ys)s'n'$			0,000		4,436			8,521		12,957				

Jarak ordinat horisontal (a)	=	2,599 m
Tinggi sarat (d)	=	3,883 m
Jarak ordinat vertikal (b)	=	1,346 m
Berat jenis muatan (g)	=	1,025 ton/m <sup>3</sup>
Jarak sekat ke midship (e)	=	-61,612 m

Aditia Risky Dharmawan, 2020

PERANCANGAN KAPAL TANKER 16000 DWT KECEPATAN 13 KNOT DENGAN RUTE PELAYARAN

PLAJU (PALEMBANG) – TANJUNG PRIOK (JAKARTA)

UPN Veteran Jakarta, Fakultas Teknik, Teknik Perkapalan

[www.upnvj.ac.id – www.library.upnvj.ac.id – www.repository.upnvj.ac.id]

**PERHITUNGAN AFTER PEAK TANK (3,88 WL – 6,66 WL)**

$$\begin{aligned}
 V &= 2/9 \times a \times b \times S(ys)'s &= & 7,339 & \text{m}^3 \\
 W &= V \times g &= & 7,522 & \text{ton} \\
 OG &= S(ys)'sn / S(ys)'s \times a+e &= & -71,380 & \text{m} \\
 KG &= S(ys)s'n' / S(ys)s' \times b + d &= & 5,731 & \text{m} \\
 I_{xx} &= 2 \times 1/3 \times 1/3 \times a \times S(y^3s) &= & 4,911 & \text{m}^4 \\
 A &= 2/3 \times a \times S(ys) &= & 7,383 & \text{m}^2 \\
 S_x &= 2 \times 1/2 \times 1/3 \times a \times S(y^2s) &= & 4,523 & \text{m}^3 \\
 \text{Jarak titik berat } Y &= S_x / A &= & 0,613 & \text{m} \\
 \text{Momen Inersia Permukaan Cairan pada Tangki :} & & & & \\
 I_{x'x'} &= I_{xx} - (A \times Y^2) &= & 2,140 & \text{m}^4 \\
 I_{xx} \text{ kiri dan kanan} &= 2 \times I_{x'x'} &= & 4,280 & \text{m}^4
 \end{aligned}$$

3,88 WL ~ 6,66 mWL					
Garis air	Berat	Vertikal		Horizontal	
		KG	Momen	OG	Momen
3,88 WL ~ 6,66 mWL	7,522	5,731	43,111	-71,380	-536,927
Total	7,522		43,111		-536,927

$$\begin{aligned}
 KG &= 5,731 & \text{m} \\
 OG &= -71,380 & \text{m} \\
 I_{xx} &= 4,280 & \text{m}^4
 \end{aligned}$$

**Tabel 4.107** Perhitungan volume after peak tank bagian tengah

<b>AFTER PEAK TANK</b>														
No Ord	Faktor Moment (n)	Faktor Simp (s)	6,66 WL		7,92 WL			9,27 WL		$\Sigma$ ys'	$\Sigma$ (ys')s	$\Sigma$ (ys')sn	$y^2s$	$y^3s$
			s' = 1		s' = 4			s' = 1						
			y = ys'	ys	y	ys	ys'	y = ys'	ys					
A	0	1	0,000	0,00	0,000	0,00	0,00	0,000	0,00	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
B	1	4	0,000	0,00	0,000	0,00	0,00	1,516	6,06	1,516	6,064	6,064	9,193	13,937
C	2	2	0,000	0,00	1,371	2,74	5,48	3,523	7,05	9,007	18,015	36,030	24,823	87,452
D	3	4	0,570	2,28	2,715	10,86	10,86	4,976	19,90	16,404	65,616	196,849	99,04	492,80
E	4	1	1,980	1,98	4,003	4,00	16,01	6,125	6,12	24,116	24,116	96,463	37,51	229,74
$\Sigma ys$			4,261		17,603			39,138		51,043	113,811	335,406	170,57	823,93
s'			1		4			1						
$\Sigma(ys)s'$			4,261		70,412			39,138		113,811				
n'			0		1			2						
$\Sigma(ys)s'n'$			0,000		70,412			78,276		148,688				

- Jarak ordinat horisontal (a) = 2,599 m
- Tinggi sarat (d) = 6,660 m
- Jarak ordinat vertikal (b) = 1,346 m
- Berat jenis muatan (g) = 1,025 ton/m<sup>3</sup>
- Jarak sekat ke midship (e) = -61,612

**PERHITUNGAN AFTER PEAK TANK (6,66 WL – 9,27 WL)**

$$\begin{aligned}
 V &= 2/9 \times a \times b \times S(ys)'s &= & 88,489 & \text{m}^3 \\
 W &= V \times g &= & 90,701 & \text{ton} \\
 OG &= S(ys)'sn / S(ys)'s \times a+e &= & -69,272 & \text{m} \\
 KG &= S(ys)s'n' / S(ys)s' \times b + d &= & 8,419 & \text{m} \\
 I_{xx} &= 2 \times 1/3 \times 1/3 \times a \times S(y3s) &= & 475,903 & \text{m}^4 \\
 A &= 2/3 \times a \times S(ys) &= & 67,819 & \text{m}^2 \\
 S_x &= 2 \times 1/2 \times 1/3 \times a \times S(y2s) &= & 147,778 & \text{m}^3 \\
 \text{Jarak titik berat } Y &= S_x / A &= & 2,179 & \text{m} \\
 \text{Momen Inersia Permukaan Cairan pada Tangki :} & & & & \\
 I_{x'x'} &= I_{xx} - (A \times Y^2) &= & 153,894 & \text{m}^4 \\
 I_{xx} \text{ kiri dan kanan} &= 2 \times I_{x'x'} &= & 307,787 & \text{m}^4
 \end{aligned}$$

6,66 WL ~ 9,27 WL					
Garis air	Berat	Vertikal		Horizontal	
		KG	Momen	OG	Momen
3,88 WL ~ 6,66 mWL	7,522	5,731	43,111	-71,380	-536,927
6,66 WL ~ 9,27 WL	90,701	8,419	763,577	-69,272	-6283,011
Total	98,223		806,688		-6819,937

$$\begin{aligned}
 KG &= 8,213 & \text{m} \\
 OG &= -69,433 & \text{m} \\
 I_{xx} &= 307,787 & \text{m}^4
 \end{aligned}$$

**Tabel 4.108** Perhitungan volume after peak tank bagian atas

AFTER PEAK TANK														
No Ord	Faktor Moment (n)	Faktor Simp (s)	9,27 WL		10,61 WL			11,96 WL		$\Sigma$ ys'	$\Sigma$ (ys')s	$\Sigma$ (ys')sn	$y^2s$	$y^3s$
			s' = 1		s' = 4			s' = 1						
			y = ys'	ys	y	ys	ys'	y = ys'	ys					
A	0	1	0,000	0,00	0,000	0,00	0,00	4,000	4,00	4,000	4,000	0,000	16,000	64,000
B	1	4	1,516	6,06	3,316	13,26	13,26	5,166	20,66	19,946	79,784	79,784	106,75	551,47
C	2	2	3,523	7,05	5,146	10,29	20,58	6,243	12,49	30,348	60,695	121,391	77,94	486,57
D	3	4	4,976	19,90	6,356	25,43	25,43	7,159	28,64	37,560	150,240	450,720	205,00	1467,57
E	4	1	6,125	6,12	7,235	7,23	28,94	7,887	7,89	42,951	42,951	171,804	62,21	490,65
$\Sigma ys$			39,138		56,215			73,672		134,805	337,670	823,699	467,90	3060,26
s'			1		4			1						
$\Sigma(ys)s'$			39,138		224,860			73,672		337,670				
n'			0		1			2						
$\Sigma(ys)s'n'$			0,000		224,860			147,344		372,204				

- Jarak ordinat horisontal (a) = 2,599 m
- Tinggi sarat (d) = 9,270 m
- Jarak ordinat vertikal (b) = 1,346 m
- Berat jenis muatan (g) = 1,025 ton/m<sup>3</sup>
- Jarak sekat ke midship (e) = -61,612 m



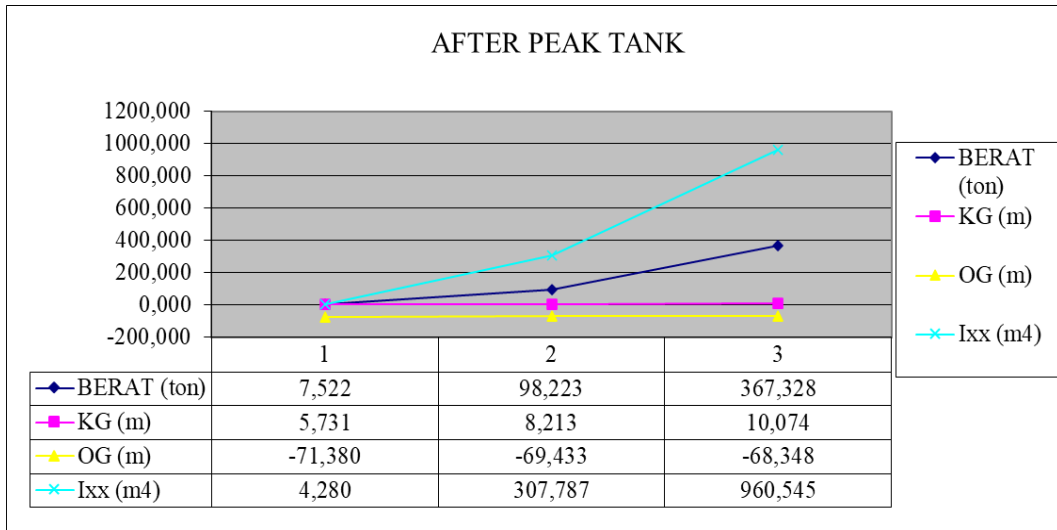
**PERHITUNGAN AFTER PEAK TANK (9,27 WL – 11,96 WL)**

$$\begin{aligned}
 V &= 2/9 \times a \times b \times S(ys)'s &= 262,541 & \text{m}^3 \\
 W &= V \times g &= 269,105 & \text{ton} \\
 OG &= S(ys)'sn / S(ys)'s \times a+e &= -67,952 & \text{m} \\
 KG &= S(ys)s'n' / S(ys)s' \times b + d &= 10,754 & \text{m} \\
 I_{xx} &= 2 \times 1/3 \times 1/3 \times a \times S(y3s) &= 1767,606 & \text{m}^4 \\
 A &= 2/3 \times a \times S(ys) &= 127,659 & \text{m}^2 \\
 S_x &= 2 \times 1/2 \times 1/3 \times a \times S(y2s) &= 405,389 & \text{m}^3 \\
 \text{Jarak titik berat } Y &= S_x / A &= 3,176 & \text{m} \\
 \text{Momen Inersia Permukaan Cairan pada Tangki :} & & & \\
 I_{x'x'} &= I_{xx} - (A \times Y^2) &= 480,273 & \text{m}^4 \\
 I_{xx} \text{ kiri dan kanan} &= 2 \times I_{x'x'} &= 960,545 & \text{m}^4
 \end{aligned}$$

**Jadi jumlah total volume after peak tank adalah 358,369 m<sup>3</sup>**

9,27 WL ~ 11,96 WL					
Garis air	Berat	Vertikal		Horizontal	
		KG	Momen	OG	Momen
6,66 WL ~ 9,27 WL	98,223	8,213	806,688	-69,433	-6819,937
9,27 WL ~ 11,96 WL	269,105	10,754	2893,890	-67,952	-18286,227
Total	367,328		3700,578		-25106,164

$$\begin{aligned}
 KG &= 10,074 & \text{m} \\
 OG &= -68,348 & \text{m} \\
 I_{xx} &= 960,545 & \text{m}^4
 \end{aligned}$$



**Gambar 4.40** Grafik perhitungan after peak tank

4. Volume *Fore Peak Tank* (F.P.T)

**Tabel 4.109** Perhitungan volume fore peak tank bagian bawah

FORE PEAK TANK														
No Ord	Faktor Moment (n)	Faktor Simp (s)	0 WL		1,993 WL			3,986 WL		$\Sigma$ ys'	$\Sigma$ (ys')s	$\Sigma$ (ys')sn	$y^2s$	$y^3s$
			s' = 1		s' = 4			s' = 1						
			y = ys'	ys	y	ys	ys'	y = ys'	ys					
A	0	1	1,863	1,86	4,693	4,69	18,77	5,363	5,36	25,999	25,999	0,000	28,762	154,249
B	1	4	0,928	3,71	3,306	13,22	13,22	3,915	15,66	18,067	72,269	72,269	61,315	240,061
C	2	2	0,000	0,00	1,858	3,72	7,43	2,403	4,81	9,833	19,666	39,333	11,547	27,745
D	3	4	0,000	0,00	0,378	1,51	1,51	0,859	3,43	2,370	9,480	28,441	2,948	2,531
E	4	1	0,000	0,00	0,000	0,00	0,00	0,000	0,00	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
$\Sigma$ ys			5,576		23,144			29,263		56,270	127,415	140,043	104,572	424,586
s'			1		4			1						
$\Sigma$ (ys)s'			5,576		92,576			29,263		127,415				
n'			0		1			2						
$\Sigma$ (ys)s'n'			0,000		92,576			58,527		151,103				

- Jarak ordinat horisontal (a) = 2,279 m
- Tinggi sarat (d) = 0,000 m
- Jarak ordinat vertikal (b) = 1,993 m
- Berat jenis muatan (g) = 1,025 ton/m<sup>3</sup>
- Jarak sekat ke midship (e) = 61,545 m

**PERHITUNGAN FORE PEAK TANK (0 WL – 3,986 WL)**

$$\begin{aligned}
 V &= 2/9 \times a \times b \times S(ys)'s &= & 128,636 & \text{m}^3 \\
 W &= V \times g &= & 131,852 & \text{ton} \\
 OG &= S(ys)'sn / S(ys)'s \times a+e &= & 64,050 & \text{m} \\
 KG &= S(ys)s'n' / S(ys)s' \times b + d &= & 2,364 & \text{m} \\
 I_{xx} &= 2 \times 1/3 \times 1/3 \times a \times S(y^3s) &= & 215,048 & \text{m}^4 \\
 A &= 2/3 \times a \times S(ys) &= & 44,465 & \text{m}^2 \\
 S_x &= 2 \times 1/2 \times 1/3 \times a \times S(y^2s) &= & 79,447 & \text{m}^3 \\
 \text{Jarak titik berat } Y &= S_x / A &= & 1,787 & \text{m} \\
 \text{Momen Inersia Permukaan Cairan pada Tangki :} \\
 I_{x'x'} &= I_{xx} - (A \times Y^2) &= & 73,098 & \text{m}^4 \\
 I_{xx} \text{ kiri dan kanan} &= 2 \times I_{x'x'} &= & 146,196 & \text{m}^4
 \end{aligned}$$

0 WL ~ 3,986 WL					
Garis air	Berat	Vertikal		Horizontal	
		KG	Momen	OG	Momen
0 WL ~ 3,986 WL	131,852	2,364	311,682	64,050	8445,145
Total	131,852		311,682		8445,145

$$\begin{aligned}
 KG &= 2,364 & \text{m} \\
 OG &= 64,050 & \text{m} \\
 I_{xx} &= 146,196 & \text{m}^4
 \end{aligned}$$

**Tabel 4.110** Perhitungan volume fore peak tank bagian tengah

FORE PEAK TANK														
No Ord	Faktor Moment (n)	Faktor Simp (s)	3,986 WL		5,98 WL			7,97 WL		$\Sigma$ ys'	$\Sigma$ (ys')s	$\Sigma$ (ys')sn	$y^2s$	$y^3s$
			s' = 1		s' = 4			s' = 1						
			y = ys'	ys	y	ys	ys'	y = ys'	ys					
A	0	1	5,363	5,36	5,689	5,69	22,76	6,023	6,02	34,142	34,142	0,000	36,273	218,461
B	1	4	3,915	15,66	4,261	17,04	17,04	4,630	18,52	25,590	102,361	102,361	85,759	397,089
C	2	2	2,403	4,81	2,720	5,44	10,88	3,051	6,10	16,334	32,668	65,336	18,620	56,812
D	3	4	0,859	3,43	1,108	4,43	4,43	1,334	5,34	6,626	26,503	79,508	7,122	9,504
E	4	1	0,000	0,00	0,000	0,00	0,00	0,000	0,00	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
$\Sigma ys$			29,263		32,607			35,984		82,692	195,674	247,206	147,774	681,866
s'			1		4			1						
$\Sigma(ys)s'$			29,263		130,426			35,984		195,674				
n'			0		1			2						
$\Sigma(ys)s'n'$			0,000		130,426			71,968		202,394				

- Jarak ordinat horisontal (a) = 2,279 m
- Tinggi sarat (d) = 3,986 m
- Jarak ordinat vertikal (b) = 1,993 m
- Berat jenis muatan (g) = 1,025 ton/m<sup>3</sup>
- Jarak sekat ke midship (e) = 61,545 m

**PERHITUNGAN FORE PEAK TANK (3,96 WL – 7,97 WL)**

$$\begin{aligned}
 V &= 2/9 \times a \times b \times S(ys)'s &= 197,549 & \text{m}^3 \\
 W &= V \times g &= 202,488 & \text{ton} \\
 OG &= S(ys)'sn / S(ys)'s \times a+e &= 64,425 & \text{m} \\
 KG &= S(ys)s'n' / S(ys)s' \times b + d &= 6,048 & \text{m} \\
 I_{xx} &= 2 \times 1/3 \times 1/3 \times a \times S(y^3s) &= 345,358 & \text{m}^4 \\
 A &= 2/3 \times a \times S(ys) &= 54,676 & \text{m}^2 \\
 S_x &= 2 \times 1/2 \times 1/3 \times a \times S(y^2s) &= 112,269 & \text{m}^3 \\
 \text{Jarak titik berat } Y &= S_x / A &= 2,053 & \text{m} \\
 \text{Momen Inersia Permukaan Cairan pada Tangki :} \\
 I_{x'x'} &= I_{xx} - (A \times Y^2) &= 114,833 & \text{m}^4 \\
 I_{xx} \text{ kiri dan kanan} &= 2 \times I_{x'x'} &= 229,665 & \text{m}^4
 \end{aligned}$$

3,986 WL ~ 7,97 WL					
Garis air	Berat	Vertikal		Horizontal	
		KG	Momen	OG	Momen
0 WL ~ 3,986 WL	131,852	2,364	311,682	64,050	8445,145
3,986 WL ~ 7,97 WL	202,488	6,048	1224,598	64,425	13045,185
Total	334,340		1536,280		21490,331

$$\begin{aligned}
 KG &= 4,595 & \text{m} \\
 OG &= 64,277 & \text{m} \\
 I_{xx} &= 229,665 & \text{m}^4
 \end{aligned}$$

**Tabel 4.111** Perhitungan volume fore peak tank bagian atas

FORE PEAK TANK														
No Ord	Faktor Moment (n)	Faktor Simp (s)	7,97 WL		9,97 WL			11,96 WL		$\Sigma$ ys'	$\Sigma$ (ys')s	$\Sigma$ (ys')sn	$y^2s$	$y^3s$
			s' = 1		s' = 4			s' = 1						
			y = ys'	ys	y	ys	ys'	y = ys'	ys					
A	0	1	6,023	6,02	6,416	6,42	25,66	7,114	7,11	38,800	38,800	0,000	50,609	360,032
B	1	4	4,630	18,52	5,089	20,36	20,36	5,719	22,88	30,705	122,819	122,819	130,819	748,126
C	2	2	3,051	6,10	3,752	7,50	15,01	4,258	8,52	22,318	44,635	89,270	36,261	154,400
D	3	4	1,334	5,34	1,804	7,22	7,22	2,534	10,14	11,084	44,336	133,008	25,685	65,085
E	4	1	0,000	0,00	0,000	0,00	0,00	0,000	0,00	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
$\Sigma ys$			35,984		41,491			48,641		102,906	250,590	345,097	243,373	1327,643
s'			1		4			1						
$\Sigma(ys)s'$			35,984		165,964			48,641		250,590				
n'			0		1			2						
$\Sigma(ys)s'n'$			0,000		165,964			97,282		263,247				

- Jarak ordinat horisontal (a) = 2,279 m
- Tinggi sarat (d) = 7,970 m
- Jarak ordinat vertikal (b) = 1,993 m
- Berat jenis muatan (g) = 1,025 ton/m<sup>3</sup>
- Jarak sekat ke midship (e) = 61,545 m

**PERHITUNGAN FORE PEAK TANK (7,97 WL – 11,96 WL)**

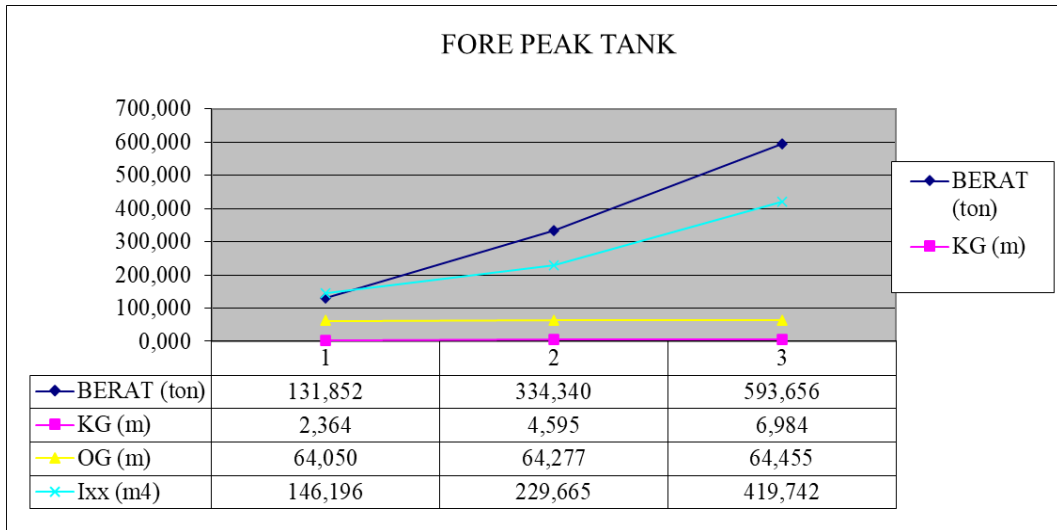
$$\begin{aligned}
 V &= 2/9 \times a \times b \times S(ys)'s &= 252,991 & \text{m}^3 \\
 W &= V \times g &= 259,316 & \text{ton} \\
 OG &= S(ys)'sn / S(ys)'s \times a+e &= 64,684 & \text{m} \\
 KG &= S(ys)s'n' / S(ys)s' \times b + d &= 10,064 & \text{m} \\
 I_{xx} &= 2 \times 1/3 \times 1/3 \times a \times S(y3s) &= 672,436 & \text{m}^4 \\
 A &= 2/3 \times a \times S(ys) &= 73,909 & \text{m}^2 \\
 S_x &= 2 \times 1/2 \times 1/3 \times a \times S(y2s) &= 184,899 & \text{m}^3 \\
 \text{Jarak titik berat } Y &= S_x / A &= 2,502 & \text{m} \\
 \text{Momen Inersia Permukaan Cairan pada Tangki :} & & & \\
 I_{x'x'} &= I_{xx} - (A \times Y^2) &= 209,871 & \text{m}^4 \\
 I_{xx} \text{ kiri dan kanan} &= 2 \times I_{x'x'} &= 419,742 & \text{m}^4
 \end{aligned}$$

**Jadi jumlah total volume fore peak tank adalah 579,176 m<sup>3</sup>**

7,97 WL ~ 11,96 WL					
Garis air	Berat	Vertikal		Horizontal	
		KG	Momen	OG	Momen
3,986 WL ~ 7,97 WL	334,340	4,595	1536,280	64,277	21490,331
7,97 WL ~ 11,96 WL	259,316	10,064	2609,752	64,684	16773,566
Total	593,656		4146,031		38263,896

$$\begin{aligned}
 KG &= 6,984 & \text{m} \\
 OG &= 64,455 & \text{m} \\
 I_{xx} &= 419,742 & \text{m}^4
 \end{aligned}$$





**Gambar 4.41** Grafik perhitungan fore peak tank

5. Volume *Fresh Water Tank* (F.W.T)

**Tabel 4.112** Perhitungan volume fresh water tank bagian bawah

FRESHWATER TANK														
No Ord	Faktor Moment (n)	Faktor Simp (s)	10,46 WL		10,71 WL			10,96 WL		S ys'	S (ys)s	S (ys)sn	y <sup>2</sup> s	y <sup>3</sup> s
			s' = 1		s' = 4			s' = 1						
			y = ys'	ys	y	ys	ys'	y = ys'	ys					
A	0	1	6,211	6,21	6,409	6,41	25,64	6,593	6,59	38,441	38,441	0,000	43,468	286,582
B	1	4	6,456	25,82	6,643	26,57	26,57	6,817	27,27	39,844	159,377	159,377	185,908	1267,408
C	2	2	6,688	13,38	6,864	13,73	27,46	7,030	14,06	41,174	82,348	164,696	98,842	694,858
D	3	4	6,906	27,62	7,073	28,29	28,29	7,231	28,92	42,428	169,712	509,136	209,144	1512,297
E	4	1	7,108	7,11	7,266	7,27	29,06	7,417	7,42	43,589	43,589	174,354	55,006	407,957
Sys			80,143		82,265			84,263		205,476	493,467	1007,563	592,367	4169,102
s'			1		4			1						
S(ys)s'			80,143		329,061			84,263		493,467				
n'			0		1			2						
S(ys)s'n'			0,000		329,061			168,526		497,586				

- Jarak ordinat horisontal (a) = 0,600 m
- Tinggi sarat (d) = 10,460 m
- Jarak ordinat vertikal (b) = 0,250 m
- Berat jenis muatan (g) = 1,000 ton/m<sup>3</sup>
- Jarak sekat ke midship (e) = -57,613 m

**PERHITUNGAN FRESH WATER TANK (10,46 WL – 10,96 WL)**

$$\begin{aligned}
 V &= 2/9 \times a \times b \times S(ys)'s &= & 16,46 & \text{m}^3 \\
 W &= V \times g &= & 16,46 & \text{ton} \\
 OG &= S(ys)'sn / S(ys)'s \times a+e &= & -56,39 & \text{m} \\
 KG &= S(ys)s'n' / S(ys)s' \times b + d &= & 10,71 & \text{m} \\
 I_{xx} &= 2 \times 1/3 \times 1/3 \times a \times S(y^3s) &= & 555,88 & \text{m}^4 \\
 A &= 2/3 \times a \times S(ys) &= & 33,71 & \text{m}^2 \\
 S_x &= 2 \times 1/2 \times 1/3 \times a \times S(y^2s) &= & 118,47 & \text{m}^3 \\
 \text{Jarak titik berat } Y &= S_x / A &= & 3,51 & \text{m} \\
 \text{Momen Inersia Permukaan Cairan pada Tangki :} \\
 I_{x'x'} &= I_{xx} - (A \times Y^2) &= & 139,45 & \text{m}^4 \\
 I_{xx} \text{ kiri dan kanan} &= 2 \times I_{x'x'} &= & 278,89 & \text{m}^4
 \end{aligned}$$

10,46 WL ~ 10,96 WL					
Garis air	Berat	Vertikal		Horizontal	
		KG	Momen	OG	Momen
10,46 WL ~ 10,96 WL	16,455	10,712	176,274	-56,388	-927,894
Total	16,455		176,274		-927,894

$$\begin{aligned}
 KG &= 10,712 & \text{m} \\
 OG &= -56,388 & \text{m} \\
 I_{xx} &= 278,894 & \text{m}^4
 \end{aligned}$$

**Tabel 4.112** Perhitungan volume fresh water tank bagian tengah

**FRESHWATER TANK**

No Ord	Faktor Moment (n)	Faktor Simp (s)	10,96 WL		11,21 WL			11,42 WL		S ys'	S (ys)s	S (ys)sn	y <sup>2</sup> s	y <sup>3</sup> s
			s' = 1		s' = 4			s' = 1						
			y = ys'	ys	y	ys	ys'	y = ys'	ys					
A	0	1	6,593	6,59	6,706	6,71	26,82	6,914	6,91	40,331	40,331	0,000	47,798	330,455
B	1	4	6,817	27,27	6,976	27,91	27,91	7,119	28,48	41,842	167,368	167,368	202,715	1443,107
C	2	2	7,030	14,06	7,181	14,36	28,73	7,314	14,63	43,070	86,139	172,278	106,989	782,519
D	3	4	7,231	28,92	7,374	29,50	29,50	7,498	29,99	44,224	176,898	530,693	224,850	1685,813
E	4	1	7,417	7,42	7,553	7,55	30,21	7,663	7,66	45,289	45,289	181,158	58,719	449,948
Sys			84,263		86,023			87,670		214,756	516,024	1051,496	641,071	4691,843
s'			1		4			1						
S(ys)s'			84,263		344,092			87,670		516,024				
n'			0		1			2						
S(ys)s'n'			0,000		344,092			175,340		519,432				

- Jarak ordinat horisontal (a) = 0,600 m
- Tinggi sarat (d) = 10,960 m
- Jarak ordinat vertikal (b) = 0,250 m
- Berat jenis muatan (g) = 1,000 ton/m<sup>3</sup>
- Jarak sekat ke midship (e) = -57,613 m

**PERHITUNGAN FRESH WATER TANK (10,96 WL – 11,42 WL)**

$$\begin{aligned}
 V &= 2/9 \times a \times b \times S(ys)'s &= & 17,21 & \text{m}^3 \\
 W &= V \times g &= & 17,21 & \text{ton} \\
 OG &= S(ys)'sn / S(ys)'s \times a+e &= & -56,39 & \text{m} \\
 KG &= S(ys)s'n' / S(ys)s' \times b + d &= & 11,21 & \text{m} \\
 I_{xx} &= 2 \times 1/3 \times 1/3 \times a \times S(y3s) &= & 625,58 & \text{m}^4 \\
 A &= 2/3 \times a \times S(ys) &= & 35,07 & \text{m}^2 \\
 S_x &= 2 \times 1/2 \times 1/3 \times a \times S(y2s) &= & 128,21 & \text{m}^3 \\
 \text{Jarak titik berat } Y &= S_x / A &= & 3,66 & \text{m} \\
 \text{Momen Inersia Permukaan Cairan pada Tangki :} \\
 I_{x'x'} &= I_{xx} - (A \times Y^2) &= & 156,81 & \text{m}^4 \\
 I_{xx} \text{ kiri dan kanan} &= 2 \times I_{x'x'} &= & 313,62 & \text{m}^4
 \end{aligned}$$

10,96 WL ~ 11,42 WL					
Garis air	Berat	Vertikal		Horizontal	
		KG	Momen	OG	Momen
10,46 WL ~ 10,96 WL	16,455	10,712	176,274	-56,388	-927,894
10,96 WL ~ 11,42 WL	17,208	11,212	192,928	-56,391	-970,354
Total	33,663		369,202		-1898,248

$$\begin{aligned}
 KG &= 10,968 & \text{m} \\
 OG &= -56,389 & \text{m} \\
 I_{xx} &= 313,616 & \text{m}^4
 \end{aligned}$$

**Tabel 4.113** Perhitungan volume fresh water tank bagian atas

**FRESHWATER TANK**

No Ord	Faktor Moment (n)	Faktor Simp (s)	11,42 WL		11,71 WL			11,96 WL		S ys'	S (ys)s	S (ys)sn	y <sup>2</sup> s	y <sup>3</sup> s
			s' = 1		s' = 4			s' = 1						
			y = ys'	ys	y	ys	ys'	y = ys'	ys					
A	0	1	6,914	6,91	7,057	7,06	28,23	7,194	7,19	42,335	42,335	0,000	51,746	372,238
B	1	4	7,119	28,48	7,252	29,01	29,01	7,382	29,53	43,509	174,034	174,034	217,958	1608,900
C	2	2	7,314	14,63	7,439	14,88	29,75	7,561	15,12	44,629	89,257	178,515	114,328	864,402
D	3	4	7,498	29,99	7,614	30,45	30,45	7,729	30,92	45,681	182,723	548,170	238,944	1846,771
E	4	1	7,663	7,66	7,776	7,78	31,11	7,885	7,89	46,654	46,654	186,614	62,175	490,255
Sys			87,670		89,173			90,642		222,807	535,004	1087,333	685,151	5182,567
s'			1		4			1						
S(ys)s'			87,670		356,691			90,642		535,004				
n'			0		1			2						
S(ys)s'n'			0,000		356,691			181,285		537,976				

- Jarak ordinat horisontal (a) = 0,600 m
- Tinggi sarat (d) = 11,420 m
- Jarak ordinat vertikal (b) = 0,250 m
- Berat jenis muatan (g) = 1,000 ton/m<sup>3</sup>
- Jarak sekat ke midship (e) = -57,613 m

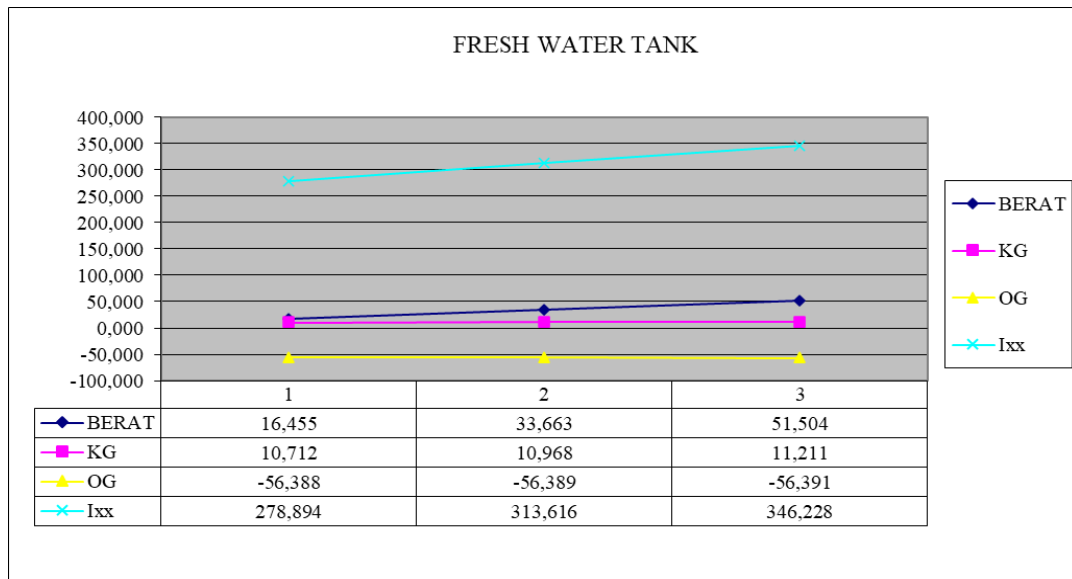
**PERHITUNGAN FRESH WATER TANK (11,42 WL – 11,96 WL)**

$$\begin{aligned}
 V &= 2/9 \times a \times b \times S(ys)'s &= & 17,841 & \text{m}^3 \\
 W &= V \times g &= & 17,841 & \text{ton} \\
 OG &= S(ys)'sn / S(ys)'s \times a+e &= & -56,394 & \text{m} \\
 KG &= S(ys)s'n' / S(ys)s' \times b + d &= & 11,671 & \text{m} \\
 I_{xx} &= 2 \times 1/3 \times 1/3 \times a \times S(y3s) &= & 691,009 & \text{m}^4 \\
 A &= 2/3 \times a \times S(ys) &= & 36,257 & \text{m}^2 \\
 S_x &= 2 \times 1/2 \times 1/3 \times a \times S(y2s) &= & 137,030 & \text{m}^3 \\
 \text{Jarak titik berat } Y &= S_x / A &= & 3,779 & \text{m} \\
 \text{Momen Inersia Permukaan Cairan pada Tangki :} & & & & \\
 I_{x'x'} &= I_{xx} - (A \times Y^2) &= & 173,114 & \text{m}^4 \\
 I_{xx} \text{ kiri dan kanan} &= 2 \times I_{x'x'} &= & 346,228 & \text{m}^4
 \end{aligned}$$

**Jadi jumlah total volume fresh water tank adalah 51,504 m<sup>3</sup>**

11,42 WL ~ 11,96 WL					
Garis air	Berat	Vertikal		Horizontal	
		KG	Momen	OG	Momen
10,96 WL ~ 11,42 WL	33,663	10,968	369,202	-56,389	-1898,248
11,42 WL ~ 11,96 WL	17,841	11,671	208,226	-56,394	-1006,100
Total	51,504		577,429		-2904,348

$$\begin{aligned}
 KG &= 11,211 & \text{m} \\
 OG &= -56,391 & \text{m} \\
 I_{xx} &= 346,228 & \text{m}^4
 \end{aligned}$$



**Gambar 4.42** Grafik perhitungan fresh water tank

Volume tangki air tawar yang dibutuhkan:

$$V_{fwt} = \frac{W_{fwt}}{p_{fo}}$$

Dimana:

$$\begin{aligned} W_{fo} &= \text{Berat air tawar} \\ &= 33,75 \text{ ton} \end{aligned}$$

$$p_{fo} = 1 \text{ ton/m}^3 \text{ (Massa air tawar)}$$

Maka:

$$\begin{aligned} V_{fot} &= \frac{33,75}{1} \\ &= 33,75 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

**Volume tangki yang di rencanakan > volume yang dibutuhkan (Memenuhi)**



6. Volume *Fuel Oil Tank* (F.O.T)

**Tabel 4.114** Perhitungan volume fuel oil tank bagian bawah

FUEL OIL TANK														
No Ord	Faktor Moment ( n )	Faktor Simp ( s )	0 mWL		0,267 WL			0,533 WL		$\Sigma$ ys'	$\Sigma$ (ys')s	$\Sigma$ (ys')sn	$y^2s$	$y^3s$
			s' = 1		s' = 4			s' = 1						
			y = ys'	ys	y	ys	ys'	y = ys'	ys					
A	0	1	2,541	2,54	3,260	3,26	13,04	3,884	3,88	19,464	19,464	0,000	15,087	58,601
B	1	4	2,756	11,03	3,459	13,83	13,83	4,070	16,28	20,661	82,642	82,642	66,256	269,657
C	2	2	2,974	5,95	3,717	7,43	14,87	4,299	8,60	22,141	44,281	88,562	36,954	158,848
D	3	4	3,193	12,77	3,952	15,81	15,81	4,528	18,11	23,529	94,118	282,353	82,015	371,371
E	4	1	3,411	3,41	4,187	4,19	16,75	4,757	4,76	24,914	24,914	99,657	22,626	107,626
$\Sigma$ ys			35,697		44,523			51,630		110,71	265,419	553,215	222,939	966,102
s'			1		4			1						
$\Sigma$ ( ys )s'			35,697		178,092			51,630		265,42				
n'			0		1			2						
$\Sigma$ ( ys )s'h'			0,000		178,092			103,26		281,35				

- Jarak ordinat horisontal (a) = 0,700 m
- Tinggi sarat (d) = 0,000 m
- Jarak ordinat vertikal (b) = 0,267 m
- Berat jenis muatan (g) = 0,980 ton/m<sup>3</sup>
- Jarak sekat ke midship (e) = -39,613 m

**PERHITUNGAN FUEL OIL TANK (0 WL – 0,533 WL)**

$$\begin{aligned}
 V &= 2/9 \times a \times b \times S(ys)'s &= & 11,011 & \text{m}^3 \\
 W &= V \times g &= & 10,791 & \text{ton} \\
 OG &= S(ys)'sn / S(ys)'s \times a+e &= & -41,072 & \text{m} \\
 KG &= S(ys)s'n' / S(ys)s' \times b + d &= & 0,283 & \text{m} \\
 I_{xx} &= 2 \times 1/3 \times 1/3 \times a \times S(y^3s) &= & 150,28 & \text{m}^4 \\
 A &= 2/3 \times a \times S(ys) &= & 24,094 & \text{m}^2 \\
 S_x &= 2 \times 1/2 \times 1/3 \times a \times S(y^2s) &= & 52,019 & \text{m}^3 \\
 \text{Jarak titik berat } Y &= S_x / A &= & 2,159 & \text{m} \\
 \text{Momen Inersia Permukaan Cairan pada Tangki :} & & & & \\
 I_{x'x'} &= I_{xx} - (A \times Y^2) &= & 37,97 & \text{m}^4 \\
 I_{xx} \text{ kiri dan kanan} &= 2 \times I_{x'x'} &= & 75,95 & \text{m}^4
 \end{aligned}$$

0,00 WL ~ 0,533 WL					
Garis air	Berat	Vertikal		Horizontal	
		KG	Momen	OG	Momen
0,00 WL ~ 0,533 WL	10,791	0,283	3,051	-41,072	-443,213
Total	10,791		3,051		-443,213

$$\begin{aligned}
 KG &= 0,283 & \text{m} \\
 OG &= -41,072 & \text{m} \\
 I_{xx} &= 75,947 & \text{m}^4
 \end{aligned}$$

**Tabel 4.115** Perhitungan volume fuel oil tank bagian tengah

<b>FUEL OIL TANK</b>														
No Ord	Faktor Moment ( n )	Faktor Simp ( s )	0,533 WL		0,8 WL			1,066 WL		$\Sigma$ ys'	$\Sigma$ (ys')s	$\Sigma$ (ys')sn	$y^2s$	$y^3s$
			s' = 1		s' = 4			s' = 1						
			y = ys'	ys	y	ys	ys'	y = ys'	ys					
A	0	1	3,884	3,88	4,292	4,29	17,17	4,614	4,61	25,664	25,664	0,000	21,285	98,202
B	1	4	4,070	16,28	4,522	18,09	18,09	4,852	19,41	27,012	108,046	108,046	94,168	456,901
C	2	2	4,299	8,60	4,753	9,51	19,01	5,090	10,18	28,400	56,799	113,599	51,816	263,744
D	3	4	4,528	18,11	4,981	19,92	19,92	5,326	21,30	29,778	119,112	357,337	113,465	604,315
E	4	1	4,757	4,76	5,028	5,03	20,11	5,559	5,56	30,425	30,425	121,701	30,898	171,750
$\Sigma$ ys			51,630		56,838			61,064		141,28	340,047	700,683	311,632	1594,913
s'			1		4			1						
$\Sigma$ ( ys )s'			51,630		227,353			61,064		340,05				
n'			0		1			2						
$\Sigma$ ( ys )s'n'			0,000		227,353			122,13		349,48				

- Jarak ordinat horisontal (a) = 0,700 m
- Tinggi sarat (d) = 0,533 m
- Jarak ordinat vertikal (b) = 0,267 m
- Berat jenis muatan (g) = 0,980 ton/m<sup>3</sup>
- Jarak sekat ke midship (e) = -39,613 m

**PERHITUNGAN FUEL OIL TANK (0,533 WL – 1,066 WL)**

$$\begin{aligned}
 V &= 2/9 \times a \times b \times S(ys)'s &= & 14,107 & \text{m}^3 \\
 W &= V \times g &= & 13,825 & \text{ton} \\
 OG &= S(ys)'sn / S(ys)'s \times a+e &= & -41,055 & \text{m} \\
 KG &= S(ys)s'n' / S(ys)s' \times b + d &= & 0,807 & \text{m} \\
 I_{xx} &= 2 \times 1/3 \times 1/3 \times a \times S(y^3s) &= & 248,10 & \text{m}^4 \\
 A &= 2/3 \times a \times S(ys) &= & 28,497 & \text{m}^2 \\
 S_x &= 2 \times 1/2 \times 1/3 \times a \times S(y^2s) &= & 72,71 & \text{m}^3 \\
 \text{Jarak titik berat } Y &= S_x / A &= & 2,552 & \text{m} \\
 \text{Momen Inersia Permukaan Cairan pada Tangki :} & & & & \\
 I_{x'x'} &= I_{xx} - (A \times Y^2) &= & 62,55 & \text{m}^4 \\
 I_{xx} \text{ kiri dan kanan} &= 2 \times I_{x'x'} &= & 125,11 & \text{m}^4
 \end{aligned}$$

0,533 WL ~ 1,066 WL					
Garis air	Berat	Vertikal		Horizontal	
		KG	Momen	OG	Momen
0,00 WL ~ 0,533 WL	10,791	0,283	3,051	-41,072	-443,213
0,533 WL ~ 1,066 WL	13,825	0,807	11,158	-41,055	-567,602
Total	24,616		14,209		-1010,815

$$\begin{aligned}
 KG &= 0,577 & \text{m} \\
 OG &= -41,063 & \text{m} \\
 I_{xx} &= 125,109 & \text{m}^4
 \end{aligned}$$

**Tabel 4.116** Perhitungan volume fuel oil tank bagian atas

<b>FUEL OIL TANK</b>														
No Ord	Faktor Moment ( n )	Faktor Simp ( s )	1,066 WL		1,33 WL			1,6 WL		$\Sigma$ ys'	$\Sigma$ (ys')s	$\Sigma$ (ys')sn	$y^2s$	$y^3s$
			s' = 1		s' = 4			s' = 1						
			y = ys'	ys	y	ys	ys'	y = ys'	ys					
A	0	1	4,614	4,61	4,880	4,88	19,52	5,113	5,11	29,247	29,247	0,000	26,147	133,699
B	1	4	4,852	19,41	5,127	20,51	20,51	5,367	21,47	30,727	122,906	122,906	115,219	618,379
C	2	2	5,090	10,18	5,372	10,74	21,49	5,618	11,24	32,196	64,392	128,784	63,124	354,630
D	3	4	5,326	21,30	5,614	22,46	22,46	5,866	23,46	33,648	134,592	403,776	137,640	807,395
E	4	1	5,559	5,56	5,852	5,85	23,41	6,108	6,11	35,073	35,073	140,290	37,306	227,864
$\Sigma$ ys			61,064		64,439			67,389		160,89	386,210	795,756	379,436	2141,967
s'			1		4			1						
$\Sigma$ ( ys )s'			61,064		257,756			67,389		386,21				
n'			0		1			2						
$\Sigma$ ( ys )s'n'			0,000		257,756			134,78		392,54				

- Jarak ordinat horisontal (a) = 0,700 m
- Tinggi sarat (d) = 1,066 m
- Jarak ordinat vertikal (b) = 0,267 m
- Berat jenis muatan (g) = 0,980 ton/m<sup>3</sup>
- Jarak sekat ke midship (e) = -39,613 m

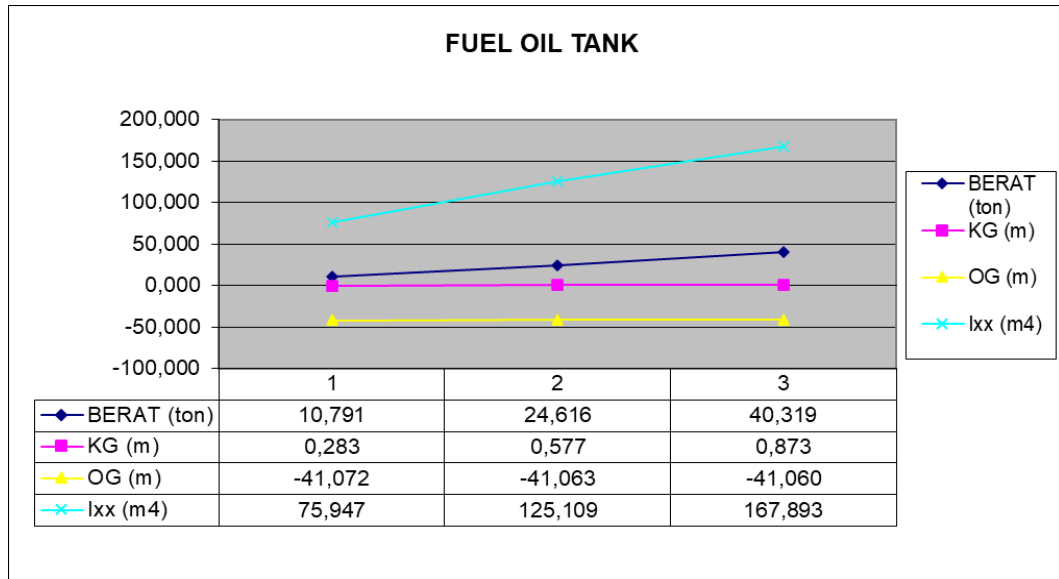
**PERHITUNGAN FUEL OIL TANK (1,066 WL – 1,6 WL)**

$$\begin{aligned}
 V &= 2/9 \times a \times b \times S(ys)'s &= 16,023 & \text{m}^3 \\
 W &= V \times g &= 15,702 & \text{ton} \\
 OG &= S(ys)'sn / S(ys)'s \times a + e &= -41,055 & \text{m} \\
 KG &= S(ys)s'n' / S(ys)s' \times b + d &= 1,337 & \text{m} \\
 I_{xx} &= 2 \times 1/3 \times 1/3 \times a \times S(y3s) &= 333,19 & \text{m}^4 \\
 A &= 2/3 \times a \times S(ys) &= 31,448 & \text{m}^2 \\
 S_x &= 2 \times 1/2 \times 1/3 \times a \times S(y2s) &= 88,54 & \text{m}^3 \\
 \text{Jarak titik berat } Y &= S_x / A &= 2,815 & \text{m} \\
 \text{Momen Inersia Permukaan Cairan pada Tangki :} & & & \\
 I_{x'x'} &= I_{xx} - (A \times Y^2) &= 83,95 & \text{m}^4 \\
 I_{xx} \text{ kiri dan kanan} &= 2 \times I_{x'x'} &= 167,89 & \text{m}^4
 \end{aligned}$$

**Jadi jumlah total volume fuel oil tank adalah 41,141 m<sup>3</sup>**

1,066 WL ~ 1,6 WL					
Garis air	Berat	Vertikal		Horizontal	
		KG	Momen	OG	Momen
0,533 WL ~ 1,066 WL	24,616	0,577	14,209	-41,063	-1010,815
1,066 WL ~ 1,6 WL	15,702	1,337	20,995	-41,055	-644,655
Total	40,319		35,204		-1655,470

$$\begin{aligned}
 KG &= 0,873 & \text{m} \\
 OG &= -41,060 & \text{m} \\
 I_{xx} &= 167,893 & \text{m}^4
 \end{aligned}$$



**Gambar 4.43** Grafik perhitungan fuel oil tank

Volume tangki bahan bakar yang dibutuhkan:

$$V_{\text{fot}} = \frac{W_{\text{fo}} + W_{\text{fb}}}{p_{\text{fo}}} + \text{koreksi}$$

Dimana:

$$\begin{aligned} W_{\text{fo}} &= \text{Berat bahan bakar mesin induk} \\ &= 24,298 \text{ ton} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} W_{\text{fb}} &= \text{Berat bahan bakar mesin bantu} \\ &= 7,289 \text{ ton} \end{aligned}$$

$$p_{\text{fo}} = 0,95 \text{ ton/m}^3 \text{ (Massa jenis bahan bakar)}$$

$$\begin{aligned} \text{Koreksi} &= \text{Karena tambahan kontruksi dan ekspansi panas} \\ &= 4\% ((W_{\text{fo}} + W_{\text{fb}}) / P_{\text{fo}}) \\ &= 1,169 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Maka:

$$\begin{aligned} V_{\text{fot}} &= \frac{24,298 + 7,89}{0,95} + 1,169 \\ &= 34,58 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

**Volume tangki yang di rencanakan > volume yang dibutuhkan (Memenuhi)**

7. Volume *Lub Oil Tank* (L.O.T)

**Tabel 4.117** Perhitungan volume lub oil tank bagian bawah

LUBRICATION OIL TANK														
No Ord	Faktor Moment (n)	Faktor Simp (s)	0 mWL		0,267 WL			0,533 WL		$\Sigma$ ys'	$\Sigma$ (ys')s	$\Sigma$ (ys')sn	y <sup>2</sup> s	y <sup>3</sup> s
			s' = 1		s' = 4			s' = 1						
			y = ys'	ys	y	ys	ys'	y = ys'	ys					
A	0	1	1,923	1,92	2,644	2,64	10,57	3,204	3,20	15,702	15,702	0,000	10,266	32,891
B	1	4	1,972	7,89	2,690	10,76	10,76	3,254	13,02	15,987	63,946	63,946	42,364	137,871
C	2	1	2,022	2,02	2,738	2,74	10,95	3,306	3,31	16,280	16,280	32,559	10,926	36,117
D	3	4	2,072	8,29	2,787	11,15	11,15	3,357	13,43	16,575	66,301	198,902	45,083	151,353
E	4	1	2,123	2,12	2,836	2,84	11,34	3,409	3,41	16,876	16,876	67,505	11,624	39,631
$\Sigma$ ys			22,245		30,124			36,365		81,419	179,105	362,913	120,26	397,863
s'			1		4			1						
$\Sigma$ (ys)s'			22,245		120,495			36,365		179,105				
n'			0		1			2						
$\Sigma$ (ys)s'n'			0,000		120,495			72,731		193,225				

- Jarak ordinat horisontal (a) = 0,175 m
- Tinggi sarat (d) = 0,000 m
- Jarak ordinat vertikal (b) = 0,267 m
- Berat jenis muatan (g) = 0,900 ton/m<sup>3</sup>
- Jarak sekat ke midship (e) = -42,763 m



**PERHITUNGAN LUB OIL TANK (0 WL – 0,533 WL)**

$$\begin{aligned}
 V &= 2/9 \times a \times b \times S(ys)'s &= & 1,858 & \text{m}^3 \\
 W &= V \times g &= & 1,672 & \text{ton} \\
 OG &= S(ys)'sn / S(ys)'s \times a+e &= & -43,118 & \text{m} \\
 KG &= S(ys)s'n' / S(ys)s' \times b + d &= & 0,288 & \text{m} \\
 I_{xx} &= 2 \times 1/3 \times 1/3 \times a \times S(y^3s) &= & 15,472 & \text{m}^4 \\
 A &= 2/3 \times a \times S(ys) &= & 4,243 & \text{m}^2 \\
 S_x &= 2 \times 1/2 \times 1/3 \times a \times S(y^2s) &= & 7,015 & \text{m}^3 \\
 \text{Jarak titik berat } Y &= S_x / A &= & 1,654 & \text{m} \\
 \text{Momen Inersia Permukaan Cairan pada Tangki :} \\
 I_{x'x'} &= I_{xx} - (A \times Y^2) &= & 3,872 & \text{m}^4 \\
 I_{xx} \text{ kiri dan kanan} &= 2 \times I_{x'x'} &= & 7,744 & \text{m}^4
 \end{aligned}$$

0,00 WL ~ 0,533 WL					
Garis air	Berat	Vertikal		Horizontal	
		KG	Momen	OG	Momen
0,00 WL ~ 0,533 WL	1,672	0,288	0,481	-43,118	-72,087
Total	1,672		0,481		-72,087

$$\begin{aligned}
 KG &= 0,288 & \text{m} \\
 OG &= -43,118 & \text{m} \\
 I_{xx} &= 7,744 & \text{m}^4
 \end{aligned}$$

**Tabel 4.118** Perhitungan volume lub oil tank bagian tengah

<b>LUBRICATION OIL TANK</b>														
No Ord	Faktor Moment (n)	Faktor Simp (s)	0,533 WL		0,8 WL			1,066 WL		$\Sigma$ ys'	$\Sigma$ (ys')s	$\Sigma$ (ys')sn	$y^2s$	$y^3s$
			s' = 1		s' = 4			s' = 1						
			y = ys'	ys	y	ys	ys'	y = ys'	ys					
A	0	1	3,204	3,20	3,608	3,61	14,43	3,911	3,91	21,546	21,546	0,000	15,294	59,809
B	1	4	3,254	13,02	3,664	14,65	14,65	3,968	15,87	21,877	87,509	87,509	62,980	249,905
C	2	1	3,306	3,31	3,720	3,72	14,88	4,026	4,03	22,211	22,211	44,421	16,205	65,232
D	3	4	3,357	13,43	3,776	15,11	15,11	4,083	16,33	22,546	90,183	270,550	66,697	272,349
E	4	1	3,409	3,41	3,833	3,83	15,33	4,142	4,14	22,883	22,883	91,532	17,152	71,035
$\Sigma ys$			36,365		40,921			44,283		0,000	244,331	494,011	178,327	718,330
s'			1		4			1						
$\Sigma(ys)s'$			36,365		163,682			44,283		244,331				
n'			0		1			2						
$\Sigma(ys)s'n'$			0,000		163,682			88,567		252,249				

- Jarak ordinat horisontal (a) = 0,175 m
- Tinggi sarat (d) = 0,533 m
- Jarak ordinat vertikal (b) = 0,267 m
- Berat jenis muatan (g) = 0,900 ton/m<sup>3</sup>
- Jarak sekat ke midship (e) = -42,763 m

**PERHITUNGAN LUB OIL TANK (0,533 WL – 1,066 WL)**

$$\begin{aligned}
 V &= 2/9 \times a \times b \times S(ys)'s &= & 2,534 & \text{m}^3 \\
 W &= V \times g &= & 2,281 & \text{ton} \\
 OG &= S(ys)'sn / S(ys)'s \times a + e &= & -43,117 & \text{m} \\
 KG &= S(ys)s'n' / S(ys)'s' \times b + d &= & 0,808 & \text{m} \\
 I_{xx} &= 2 \times 1/3 \times 1/3 \times a \times S(y3s) &= & 27,935 & \text{m}^4 \\
 A &= 2/3 \times a \times S(ys) &= & 5,166 & \text{m}^2 \\
 S_x &= 2 \times 1/2 \times 1/3 \times a \times S(y2s) &= & 10,402 & \text{m}^3 \\
 \text{Jarak titik berat } Y &= S_x / A &= & 2,013 & \text{m} \\
 \text{Momen Inersia Permukaan Cairan pada Tangki :} & & & & \\
 I_{x'x'} &= I_{xx} - (A \times Y^2) &= & 6,990 & \text{m}^4 \\
 I_{xx} \text{ kiri dan kanan} &= 2 \times I_{x'x'} &= & 13,980 & \text{m}^4
 \end{aligned}$$

0,533 WL ~ 1,066 WL					
Garis air	Berat	Vertikal		Horizontal	
		KG	Momen	OG	Momen
0,00 WL ~ 0,533 WL	1,672	0,288	0,481	-43,118	-72,087
0,533 WL ~ 1,066 WL	2,281	0,808	1,844	-43,117	-98,338
Total	3,953		2,325		-170,424

$$\begin{aligned}
 KG &= 0,588 & \text{m} \\
 OG &= -43,117 & \text{m} \\
 I_{xx} &= 13,980 & \text{m}^4
 \end{aligned}$$

**Tabel 4.119** Perhitungan volume lub oil tank bagian atas

<b>LUBRICATION OIL TANK</b>														
No Ord	Faktor Moment (n)	Faktor Simp (s)	1,066 WL		0,133 WL			1,6 WL		$\Sigma$ ys'	$\Sigma$ (ys')s	$\Sigma$ (ys')sn	$y^2s$	$y^3s$
			s' = 1		s' = 4			s' = 1						
			y = ys'	ys	y	ys	ys'	y = ys'	ys					
A	0	1	3,911	3,91	4,185	4,18	16,74	4,356	4,36	25,006	25,006	0,000	18,977	82,671
B	1	4	3,968	15,87	4,209	16,83	16,83	4,419	17,67	25,221	100,884	100,884	78,093	345,052
C	2	1	4,026	4,03	4,269	4,27	17,08	4,481	4,48	25,582	25,582	51,163	20,078	89,970
D	3	4	4,083	16,33	4,329	17,32	17,32	4,544	18,17	25,944	103,775	311,324	82,574	375,173
E	4	1	4,142	4,14	4,390	4,39	17,56	4,606	4,61	26,307	26,307	105,228	21,218	97,736
$\Sigma ys$			44,283		46,995			49,292		128,059	281,553	568,599	220,940	990,602
s'			1		4			1						
$\Sigma(ys)s'$			44,283		187,978			49,292		281,553				
n'			0		1			2						
$\Sigma(ys)s'n'$			0,000		187,978			98,583		286,561				

- Jarak ordinat horisontal (a) = 0,175 m
- Tinggi sarat (d) = 1,066 m
- Jarak ordinat vertikal (b) = 0,267 m
- Berat jenis muatan (g) = 0,900 ton/m<sup>3</sup>
- Jarak sekat ke midship (e) = -42,763 m

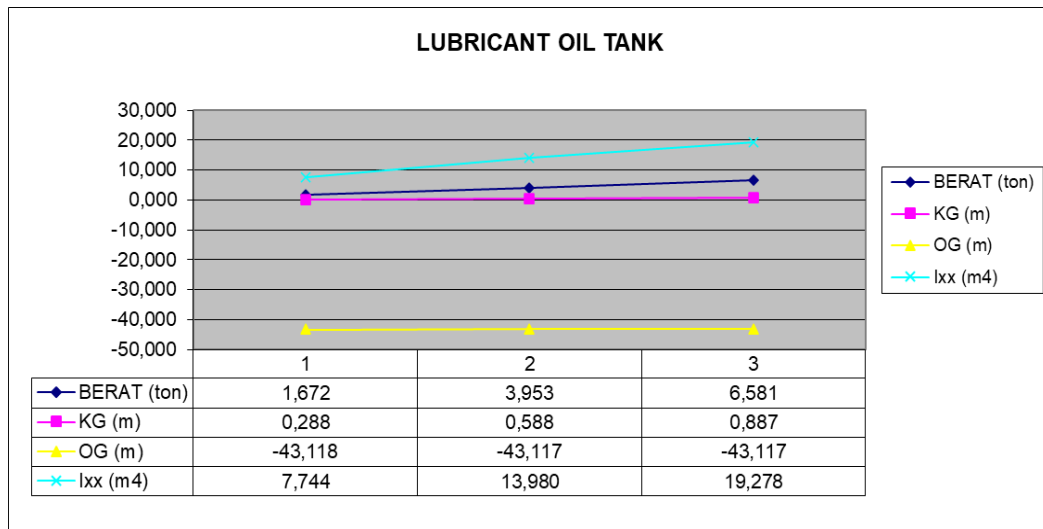
**PERHITUNGAN FUEL OIL TANK (1,066 WL – 1,6 WL)**

$$\begin{aligned}
 V &= 2/9 \times a \times b \times S(ys)'s &= 2,920 & \text{m}^3 \\
 W &= V \times g &= 2,628 & \text{ton} \\
 OG &= S(ys)'sn / S(ys)'s \times a+e &= -43,117 & \text{m} \\
 KG &= S(ys)s'n' / S(ys)s' \times b + d &= 1,337 & \text{m} \\
 I_{xx} &= 2 \times 1/3 \times 1/3 \times a \times S(y3s) &= 38,523 & \text{m}^4 \\
 A &= 2/3 \times a \times S(ys) &= 5,751 & \text{m}^2 \\
 S_x &= 2 \times 1/2 \times 1/3 \times a \times S(y2s) &= 12,888 & \text{m}^3 \\
 \text{Jarak titik berat } Y &= S_x / A &= 2,241 & \text{m} \\
 \text{Momen Inersia Permukaan Cairan pada Tangki :} & & & \\
 I_{x'x'} &= I_{xx} - (A \times Y^2) &= 9,639 & \text{m}^4 \\
 I_{xx} \text{ kiri dan kanan} &= 2 \times I_{x'x'} &= 19,278 & \text{m}^4
 \end{aligned}$$

**Jadi jumlah total volume lub oil tank adalah 7,312 m<sup>3</sup>**

1,066 WL ~ 1,6 WL					
Garis air	Berat	Vertikal		Horizontal	
		KG	Momen	OG	Momen
0,533 WL ~ 1,066 WL	3,953	0,588	2,325	-43,117	-170,424
1,066 WL ~ 1,6 WL	2,628	1,337	3,515	-43,117	-113,317
Total	6,581		5,840		-283,742

$$\begin{aligned}
 KG &= 0,887 & \text{m} \\
 OG &= -43,117 & \text{m} \\
 I_{xx} &= 19,278 & \text{m}^4
 \end{aligned}$$



**Gambar 4.44** Grafik perhitungan lub oil tank

Volume tangki minyak pelumas yang dibutuhkan:

$$V_{lot} = \frac{W_{lo}}{p_{fo}} + \text{koreksi}$$

Dimana:

$$\begin{aligned} W_{lo} &= \text{Berat minyak pelumas} \\ &= 0,729 \text{ ton} \end{aligned}$$

$$p_{fo} = 0,9 \text{ ton/m}^3 \text{ (Massa minyak pelumas)}$$

$$\begin{aligned} \text{Koreksi} &= \text{Karena tambahan kontruksi dan ekspansi panas} \\ &= 4\% ((W_{lo} / P_{fo}) \\ &= 0,031 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Maka:

$$\begin{aligned} V_{fot} &= \frac{0,729}{0,9} + 0,031 \\ &= 0,842 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

**Volume tangki yang di rencanakan > volume yang dibutuhkan (Memenuhi)**

8. Volume *Dirty Oil Tank* (D.O.T) dan *Sewage*

**Tabel 4.120** Perhitungan volume D.O.T dan seawe bagian bawah

SEWAGE AND DIRTY TANK														
No Ord	Faktor Moment (n)	Faktor Simp (s)	0 mWL		0,267 WL			0,533 WL		$\Sigma$ ys'	$\Sigma$ (ys')s	$\Sigma$ (ys')sn	$y^2s$	$y^3s$
			s' = 1		s' = 4			s' = 1						
			y = ys'	ys	y	ys	ys'	y = ys'	ys					
A	0	1	1,547	1,55	2,298	2,30	9,19	2,818	2,82	13,557	13,557	0,000	7,940	22,373
B	1	4	1,592	6,37	2,339	9,36	9,36	2,865	11,46	13,814	55,256	55,256	32,821	94,017
C	2	2	1,638	3,28	2,381	4,76	9,52	2,119	4,24	13,279	26,558	53,115	8,980	19,029
D	3	4	1,684	6,74	2,423	9,69	9,69	2,959	11,84	14,333	57,332	171,997	35,025	103,643
E	4	1	1,731	1,73	2,465	2,47	9,86	3,007	3,01	14,599	14,599	58,394	9,042	27,189
$\Sigma ys$			19,658		28,571			33,357		69,581	167,301	338,762	93,809	266,252
s'			1		4			1						
$\Sigma(ys)s'$			19,658		114,286			33,357		167,301				
n'			0		1			2						
$\Sigma(ys)s'n'$			0,000		114,286			66,714		181,000				

Jarak ordinat horisontal (a)	=	0,175 m
Tinggi sarat (d)	=	0,000 m
Jarak ordinat vertikal (b)	=	0,267 m
Berat jenis muatan (g)	=	0,900 ton/m <sup>3</sup>
Jarak sekat ke midship (e)	=	-44,163 m

**PERHITUNGAN DIRTY OIL TANK & SEWAGE (0 WL – 0,533 WL)**

$$\begin{aligned}
 V &= 2/9 \times a \times b \times S(ys)'s &= & 1,735 & \text{m}^3 \\
 W &= V \times g &= & 1,562 & \text{ton} \\
 OG &= S(ys)'sn / S(ys)'s \times a+e &= & -43,809 & \text{m} \\
 KG &= S(ys)s'n' / S(ys)s' \times b + d &= & 0,289 & \text{m} \\
 I_{xx} &= 2 \times 1/3 \times 1/3 \times a \times S(y3s) &= & 10,354 & \text{m}^4 \\
 A &= 2/3 \times a \times S(ys) &= & 3,892 & \text{m}^2 \\
 S_x &= 2 \times 1/2 \times 1/3 \times a \times S(y2s) &= & 5,472 & \text{m}^3 \\
 \text{Jarak titik berat } Y &= S_x / A &= & 1,406 & \text{m} \\
 \text{Momen Inersia Permukaan Cairan pada Tangki :} & & & & \\
 I_{x'x'} &= I_{xx} - (A \times Y^2) &= & 2,660 & \text{m}^4 \\
 I_{xx} \text{ kiri dan kanan} &= 2 \times I_{x'x'} &= & 5,319 & \text{m}^4
 \end{aligned}$$

0,00 WL ~ 0,533 WL					
Garis air	Berat	Vertikal		Horizontal	
		KG	Momen	OG	Momen
0,00 WL ~ 0,533 WL	1,562	0,289	0,451	-43,809	-68,415
Total	1,562		0,451		-68,415

$$\begin{aligned}
 KG &= 0,289 & \text{m} \\
 OG &= -43,809 & \text{m} \\
 I_{xx} &= 5,319 & \text{m}^4
 \end{aligned}$$



**Tabel 4.121** Perhitungan volume D.O.T dan sewage bagian tengah

<b>SEWAGE AND DIRTY TANK</b>														
No Ord	Faktor Moment (n)	Faktor Simp (s)	0,533 WL		0,8 WL			1,066 WL		$\Sigma$ ys'	$\Sigma$ (ys')s	$\Sigma$ (ys')sn	$y^2s$	$y^3s$
			s' = 1		s' = 4			s' = 1						
			y = ys'	ys	y	ys	ys'	y = ys'	ys					
A	0	1	2,818	2,82	3,169	3,17	12,68	3,462	3,46	18,956	18,956	0,000	11,983	41,479
B	1	4	2,865	11,46	3,223	12,89	12,89	3,517	14,07	19,273	77,094	77,094	49,474	173,996
C	2	2	2,119	4,24	3,277	6,55	13,11	3,575	7,15	18,803	37,605	75,210	25,564	91,397
D	3	4	2,959	11,84	3,332	13,33	13,33	3,628	14,51	19,913	79,652	238,957	52,650	191,013
E	4	1	3,007	3,01	3,387	3,39	13,55	3,684	3,68	20,237	20,237	80,949	13,573	50,007
$\Sigma ys$			33,357		39,328			42,876		97,183	233,545	472,210	153,244	547,892
s'			1		4			1						
$\Sigma(ys)s'$			33,357		157,312			42,876		233,545				
n'			0		1			2						
$\Sigma(ys)s'n'$			0,000		157,312			85,752		243,063				

- Jarak ordinat horisontal (a) = 0,175 m
- Tinggi sarat (d) = 0,533 m
- Jarak ordinat vertikal (b) = 0,267 m
- Berat jenis muatan (g) = 0,900 ton/m<sup>3</sup>
- Jarak sekat ke midship (e) = -44,163 m

**PERHITUNGAN DIRTY OIL TANK & SEWAGE (0,533 WL – 1,066 WL)**

$$\begin{aligned}
 V &= 2/9 \times a \times b \times S(ys)'s &= & 2,422 & \text{m}^3 \\
 W &= V \times g &= & 2,180 & \text{ton} \\
 OG &= S(ys)'sn / S(ys)'s \times a+e &= & -43,809 & \text{m} \\
 KG &= S(ys)s'n' / S(ys)'s' \times b + d &= & 0,811 & \text{m} \\
 I_{xx} &= 2 \times 1/3 \times 1/3 \times a \times S(y3s) &= & 21,307 & \text{m}^4 \\
 A &= 2/3 \times a \times S(ys) &= & 5,002 & \text{m}^2 \\
 S_x &= 2 \times 1/2 \times 1/3 \times a \times S(y2s) &= & 8,939 & \text{m}^3 \\
 \text{Jarak titik berat } Y &= S_x / A &= & 1,787 & \text{m} \\
 \text{Momen Inersia Permukaan Cairan pada Tangki :} & & & & \\
 I_{x'x'} &= I_{xx} - (A \times Y^2) &= & 5,332 & \text{m}^4 \\
 I_{xx} \text{ kiri dan kanan} &= 2 \times I_{x'x'} &= & 10,664 & \text{m}^4
 \end{aligned}$$

0,533 WL ~ 1,066 WL					
Garis air	Berat	Vertikal		Horizontal	
		KG	Momen	OG	Momen
0,00 WL ~ 0,533 WL	1,562	0,289	0,451	-43,809	-68,415
0,533 WL ~ 1,066 WL	2,180	0,811	1,767	-43,809	-95,506
Total	3,742		2,218		-163,921

$$\begin{aligned}
 KG &= 0,593 & \text{m} \\
 OG &= -43,809 & \text{m} \\
 I_{xx} &= 10,664 & \text{m}^4
 \end{aligned}$$

**Tabel 4.122** Perhitungan volume D.O.T dan sewage bagian atas

<b>SEWAGE AND DIRTY TANK</b>														
No Ord	Faktor Moment (n)	Faktor Simp (s)	1,066 WL		0,133 WL			1,6 WL		$\Sigma$ ys'	$\Sigma$ (ys')s	$\Sigma$ (ys')sn	$y^2s$	$y^3s$
			s' = 1		s' = 4			s' = 1						
			y = ys'	ys	y	ys	ys'	y = ys'	ys					
A	0	1	3,462	3,46	3,668	3,67	14,67	3,866	3,87	21,998	21,998	0,000	14,946	57,781
B	1	4	3,517	14,07	3,737	14,95	14,95	3,926	15,70	22,391	89,564	89,564	61,654	242,053
C	2	2	3,575	7,15	3,794	7,59	15,18	3,987	7,97	22,738	45,476	90,953	31,792	126,756
D	3	4	3,628	14,51	3,853	15,41	15,41	4,054	16,22	23,092	92,370	277,109	65,740	266,509
E	4	1	3,684	3,68	3,911	3,91	15,65	4,103	4,10	23,433	23,433	93,731	16,835	69,072
$\Sigma ys$			42,876		45,525			47,863		113,652	272,840	551,356	190,966	762,171
s'			1		4			1						
$\Sigma(ys)s'$			42,876		182,101			47,863		272,840				
n'			0		1			2						
$\Sigma(ys)s'n'$			0,000		182,101			95,726		277,827				

- Jarak ordinat horisontal (a) = 0,175 m
- Tinggi sarat (d) = 1,066 m
- Jarak ordinat vertikal (b) = 0,267 m
- Berat jenis muatan (g) = 0,900 ton/m<sup>3</sup>
- Jarak sekat ke midship (e) = -44,163 m

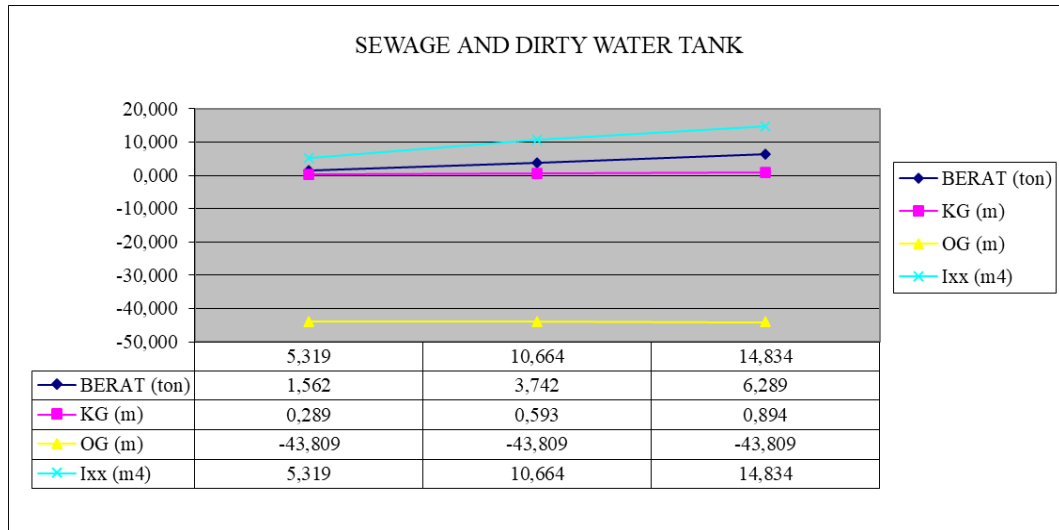
**PERHITUNGAN DIRTY OIL TANK & SEWAGE (1,066 WL – 1,6 WL)**

$$\begin{aligned}
 V &= 2/9 \times a \times b \times S(ys)'s &= & 2,830 & \text{m}^3 \\
 W &= V \times g &= & 2,547 & \text{ton} \\
 OG &= S(ys)'sn / S(ys)'s \times a+e &= & -43,810 & \text{m} \\
 KG &= S(ys)s'n' / S(ys)s' \times b + d &= & 1,338 & \text{m} \\
 I_{xx} &= 2 \times 1/3 \times 1/3 \times a \times S(y3s) &= & 29,640 & \text{m}^4 \\
 A &= 2/3 \times a \times S(ys) &= & 5,584 & \text{m}^2 \\
 S_x &= 2 \times 1/2 \times 1/3 \times a \times S(y2s) &= & 11,140 & \text{m}^3 \\
 \text{Jarak titik berat } Y &= S_x / A &= & 1,995 & \text{m} \\
 \text{Momen Inersia Permukaan Cairan pada Tangki :} & & & & \\
 I_{x'x'} &= I_{xx} - (A \times Y^2) &= & 7,417 & \text{m}^4 \\
 I_{xx} \text{ kiri dan kanan} &= 2 \times I_{x'x'} &= & 14,834 & \text{m}^4
 \end{aligned}$$

**Jadi jumlah total volume dirty oil tank dan sewage adalah 7,312 m<sup>3</sup>**

1,066 WL ~ 1,6 WL					
Garis air	Berat	Vertikal		Horizontal	
		KG	Momen	OG	Momen
0,533 WL ~ 1,066 WL	3,742	0,593	2,218	-43,809	-163,921
1,066 WL ~ 1,6 WL	2,547	1,338	3,407	-43,810	-111,576
Total	6,289		5,624		-275,497

$$\begin{aligned}
 KG &= 0,894 & \text{m} \\
 OG &= -43,809 & \text{m} \\
 I_{xx} &= 14,834 & \text{m}^4
 \end{aligned}$$



**Gambar 4.45** Grafik perhitungan dirty oil tank dan sewage

Volume tangki bahan bakar yang dibutuhkan:

$$V_{dot} = K \times C$$

Dimana:

$$K = 0,01 \text{ (untuk mesin dengan bahan bakar heavy oil)}$$

$$C = 27,77 \text{ ton (Pemakaian bahan bakar mesin induk dan mesin bantu)}$$

Maka:

$$V_{dot} = 0,01 \times 27,7 \text{ ton}$$

$$= 0,277 \text{ m}^3$$

**Volume tangki yang di rencanakan > volume yang dibutuhkan (Memenuhi)**

## E. Perencanaan Geladak (*Deck*)

### 1. *Poop Deck*

- Panjang *poop deck* = 28,59 m
- Tinggi *poop deck* = 2,4 m
- Lebar *poop deck* = 20,04 m

#### 2. *Boat Deck*

- Panjang *boat deck* = 18,2 m
- Tinggi *boat deck* = 2,4 m
- Lebar *boat deck* = 14,8 m

#### 3. *Bridge Deck*

- Panjang *bridge deck* = 13,3 m
- Tinggi *bridge deck* = 2,4 m
- Lebar *bridge deck* = 14,8 m

#### 4. *Navigation Deck*

- Panjang *navigation deck* = 9,8 m
- Tinggi *navigation deck* = 2,4 m
- Lebar *navigation deck* = 14,8 m

#### 5. *Top Deck*

- Panjang *poop deck* = 7,7 m

#### 6. *Forcastle Deck*

- Panjang *forcastle deck* = 10,14 m
- Lebar *forcastle deck* = 16,4 m

### **F. Perencanaan Ruang Geladak**

Geladak akomodasi terdiri atas beberapa geladak yang dipisahkan menjadi beberapa tingkat yaitu : Main deck, Poop deck, Boat deck, bridge deck dan navigation deck. Secara keseluruhan geladak-geladak ini disebut sebagai superstructure dan masing-masing geladak terdiri atas beberapa ruangan, yaitu sebagai berikut :

#### 1. Main deck

Pada geladak utama terdiri atas beberapa ruangan yang peletakannya dilakukan berdasarkan kebutuhan dan pada geladak ini diorientasikan untuk keperluan awak kapal. Ruangan-ruangan tersebut adalah :

a. Kamar tidur untuk :

- Chief Cook 1 Kamar 1 tempat tidur
- Chief Cook 1 Kamar 1 tempat tidur
- Steward 1 Kamar 3 tempat tidur
- Pump Man 1 Kamar 2 tempat tidur
- Pipe Man 1 kamar 2 tempat tidur
- Oil Man 1 Kamar 2 tempat tidur
- Electrician Man 1 Kamar 2 tempat tidur
- Firefighter 1 Kamar 1 tempat tidur
- Deck Crew 2 Kamar 6 tempat tidur

b. Ruangan Toilet

c. Ruangan lainnya:

- Laundry
- Mess room
- Paint store
- Rope store
- Electrical store
- CO2 room
- Steering gear room
- Cold ang Dry provision store
- Galley
- Mosque

2. Poop deck

Pada Poop deck terdiri atas beberapa ruangan yang peletakannya disesuaikan kebutuhan dan pada geladak ini diorientasikan untuk keperluan perwira dan beberapa awak kapal yang bertugas. Ruangan-ruangan tersebut adalah:

a. Kamar tidur untuk:

- Engine Man 1 Kamar 1 tempat tidur

- Quarter Master (Juru Mudi) 1 kamar 3 tempat tidur
- Deck Master 1 Kamar 1 tempat tidur
- Guest (Tamu) 1 Kamar 2 tempat tidur

b. Ruangan Toilet

c. Ruangan lainnya:

- Life jacket room
- Cargo control room and Deck officer
- Mess room
- Document room
- Mosque

3. Boat deck

Pada Boat deck terdiri atas beberapa ruangan yang peletakannya disesuaikan kebutuhan dan pada geladak ini diorientasikan untuk keperluan perwira yang bertugas. Ruangan-ruangan tersebut adalah:

a. Kamar tidur untuk :

- Second Engineer 1 Kamar 1 tempat tidur
- Second Officer 1 Kamar 1 tempat tidur
- Chief Engineer 1 Kamar 1 tempat tidur
- Chief Officer 1 Kamar 1 tempat tidur

b. Ruangan Toilet di kamar tidur Chief Engineer dan Chief Officer

c. Ruangan lainnya:

- Mess room
- Meeting room

4. Bridge deck

Pada bridge deck terdiri atas beberapa ruangan yang peletakannya disesuaikan kebutuhan dan pada geladak ini diorientasikan untuk keperluan perwira tingkat tinggi dan merupakan deck ternyaman. Ruangan-ruangan tersebut adalah :

a. Kamar tidur untuk :

- Captain 1 Kamar 1 tempat tidur
- Radio Officer I 1 Kamar 1 tempat tidur
- Radio Officer II 1 Kamar 1 tempat tidur



b. Ruangan Toilet di kamar tidur Captain dan Radio Officer I dan II

#### 5. Navigation Deck

keseluruhan dan pada geladak ini diorientasikan sebagai pusat komunikasi serta navigasi kapal. Deck tersebut terdiri dari ruangan –ruangan berikut ini :

- a. Wheel house
- b. Radio room
- c. Chart room
- d. ESEP room

### 4.2.4.1 Perencanaan Peralatan dan Perlengkapan

#### A. Perencanaan Sistem Kemudi

Sistem kemudi merupakan beberapa gabungan komponen kapal yang saling berkaitan dan bekerja untuk merubah arah gerak kapal. Berikut perhitungannya:

1. Menghitung luas dun kemudi (A)

$$A = C1 \times C2 \times C3 \times C4 \times \frac{1,75 \times Lpp \times T}{100}$$

Dimana:

- C1 = Faktor jenis kapal  
= 1,0 (Jenis kapal secara umum)
- C2 = Faktor jenis kemudi  
= 0,9 (Jenis *semi spade rudder*)
- C3 = Faktor bentuk daun kemudi  
= 1,0 (Jenis daun kemudi pelat)
- C4 = Faktor penempatan kemudi  
= 1,0 (Jenis kemudi di dalam arus baling-baling)
- L = 96% LWL  
= 126,024 m
- T = 8,96 m

Maka:

$$\begin{aligned} A &= 1 \times 0,9 \times 1 \times 1 \times \frac{1,75 \times 126,024 \times 8,96}{100} \\ &= 19,76 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

2. Menghitung tinggi daun kemudi (b)

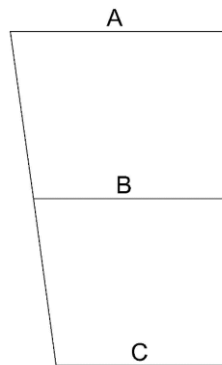
$$\begin{aligned} b &= (0,6 \sim 0,7) \times T \\ &= 0,65 \times 8,96 \text{ m} \\ &= 5,824 \end{aligned}$$

3. Menghitung lebar daun kemudi (c)

$$\begin{aligned} c &= A / b \\ &= 19,76 \text{ m}^2 / 5,824 \text{ m} \\ &= 3,39 \text{ m} \end{aligned}$$

4. Perencanaan dimensi daun kemudi

Dalam menentukan perencanaan lengkungan daun kemudi, penulis menggunakan aturan NACA 00-15 dimana, Rudder di bagi menjadi tiga bagian A, B dan C seperti gambar di bawah ini:



**Gambar 4.46** Tiga bagian daun kemudi

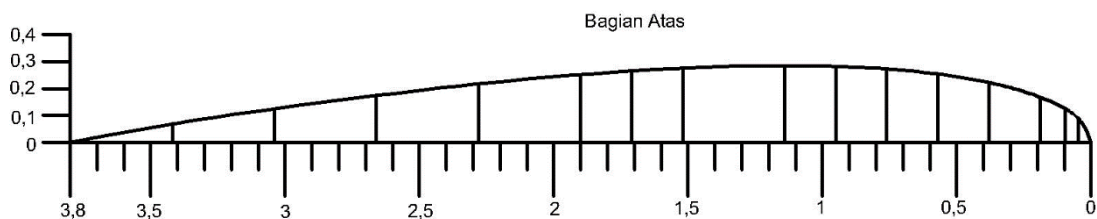
- Nilai A bagian atas direncanakan 3,8 m
- Nilai B bagian tengah direncanakan 3,39 m (sesuai hitungan lebar daun kemudi)
- Nilai C bagian bawah direncanakan 3 m

Berikut merupakan perhitungan lengkungan daun kemudi menurut NACA 00-15:

- Bentuk lengkungan kemudi bagian atas (A)

**Tabel 4.123** Bentuk lengkungan daun kemudi bagian atas

Bagian atas				
c	x/c	x	NACA 00-15	
			y/c	y
3,8	0,0000	0,0000	0,00000	0
3,8	0,0125	0,0475	0,02367	0,0899
3,8	0,0250	0,0950	0,03268	0,1242
3,8	0,0500	0,1900	0,04430	0,1683
3,8	0,1000	0,3800	0,05853	0,2224
3,8	0,1500	0,5700	0,06681	0,2539
3,8	0,2000	0,7600	0,07172	0,2725
3,8	0,2500	0,9500	0,07421	0,2820
3,8	0,3000	1,1400	0,07502	0,2851
3,8	0,4000	1,5200	0,07254	0,2757
3,8	0,4500	1,7100	0,06954	0,2643
3,8	0,5000	1,9000	0,06618	0,2515
3,8	0,6000	2,2800	0,05704	0,2168
3,8	0,7000	2,6600	0,04580	0,1740
3,8	0,8000	3,0400	0,03279	0,1246
3,8	0,9000	3,4200	0,01810	0,0688
3,8	1,0000	3,8000	0,00158	0,0060

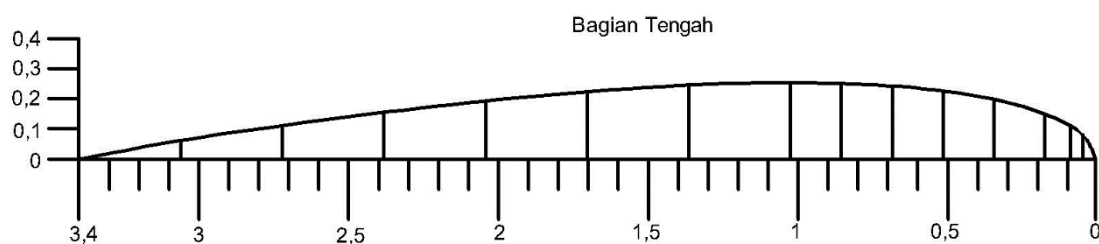


**Gambar 4.47** Bentuk lengkungan daun kemudi bagian atas

- Bentuk lengkungan kemudi bagian tengah (B)

**Tabel 4.124** Bentuk lengkungan daun kemudi bagian tengah

Bagian tengah				
c	x/c	x	NACA 00-15	
			y/c	y
3,39	0,0000	0,0000	0,00000	0
3,39	0,0125	0,0424	0,02367	0,0803
3,39	0,0250	0,0848	0,03268	0,1109
3,39	0,0500	0,1696	0,04430	0,1503
3,39	0,1000	0,3393	0,05853	0,1986
3,39	0,1500	0,5089	0,06681	0,2267
3,39	0,2000	0,6786	0,07172	0,2433
3,39	0,2500	0,8482	0,07421	0,2518
3,39	0,3000	1,0179	0,07502	0,2545
3,39	0,4000	1,3572	0,07254	0,2461
3,39	0,4500	1,5268	0,06954	0,2359
3,39	0,5000	1,6965	0,06618	0,2245
3,39	0,6000	2,0358	0,05704	0,1935
3,39	0,7000	2,3751	0,04580	0,1554
3,39	0,8000	2,7144	0,03279	0,1113
3,39	0,9000	3,0537	0,01810	0,0614
3,39	1,0000	3,3930	0,00158	0,0054

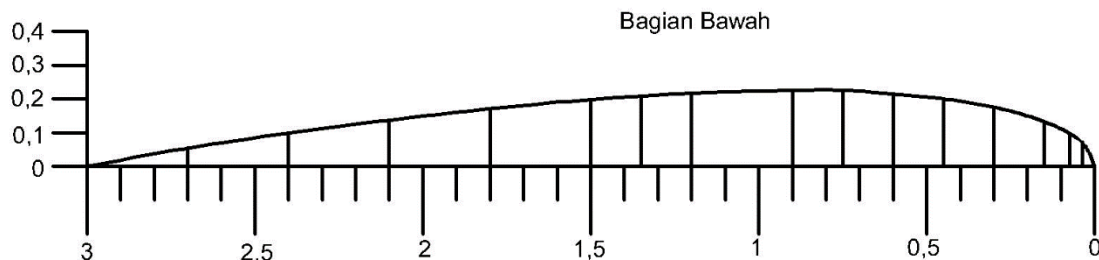


**Gambar 4.48** Bentuk lengkungan daun kemudi bagian tengah

- Bentuk lengkungan kemudi bagian bawah (C)

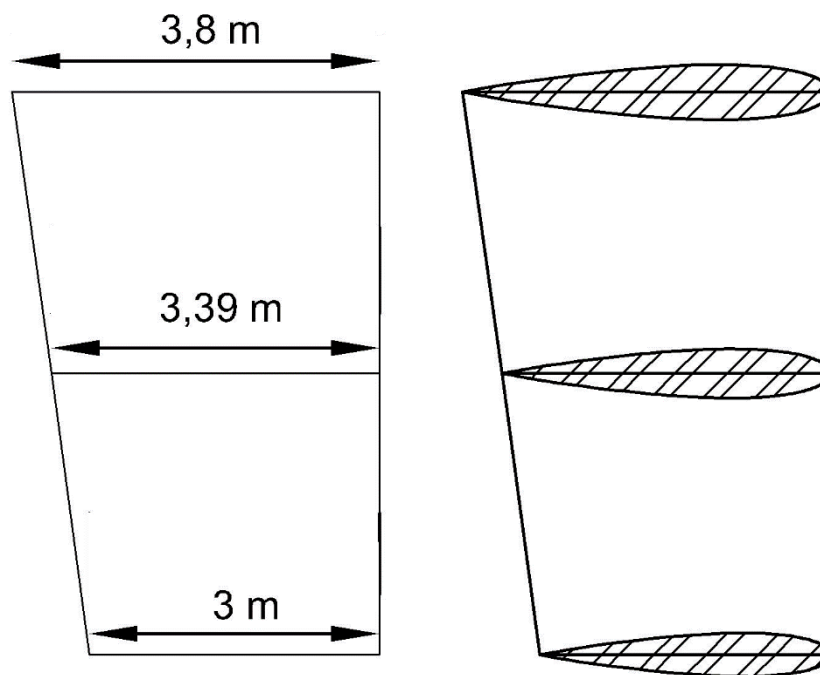
**Tabel 4.125** Bentuk lengkungan daun kemudi bagian bawah

Bagian bawah				
c	x/c	x	NACA 00-15	
			y/c	y
3,0	0,0000	0,0000	0,00000	0
3,0	0,0125	0,0375	0,02367	0,0710
3,0	0,0250	0,0750	0,03268	0,0980
3,0	0,0500	0,1500	0,04430	0,1329
3,0	0,1000	0,3000	0,05853	0,1756
3,0	0,1500	0,4500	0,06681	0,2004
3,0	0,2000	0,6000	0,07172	0,2152
3,0	0,2500	0,7500	0,07421	0,2226
3,0	0,3000	0,9000	0,07502	0,2251
3,0	0,4000	1,2000	0,07254	0,2176
3,0	0,4500	1,3500	0,06954	0,2086
3,0	0,5000	1,5000	0,06618	0,1985
3,0	0,6000	1,8000	0,05704	0,1711
3,0	0,7000	2,1000	0,04580	0,1374
3,0	0,8000	2,4000	0,03279	0,0984
3,0	0,9000	2,7000	0,01810	0,0543
3,0	1,0000	3,0000	0,00158	0,0047



**Gambar 4.49** Bentuk lengkungan daun kemudi bagian bawah

Berikut merupakan hasil penggambaran lengkungan daun kemudi menggunakan aplikasi AutoCAD 2015:



Sumber: AutoCad 2015

**Gambar 4.50** Bentuk daun kemudi kapal rancangan

5. Menentukan jarak dari propeller ke daun kemudi (a)

Dalam buku “*Ship Design for Efficiency and Economy Second Edition* hal.63” karya H. Schneekluth dan V. Bertham, sebagai berikut:

- a > 0,1 x diameter propeller
- > 0,1 x 5,28 m
- > 0,528 m

Maka:

- a = 0,75 m ditetapkan

6. Menentukan jarak dari daun kemudi ke *sole piece* (e)

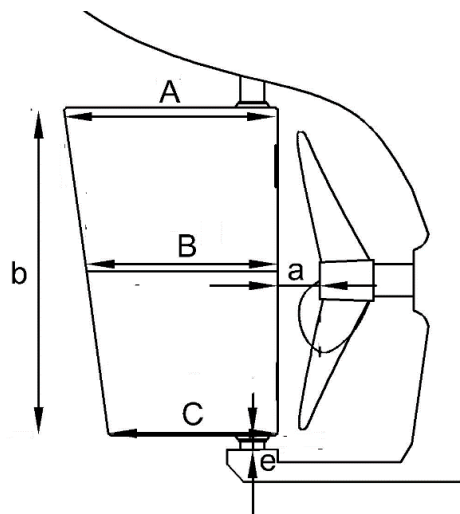
Dalam buku “*Ship Design for Efficiency and Economy Second Edition* hal.63” karya H. Schneekluth dan V. Bertham, sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 e &> 0,035 \times \text{diameter propeller} \\
 &> 0,035 \times 5,28 \text{ m} \\
 &> 0,184 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Maka:

$$e = 0,25 \text{ m ditetapkan}$$

## 7. Sketsa sistem kemudi



Keterangan:

- Lebar daun kemudi bagian atas (A) = 3,8 m
- Lebar daun kemudi bagian tengah (B) = 3,39 m
- Lebar daun kemudi bagian bawah (C) = 3 m
- Tinggi daun kemudi (b) = 5,82 m
- Jarak dari propeller ke daun kemudi (a) = 0,75 m
- Jarak dari daun kemudi ke *sole piece* (e) = 0,25 m

**Gambar 4.51** Sketsa sistem kemudi kapal rancangan

## 8. Menghitung gaya kemudi (CR)

Perhitungan gaya kemudi menurut BKI 2006 vol. II section 14:

$$CR = 132 \times A_t \times V^2 \times k_1 \times k_2 \times k_3 \times k_t$$

Dimana:

$$V = 13 \text{ knot}$$

Ar = Aspect ratio of rudder area

$$= h^2 / A$$

$$= (5,82)^2 / 19,76$$

$$= 1,716$$

k1 = Coefficient, depending on the aspect ratio

$$= (Ar + 2) / 3$$

$$= (1,716 + 2) / 3$$

$$= 1,238$$

$$\begin{aligned}
A_t &= A + \text{area of rudder horn, if any} \\
&= 19,76 + 0 \\
&= 19,76 \text{ m}^2 \\
k_2 &= \text{Coefficient, depending on the type rudder profile} \\
&= 1,1 \text{ for NACA – 00 series gottingen profiles} \\
k_3 &= \text{Coefficient, depending on the location of the rudder} \\
&= 1,0 \text{ for rudders within the propeller jet} \\
k_t &= \text{Coefficient, depending on the thrust coefficient} \\
&= 1,0 \text{ for normally}
\end{aligned}$$

Maka:

$$\begin{aligned}
CR &= 132 \times 19,76 \times (13)^2 \times 1,238 \times 1,1 \times 1,0 \times 1,0 \\
&= 600710,7 \text{ N}
\end{aligned}$$

#### 9. Menghitung momen torsi kemudi (QR)

$$QR = CR \times r$$

Dimana:

$$\begin{aligned}
CR &= 600710,7 \text{ N} \\
a &= 0,33 \text{ (untuk kondisi maju)} \\
kb &= 0,08 \\
r &= c \times (a - kb) \\
&= 3,93 \times (0,33 - 0,08) \\
&= 0,848
\end{aligned}$$

Maka:

$$\begin{aligned}
QR &= 600710,7 \text{ N} \times 0,848 \\
&= 509545,9 \text{ N} \\
&= 50954,59 \text{ daN.m} \\
&= 509,5495 \text{ kN.m}
\end{aligned}$$

#### 10. Menghitung diameter tongkat kemudi (Dt)

$$Dt = 4,2 \times \sqrt[3]{QR \times Kr}$$

Dimana:

$$Kr = \text{Faktor material}$$



$$= \left| \frac{235}{Reh} \right|^e$$

$$= \left| \frac{235}{309,015} \right|^{0,75}$$

$$= 0,814$$

Reh = Nilai minimum dari titik yield teratas

$$= 0,7 \times 441,45$$

$$= 309,015 \text{ N/mm}^2$$

e = 0,75 untuk  $Reh > 235 \text{ N/mm}^2$

Rm = Tegangan tarik  
 $= 441,45 \text{ N/mm}^2$

Maka:

$$Dt = 4,2 \times \sqrt[3]{509545,9 \text{ N} \times 0,814}$$

$$= 313,26 \text{ mm}$$

$$\approx 315 \text{ mm}$$

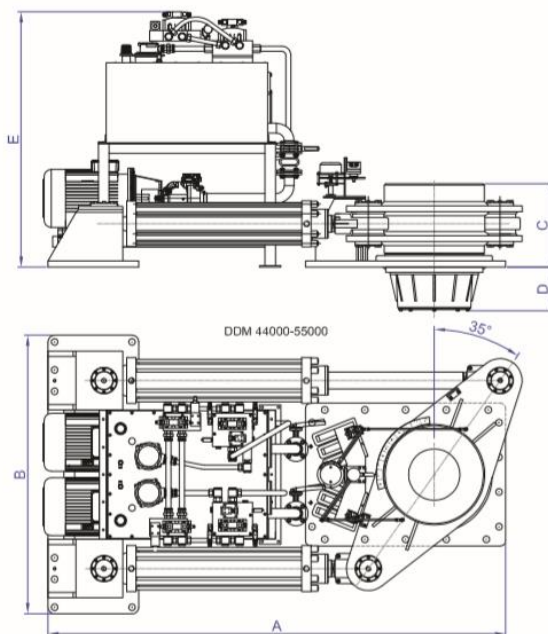
#### 11. Menentukan *steering gear* kapal rancangan

*Steering gear* adalah mesin hidrolik yang berfungsi untuk menggerakkan daun kemudi kapal. Berdasarkan perhitungan di atas berikut merupakan *steering gear* yang akan digunakan oleh kapal rancangan:

**Tabel 4.126** Spesifikasi *steering gear* kapal rancangan

Steering Gear	Keterangan
Jenis	DDM 4400
Torsi	44000 daN.m (minimum)
	55000 daN.m (maksimum)
Pressure	130 bar
Sudut Putar	35°
HPU Tank Capacity	2 x 300 lt
Cylinder Displacement	47280 cm <sup>3</sup>

DOUBLE CYLINDERED STEERING GEARS DIMENSIONS (mm)						
Steering Gear Type		A	B	C	D	E
DDM 1100	35°	990	560	127	0	415
DDM 1600	35°	1060	560	147	0	415
DDM 2000	35°/45°	1127 / 1185	610/700	209	21	415
DDM 3000	35°/45°	1195 / 1381	700	259	21	450
DDM 4000	35°/45°	1420 / 1600	750	265	160	460
DDM 6000	35°/45°	1562 / 1696	1100	295	179	1177
DDM 8000	35°/45°	1730 / 1891	1200	355	186.5	1177
DDM 10000	35°/45°	1840 / 2030	1300	375	216.5	1215
DDM 12000	35°/45°	2030 / 2204	1300	385	205.5	1435
DDM 16000	35°/45°	2415 / 2655	1600	475	223.5	1440
DDM 21000	35°/45°	2415 / 2655	1700	475	250.5	1484
DDM 27000	35°/45°	2515 / 2760	1750	475	250.5	1567
DDM 33000	35°/45°	2826 / 3109	1900	480	265.5	1622
DDM 44000	35°/45°	3182 / 3400	1930	550	315.5	1685
DDM 55000	35°/45°	3428 / 3759	2088	605	315.5	1912



**Gambar 4.52** Ukuran *steering gear* kapal rancangan

## 12. Menghitung daya tongkat kemudi (Nrs)

Aditia Risky Dharmawan, 2020

PERANCANGAN KAPAL TANKER 16000 DWT KECEPATAN 13 KNOT DENGAN RUTE PELAYARAN  
PLAJU (PALEMBANG) – TANJUNG PRIOK (JAKARTA)

UPN Veteran Jakarta, Fakultas Teknik, Teknik Perkapalan

[www.upnvj.ac.id – www.library.upnvj.ac.id – www.repository.upnvj.ac.id]

Dalam buku “*Marine Auxilliary Machinery and System* hal.359” karya M. Khetagurov cara menghitungnya adalah sebagai berikut:

$$\text{Nrs} = 4,65 \times \frac{\text{Mrs}}{10^4} \times \frac{\alpha}{\tau}$$

Dimana:

$$\begin{aligned} \text{Mrs} &= \text{QR} \\ &= 509545,9 \text{ N} \\ \alpha &= \text{Sudut putar kemudi} \\ &= 35^\circ \\ \tau &= \text{Waktu putar kemudi} \\ &= 25 \sim 30 \text{ detik} \end{aligned}$$

Maka:

$$\begin{aligned} \text{Nrs} &= 4,65 \times \frac{509545,9}{10^4} \times \frac{35^\circ}{30} \\ &= 276,43 \text{ Hp} \end{aligned}$$

### 13. Daya *steering gear* (Nm)

Dalam buku “*Marine Auxilliary Machinery and System* hal.359” karya M. Khetagurov cara menghitungnya adalah sebagai berikut:

$$\text{Nm} = \frac{\text{Nrs}}{\text{nsg}}$$

Dimana:

$$\begin{aligned} \text{nsg} &= \text{efisiensi steering gear} \\ &= 0,1 \sim 0,35 \\ &= 0,35 \text{ ditetapkan} \\ \text{Nrs} &= 276,43 \text{ Hp} \end{aligned}$$

Maka:

$$\begin{aligned} \text{Nm} &= \frac{276,43 \text{ Hp}}{0,35} \\ &= 789,8 \text{ Hp} \\ &= 588,95 \text{ kW} \end{aligned}$$

### 14. Tebal plat daun kemudi (t)

Perhitungan gaya kemudi menurut BKI 2006 vol. II section 14:

$$t = 1,74 \times a \times \sqrt{PR \times k} + 2,5$$

Dimana:

$$PR = 10 \times T + \frac{CR}{10^3 \times A}$$

$$= 119,99 \text{ kN/m}^2$$

$$a = \text{The smaller unsupported width of a plate panel}$$

$$= 0,7 \text{ m}$$

$$k = \text{Faktor material}$$

$$= 0,91$$

Maka:

$$t = 1,74 \times 0,7 \times \sqrt{119,99 \times 0,91} + 2,5$$

$$= 15,2 \text{ mm}$$

## B. Perencanaan Sistem Jangkar

- Jangkar, Rantai Jangkar, dan Tali tambat

Menurut BKI Volume II 2006 bab 18.B perhitungannya sebagai berikut:

1. Menghitung nilai displacement ( $\Delta$ )

$$\Delta = L_{pp} \times B \times T \times C_b \times \rho$$

$$= 127,451 \text{ m} \times 20,27 \text{ m} \times 8,96 \text{ m} \times 1,025 \text{ ton/m}^3$$

$$= 18886,1 \text{ ton}$$

2. Menghitung nilai tinggi efektif (h)

$$h = fb + \sum h$$

Dimana:

$$fb = 3 (H - T)$$

$$\sum h = \text{Jumlah tinggi bangunan atas}$$

$$= 9,6 \text{ m}$$

Maka:

$$h = 3\text{m} + 12\text{m}$$

$$= 12,6 \text{ m}$$

3. Menghitung nilai Z

$$Z = \Delta^{\frac{2}{3}} + 2 \times h \times B + \frac{A}{10}$$

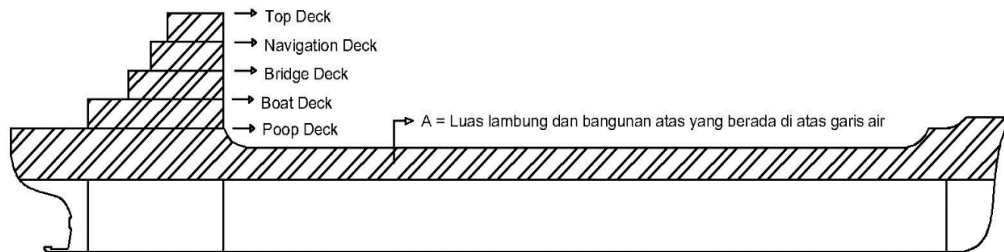
Dimana:

$$\Delta = 18886,1 \text{ ton}$$

$$h = 15 \text{ m}$$

$$B = 20,27 \text{ m}$$

$$A = \text{Luas lambung dan bangunan atas yang berada di atas garis air}$$



**Gambar 4.53** Luas lambung dan bangunan atas yang di atas garis air

$$A = 733,89 \text{ m}^2$$

Maka:

$$\begin{aligned} Z &= (18886,1)^{\frac{2}{3}} + 2 \times 15 \times 20,27 + \frac{808,57}{10} \\ &= 1293,38 \end{aligned}$$

#### 4. Spesifikasi Jangkar, Rantai jangkar, dan Tali-temali

Berdasarkan nilai  $Z$  yang telah dihitung yaitu sebesar 1293,38 berikut merupakan spesifikasi rantai jangkar, jangkar, dan tali tambat kapal rancangan:

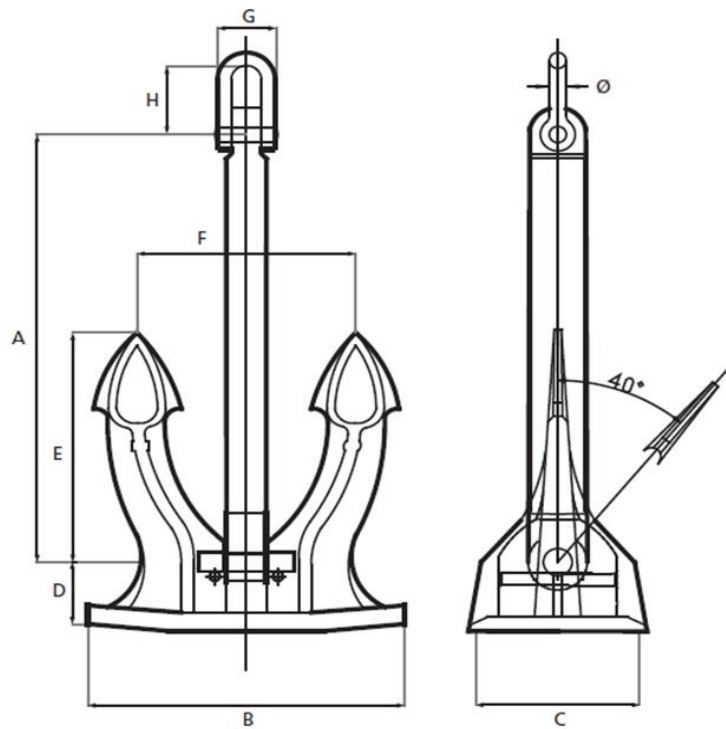
**Tabel 4.127** Spesifikasi Jangkar, Rantai jangkar, dan Tali-temali

<b>Jangkar</b>	
<i>Jumlah</i>	2 buah
<i>Berat per jangkar :</i>	
<i>haluan</i>	3780 kg
<i>Buritan</i>	190 kg
<b>Rantai jangkar</b>	
<i>Panjang total</i>	5505 m
<i>Diameter :</i>	
<i>d1</i>	62 mm
<i>d2</i>	54 mm
<i>d3</i>	48 mm
<b>Kawat baja atau rantai jangkar arus</b>	
<i>Panjang</i>	90 m
<i>Beban putus</i>	120 kN = 12,2 ton
<b>Tali tarik</b>	
<i>Panjang</i>	200 m
<i>Beban putus</i>	740 kN = 74,26 ton
<b>Tali tambat</b>	
<i>Jumlah</i>	4 buah
<i>Panjang</i>	180 m
<i>Beban putus</i>	285 kN = 28,6 ton

## 5. Perencanaan jangkar kapal rancangan

**Tabel 4.128** Ukuran jangkar kapal rancangan

ket	nilai	satuan
jenis	Stockless Anchor	
Berat	3780	kg
A	2430	mm
B	1850	mm
C	810	mm
D	393	mm
E	1350	mm
F	1350	mm
G	310	mm
H	385	mm
∅	90	mm



Sumber: <http://www.sotra.net/>

**Gambar 4.54** Sketsa jangkar kapal rancangan

## 6. Perencanaan rantai jangkar kapal rancangan

**Tabel 4.129** Rantai jangkar kapal rancangan

Aditia Risky Dharmawan, 2020

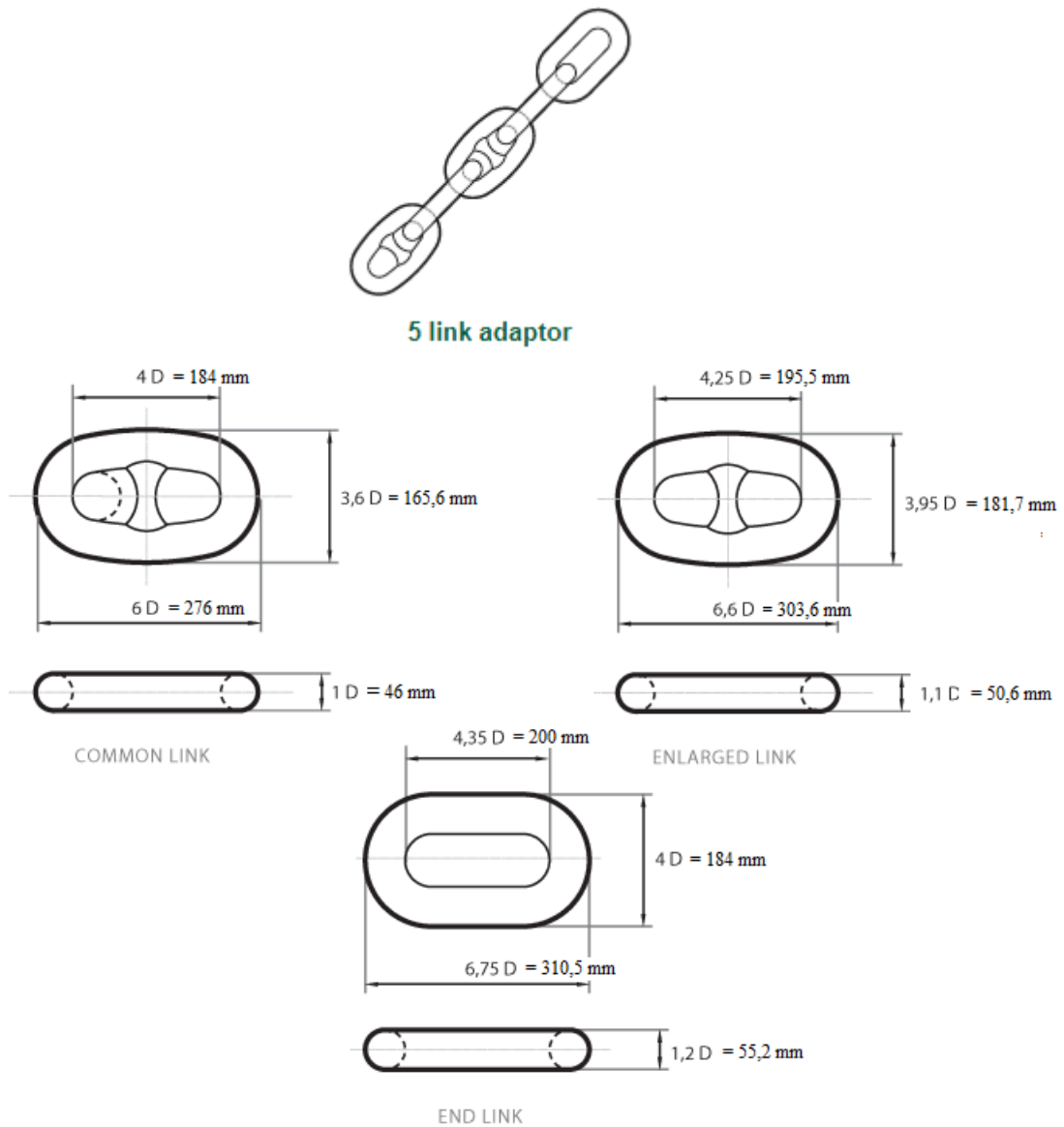
PERANCANGAN KAPAL TANKER 16000 DWT KECEPATAN 13 KNOT DENGAN RUTE PELAYARAN  
PLAJU (PALEMBANG) – TANJUNG PRIOK (JAKARTA)

UPN Veteran Jakarta, Fakultas Teknik, Teknik Perkapalan

[[www.upnvj.ac.id](http://www.upnvj.ac.id) – [www.library.upnvj.ac.id](http://www.library.upnvj.ac.id) – [www.repository.upnvj.ac.id](http://www.repository.upnvj.ac.id)]

Type	5 Link Adaptor Chain	
Panjang	522,5	m
Diameter	48	mm

Komposisi dan konstruksi rantai jangkar terbagi menjadi 3 bagian



Sumber: <http://www.sotra.net/>

**Gambar 4.55** Sketsa rantai jangkar kapal rancangan

## 7. Perencanaan tali tambat kapal rancangan

Aditia Risky Dharmawan, 2020

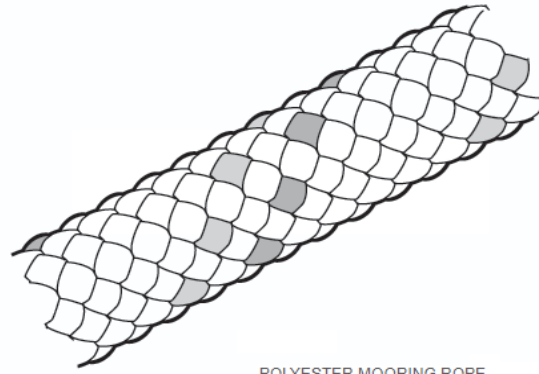
PERANCANGAN KAPAL TANKER 16000 DWT KECEPATAN 13 KNOT DENGAN RUTE PELAYARAN

PLAJU (PALEMBANG) – TANJUNG PRIOK (JAKARTA)

UPN Veteran Jakarta, Fakultas Teknik, Teknik Perkapalan

[[www.upnvj.ac.id](http://www.upnvj.ac.id) – [www.library.upnvj.ac.id](http://www.library.upnvj.ac.id) – [www.repository.upnvj.ac.id](http://www.repository.upnvj.ac.id)]





POLYESTER MOORING ROPE

Nominal Diameter	Nominal Circ	Mass	Minimum Break Load
mm	inches	kg/100m	tonnes
32	4	77	30,5
36	4,5	87	36,4
40	5	112	46,3

Sumber: <http://www.sotra.net/>

**Gambar 4.56** Perencanaan tali tambat kapal rancangan

## 8. Perencanaan *Chain locker*

### a) Kapasitas *chain locker* (*S*)

Berdasarkan BKI JILID II 2006 bab 18 cara menentukannya adalah sebagai berikut:

$$S = 1,1 \times d^2 \times \frac{l}{10^5}$$

Dimana:

*d* = Diameter rantai jangkar  
= 48 mm

*l* = Panjang total rantai jangkar  
= 522,5 m

Maka:

$$S = 1,1 \times 48^2 \times \frac{522,5}{10^5}$$

$$= 13.24 \text{ m}^3$$

### b) Rencana ukuran *chain locker*

Panjang (P) : 3 m

Lebar (L) : 1.8 m

Tinggi (T) : 3 m

Syarat:

$$P \times L \times T \geq S$$

$$16,2 \text{ m}^3 \geq 13,24 \text{ m}^3 \text{ (Memenuhi)}$$

- Mesin Jangkar (*Windlass*)

Menurut BKI Volume II 2006 bab 18.B perhitungannya sebagai berikut:

1. Panjang rantai jangkar yang menggantung ( $l_a$ )

$$l_a = 3,14 \times n_m \times \text{Del} / 60 \times V_a$$

Dimana:

$$n_m = 523 \sim 1160 \text{ rpm}$$

$$= 1000 \text{ rpm (ditetapkan)}$$

$$\text{Del} = \text{Diameter efektif kabel lifter}$$

$$= 0,013 \times \text{diameter rantai jangkar}$$

$$= 0,625$$

$$V_a = \text{Kecepatan jangkar}$$

$$= 0,2 \text{ m/s (ditetapkan)}$$

Maka:

$$l_a = 3,14 \times 1000 \times 0,625 / 60 \times 0,2$$

$$= 163,7 \text{ m}$$

2. Daya mesin jangkar untuk menarik 2 jangkar ( $T_{cl}$ )

Berdasarkan buku "MARINE AUXILIARY MACHINERY AND SYSTEMS hal.401" karya M. KHETAGUROV berikut perhitungannya:

$$T_{cl} = 2 \times fh \times (Ga + (pa \times La)) \times \left(1 - \frac{y_w}{y_a}\right)$$

Dimana:

$$fh = \text{Faktor gesekan pada } hawse \text{ pipe dan chain stopper}$$

$$= 1,28 \sim 1,35$$

$$= 1,3 \text{ (ditetapkan)}$$

$$Ga = \text{Berat per jangkar}$$

$$= 3780 \text{ kg}$$

$$pa = \text{Berat rantai tiap meter}$$

$$= 0,0218 \times dc^2$$

$$\begin{aligned}
 &= 50,227 \text{ kg} \\
 dc &= \text{Diameter rantai jangkar} \\
 &= 46 \text{ mm} \\
 La &= \text{Panjang rantai yang menggantung} \\
 &= 165 \text{ m} \\
 ya &= \text{Density material rantai jangkar} \\
 &= 7750 \text{ kg/m}^3 \\
 yw &= \text{Density air laut} \\
 &= 1025 \text{ kg/m}^3
 \end{aligned}$$

Maka:

$$\begin{aligned}
 T_{cl} &= 2 \times 1,3 \times (3780 + (50,227 \times 165)) \times \left(1 - \frac{1025}{7750}\right) \\
 T_{cl} &= 27225,810 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

### 3. Torsi pada kabel lifter (Mcl)

Berdasarkan buku "MARINE AUXILIARY MACHINERY AND SYSTEMS hal.408" karya M. KHETAGUROV berikut perhitungannya:

$$M_{cl} = \frac{T_{cl} \times D_{cl}}{2 \times n_{cl}}$$

Dimana:

$$\begin{aligned}
 T_{cl} &= 27225,810 \text{ kg} \\
 D_{cl} &= \text{Diameter penarik jangkar} \\
 &= 13,6 \times dc \\
 &= 13,6 \times 48 \text{ mm} \\
 &= 652,8 \text{ mm} \\
 &= 0,6528 \text{ m} \\
 n_{cl} &= \text{Koefisien kabel lifter} \\
 &= 0,90 \sim 0,92 \\
 &= 0,91 \text{ (ditetapkan)}
 \end{aligned}$$

Maka:

$$\begin{aligned}
 M_{cl} &= \frac{27225,810 \text{ kg} \times 0,6528 \text{ m}}{2 \times 0,91} \\
 &= 9765,38 \text{ kg.m}
 \end{aligned}$$

4. Perbandingan putaran poros motor *windlass* dengan putaran poros kabel lifter  
(ia)

Berdasarkan buku "MARINE AUXILIARY MACHINERY AND SYSTEMS hal.409" karya M. KHETAGUROV berikut perhitungannya:

$$ia = \frac{nm}{Ncl}$$

Dimana:

$$\begin{aligned} nm &= 720 \sim 1550 \text{ rpm (untuk jenis electric windlass)} \\ &= 1000 \text{ rpm (ditetapkan)} \\ ncl &= 300 / dc \\ &= 300 / 48 \text{ mm} \\ &= 6,25 \text{ rpm} \end{aligned}$$

Maka:

$$\begin{aligned} ia &= \frac{1000 \text{ rpm}}{6,25 \text{ rpm}} \\ &= 160 \text{ rpm} \end{aligned}$$

5. Momen torsi pada poros mesin jangkar (Mm)

Berdasarkan buku "MARINE AUXILIARY MACHINERY AND SYSTEMS hal.409" karya M. KHETAGUROV berikut perhitungannya:

$$Mm = \frac{Mcl}{ia \times na}$$

Dimana:

$$\begin{aligned} Mcl &= 9765,38 \text{ kg.m} \\ ia &= 160 \text{ rpm} \\ na &= 0,70 \sim 0,85 \text{ (Efisiensi tenaga penggerak)} \end{aligned}$$

Maka:

$$\begin{aligned} Mm &= \frac{9765,38 \text{ kg.m}}{160 \text{ rpm} \times 0,85} \\ &= 71,8 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

6. Daya motor mesin jangkar (Ne)

Berdasarkan buku "MARINE AUXILIARY MACHINERY AND SYSTEMS hal.410" karya M. KHETAGUROV berikut perhitungannya:

$$Ne = \frac{Mm \times nm}{716,20}$$

Dimana:

$$Mm = 71,8 \text{ kg.m}$$

$$nm = 720 \sim 1550 \text{ rpm (untuk jenis electric windlass)}$$

$$= 1000 \text{ rpm (ditetapkan)}$$

Maka:

$$Ne = \frac{71,8 \text{ kg. m} \times 1000 \text{ rpm}}{716,20}$$

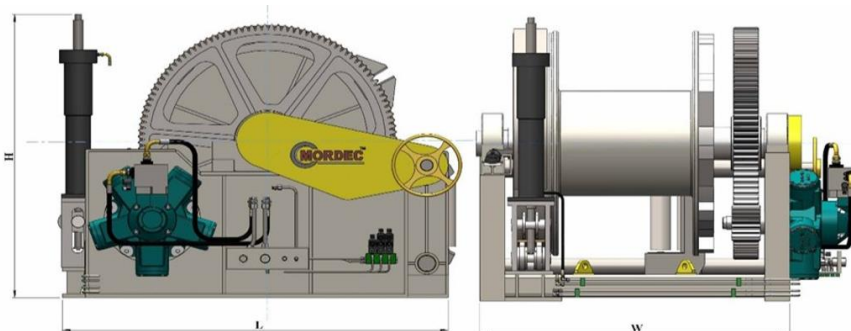
$$= 100,257 \text{ Hp}$$

$$= 73,6 \text{ kW}$$

## 7. Pemilihan mesin jangkar kapal rancangan

Berdasarkan perhitungan daya mesin jangkar, maka dipilih mesin jangkar yang memenuhi syarat perhitungan yaitu Mordec MD-MWH-300-430SD dengan spesifikasi sebagai berikut:

Model	Drum Capacity	Rated Pull @1st Layer	Brake Holding	Main Dimension			Weight	Power Required
				L	W	H		
MD-MWH-050-080SD	φ18 x 300m	50KN X 18 M/MIN	80KN	1730	1120	1060	1.5 TON	22KW
MD-MWH-100-150SD	φ25 x 370m	100KN X 15 M/MIN	150KN	1985	1450	1360	2.3 TON	37KW
MD-MWH-150-230SD	φ28 x 700m	150KN X 12 M/MIN	230KN	2350	1950	1923	4.4 TON	45KW
MD-MWH-200-300SD	φ34 x 600m	200KN X 10 M/MIN	300KN	2760	2000	1923	4.6 TON	55KW
MD-MWH-300-450SD	φ38 x 100m	300KN X 10 M/MIN	450KN	3270	3180	2050	11.5 TON	75KW
MD-MWH-400-600SD	φ42 x 1500m	400KN X 10 M/MIN	600KN	3480	3456	2420	16 TON	110KW



Sumber: MODREC

**Gambar 4.57** Mesin jangkar kapal rancangan

## C. Perencanaan Peralatan dan Perlengkapan Keselamatan Kapal

### 1. Pemilihan sekoci (*lifeboat*)

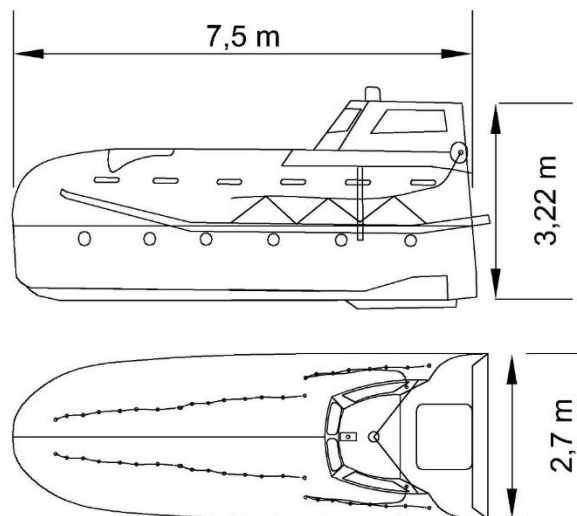
Sekoci adalah perahu yang dirancang untuk menyelamatkan jiwa manusia jika terjadi kecelakaan di laut. Jenis sekoci yang direncanakan adalah jenis sekoci

*free fall* yaitu peluncurannya jatuh bebas ke laut tanpa merusak badan sekoci saat diluncurkan. Sekoci yang direncanakan adalah NorMar Freefall 7.5 C yang akan di letakan di bagian belakang kapal dengan kapasitas 35 orang dengan spesifikasi sebagai berikut:

<b>NORMAR® Main dimensions and Specifications</b>							
MODEL	Dimension (M)	Persons	Ramp length (M)	Drop height (M)	Boat weight w/equipment (Kg)	Davit load w/persons (Kg)	Ramp angle (degrees)
Freefall 4.9C	4.90 X 2.40 X 3,10	19	5.90	16	2775	4200	35
Freefall 4.9T	4.90 X 2.40 X 3,10	19	5.90	16	3055	4480	35
Freefall 5.8C	5.80 X 2.55 X 3,10	28	7.00	16	3490	5590	35
Freefall 5.8T	5.80 X 2.55 X 3,10	28	7.00	16	3790	5890	35
Freefall 6.8C	6.80 X 2.70 X 3,22	33	8.20	20	3880	6355	30
Freefall 6.8T	6.80 X 2.70 X 3,22	33	8.20	20	4180	6655	30
Freefall 7.5C	7.50 X 2.70 X 3,22	36	9.00	21	4400	7100	30 ~35
Freefall 7.5T	7.50 X 2.70 X 3,22	36	9.00	21	4750	7450	30 ~35
Freefall 8.5C	8.50 X 2.94 X 3,30	48	10.50	25	5250	8850	35
Freefall 8.5T	8.50 X 2.94 X 3,30	48	10.50	25	5650	9250	35

Sumber: imistorage.blob.core

**Gambar 4.58** Spesifikasi Sekoci Kapal Rancangan



**Gambar 4.59** Sketsa Sekoci Kapal Rancangan

## 2. Pelampung penolong (*Lifebuoy*)

Persyaratan Lifebuoy menurut solas:

- a) Warnanya cerah dan mudah dilihat, harus mampu menahan di air tawar selama 24 jam, berat besi 14,5 kg.

- b) Diletakkan pada dinding dan kubu-kubu serta dilengkapi tali
- c) Dilengkapi dengan lampu yang bisa menyala secara otomatis jika jatuh ke laut pada malam hari.
- d) Diletakkan ditempat yang mudah dilihat dan dijangkau.

Direncanakan pelampung penolong sebanyak 20 buah.

### 3. Jaket penolong (*Lifejacket*)

- a) Setiap ABK minimal satu baju penolong.
- b) Disimpan ditempat yang mudah dilihat dan lokasi yang mudah dicapai. (Biasanya disimpan dalam lemari dalam masing-masing kabin penumpang dan ABK).
- c) Dibuat sedemikian rupa sehingga kepala pemakai yang pingsan tetap berada di atas air.
- d) Life jacket harus mampu menahan dalam air tawar selama 24 jam, berat 7,5 kg besi.
- e) Untuk jumlah crew 35 orang minimal harus disediakan 35 life jackets.
- f) Jumlah baju penolong = jumlah ABK + 5%, maka didapat 37 lifejacket.
- g) Bahan: Styropor Berat maximum: 8 kg.

### 4. Pemadam kebakaran

#### a) Hydrant

Hydrant adalah alat pemadam kebakaran yang berada di atas deck dan diatas ruang muat.

#### b) Sprinkle

Sprinkle adalah alat yang secara otomatis akan mengeluarkan air ketika terdeteksi adanya nyala api/asap dalam ruangan. Sprinkle diletakkan menggantung di langit-langit tiap deck, dengan system per pipa yang menyebar tiap deck.

#### c) Emergency Fire Pump

Emergency Fire Pump diletakkan di luar kamar mesin dan harus menggunakan sumber energy tersendiri, berada di steering gear room atau dekat dengan akses jalan dari ruang akomodasi ke kamar mesin.

#### d) Tabung CO2

Tabung CO2 terletak di ruangan khusus CO2 *room* yang berada di maindeck bagian belakang.

- e) Apabila terjadi kebakaran di kamar mesin atau ruang muat, maka akan dipadamkan dengan CO2 yang tabungnya sudah disiapkan di CO2 room yang disalurkan dengan pipa.

#### **D. Perencanaan dan Perlengkapan Akomodasi (*Accommodation plan*)**

##### **1. Ruang tidur (*Sleeping Room*)**

- a) Tidak boleh ada hubungan langsung di dalam ruang tidur dan ruang untuk muatan, ruang mesin, dapur, ruang cuci untuk umum, lamp room, paint room, dan drying room (ruang pengering).
- b) Ruang tidur harus diletakkan di atas garis air muat di tengah atau di belakang kapal. Bila keadaan tak memungkinkan, ruangan tidur boleh diletakkan di bagian depan kapal, tetapi tidak di depan sekat Tubrukan.
- c) Luas lantai minimum berdasarkan Convention Concerning Crew Accommodation on Board ship (ILO no. 133 1970) adalah:
  - Untuk kapal 1000~3000 ton: 2,75 m<sup>2</sup> (single cabin) dan 3,75 m<sup>2</sup> (double cabin).
  - Untuk kapal 3000~10.000 ton: 3,25 m<sup>2</sup> (single cabin) dan 4,25 m<sup>2</sup> (double cabin).
  - Untuk kapal lebih dari 10.000 ton: 3,75 m<sup>2</sup> (single cabin) dan 4,75 m<sup>2</sup> (double cabin).
- d) Tinggi ruangan, dalam keadaan bebas minimum 2200 mm.
- e) Ukuran ruang tidur untuk perwira minimal 6.5 m<sup>2</sup> untuk kapal kurang dari 3000 ton dan minimal 7,5 m<sup>2</sup> untuk kapal lebih dari 3000 ton.
- f) Ruang tidur perwira diusahakan satu kamar untuk satu orang.
- g) Bintara (Petty Officer) untuk satu kamar bisa untuk tiga orang max.
- h) Khusus untuk Kapten, *Chief officer*, *Chief engine*, dan Radio operator masing-masing kamar tidur untuk 1(satu) orang dilengkapi dengan kamar mandi dan wc.
- i) Ukuran tempat tidur:
  - Ukuran minimum: (1980 x 800) mm.



- Jarak tempat tidur tak boleh diletakkan berjajar, sehingga tak ada jarak di antaranya.
2. Ruang makan (*Mess Room*)
    - a) Harus cukup menampung seluruh ABK.
    - b) Untuk kapal yang lebih dari 1000 BRT harus tersedia ruang makan yang terpisah untuk perwira dan bintara.
    - c) Letak ruang makan sebaiknya dekat dengan pantry dan galley (dapur).
  3. *Sanitary Accomodation*
    - a) Setiap kapal harus dilengkapi dengan *sanitary Accomodation* termasuk *Wash Basin* (Ruang Tempat Cuci), kamar mandi dari Tub (Bak), atau Shower Bath.
    - b) Untuk kapal 5000 – 15000 ton harus tersedia Kamar Mandi dan WC terpisah di dalam Kamar Pribadi Officer.
    - c) Jumlah minimum WC untuk Kapal ukuran lebih dari 3000 BRT ada 6 buah.
  4. Tempat Ibadah (*Musholla*)
 

Pada kapal ini disediakan dua ruangan *Musholla* untuk sholat berjama'ah yang terletak di main deck dan poop deck.
  5. Kantor (*Ship Office*)
 

Menurut *British Regulation* untuk kapal lebih dari 3000 BRT harus dilengkapi satu ruangan kantor untuk deck departemen.
  6. *Dry Provision and Cold Storage Room*

Pada umumnya *Cold Store Room* terdiri dari *Meat Room* (Ruang Penyimpanan Daging) dan *Vegetable Room* (Ruang Penyimpanan Sayuran) yang letaknya di sebelah *Dry Store Room* dan *Galley* dengan pintu yang terpisah.
  7. *Galley* (Dapur)
    - a) Letaknya berdekatan dengan ruang makan, cold dan dry store.
    - b) Luas lantai 0,5 m<sup>2</sup> / ABK.
    - c) Harus dilengkapi dengan exhaust fan dan ventilasi untuk menghisap debu dan asap.
    - d) Harus terhindar dari asap dan debu serta tidak ada *opening* antara *galley* dengan *sleeping room*.

## 8. Ruang Navigasi

Terdiri dari chart room, *wheel house* dan *radio room* yang terletak pada tempat yang tertinggi pada bangunan atas kapal.

### a) Wheel House

Pandangan wheel house ke arah depan dan samping tidak boleh terganggu dan garis pandang ke arah haluan harus memotong garis air tidak boleh > 1,25 panjang kapal.

### b) Chart Room

- Diletakan di belakang wheel house
- Ukurannya tidak boleh < 8 x 8 ft ( 2,4 x 2,4 m)
- Antara chart dengan wheel house dihubungkan sliding door.

### c) Radio Room

- Luasnya tidak boleh < 120 sqft = 11,15 m<sup>2</sup>
- Ditempatkan setinggi mungkin di atas kapal, terlindung dari air, tidak ada gangguan suara dan terpisah dari kegiatan lain.
- Radio room harus dihubungkan dengan wheel house.

## 9. Ruangan lain yang di rencanakan

### a) *Cargo control room and deck officer*

### b) *CO2 room*

### c) *Store (Rope store, Electrician store, Paint store)*

## 10. Perencanaan pintu

### a) Pintu baja kedap cuaca (*Ship Water Tight Steel Door*)

Pintu ini digunakan sebagai pintu luar yang berhubungan langsung dengan cuaca bebas. Dengan spesifikasi sebagai berikut:

- Tinggi: 1700 mm
- Lebar: 800 mm
- Tinggi ambang: (200~300) mm, diambil 250 mm dari plat geladak

### b) Pintu Baja Tidak Kedap Cuaca (*Ship Non Water Tight Steel Door*)

Pintu ini digunakan sebagai pintu pada gudang-gudang.

### c) Pintu Baja Kabin Berlubang (*Ship Cabin Steel Hollow Door*)

Pintu ini digunakan sebagai pintu ruangan pada bangunan atas. Untuk pintu pada gudang dan pintu ruangan memiliki spesifikasi yang sama yaitu sebagai berikut:

- Tinggi: 1700 mm
- Lebar: 700 mm
- Tinggi ambang: 200 mm

#### 11. Perencanaan Jendela

##### a) Square Window (segiempat)

- Tinggi (h) = 600 mm
- Lebar (b) = 800 mm

##### b) Jenis Bulat (Scuttle)

- Diameter 250 – 350 mm diambil 350 mm

#### 12. Perencanaan Tangga (*Ladder*)

a) Tangga akomodasi pada saat diturunkan harus mencapai sarat muatan kosong.

b) Perhitungan sarat muatan kosong:  $t = 2.0 + 0.02 L$  [MARPOL Annex 1, Reg.13]

c) Sarat muatan kosong:

$$\begin{aligned} t &= 2.0 + 0.02 \times 127.451 \\ &= 4,54 \text{ m} \end{aligned}$$

d) Lebar tangga antara 0,75 s/d 1 diambil 1 m

e) Panjang Tangga samping

$$\begin{aligned} H' &= H - t \\ &= 11,96 - 4,5 \\ &= 7,46 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} l &= H' / \sin 45 \\ &= 7,46 / \sin 45 \\ &= 10,5 \text{ m} \end{aligned}$$

### E. Lampu dan Perlengkapan Navigasi

#### 1. Perlengkapan navigasi

a) Lampu navigasi

- Mast Head Light/lampu tiang
  - 1) Warna putih
  - 2) Sudut penerangan  $225^{\circ}$
  - 3) Letaknya  $0.5 \text{ Loa} < 12 < 100 \text{ m}$
  - 4) Tinggi 15 sampai 40 feet
  - 5) Mast head light ini ada 2 lampu yaitu fore mast light dan after mast head light
  - 6) Sudut sinar  $225^{\circ}$
  - 7) Berfungsi agar tidak terjadi tubrukan pada saat kapal berlayar (untuk mengetahui arah gerakan kapal)
- Anchor Light/lampu jangkar
  - (1) Warna putih
  - (2) Sudut penerangan  $360^{\circ}$
  - (3) Dipasang pada saat lego jangkar (kalau siang dipasang bohlam hitam)
  - (4) Letaknya  $L \leq 0.25 \text{ Loa}$  atau  $\leq 20.337 \text{ m}$
  - (5) Tinggi dari main deck 23 feet = 7 m
- Side Light/lampu samping
  - (1) Sudut penerangan  $112.5^{\circ}$
  - (2) Pada sisi kanan kapal (*Port side*) berwarna merah dan sisi kiri kapal (*starboard*) berwarna hijau
  - (3) Diletakkan pada bagian atas geladak *wheelhouse*
  - (4) Sudut sinar  $112,5^{\circ}$
- Stern Light/lampu buritan
  - (1) Warna putih
  - (2) Sudut penerangan  $135^{\circ}$
  - (3) Diletakkan pada buritan kapal
  - (4) Tingginya kurang dari anchor light
- Morse signal lamp/Lampu morse
  - (1) Lampu yang digunakan untuk mengirim isyarat morse
  - (2) Harus bisa digunakan pada siang atau malam hari.

- Flood light/Lampu pancar
  - (1) Lampu yang terletak pada ujung kapal
  - (2) Arah sinarnya dapat diatur
- Search lamp/Lampu sorot
 

Lampu dengan reflektor yang dipasang pada anjungan kapal yang dipergunakan untuk menerangi suatu objek pada jarak yang jauh pada kapal.
- Boat deck light/Lampu geladag sekoci
 

Lampu yang dipergunakan untuk pada malam hari apabila kapal dalam keadaan darurat.
- Daylight signal lamp/Lampu isyarat siang hari
 

Lampu dikapal yang berfungsi untuk mengirim isyarat pada siang hari.
- b) Peralatan navigasi lainnya
  - Bell
 

Digunakan sebagai tanda untuk menyatakan waktu pergantian jaga pada crew, kadang-kadang dipakai sebagai peringatan keadaan berbahaya.
  - Fog horn/terompet kabut,
 

Biasanya dibunyikan dengan memakai uap, udara atau ditiup.
  - Black ball/bola jangkar,
 

Sebagai tanda bahwa kapal sedang turun jangkar yang terlihat pada siang hari dengan menggunakan plat bulat berdiameter 2 feet yang dibuat tegak lurus satu sama lain.
  - Bendera isyarat/ signal flag, Bendera nasional/national flag
  - Rocket or socket signal 12 bh, Signal code book, Daftar dari kapal-kapal niaga
  - Termometer (for sea water), barometer, binocular/teropong.
  - Hand lead tidak kurang dari 3,2 kg (berikut tali-talinya tidak boleh kurang dari 46 m), dan deep sea lead tidak kurang dari 12,7 kg (dan tali-talinya tidak kurang dari 230 m).
  - Deep sea sounding machine.

- Sextant/sektan, alat astronomi jinjing yang dipergunakan untuk mengukur sudut dengan bantuan cermin.
  - Magnetic kompas, yang diletakkan di geladak navigasi dan posisinya kesemua arah.
2. Peralatan Komunikasi
- a) *Telegraph*, Berupa Telegraph kamar mesin, Telegraph ruuang kemudi, geladak dan Telegraph jangkar.
  - b) *Voice tube*, peralatan ini biasanya terbuat dari pipa yang digalvanis, pipa suara digunakan untuk jarak pendek dengan diameter 38 m/m, sedangkan jarak panjang 50 atau 64 m/m.

## F. Perencanaan Pompa Bongkar Muat (Cargo Oil Pump)

### 1. Kapasitas pompa utama (*Main cargo oil pump*)

$$Q_e = 0,7/t \times L_{pp} \times B \times H$$

Dimana:

$$t = \text{Waktu bongkar muat (12 ~ 24 jam)}$$

$$= 18 \text{ jam (ditetapkan)}$$

$$L_{pp} = 127,451 \text{ m}$$

$$B = 20,27 \text{ m}$$

$$H = 11,96 \text{ m}$$

Maka:

$$Q_e = 0,7/18 \times 127,451 \times 20,27 \times 11,96$$

$$= 1201,58 \text{ m}^3/\text{jam}$$

### 2. Kapasitas *Stripping oil pump*

$$Q_s = \pm 25\% \times Q_e$$

Dimana:

$$Q_e = 1201,58 \text{ m}^3/\text{jam}$$

Maka:

$$Q_s = 25\% \times 1201,58 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$= 300,39 \text{ m}^3/\text{jam}$$

### 3. Diameter pipa tangki muat

$$D_b = 30 \times \sqrt{(B + H)} + 35 \quad \text{mm}$$

Dimana:

$$B = 20,27 \text{ m}$$

$$H = 11,96 \text{ m}$$

Maka:

$$\begin{aligned} D_b &= 30 \times \sqrt{(20,27 + 11,96)} + 35 \\ &= 205,31 \text{ mm} \\ &= 0,205 \text{ m} \end{aligned}$$

### 4. Pemilihan *Cargo oil pump*

Berdasarkan hasil perhitungan maka dipilih 1 unit *Cargo oil pump* merk Hyundai HCP 300 dengan spesifikasi sebagai berikut:

Description		Model	HCP300	HCP350	HCP400	HCP450	HCP500L	HCP550
Normal capacity (m <sup>3</sup> /h)			1800	2500	3000	4000	5000/5500	6050
Total head (m)			150					
Normal speed (rpm)			2000	1710	1510	1350	1200	1150
Rotation			Counter-clockwise from coupling side					
Suction bore (mm)			400	450	500	600	700	700
Discharge bore (mm)			300	350	350	400	500	500
Lubrication of pump bearing & Intermediate shaft bearing			Grease lubrication (sealed type bearings)					
Seal between pump and engine room			Bellows and Rubber ring					
Seal between shaft and stuffing box			Grease with oil seal					
- Amount of grease for S/box lower side (g)			170	240	350	410	440	480
Lubrication of gear coupling			Grease lubrication					
- Amount of grease filled (g)			320	320	480	620	1000	1200
Weight (kg)	Pump (Ni-Al-Bronze casing)		880	1140	1680	2490	3330	3600
	Stuffing box unit & Connecting shaft		660	830	1120	1310	1610	1610
	Gear coupling		90	110	150	230	300	350
	Water in casing		330	520	760	1200	1710	1830

**Gambar 4.60** Spesifikasi *Cargo oil pump* Kapal Rancangan

## 5. Pemilihan *stripping oil pump*

Berdasarkan hasil perhitungan maka dipilih 1 unit *stripping oil pump* merk Hyundai CSP 400 dengan spesifikasi sebagai berikut:

Item	Model	CSP300	CSP400
Capacity (normal) (m <sup>3</sup> /h)		300	400
Total pressure (max.) (kg/cm <sup>2</sup> G)		15.0	15.0
Suction head (m)		-5	
Working steam pressure (kg/cm <sup>2</sup> G)		18 (max.)	
Exhaust steam pressure (max.) (kg/cm <sup>2</sup> G)		1.5	
Steam cylinder bore (mm)		540	620
Liquid cylinder bore (mm)		370	425
Stroke length (mm)		450	480
No. of double stroke (nor.)		30	30
Suction bore (mm)		250	300
Discharge bore (mm)		250	300
Steam inlet bore (mm)		80	100
Steam exhaust bore (mm)		125	150
Application range (m <sup>3</sup> /h)		250 - 340	350 - 450

**Gambar 4.61** Spesifikasi *Stripping oil pump* Kapal Rancangan

## G. Perencanaan Pada Sistem Bongkar Muat

### 1. Pompa

#### a) *Cargo Oil pump* (pompa kargo)

Pada kapal tanker ini menggunakan 1 buah *cargo oil pump* merk Hyundai HCP 300 dengan kapasitas maksimal 1800 m<sup>3</sup>/jam. Yang akan digunakan sebagai pompa utama untuk membongkar muatan.

#### b) *Stripping Oil Pump*

Pada kapal tanker ini menggunakan 1 buah *stripping oil pump* merk Hyundai CSP 400 dengan kapasitas maksimal 400 m<sup>3</sup>/jam. Yang akan digunakan sebagai pompa bantu untuk membongkar sisa-sisa muatan/pengeringan yang tidak bisa terhisap oleh pompa utama.

### 2. Pipa

Sistem pipa muat sebagaimana pada harus dipasang secara permanen dan sepenuhnya terpisah dari pipa lainnya. Jenis pipa yang digunakan untuk sistem pipa bongkar muat ialah *Carbon Steel* (Pipa Baja Hitam), dengan diameter dalam pipa 205 mm sesuai perhitungan sebelumnya. Pemilihan jenis material tersebut untuk menghindari pemuaihan yang disebabkan oleh muatan minyak yang diangkut.



### 3. *Sloop Tank*

Pada kapal ini terdapat 2 buah *sloop tank* yang akan digunakan sebagai pembuangan sisa-sisa di ruang muat.

### 4. Valve

Valve yang digunakan untuk sistem bongkar muat ialah Ball Valve, dengan material Carbon Steel, Cast Iron (Besi Tuang), atau Bronze (Kuningan). Ball Valve adalah valve dengan kontrol berbentuk bola (Ball) dengan flow aliran bolak-balik

## 4.2.5 *Tonnage, Lambung Timbul dan Plimsolmark*

### 4.2.5.1. *Tonnage*

Berikut merupakan fungsi *tonnage*:

- Mengetahui kapasitas muatan
- Bagi pemilik untuk memperkirakan pendapatan maupun pengeluaran pajak pajak dan ongkos ongkos yang harus dikeluarkan pada kal waktu tertentu.
- Bagi pemerintah adalah untuk dasar pegangan dalam memungut pajak diantaranya adalah pajak pelabuhan sebagai imbalan atas pelayanan yang telah diterima oleh kapal tersebut.
- *Tonnage* juga dapat digunakan sebagai batasan-batasan terhadap berlakunya syarat-syarat keselamatan kapal ataupun beberapa syarat lainnya.

Ada 2 macam pengukuran register *tonnage* antara lain:

#### a) BRT (*Bruto Register Tonnage*) atau GRT (*Gross Register Tonnage*)

BRT (*Bruto Register Tonnage*) atau GRT (*Gross Register Tonnage*) merupakan perhitungan volume semua ruangan tertutup pada kapal mulai dari lunas sampai bangunan atas (*superstructure*).

#### b) NRT (*Net Register Tonnage*)

NRT (*Net Register Tonnage*) adalah jumlah seluruh isi ruangan kapal yang tersedia untuk keperluan pengangkutan barang muatan.

Berikut merupakan langkah-langkah perhitungannya:

1. BRT (*Bruto Register Tonnage*) atau GRT (*Gross Register Tonnage*)

Berdasarkan “*International Convention on Tonnage Measurement of Ships*” tahun 1969 cara menghitungnya adalah sebagai berikut:

$$GT = K1 \times V$$

Dimana:

$$K1 = 0,2 + 0,02 \log V$$

$$V = \text{Volume ruangan tertutup pada kapal (m}^3\text{)}$$

- Menghitung volume ruangan tertutup pada kapal (V)

1. Volume kapal dibawah garis air (V1)

$$\begin{aligned} V1 &= Lwl \times B \times T \times CB \\ &= 131,275 \times 20,27 \times 8,96 \times 0,796 \\ &= 18978,28 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

2. Volume dari sarat air sampai tinggi kapal (dari T sampai H)

**Tabel 4.130** Perhitungan volume dari sarat air sampai tinggi kapal

Waterline	Luasan (A)	Faktor Simpson (FS)	A x FS
8,96 m	2304,26	1	2304,26
10,46 m	2369,54	4	9478,16
11,96 m	2429,16	1	2429,16
		$\Sigma(A \times Fs)$	14211,58

$$h = 1,5 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} V2 &= 1/3 \times h_{total} \times h \\ &= 1/3 \times 14211,58 \text{ m}^2 \times 1,5 \text{ m} \\ &= 7105,79 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

3. Volume ruangan tertutup pada bangunan atas (*superstructure*)

**Tabel 4.131** Perhitungan volume ruangan tertutup bangunan atas

	Main deck	Poop deck	Boat deck	Bridge deck	Navigation deck	Forecastle deck
P (panjang)		18,2	13,3	9,8	7,7	
l (lebar)		14,8	14,8	14,8	12,8	
t (tinggi)	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4
Luasan (m <sup>2</sup> )	449,83	269,36	196,84	145,04	98,56	92,91
Volume (m <sup>3</sup> )	1079,592	646,464	472,416	348,096	236,544	222,984
	Total Volume					3006,096

$$V3 = 3006,096 \text{ m}^3$$

Maka:

$$\begin{aligned}V &= V1 + V2 + V3 \\ &= 18978,28 \text{ m}^3 + 7105,79 \text{ m}^3 + 3006,096 \text{ m}^3 \\ &= 28162,95 \text{ m}^3\end{aligned}$$

- Menghitung nilai K1

$$\begin{aligned}K1 &= 0,2 + 0,02 \log V \\ &= 0,2 + 0,02 \log 28162,95 \text{ m}^3 \\ &= 0,289\end{aligned}$$

Maka:

$$\begin{aligned}GT &= K1 \times V \\ &= 0,289 \times 28162,95 \text{ m}^3 \\ &= 8139,09 \text{ RT}\end{aligned}$$

## 2. NRT (*Net Register Tonnage*)

Berdasarkan “*International Convention on Tonnage Measurement of Ships*” tahun 1969 cara menghitungnya adalah sebagai berikut:

$$NT = K1 \times V \times \left( \frac{4 \times T}{5 \times H} \right)^2 + K2 \left( N1 + \frac{N2}{10} \right)$$

Dimana:

$$\begin{aligned}K1 &= 0,2 + 0,02 \log V \\ K2 &= 1,25 (GT + 10000) / 10000 \\ &= 2,267 \\ V &= \text{Volume ruangan ruang muat kapal (m}^3\text{)} \\ &= 16375 \text{ m}^3 \\ T &= 8,96 \text{ m} \\ H &= 11,96 \text{ m} \\ N1 &= \text{Jumlah penumpang di kabin (max. 8 orang)} \\ N2 &= \text{Jumlah awak kapal} \\ &= 35\end{aligned}$$

Maka:

$$\begin{aligned}NT &= 0,289 \times 16375 \text{ m}^3 \times \left( \frac{4 \times 8,96}{3 \times 11,96} \right)^2 + 2,267 \left( 8 + \frac{35}{10} \right) \\ &= 4752,22 \text{ RT}\end{aligned}$$

Syarat *Net Tonnage*:

$$\begin{aligned}
 NT &\geq 0,3 \times GT \\
 4752,22 &\geq 0,3 \times 8139,09 \\
 4752,22 &\geq 2441,727 \text{ (memenuhi)}
 \end{aligned}$$

#### 4.2.5.2 Lambung Timbul

Lambung timbul atau *freeboard* menurut Load Line Convention adalah jarak vertikal yang diukur secara vertikal ke arah bawah dari ujung atas garis deck sampai ke ujung atas garis beban pada bagian tengah kapal. Berikut langkah-langkah pengerjaannya:

1. Menentukan nilai  $S_p$

$$\begin{aligned}
 S_p &= \frac{5 + 0,03 \times L_{pp}}{1000} \\
 &= \frac{5 + 0,03 \times 127,451}{1000} \\
 &= 0,009 \text{ m}
 \end{aligned}$$

2. Menentukan nilai  $H_i$

$$\begin{aligned}
 H_i &= H + S_p \\
 &= 11,96 \text{ m} + 0,009 \text{ m} \\
 &= 11,969 \text{ m}
 \end{aligned}$$

3. *Freeboard Standard*

**Tabel 4.132** Tabel *freeboard standart* berdasarkan *ILCC 1966*

Length of ship (metres)	Freeboard (millimetres)	Length of ship (metres)	Freeboard (millimetres)	Length of ship (metres)	Freeboard (millimetres)
48	420	84	897	120	1459
49	432	85	911	121	1476
50	443	86	926	122	1494
51	455	87	940	123	1511
52	467	88	955	124	1528
53	478	89	969	125	1546
54	490	90	984	126	1563
55	503	91	999	127	1580
56	516	92	1014	128	1598
57	530	93	1029	129	1615
58	544	94	1044	130	1632
59	559	95	1059	131	1650

Dari tabel didapatkan :

- Untuk  $L = 127$  m, didapatkan  $F_s = 1580$  mm
- Untuk  $L = 128$  m, didapatkan  $F_s = 1598$  mm

Maka, dengan melakukan interpolasi untuk  $L = 15,87$  m didapatkan  $F_s = 1587$  mm

#### 4. Koreksi *Coefficient blok* ( $C_b$ )

Dimana:

$$C_b = 0,796$$

Karena nilai  $C_b$  lebih besar dari 0,68 maka dilakukan koreksi sebagai berikut:

Maka

$$\begin{aligned} \text{Koreksi } C_b &= f_b \times \frac{0,68 \times C_b}{1,36} \\ &= 1587 \times \frac{0,68 \times 0,796}{1,36} \\ &= 631,626 \text{ mm} \end{aligned}$$

#### 5. Koreksi tinggi kapal ( $H$ )

Dimana:

$$11,96 > 131,275/15$$

$$11,96 > 8,75$$

Karena nilai  $H > L/15$  maka dilakukan koreksi sebagai berikut:

Maka:

$$\begin{aligned} \text{Koreksi } H &= \left( H_i - \frac{L_{pp}}{15} \right) \times R \\ &= \left( 11,96 - \frac{127,451}{15} \right) 250 \\ &= 865,81 \text{ mm} \end{aligned}$$

#### 6. Koreksi Bangunan Atas

a)  $E/L$

Dimana:

$$E = \text{Panjang total bangunan atas}$$

$$= 38,75 \text{ m}$$

$$L = 127,451$$

Maka:

$$E/L = 0,304$$

b) Persen reduksi (%r)

**Tabel 4.133** Reduksi berdasarkan *ILCC 1966*

Percentage of Deduction for Type "B" ships

	Line	Total Effective Length of Superstructures and Trunks										
		0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
		L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L
Ships with forecastle and without detached bridge	I	0	5	10	15	23,5	32	46	63	75,3	87,7	100
Ships with forecastle and detached bridge	II	0	6,3	12,7	19	27,5	36	46	63	75,3	87,7	100

Percentages at intermediate lengths of superstructures shall be obtained by linear interpolation.

Dari tabel diatas didapatkan :

- Untuk E/L = 0,3 didapatkan %r = 15%
- Untuk E/L = 0,4 didapatkan %r = 23,5%

Maka, dengan melakukan interpolasi untuk E/L = 304 didapatkan %r = 15,34%

c) Faktor reduksi (Fr)

- Untuk L = 24 m, nilai Fr = 350 mm
- Untuk L = 85 m, nilai Fr = 860 mm

Maka, dengan melakukan interpolasi untuk L = 127,451 didapatkan Fr = 1197,9 mm

d) Koreksi bangunan atas

$$\begin{aligned}
 &= \frac{\%r}{100} \times Fr \\
 &= \frac{15,34}{100} \times 1197,9 \\
 &= 183,75 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

7. Koreksi *sheer*

Karena kapal rancangan tidak menggunakan *sheer*, maka tidak berlaku koreksi. Maka, koreksi *sheer* = 0 mm

#### 8. Summer Freeboard (Fso)

1. Freeboard standard	= 1587	mm
2. Koreksi CB	= 631,626	mm
3. Koreksi Tinggi	= 865,861	mm
4. Koreksi bangunan atas	= -183,75	mm
5. <u>Koreksi Sheer</u>	= -0	mm +
<i>Total</i>	= 2900,74	mm

Tinggi sarat air saat *Summer Freeboard* (To) = Hi – Fso

$$= 11,969 \text{ m} - 2,9 \text{ m}$$

$$= 9,069 \text{ m}$$

$$= 9096 \text{ mm}$$

#### 4.2.5.3 Plimsolmark

*Plimsolmark* adalah tanda marka pada lambung kapal untuk menunjukkan *draft* maksimum sebuah kapal demi keselamatan dan keamanan kapal sesuai daerah atau musim kapal itu berlayar. Berikut merupakan hasil penggambaran *plimsolmark* kapal rancangan untuk daerah pelayaran Indonesia:

##### 1. Summer freeboard (S)

$$F_{so} = 2900,74 \text{ mm}$$

##### 2. Tropical freeboard (T)

$$\begin{aligned} T &= F_{so} - 1/48 T_o \\ &= 2900,74 - 1/48 (9069) \\ &= 2711,8 \text{ mm} \end{aligned}$$

##### 3. Fresh water (F & TF)

$$\begin{aligned} F &= F_{so} - \Delta / (40 \times TPC) \\ &= 2900,74 - (16000 / (40 \times 23,511)) \\ &= 2883,72 \text{ mm} \end{aligned}$$

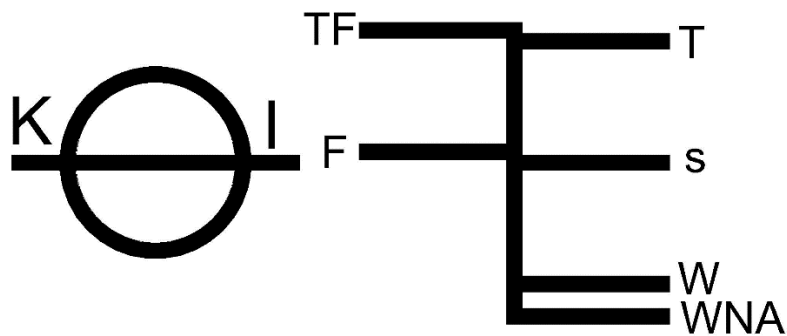
$$\begin{aligned} TF &= F - (1/48 \times T_o) \\ &= 2883,72 - 1/48 (9069) \\ &= 2694,78 \text{ mm} \end{aligned}$$

#### 4. Musim Dingin (W & WNA)

$$\begin{aligned}W &= F_{so} + (1/48 \times T_o) \\ &= 2900,74 + 1/48 (9069) \\ &= 3089,67 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}WNA &= W + 50 \\ &= 3089,67 + 50 \\ &= 3139,67 \text{ mm}\end{aligned}$$

Berikut merupakan hasil penggambaran plimsolmark kapal rancangan:



**Gambar 4.62** *Plimsolmark* Kapal Rancangan

Keterangan:

- T = *Tropical*
- TF = *Tropical Fresh Water*
- F = *Fresh Water*
- S = *Summer*
- W = *Winter*
- WNA = *Winter North Atlantic*



#### 4.2.6 Konstruksi Kapal

Konstruksi adalah perhitungan dari badan kapal dan bangunan atas kapal dan juga perhitungan beban yang telah dirancang dalam efektivitas atau kekuatan kapal rancangan. Sedangkan Kekuatan kapal adalah perhitungan sebuah kapal saat terkena tekanan lengkungan sagging dan hogging. Sagging dimana beban yang dimuat pada kapal menjadi titik lenturnya begitu juga dengan hogging dimana memusatkan beban bawaan pada tengah kapal.

Berikut merupakan perhitungan konstruksi kapal rancangan berdasarkan aturan BKI jilid II edisi 2006:

Diketahui:

• Panjang seluruhnya	(Loa)	=	134,687	m
• Panjang garis air	(Lwl)	=	131,275	m
• Panjang antar garis tegak	(Lpp)	=	127,451	m
• Lebar	(B)	=	20,27	m
• Tinggi	(H)	=	11,96	m
• Sarat air	(T)	=	8,96	m
• Koefisien blok	(Cb)	=	0,796	
• Koefisien prismatic	(Cp)	=	0,804	
• Koefisien garis air	(Cw)	=	0,86	
• Koefisien tengah kapal	(Cm)	=	0,99	
• <i>Displacement</i>	( $\Delta$ )	=	18874,15	ton
• Kecepatan dinas	(Vs)	=	13	knot

#### 4.2.6.1 Beban Rancangan

##### A. Beban Geladak Cuaca (Pd)

Yang dianggap sebagai geladak cuaca adalah semua geladak yang bebas kecuali geladak yang tidak efektif yang terletak di belakang 0,15L dari garis tegak haluan. Berikut perhitungannya menurut aturan BKI 2006 Vol. II, Sec. 4. B. 1.1:

$$Pd = P_o \frac{20 T}{(10 + z - t)H} \times C_d$$

##### 1. Menentukan nilai beban luar dasar dinamis (Po)

$$P_o = 2,1 \times (C_B + 0,7) \times C_o \times C_l \times f \times C_{rw}$$

Dimana:

$$C_B = 0,78$$

$$C_o = 10,75 \left( \frac{300 - L_{pp}}{100} \right)^{1,5}$$
$$= 8,483$$

$$C_l = \text{Untuk } L \geq 90 \text{ m}$$
$$= 1$$

$$f = \text{Untuk pelat kulit geladak cuaca}$$
$$= 1$$

$$f = \text{Untuk Untuk frame, dan deck, strong beam}$$
$$= 0,75$$

$$f = \text{Untuk web frame, dan stringger}$$
$$= 0,6$$

$$C_{rw} = 1$$

- Beban luar dasar dinamis untuk pelat kulit (Po1)

$$P_{o1} = 2,1 \times (C_B + 0,7) \times C_o \times C_l \times f \times C_{rw}$$
$$= 2,1 \times (0,796 + 0,7) \times 8,483 \times 1 \times 1 \times 1$$
$$= 26,65 \text{ kN/m}^2$$

- Beban luar dasar dinamis untuk frame, deck beam, strong beam, stiffener (Po2)

$$P_{o2} = 2,1 \times (C_B + 0,7) \times C_o \times C_l \times f \times C_{rw}$$
$$= 2,1 \times (0,796 + 0,7) \times 8,483 \times 1 \times 0,75 \times 1$$
$$= 19,98 \text{ kN/m}^2$$

- Beban luar dasar dinamis untuk web frame, girder, stringger (Po3)

$$\begin{aligned}
 Po3 &= 2,1 \times (C_B + 0,7) \times Co \times Cl \times f \times Crw \\
 &= 2,1 \times (0,796 + 0,7) \times 8,483 \times 1 \times 0,6 \times 1 \\
 &= 15,99 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$

2. Faktor distribusi pada geladak cuaca (Cd)

**Tabel 4.134** Faktor distribusi pada geladak cuaca (Cd)

	Daerah	Factor $C_D$
A	$0 \leq x/L < 0,2$	$1,2 - x/L$
	$x/L = 0,042$	$C_{D1} = 1,16$
M	$0,2 \leq x/L < 0,7$	1,0
	$x/L = 0,51$	$C_{D2} = 1,0$
F	$0,7 \leq x/L \leq 1,0$	$1,0 + c/3 [x/L - 0,7]$
	$x/L = 0,93$	$c = 0,15 \cdot L - 10$ $= 5$ $L_{\min} = 100 \text{ m}$ $C_{D3} = 1,387$

3. Beban Geladak Cuaca daerah  $0 \leq X/L < 0,2$  (Buritan) kapal

- Untuk pelat kulit (Pd1)

$$\begin{aligned}
 Pd1 &= Po1 \times \frac{20 T}{(10 + z - t)H} \times Cd1 \\
 &= 26,65 \times \frac{20 (8,96)}{(10 + 11,96 - 8,96) 11,96} \times 1,16 \\
 &= 35,56 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$

- Untuk deck dan strong beam, stiffener (Pd2)

$$\begin{aligned}
 Pd2 &= Po2 \times \frac{20 T}{(10 + z - t)H} \times Cd1 \\
 &= 19,98 \times \frac{20 (8,96)}{(10 + 11,96 - 8,96) 11,96} \times 1,16 \\
 &= 26,67 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$

- Untuk girder (Pd3)

$$\begin{aligned}
 Pd3 &= Po3 \times \frac{20 T}{(10 + z - t)H} \times Cd1 \\
 &= 15,99 \times \frac{20 (8,96)}{(10 + 11,96 - 8,96) 11,96} \times 1,16 \\
 &= 21,33 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$

4. Beban Geladak Cuaca daerah  $0,2 \leq X/L < 0,7$  (Tengah) kapal

- Untuk pelat kulit (Pd1)

$$\begin{aligned} Pd1 &= Po1 \times \frac{20 T}{(10 + z - t)H} \times Cd2 \\ &= 26,65 \times \frac{20 (8,96)}{(10 + 11,96 - 8,96) 11,96} \times 1 \\ &= 30,71 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

- Untuk deck dan strong beam, stiffener (Pd2)

$$\begin{aligned} Pd2 &= Po2 \times \frac{20 T}{(10 + z - t)H} \times Cd2 \\ &= 19,98 \times \frac{20 (8,96)}{(10 + 11,96 - 8,96) 11,96} \times 1 \\ &= 23,03 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

- Untuk girder (Pd3)

$$\begin{aligned} Pd3 &= Po3 \times \frac{20 T}{(10 + z - t)H} \times Cd2 \\ &= 15,99 \times \frac{20 (8,96)}{(10 + 11,96 - 8,96) 11,96} \times 1 \\ &= 18,43 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

5. Beban Geladak Cuaca daerah  $0,7 \leq X/L < 1,0$  (Haluan) kapal

- Untuk pelat kulit (Pd1)

$$\begin{aligned} Pd1 &= Po1 \times \frac{20 T}{(10 + z - t)H} \times Cd3 \\ &= 26,65 \times \frac{20 (8,96)}{(10 + 11,96 - 8,96) 11,96} \times 1,387 \\ &= 42,6 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

- Untuk deck dan strong beam, stiffener (Pd2)

$$\begin{aligned} Pd2 &= Po2 \times \frac{20 T}{(10 + z - t)H} \times Cd3 \\ &= 19,98 \times \frac{20 (8,96)}{(10 + 11,96 - 8,96) 11,96} \times 1,387 \\ &= 31,95 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

- Untuk girder (Pd3)

$$\begin{aligned}
 Pd3 &= Po3 \times \frac{20 T}{(10 + z - t)H} \times Cd3 \\
 &= 15,99 \times \frac{20 (8,96)}{(10 + 11,96 - 8,96) 11,96} \times 1,387 \\
 &= 25,56 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$

## B. Beban Pada Sisi Lambung Kapal (Ps)

Berikut perhitungan beban sisi menurut aturan BKI 2006 Vol. II, Sec. 4. B. 2.1:

### 1. Faktor distribusi pada sisi lambung kapal (Cf)

**Tabel 4.135** Faktor distribusi pada sisi lambung (Cf)

	Daerah	Factor $C_F$
A	$0 \leq x/L < 0,2$	$1,0 + 5/Cb [0,2 - x/L]$
	$x/L = 0,042$	$C_{F1} = 1,99$
M	$0,2 \leq x/L < 0,7$	1,0
	$x/L = 0,51$	$C_{F2} = 1,0$
F	$0,7 \leq x/L \leq 1,0$	$1 + 20/Cb [x/L - 0,7]^2$
	$x/L = 0,93$	$C_{F3} = 2,4$

### 2. Beban sisi lambung daerah $0 \leq X/L < 0,2$ (Buritan) kapal

#### a) Di bawah garis air muat

- Untuk pelat sisi kapal

$$Ps1 = 10 \times (T - z) \times Po1 \times Cf1 \times (1 + z/T)$$

Dimana:

$$\begin{aligned}
 z &= \text{Jarak vertikal dari pusat beban ke baseline} \\
 &= 1/3 T \\
 &= 1/3 \times 8,96 \text{ m} \\
 &= 2,99 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$Po1 = 26,65 \text{ kN/m}^2$$

$$Cf1 = 1,99$$

Maka:

$$\begin{aligned}
 Ps1 &= 10 \times (8,96 - 2,99) \times 26,65 \times 1,99 \times (1 + 2,99/8,96) \\
 &= 130,45 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$

- Untuk frame

$$Ps2 = 10 \times (T - z) \times Po2 \times Cf1 \times (1 + z/T)$$

Dimana:

$$Po2 = 19,98 \text{ kN/m}^2$$

Maka:

$$\begin{aligned} Ps2 &= 10 \times (8,96 - 2,99) \times 19,98 \times 1,99 \times (1 + 2,99/8,96) \\ &= 112,77 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

- Untuk web frame, stringger

$$Ps3 = 10 \times (T - z) \times Po3 \times Cf1 \times (1 + z/T)$$

Dimana:

$$Po3 = 15,99 \text{ kN/m}^2$$

Maka:

$$\begin{aligned} Ps3 &= 10 \times (8,96 - 2,99) \times 15,99 \times 1,99 \times (1 + 2,99 / 8,96) \\ &= 102,16 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

b) Di atas garis air muat

- Untuk pelat sisi kapal

$$Ps1 = Po1 \times Cf1 \times 20 / (10 + z - T)$$

Dimana:

$$\begin{aligned} z &= \text{Jarak vertikal dari pusat beban ke baseline} \\ &= T \times 0,5 \times (H - T) \\ &= 8,96 \times 0,5 \times (11,96 - 8,96) \\ &= 10,46 \text{ m} \end{aligned}$$

$$Po1 = 26,65 \text{ kN/m}^2$$

$$Cf1 = 1,99$$

Maka:

$$\begin{aligned} Ps1 &= 26,55 \times 1,99 \times 20 / (10 + 10,46 - 8,96) \\ &= 92,24 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

- Untuk frame

$$Ps2 = Po2 \times Cf1 \times 20 / (10 + z - T)$$

Dimana:

$$Po2 = 19,98 \text{ kN/m}^2$$

Maka:

$$\begin{aligned}Ps_2 &= 19,98 \times 1,99 \times 20 / (10 + 10,46 - 8,96) \\ &= 69,18 \text{ kN/m}^2\end{aligned}$$

- Untuk web frame, stringger

$$Ps_3 = Po_3 \times Cf_1 \times 20 / (10 + z - T)$$

Dimana:

$$Po_3 = 15,99 \text{ kN/m}^2$$

Maka:

$$\begin{aligned}Ps_3 &= 15,99 \times 1,99 \times 20 / (10 + 10,46 - 8,96) \\ &= 55,34 \text{ kN/m}^2\end{aligned}$$

### 3. Beban sisi lambung daerah $0,2 \leq X/L < 0,7$ (Tengah) kapal

#### a) Di bawah garis air muat

- Untuk pelat sisi kapal

$$Ps_1 = 10 \times (T - z) \times Po_1 \times Cf_2 \times (1 + z/T)$$

Dimana:

$$\begin{aligned}z &= \text{Jarak vertikal dari pusat beban ke baseline} \\ &= 1/3 T \\ &= 1/3 \times 8,96 \text{ m} \\ &= 2,99 \text{ m}\end{aligned}$$

$$Po_1 = 26,65 \text{ kN/m}^2$$

$$Cf_2 = 1$$

Maka:

$$\begin{aligned}Ps_1 &= 10 \times (8,96 - 2,99) \times 26,65 \times 1 \times (1 + 2,99/8,96) \\ &= 95,6 \text{ kN/m}^2\end{aligned}$$

- Untuk frame

$$Ps_2 = 10 \times (T - z) \times Po_2 \times Cf_2 \times (1 + z/T)$$

Dimana:

$$Po_2 = 19,98 \text{ kN/m}^2$$

Maka:

$$\begin{aligned}Ps_2 &= 10 \times (8,96 - 2,99) \times 19,98 \times 1 \times (1 + 2,99/8,96) \\ &= 86,38 \text{ kN/m}^2\end{aligned}$$

- Untuk web frame, stringger

$$Ps3 = 10 \times (T - z) \times Po3 \times Cf2 \times (1 + z/T)$$

Dimana:

$$Po3 = 15,99 \text{ kN/m}^2$$

Maka:

$$\begin{aligned} Ps3 &= 10 \times (8,96 - 2,99) \times 15,99 \times 1 \times (1 + 2,99 / 8,96) \\ &= 81,05 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

b) Di atas garis air muat

- Untuk pelat sisi kapal

$$Ps1 = Po1 \times Cf2 \times 20 / (10 + z - T)$$

Dimana:

$$\begin{aligned} z &= \text{Jarak vertikal dari pusat beban ke baseline} \\ &= T \times 0,5 \times (H - T) \\ &= 8,96 \times 0,5 \times (11,96 - 8,96) \\ &= 10,46 \text{ m} \end{aligned}$$

$$Po1 = 26,65 \text{ kN/m}^2$$

$$Cf2 = 1$$

Maka:

$$\begin{aligned} Ps1 &= 26,55 \times 1 \times 20 / (10 + 10,46 - 8,96) \\ &= 46,35 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

- Untuk frame

$$Ps2 = Po2 \times Cf2 \times 20 / (10 + z - T)$$

Dimana:

$$Po2 = 19,98 \text{ kN/m}^2$$

Maka:

$$\begin{aligned} Ps2 &= 19,98 \times 1 \times 20 / (10 + 10,46 - 8,96) \\ &= 34,76 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

- Untuk web frame dan stringger

$$Ps3 = Po3 \times Cf2 \times 20 / (10 + z - T)$$

Dimana:

$$Po3 = 15,99 \text{ kN/m}^2$$



Maka:

$$\begin{aligned}Ps3 &= 15,99 \times 1 \times 20 / (10 + 10,46 - 8,96) \\ &= 27,81 \text{ kN/m}^2\end{aligned}$$

#### 4. Beban sisi lambung daerah $0,7 \leq X/L < 1,0$ (Haluan) kapal

a) Di bawah garis air muat

- Untuk pelat sisi kapal

$$Ps1 = 10 \times (T - z) \times Po1 \times Cf3 \times (1 + z/T)$$

Dimana:

$$\begin{aligned}z &= \text{Jarak vertikal dari pusat beban ke baseline} \\ &= 1/3 T \\ &= 1/3 \times 8,96 \text{ m} \\ &= 2,99 \text{ m}\end{aligned}$$

$$Po1 = 26,65 \text{ kN/m}^2$$

$$Cf3 = 2,4$$

Maka:

$$\begin{aligned}Ps1 &= 10 \times (8,96 - 2,99) \times 26,65 \times 2,4 \times (1 + 2,99/8,96) \\ &= 143,37 \text{ kN/m}^2\end{aligned}$$

- Untuk frame

$$Ps2 = 10 \times (T - z) \times Po2 \times Cf3 \times (1 + z/T)$$

Dimana:

$$Po2 = 19,98 \text{ kN/m}^2$$

Maka:

$$\begin{aligned}Ps2 &= 10 \times (8,96 - 2,99) \times 19,98 \times 2,4 \times (1 + 2,99/8,96) \\ &= 122,46 \text{ kN/m}^2\end{aligned}$$

- Untuk web frame, stringger

$$Ps3 = 10 \times (T - z) \times Po3 \times Cf3 \times (1 + z/T)$$

Dimana:

$$Po3 = 15,99 \text{ kN/m}^2$$

Maka:

$$\begin{aligned}Ps3 &= 10 \times (8,96 - 2,99) \times 15,99 \times 2,4 \times (1 + 2,99 / 8,96) \\ &= 109,92 \text{ kN/m}^2\end{aligned}$$

b) Di atas garis air muat

- Untuk pelat sisi kapal

$$Ps1 = Po1 \times Cf3 \times 20 / (10 + z - T)$$

Dimana:

$$z = \text{Jarak vertikal dari pusat beban ke baseline}$$

$$= T \times 0,5 \times (H - T)$$

$$= 8,96 \times 0,5 \times (11,96 - 8,96)$$

$$= 10,46 \text{ m}$$

$$Po1 = 26,65 \text{ kN/m}^2$$

$$Cf3 = 2,4$$

Maka:

$$Ps1 = 26,55 \times 2,4 \times 20 / (10 + 10,46 - 8,96)$$

$$= 109,09 \text{ kN/m}^2$$

- Untuk frame

$$Ps2 = Po2 \times Cf3 \times 20 / (10 + z - T)$$

Dimana:

$$Po2 = 19,98 \text{ kN/m}^2$$

Maka:

$$Ps2 = 19,98 \times 2,4 \times 20 / (10 + 10,46 - 8,96)$$

$$= 81,82 \text{ kN/m}^2$$

- Untuk web frame, stringger

$$Ps3 = Po3 \times Cf3 \times 20 / (10 + z - T)$$

Dimana:

$$Po3 = 15,99 \text{ kN/m}^2$$

Maka:

$$Ps3 = 15,99 \times 2,4 \times 20 / (10 + 10,46 - 8,96)$$

$$= 65,45 \text{ kN/m}^2$$

### C. Beban Geladak Bangunan Atas dan Rumah Geladak (Pda)

Berikut perhitungan beban geladak menurut aturan BKI 2006 Vol. II, Sec. 4. B. 5:

1. Beban geladak pada *Poop Deck* daerah  $0 \leq X/L < 0,2$  (Buritan) kapal

- Untuk pelat geladak (Pda1)

$$Pda1 = Pd1 \times n$$

Dimana:

$$\begin{aligned} n &= 1 - ((z-H)/10) \\ &= 1 - ((13,6 - 11,96)/10) \\ &= 0,88 \end{aligned}$$

$$Pd1 = 35,56 \text{ kN/m}^2$$

$$\begin{aligned} z &= H + 0,5 \text{ (h)} \\ &= 11,96 + 0,5 \text{ (2,4)} \\ &= 13,16 \end{aligned}$$

$$h = 2,4 \text{ m (Tinggi bangunan atas)}$$

Maka:

$$\begin{aligned} Pda1 &= 35,56 \times 0,88 \\ &= 31,29 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

- Untuk deck dan strong beam, stiffener (Pda2)

$$Pda2 = Pd2 \times n$$

Dimana:

$$\begin{aligned} n &= 0,88 \\ Pd2 &= 26,67 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

Maka:

$$\begin{aligned} Pda2 &= 26,67 \times 0,88 \\ &= 23,47 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

- Untuk girder (Pda3)

$$Pda3 = Pd3 \times n$$

Dimana:

$$Pd3 = 21,33 \text{ kN/m}^2$$

Maka:

$$\begin{aligned} Pda1 &= 21,33 \times 0,88 \\ &= 18,77 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

2. Beban geladak pada *Boat deck* daerah  $0 \leq X/L < 0,2$  (Buritan) kapal

- Untuk pelat geladak (Pda1)

$$Pda1 = Pd1 \times n \times \text{Faktor}$$

Dimana:

$$\begin{aligned} n &= 1 - ((z-H)/10) \\ &= 1 - ((15,6 - 11,96)/10) \\ &= 0,64 \end{aligned}$$

$$Pd1 = 35,56 \text{ kN/m}^2$$

$$\begin{aligned} z &= H + 1,5 \text{ (h)} \\ &= 11,96 + 1,5 \text{ (2,4)} \\ &= 15,56 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} h &= \text{Tinggi bangunan atas} \\ &= 2,4 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Faktor} &= 0,7 \times (b/B) + 0,3 \\ &= 0,7 (14,48/20,27) + 0,3 \\ &= 0,811 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} b &= \text{Lebar } \textit{Boat deck} \\ &= 14,8 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} B &= \text{Lebar kapal} \\ &= 20,27 \text{ m} \end{aligned}$$

Maka:

$$\begin{aligned} Pda1 &= 35,56 \times 0,64 \times 0,811 \\ &= 18,45 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

- Untuk deck dan strong beam, stiffener (Pda2)

$$Pda2 = Pd2 \times n \times \text{Faktor}$$

Dimana:

$$n = 0,64$$

$$Pd2 = 26,67 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Faktor} = 0,811$$

Maka:

$$\begin{aligned} Pda2 &= 26,67 \times 0,811 \times 0,64 \\ &= 13,84 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

- Untuk girder (Pda3)

$$Pda3 = Pd3 \times n \times \text{Faktor}$$

Dimana:

$$n = 0,64$$

$$Pd3 = 21,33 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Faktor} = 0,811$$

Maka:

$$\begin{aligned} Pda1 &= 21,33 \times 0,811 \times 0,64 \\ &= 11,07 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

### 3. Beban geladak pada *Bridge Deck* daerah $0 \leq X/L < 0,2$ (Buritan) kapal

- Untuk pelat geladak (Pda1)

$$Pda1 = Pd1 \times n \times \text{Faktor}$$

Dimana:

$$n_{\min} = 0,5$$

$$Pd1 = 35,56 \text{ kN/m}^2$$

$$\begin{aligned} \text{Faktor} &= 0,7 \times (b/B) + 0,3 \\ &= 0,7 (14,48/20,27) + 0,3 \\ &= 0,811 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} b &= \text{Lebar } \textit{Bridge Deck} \\ &= 14,8 \text{ m} \end{aligned}$$

$$B = 20,27 \text{ m}$$

Maka:

$$\begin{aligned} Pda1 &= 35,56 \times 0,5 \times 0,811 \\ &= 14,42 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

- Untuk deck dan strong beam, stiffener (Pda2)

$$Pda2 = Pd2 \times n \times \text{Faktor}$$

Dimana:

$$n_{\min} = 0,5$$

$$Pd2 = 26,67 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Faktor} = 0,811$$

Maka:

$$\begin{aligned} P_{da2} &= 26,67 \times 0,5 \times 0,811 \\ &= 10,815 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

- Untuk girder ( $P_{da3}$ )

$$P_{da3} = P_{d3} \times n \times \text{Faktor}$$

Dimana:

$$n_{\min} = 0,5$$

$$P_{d3} = 21,33 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Faktor} = 0,811$$

Maka:

$$\begin{aligned} P_{da1} &= 21,33 \times 0,5 \times 0,881 \\ &= 8,65 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

#### 4. Beban geladak pada *Navigation Deck* daerah $0 \leq X/L < 0,2$ (Buritan) kapal

- Untuk pelat geladak ( $P_{da1}$ )

$$P_{da1} = P_{d1} \times n \times \text{Faktor}$$

Dimana:

$$n_{\min} = 0,5$$

$$P_{d1} = 35,56 \text{ kN/m}^2$$

$$\begin{aligned} \text{Faktor} &= 0,7 \times (b/B) + 0,3 \\ &= 0,7 (14,48/20,27) + 0,3 \\ &= 0,811 \end{aligned}$$

$$b = \text{Lebar } \textit{Bridge Deck}$$

$$= 14,8 \text{ m}$$

$$B = 20,27 \text{ m}$$

Maka:

$$\begin{aligned} P_{da1} &= 35,56 \times 0,5 \times 0,811 \\ &= 14,42 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

- Untuk deck dan strong beam, stiffener (Pda2)

$$Pda2 = Pd2 \times n \times \text{Faktor}$$

Dimana:

$$n_{\min} = 0,5$$

$$Pd2 = 26,67 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Faktor} = 0,811$$

Maka:

$$\begin{aligned} Pda2 &= 26,67 \times 0,5 \times 0,811 \\ &= 10,815 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

- Untuk girder (Pda3)

$$Pda3 = Pd3 \times n \times \text{Faktor}$$

Dimana:

$$n_{\min} = 0,5$$

$$Pd3 = 21,33 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Faktor} = 0,811$$

Maka:

$$\begin{aligned} Pda1 &= 21,33 \times 0,5 \times 0,881 \\ &= 8,65 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

##### 5. Beban geladak pada *Top Deck* daerah $0 \leq X/L < 0,2$ (Buritan) kapal

- Untuk pelat geladak (Pda1)

$$Pda1 = Pd1 \times n \times \text{Faktor}$$

Dimana:

$$n_{\min} = 0,5$$

$$Pd1 = 35,56 \text{ kN/m}^2$$

$$\begin{aligned} \text{Faktor} &= 0,7 \times (b/B) + 0,3 \\ &= 0,7 (14,48/20,27) + 0,3 \\ &= 0,742 \end{aligned}$$

$$b = \text{Lebar Top Deck}$$

$$= 12,8 \text{ m}$$

$$B = 20,27 \text{ m}$$

Maka:

$$\begin{aligned} P_{da1} &= 35,56 \times 0,5 \times 0,742 \\ &= 13,19 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

- Untuk deck dan strong beam, stiffener (Pda2)

$$P_{da2} = P_{d2} \times n \times \text{Faktor}$$

Dimana:

$$\begin{aligned} n_{\min} &= 0,5 \\ P_{d2} &= 26,67 \text{ kN/m}^2 \\ \text{Faktor} &= 0,742 \end{aligned}$$

Maka:

$$\begin{aligned} P_{da2} &= 26,67 \times 0,5 \times 0,742 \\ &= 9,89 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

- Untuk girder (Pda3)

$$P_{da3} = P_{d3} \times n \times \text{Faktor}$$

Dimana:

$$\begin{aligned} n_{\min} &= 0,5 \\ P_{d3} &= 21,33 \text{ kN/m}^2 \\ \text{Faktor} &= 0,742 \end{aligned}$$

Maka:

$$\begin{aligned} P_{da1} &= 21,33 \times 0,5 \times 0,742 \\ &= 7,91 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

#### 6. Beban geladak pada *Forcastle Deck* daerah $0,7 \leq X/L < 1,0$ (Haluan) kapal

- Untuk pelat geladak (Pda1)

$$P_{da1} = P_{d1} \times n$$

Dimana:

$$\begin{aligned} n &= 1,0 \text{ (Untuk } Forcastle \text{ deck)} \\ P_{d1} &= 42,6 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

Maka:

$$\begin{aligned} P_{da1} &= 42,6 \times 1 \\ &= 42,6 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$



- Untuk deck dan strong beam, stiffener (Pda2)

$$Pda2 = Pd2 \times n$$

Dimana:

$$Pd2 = 31,95 \text{ kN/m}^2$$

Maka:

$$\begin{aligned} Pda2 &= 31,95 \times 1 \\ &= 31,95 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

- Untuk girder (Pda3)

$$Pda3 = Pd3 \times n$$

Dimana:

$$Pd3 = 25,56 \text{ kN/m}^2$$

Maka:

$$\begin{aligned} Pda1 &= 25,56 \times 1 \\ &= 25,56 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

#### D. Beban Pada Sisi Bangunan Atas (Psa)

Berikut perhitungan beban sisi menurut aturan BKI 2006 Vol. II, Sec. 4. B. 2.1:

1. Beban pada sisi *Poop Deck* daerah  $0 \leq X/L < 0,2$  (Buritan) kapal

- Untuk pelat sisi

$$Psa1 = Po1 \times Cf1 \times 20 / (10 + z - T)$$

Dimana:

$$\begin{aligned} z &= \text{Jarak vertikal dari pusat beban ke baseline} \\ &= H + 0,5 \text{ (h)} \\ &= 11,96 + 0,5 \text{ (2,4)} \\ &= 13,16 \text{ m} \end{aligned}$$

$$Po1 = 26,65 \text{ kN/m}^2$$

$$Cf1 = 1,99$$

Maka:

$$\begin{aligned} Psa1 &= 26,55 \times 1,99 \times 20 / (10 + 13,16 - 8,96) \\ &= 74,7 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

- Untuk frame

$$P_{sa2} = P_{o2} \times C_{f1} \times 20 / (10 + z - T)$$

Dimana:

$$P_{o2} = 19,98 \text{ kN/m}^2$$

Maka:

$$\begin{aligned} P_{sa2} &= 19,98 \times 1,99 \times 20 / (10 + 13,16 - 8,96) \\ &= 56,02 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

- Untuk web frame

$$P_{sa3} = P_{o3} \times C_{f1} \times 20 / (10 + z - T)$$

Dimana:

$$P_{o3} = 15,99 \text{ kN/m}^2$$

Maka:

$$\begin{aligned} P_{sa3} &= 15,99 \times 1,99 \times 20 / (10 + 13,16 - 8,96) \\ &= 44,82 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

## 2. Beban pada sisi *Boat Deck* daerah $0 \leq X/L < 0,2$ (Buritan) kapal

- Untuk pelat sisi

$$P_{sa1} = P_{o1} \times C_{f1} \times 20 / (10 + z - T)$$

Dimana:

$$\begin{aligned} z &= \text{Jarak vertikal dari pusat beban ke baseline} \\ &= H + 1,5 \text{ (h)} \\ &= 11,96 + 1,5 \text{ (2,4)} \\ &= 15,56 \text{ m} \end{aligned}$$

$$P_{o1} = 26,65 \text{ kN/m}^2$$

$$C_{f1} = 1,99$$

Maka:

$$\begin{aligned} P_{sa1} &= 26,55 \times 1,99 \times 20 / (10 + 15,56 - 8,96) \\ &= 63,9 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

- Untuk frame

$$P_{sa2} = P_{o2} \times C_{f1} \times 20 / (10 + z - T)$$

Dimana:

$$P_{o2} = 19,98 \text{ kN/m}^2$$

Maka:

$$\begin{aligned} P_{sa2} &= 19,98 \times 1,99 \times 20 / (10 + 15,56 - 8,96) \\ &= 47,92 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

- Untuk web frame

$$P_{sa3} = P_{o3} \times C_{f1} \times 20 / (10 + z - T)$$

Dimana:

$$P_{o3} = 15,99 \text{ kN/m}^2$$

Maka:

$$\begin{aligned} P_{sa3} &= 15,99 \times 1,99 \times 20 / (10 + 15,56 - 8,96) \\ &= 38,34 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

### 3. Beban pada sisi *Bridge Deck* daerah $0 \leq X/L < 0,2$ (Buritan) kapal

- Untuk pelat sisi

$$P_{sa1} = P_{o1} \times C_{f1} \times 20 / (10 + z - T)$$

Dimana:

$$\begin{aligned} z &= \text{Jarak vertikal dari pusat beban ke baseline} \\ &= H + 1,5 \text{ (h)} \\ &= 11,96 + 2,5 \text{ (2,4)} \\ &= 17,96 \text{ m} \end{aligned}$$

$$P_{o1} = 26,65 \text{ kN/m}^2$$

$$C_{f1} = 1,99$$

Maka:

$$\begin{aligned} P_{sa1} &= 26,55 \times 1,99 \times 20 / (10 + 17,96 - 8,96) \\ &= 55,83 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

- Untuk frame

$$P_{sa2} = P_{o2} \times C_{f1} \times 20 / (10 + z - T)$$

Dimana:

$$P_{o2} = 19,98 \text{ kN/m}^2$$

Maka:

$$\begin{aligned} P_{sa2} &= 19,98 \times 1,99 \times 20 / (10 + 17,96 - 8,96) \\ &= 41,87 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

- Untuk web frame

$$P_{sa3} = P_{o3} \times C_{f1} \times 20 / (10 + z - T)$$

Dimana:

$$P_{o3} = 15,99 \text{ kN/m}^2$$

Maka:

$$\begin{aligned} P_{sa3} &= 15,99 \times 1,99 \times 20 / (10 + 17,96 - 8,96) \\ &= 33,49 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

#### 4. Beban pada sisi *Navigation Deck* daerah $0 \leq X/L < 0,2$ (Buritan) kapal

- Untuk pelat sisi

$$P_{sa1} = P_{o1} \times C_{f1} \times 20 / (10 + z - T)$$

Dimana:

$$\begin{aligned} z &= \text{Jarak vertikal dari pusat beban ke baseline} \\ &= H + 1,5 \text{ (h)} \\ &= 11,96 + 3,5 \text{ (2,4)} \\ &= 20,36 \text{ m} \end{aligned}$$

$$P_{o1} = 26,65 \text{ kN/m}^2$$

$$C_{f1} = 1,99$$

Maka:

$$\begin{aligned} P_{sa1} &= 26,55 \times 1,99 \times 20 / (10 + 20,36 - 8,96) \\ &= 49,57 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

- Untuk frame

$$P_{sa2} = P_{o2} \times C_{f1} \times 20 / (10 + z - T)$$

Dimana:

$$P_{o2} = 19,98 \text{ kN/m}^2$$

Maka:

$$\begin{aligned} P_{sa2} &= 19,98 \times 1,99 \times 20 / (10 + 20,36 - 8,96) \\ &= 37,17 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

- Untuk web frame

$$P_{sa3} = P_{o3} \times C_{f1} \times 20 / (10 + z - T)$$

Dimana:

$$P_{o3} = 15,99 \text{ kN/m}^2$$

Maka:

$$\begin{aligned} P_{sa3} &= 15,99 \times 1,99 \times 20 / (10 + 20,36 - 8,96) \\ &= 29,74 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

#### 5. Beban pada sisi *Forcastle Deck* daerah $0,7 \leq X/L < 1,0$ (Haluan) kapal

- Untuk pelat sisi

$$P_{sa1} = P_{o1} \times C_{f3} \times 20 / (10 + z - T)$$

Dimana:

$$\begin{aligned} z &= \text{Jarak vertikal dari pusat beban ke baseline} \\ &= H + 0,5 \text{ (h)} \\ &= 11,96 + 0,5 \text{ (2,4)} \\ &= 13,16 \text{ m} \end{aligned}$$

$$P_{o1} = 26,65 \text{ kN/m}^2$$

$$C_{f3} = 2,4$$

Maka:

$$\begin{aligned} P_{sa1} &= 26,55 \times 2,4 \times 20 / (10 + 13,16 - 8,96) \\ &= 88,35 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

- Untuk frame

$$P_{sa2} = P_{o2} \times C_{f3} \times 20 / (10 + z - T)$$

Dimana:

$$P_{o2} = 19,98 \text{ kN/m}^2$$

Maka:

$$\begin{aligned} P_{sa2} &= 19,98 \times 1,9 \times 20 / (10 + 13,16 - 8,96) \\ &= 66,26 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

- Untuk web frame

$$P_{sa3} = P_{o3} \times C_{f3} \times 20 / (10 + z - T)$$

Dimana:

$$P_{o3} = 15,99 \text{ kN/m}^2$$

Maka:

$$\begin{aligned} P_{sa3} &= 15,99 \times 1,9 \times 20 / (10 + 13,16 - 8,96) \\ &= 53,01 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

### E. Beban Pada Alas Luar Kapal (Pb)

Berikut perhitungan beban alas luar menurut aturan BKI 2006 Vol. II, Sec. 4. B. 3:

1. Beban pada alas luar kapal daerah  $0 \leq X/L < 0,2$  (Buritan) kapal

- Untuk pelat alas

$$P_{b1} = 10 T + P_{o1} \times C_{f1}$$

Dimana:

$$\begin{aligned} T &= \text{Sarat air kapal} \\ &= 8,96 \text{ m} \end{aligned}$$

$$P_{o1} = 26,65 \text{ kN/m}^2$$

$$C_{f1} = 1,99$$

Maka:

$$\begin{aligned} P_{b1} &= 10 (8,96) + 26,65 \times 1,99 \\ &= 142,64 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

- Untuk pembujur

$$P_{b2} = 10 T + P_{o2} \times C_{f1}$$

Dimana:

$$P_{o2} = 19,98 \text{ kN/m}^2$$

Maka:

$$\begin{aligned} P_{b2} &= 10 (8,96) + 19,98 \times 1,99 \\ &= 129,38 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

2. Beban pada alas luar kapal daerah  $0,2 \leq X/L < 0,7$  (Tengah) kapal

- Untuk pelat alas

$$P_{b1} = 10 T + P_{o1} \times C_{f2}$$

Dimana:

$$\begin{aligned} T &= \text{Sarat air kapal} \\ &= 8,96 \text{ m} \end{aligned}$$

$$P_{o2} = 19,98 \text{ kN/m}^2$$

$$C_{f2} = 1$$

Maka:

$$\begin{aligned}Pb1 &= 10 (8,96) + 26,65 \times 1 \\ &= 116,25 \text{ kN/m}^2\end{aligned}$$

- Untuk pembujur

$$Pb2 = 10 T + Po2 \times Cf2$$

Dimana:

$$Po2 = 19,98 \text{ kN/m}^2$$

Maka:

$$\begin{aligned}Pb2 &= 10 (8,96) + 19,98 \times 1 \\ &= 109,07 \text{ kN/m}^2\end{aligned}$$

### 3. Beban pada alas luas kapal daerah $0,7 \leq X/L < 1,0$ (Haluan) kapal

- Untuk pelat alas

$$Pb1 = 10 T + Po1 \times Cf3$$

Dimana:

$$\begin{aligned}T &= \text{Sarat air kapal} \\ &= 8,96 \text{ m}\end{aligned}$$

$$Po2 = 19,98 \text{ kN/m}^2$$

$$Cf3 = 2,4$$

Maka:

$$\begin{aligned}Pb1 &= 10 (8,96) + 26,65 \times 2,4 \\ &= 152,33 \text{ kN/m}^2\end{aligned}$$

- Untuk pembujur

$$Pb2 = 10 T + Po2 \times Cf3$$

Dimana:

$$Po2 = 19,98 \text{ kN/m}^2$$

Maka:

$$\begin{aligned}Pb2 &= 10 (8,96) + 19,98 \times 2,4 \\ &= 136,65 \text{ kN/m}^2\end{aligned}$$

## F. Beban Pada Alas Dalam Kapal (Pi)

Berikut perhitungan beban alas menurut aturan BKI 2006 Vol. II, Sec. 4. C. 2:

1. Beban pada alas dalam kapal daerah kamar mesin

$$P_i = 9,81 \times \frac{G}{V} \times h \times (1 + aV)$$

Dimana:

$$G = \text{Berat muatan (ton)}$$

$$= 12608,84 \text{ ton}$$

$$V = \text{Volume ruang muat}$$

$$= 16375 \text{ m}^3$$

$$h = H - hdb$$

$$= 11,96 - 1,6$$

$$= 10,36$$

$$H = \text{Tinggi kapal}$$

$$hdb = \text{Tinggi } double \text{ bottom}$$

$$aV = \text{Faktor percepatan}$$

$$= F \times m$$

$$= 0,126 \times 1,336$$

$$= 0,189$$

$$F = 0,11 \times V_s / \sqrt{Lpp}$$

$$= 0,11 \times 13 / \sqrt{127,451}$$

$$= 0,126$$

$$m = m_0 - 5 \times (m_0 - 1) \times x/l$$

$$= 1,626 - 5 \times (1,626 - 1) \times 0,042$$

$$= 1,493$$

$$m_0 = 1,5 + F$$

$$= 1,5 + 0,126$$

$$= 1,626$$

$$x/l = 0,043 \text{ (untuk daerah } 0 \leq X/L < 0,2)$$

Maka:

$$P_i = 9,81 \times 12620,3 / 16390 \times 10,36 \times (1 + 0,189)$$

$$= 93,06 \text{ kN/m}^2$$



2. Beban pada alas dalam kapal daerah ruang muat

$$P_i = 9,81 \times \frac{G}{V} \times h \times (1 + aV)$$

Dimana:

$$\begin{aligned} h &= H - h_{db} \\ &= 11,96 - 1,3 \\ &= 10,66 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} aV &= \text{Faktor percepatan} \\ &= F \times m \\ &= 0,126 \times 1 \\ &= 0,126 \end{aligned}$$

$$F = 0,126$$

$$m = 1 \text{ (untuk daerah } 0,2 \leq X/L < 0,7)$$

Maka:

$$\begin{aligned} P_i &= 9,81 \times 0,9 \times 10,66 \times (1 + 0,126) \\ &= 90,72 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

#### 4.2.6.2 Pelat Geladak

##### A. Tebal Pelat Geladak (tE)

Berikut perhitungan pelat geladak menurut aturan BKI 2006 Vol. II, Sec. 7. A. 7.1:

1. Tebal pelat geladak kapal daerah  $0 \leq X/L < 0,2$  (Buritan) kapal

Dipilih yang terbesar diantara dua nilai:

$$\bullet \quad tE = 1,21 \times a \times \sqrt{Pd1 \times k} + tk$$

Dimana:

$$\begin{aligned} a &= \text{Jarak gading} \\ &= 0,6 \end{aligned}$$

$$Pd1 = 35,56 \text{ kN/m}^2 \text{ (daerah } 0 \leq X/L < 0,2)$$

$$\begin{aligned} k &= \text{Faktor beban} \\ &= 1 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} tk &= \text{Margin korosi} \\ &= 1,5 \end{aligned}$$

Maka:

$$\begin{aligned}t_e &= 1,21 \times 0,6 \times \sqrt{35,56 \times 1} + 1,5 \\ &= 5,83 \text{ mm} \\ &\approx 6 \text{ mm}\end{aligned}$$

- $$\begin{aligned}t_{Emin} &= (5,5 + 0,02 \times L_{pp}) \times \sqrt{k} \\ &= (5,5 + 0,02 \times 127,451) \times \sqrt{1} \\ &= 8,05 \text{ mm} \\ &\approx 9 \text{ mm}\end{aligned}$$

Maka ditetapkan tebal pelat daerah  $0 \leq X/L < 0,2 = 9 \text{ mm}$

2. Tebal pelat geladak kapal daerah  $0,2 \leq X/L < 0,7$  (Tengah) kapal

Dipilih yang terbesar diantara dua nilai:

- $$t_E = 1,21 \times a \times \sqrt{Pd_1 \times k} + t_k$$

Dimana:

$$\begin{aligned}a &= \text{Jarak gading} \\ &= 0,7\end{aligned}$$

$$Pd_1 = 30,71 \text{ kN/m}^2 \text{ (daerah } 0,2 \leq X/L < 0,7)$$

Maka:

$$\begin{aligned}t_e &= 1,21 \times 0,7 \times \sqrt{30,71 \times 1} + 1,5 \\ &= 6,19 \text{ mm} \\ &\approx 7 \text{ mm}\end{aligned}$$

- $$t_{Emin} = 9 \text{ mm}$$

Maka ditetapkan tebal pelat daerah  $0,2 \leq X/L < 0,7$  (Tengah) = 9 mm

3. Tebal pelat geladak kapal daerah  $0,7 \leq X/L < 1,0$  (Haluan) kapal

Dipilih yang terbesar diantara dua nilai:

- $$t_E = 1,21 \times a \times \sqrt{Pd_1 \times k} + t_k$$

Dimana:

$$\begin{aligned}a &= \text{Jarak gading} \\ &= 0,6\end{aligned}$$

$$Pd_1 = 42,6 \text{ kN/m}^2 \text{ (daerah } 0,2 \leq X/L < 0,7)$$

Maka:

$$\begin{aligned}t_e &= 1,21 \times 0,6 \times \sqrt{42,6 \times 1} + 1,5 \\ &= 6,24 \text{ mm} \\ &\approx 7 \text{ mm}\end{aligned}$$

- $t_{Emin} = 9 \text{ mm}$

Maka ditetapkan tebal pelat daerah  $0,2 \leq X/L < 0,7$  (Tengah) = 9 mm

## B. Tebal Pelat Geladak Bangunan Atas ( $t_{Ea}$ )

Berikut perhitungan pelat geladak menurut aturan BKI 2006 Vol. II, Sec. 16. B 2.1:

### 1. Tebal pelat geladak kapal *Poop Deck*

Dipilih yang terbesar diantara dua nilai:

- $t_{Ea} = 1,21 \times a \times \sqrt{Pd1 \times k} + t_k$

Dimana:

$$\begin{aligned}a &= \text{Jarak gading} \\ &= 0,7\end{aligned}$$

$$Pd1 = 31,29 \text{ kN/m}^2 \text{ (Beban geladak } Poop Deck)$$

Maka:

$$\begin{aligned}t_{Ea} &= 1,21 \times 0,7 \times \sqrt{31,29 \times 1} + 1,5 \\ &= 6,24 \text{ mm} \\ &\approx 7 \text{ mm}\end{aligned}$$

- $t_{Ea \text{ min}} = 9 \text{ mm}$

Maka ditetapkan tebal pelat *Poop Deck* = 9 mm

### 2. Tebal pelat geladak kapal *Boat Deck*

Dipilih yang terbesar diantara dua nilai:

- $t_{Ea} = 1,21 \times a \times \sqrt{Pd1 \times k} + t_k$

Dimana:

$$a = 0,7$$

$$Pd1 = 18,46 \text{ kN/m}^2 \text{ (Beban geladak } Boat Deck)$$

Maka:

$$\begin{aligned}t_{Ea} &= 1,21 \times 0,7 \times \sqrt{18,46 \times 1} + 1,5 \\ &= 5,14 \text{ mm} \approx 6 \text{ mm}\end{aligned}$$

- $t_{Ea \text{ min}} = 9 \text{ mm}$

Maka ditetapkan tebal pelat *Boat Deck* = 9 mm

### 3. Tebal pelat geladak kapal *Bridge Deck*

Dipilih yang terbesar diantara dua nilai:

- $t_{Ea} = 1,21 \times a \times \sqrt{Pd1 \times k} + t_k$

Dimana:

$$\begin{aligned} a &= \text{Jarak gading} \\ &= 0,7 \end{aligned}$$

$$Pd1 = 14,42 \text{ kN/m}^2 \text{ (Beban geladak } \textit{Boat Deck}\text{)}$$

Maka:

$$\begin{aligned} t_{Ea} &= 1,21 \times 0,7 \times \sqrt{14,42 \times 1} + 1,5 \\ &= 4,72 \text{ mm} \\ &\approx 5 \text{ mm} \end{aligned}$$

- $t_{Ea \text{ min}} = 9 \text{ mm}$

Maka ditetapkan tebal pelat *Bridge Deck* = 9 mm

### 4. Tebal pelat geladak kapal *Navigation Deck*

Dipilih yang terbesar diantara dua nilai:

- $t_{Ea} = 1,21 \times a \times \sqrt{Pd1 \times k} + t_k$

Dimana:

$$\begin{aligned} a &= \text{Jarak gading} \\ &= 0,7 \end{aligned}$$

$$Pd1 = 14,42 \text{ kN/m}^2 \text{ (Beban geladak } \textit{Navigation Deck}\text{)}$$

Maka:

$$\begin{aligned} t_{Ea} &= 1,21 \times 0,7 \times \sqrt{13,2 \times 1} + 1,5 \\ &= 4,72 \text{ mm} \\ &\approx 5 \text{ mm} \end{aligned}$$

- $t_{Ea \text{ min}} = 9 \text{ mm}$

Maka ditetapkan tebal pelat *Navigation Deck* = 9 mm

### 5. Tebal pelat geladak kapal *Top Deck*

Dipilih yang terbesar diantara dua nilai:

- $tEa = 1,21 \times a \times \sqrt{Pd1 \times k} + tk$

Dimana:

$$\begin{aligned} a &= \text{Jarak gading} \\ &= 0,7 \end{aligned}$$

$$Pd1 = 13,2 \text{ kN/m}^2 \text{ (Beban geladak } top \text{ Deck)}$$

Maka:

$$\begin{aligned} tEa &= 1,21 \times 0,7 \times \sqrt{13,2 \times 1} + 1,5 \\ &= 4,58 \text{ mm} \\ &\approx 5 \text{ mm} \end{aligned}$$

- $tEa \text{ min} = 9 \text{ mm}$

Maka ditetapkan tebal pelat *Top Deck* = 9 mm

### 6. Tebal pelat geladak kapal *Forcastle Deck*

Dipilih yang terbesar diantara dua nilai:

- $tEa = 1,21 \times a \times \sqrt{Pd1 \times k} + tk$

Dimana:

$$\begin{aligned} a &= \text{Jarak gading} \\ &= 0,7 \end{aligned}$$

$$Pd1 = 42,6 \text{ kN/m}^2 \text{ (Beban geladak } Forcastle \text{ Deck)}$$

Maka:

$$\begin{aligned} tEa &= 1,21 \times 0,7 \times \sqrt{42,6 \times 1} + 1,5 \\ &= 6,42 \text{ mm} \\ &\approx 7 \text{ mm} \end{aligned}$$

- $tEa \text{ min} = 9 \text{ mm}$

Maka ditetapkan tebal pelat *Forcastle Deck* = 9 mm

#### 4.2.6.3 Pelat Kulit

##### A. Pelat Alas Lambung (tB)

Berikut perhitungan pelat alas menurut aturan BKI 2006 Vol. II, Sec. 6. B. 1.2:

1. Tebal pelat alas kapal daerah  $0 \leq X/L < 0,2$  (Buritan) kapal

Dipilih yang terbesar diantara tiga nilai:

$$\bullet \quad tB1 = 18,3 \times n_f \times a \sqrt{P_{b1} / \sigma_{pl}} + t_k$$

Dimana:

$$n_f = 0,83$$

$$a = \text{Jarak gading} \\ = 0,6 \text{ m}$$

$$P_{b1} = 142,64 \text{ kN/m}^2$$

$$\sigma_{pl} = \sqrt{(\sigma_{perm})^2 - 3 \times (\tau_L)^2} - (0,89 \times \sigma_{LB}) \\ = 123,2 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{perm}^2 = 230 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau_L = 0$$

$$\sigma_{LB} = 120 \text{ N/mm}^2$$

$$k = 1$$

$$t_k = 1,5 \text{ (Margin korosi)}$$

Maka:

$$tB1 = 18,3 \times 0,83 \times 0,6 \sqrt{142,64 / 123,2} + 1,5 \\ = 11,31 \text{ mm} \\ \approx 12 \text{ mm}$$

$$\bullet \quad tB2 = 1,21 \times a \times \sqrt{P_{b1} \times k} + t_k \\ = 1,21 \times 0,6 \times \sqrt{142,64} + 1,5 \\ = 10,17 \text{ mm} \\ \approx 11 \text{ mm}$$

$$\bullet \quad tB_{min} = \sqrt{L_{pp} / k} \\ = \sqrt{127,451 / 1} \\ = 11,29 \\ \approx 12 \text{ mm}$$

Maka ditetapkan tebal pelat alas kapal daerah  $0 \leq X/L < 0,2 = 12 \text{ mm}$

2. Tebal pelat alas kapal daerah  $0,2 \leq X/L < 0,7$  (Tengah) kapal

Dipilih yang terbesar diantara tiga nilai:

- $t_{B1} = 18,3 \times n_f \times a \sqrt{P_{b1} / \sigma_{pl}} + t_K$

Dimana:

$$n_f = 0,83$$

$$a = \text{Jarak gading} \\ = 0,7 \text{ m}$$

$$P_{b1} = 116,25 \text{ kN/m}^2$$

Maka:

$$t_{B1} = 10,3 \times 0,83 \times 0,7 \sqrt{116,25 / 123,2} + 1,5 \\ = 11,83 \text{ mm} \\ \approx 12 \text{ mm}$$

- $t_{B2} = 1,21 \times a \times \sqrt{P_{b1} \times k} + t_K$   
 $= 1,21 \times 0,7 \times \sqrt{116,25 \times 1} + 1,5$   
 $= 10,63$   
 $\approx 11 \text{ mm}$

- $t_{Bmin} = \sqrt{L_{pp} / k}$   
 $= \sqrt{127,451 / 1}$   
 $= 11,29$   
 $\approx 12 \text{ mm}$

Maka ditetapkan tebal pelat alas kapal daerah  $0,2 \leq X/L < 0,7 = 12 \text{ mm}$

3. Tebal pelat alas kapal daerah  $0,7 \leq X/L < 1,0$  (Haluan) kapal

Dipilih yang terbesar diantara tiga nilai:

- $t_{B1} = 18,3 \times n_f \times a \sqrt{P_{b1} / \sigma_{pl}} + t_K$

Dimana:

$$n_f = 0,83$$

$$a = \text{Jarak gading} \\ = 0,6 \text{ m}$$

$$Pb1 = 152,33 \text{ kN/m}^2$$

Maka:

$$\begin{aligned} tB1 &= 18,3 \times 0,83 \times 0,6 \sqrt{152,33 / 123,2} + 1,5 \\ &= 11,63 \text{ mm} \\ &\approx 12 \text{ mm} \end{aligned}$$

- $tB2 = 1,21 \times a \times \sqrt{Pb1 \times k} + tk$ 

$$= 1,21 \times 0,6 \times \sqrt{152,33 \times 1} + 1,5$$

$$= 10,46 \text{ mm}$$

$$\approx 11 \text{ mm}$$

- $tBmin = \sqrt{Lpp/k}$ 

$$= \sqrt{127,451/1}$$

$$= 11,29$$

$$\approx 12 \text{ mm}$$

Maka ditetapkan tebal pelat alas kapal daerah  $0 \leq X/L < 0,2 = 12 \text{ mm}$

### B. Pelat Lajur Bilga (tBs)

Berikut perhitungan pelat lajur bilga menurut BKI 2006 Vol. II, Sec. 6. B. 4.1:

1. Tebal pelat lajur bilga kapal daerah  $0 \leq X/L < 0,2$  (Buritan) kapal

$$\begin{aligned} tBs &= tB \\ &= 12 \text{ mm} \end{aligned}$$

2. Tebal pelat lajur bilga kapal daerah  $0,2 \leq X/L < 0,7$  (Tengah) kapal

$$\begin{aligned} tBs &= tB \\ &= 12 \text{ mm} \end{aligned}$$

3. Tebal pelat lajur bilga kapal daerah  $0,7 \leq X/L < 1,0$  (Haluan) kapal

$$\begin{aligned} tBs &= tB \\ &= 12 \text{ mm} \end{aligned}$$

4. Lebar pelat lajur bilga

$$b = 1800 \text{ mm}$$

Direncanakan lebar pelat lajur bilga 1800 mm



### C. Pelat Lunas Rata (tFk)

Berikut perhitungan pelat lunas menurut aturan BKI 2006 Vol. II, Sec. 6. B. 5:

1. Tebal pelat lunas rata kapal daerah  $0 \leq X/L < 0,2$  (Buritan) kapal

$$\begin{aligned}tBs &= tB + 2,0 \\ &= 14 \text{ mm}\end{aligned}$$

2. Tebal pelat lunas rata kapal daerah  $0,2 \leq X/L < 0,7$  (Tengah) kapal

$$\begin{aligned}tBs &= tB + 2,0 \\ &= 14 \text{ mm}\end{aligned}$$

3. Tebal pelat lunas kapal daerah  $0,7 \leq X/L < 1,0$  (Haluan) kapal

$$\begin{aligned}tBs &= tB + 2,0 \\ &= 14 \text{ mm}\end{aligned}$$

4. Lebar pelat lunas rata

$$b = 1800 \text{ mm}$$

Direncanakan lebar pelat lunas rata 1800 mm

### D. Pelat Sisi Lambung (tS)

Berikut perhitungan pelat sisi menurut aturan BKI 2006 Vol. II, Sec. 6. C. 1:

1. Tebal pelat sisi lambung kapal daerah  $0 \leq X/L < 0,2$  (Buritan) kapal

a) Di bawah garis air

Dipilih yang terbesar diantara dua nilai:

- $tS1 = 18,3 \times nf \times a \sqrt{Ps1/\sigma pl} + tK$

Dimana:

$$nf = 0,83$$

$$\begin{aligned}a &= \text{Jarak gading} \\ &= 0,6 \text{ m}\end{aligned}$$

$$Ps1 = 130,45 \text{ kN/m}^2$$

$$\begin{aligned}\sigma pl &= \sqrt{(\sigma perm)^2 - 3 \times (\tau L)^2} - (0,89 \times \sigma LS) \\ &= 128,18 \text{ N/mm}^2\end{aligned}$$

$$\sigma perm^2 = 230 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau L = 55 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{LB} = 120 \text{ N/mm}^2$$

$$\begin{aligned}\sigma_{LS} &= 0,76 \times \sigma_{LB} \\ &= 91,2 \text{ N/mm}^2\end{aligned}$$

$$k = 1$$

$$t_k = 1,5 \text{ (Margin korosi)}$$

Maka:

$$\begin{aligned}t_{S1} &= 18,3 \times 0,83 \times 0,6 \sqrt{130,45/128,18} + 1,5 \\ &= 10,69 \text{ mm} \\ &\approx 11 \text{ mm}\end{aligned}$$

- $t_{S2} = 1,21 \times a \times \sqrt{P_{s1} \times k} + t_k$ 

$$= 1,21 \times 0,6 \times \sqrt{130,45 \times 1} + 1,5$$

$$= 9,79 \text{ mm}$$

$$\approx 10 \text{ mm}$$

Maka ditetapkan tebal pelat sisi lambung kapal daerah  $0 \leq X/L < 0,2 = 11 \text{ mm}$

b) Di atas garis air

Dipilih yang terbesar diantara dua nilai:

- $t_{S1} = 18,3 \times n_f \times a \sqrt{P_{s1} / \sigma_{pl}} + t_k$

Dimana:

$$P_{s1} = 92,24 \text{ kN/m}^2$$

$$\sigma_{pl} = 128,18 \text{ N/mm}^2$$

Maka:

$$\begin{aligned}t_{S1} &= 18,3 \times 0,83 \times 0,6 \sqrt{92,24/128,18} + 1,5 \\ &= 9,23 \text{ mm} \\ &\approx 10 \text{ mm}\end{aligned}$$

- $t_{S2} = 1,21 \times a \times \sqrt{P_{s1} \times k} + t_k$ 

$$= 1,21 \times 0,6 \times \sqrt{92,24 \times 1} + 1,5$$

$$= 7,9 \text{ mm}$$

$$\approx 8 \text{ mm}$$

Maka ditetapkan tebal pelat sisi lambung kapal daerah  $0 \leq X/L < 0,2 = 10 \text{ mm}$

2. Tebal pelat sisi lambung kapal daerah  $0,2 \leq X/L < 0,7$  (Tengah) kapal

a) Di bawah garis air

Dipilih yang terbesar diantara dua nilai:

- $tS1 = 18,3 \times n_f \times a \times \sqrt{Ps1 / \sigma_{pl}} + tK$

Dimana:

$$a = 0,7 \text{ m}$$

$$Ps1 = 95,27 \text{ kN/m}^2$$

$$\sigma_{pl} = 128,18 \text{ N/mm}^2$$

Maka:

$$\begin{aligned} tS1 &= 18,3 \times 0,83 \times 0,7 \times \sqrt{95,27 / 128,18} + 1,5 \\ &= 10,67 \text{ mm} \\ &\approx 11 \text{ mm} \end{aligned}$$

- $tS2 = 1,21 \times a \times \sqrt{Ps1 \times k} + tK$   
 $= 1,21 \times 0,7 \times \sqrt{95,27 \times 1} + 1,5$   
 $= 9,77 \text{ mm}$   
 $\approx 10 \text{ mm}$

Maka ditetapkan tebal pelat sisi lambung kapal daerah  $0 \leq X/L < 0,2 = 11 \text{ mm}$

b) Di atas garis air

Dipilih yang terbesar diantara dua nilai:

- $tS1 = 18,3 \times n_f \times a \times \sqrt{Ps1 / \sigma_{pl}} + tK$

Dimana:

$$Ps1 = 46,35 \text{ kN/m}^2$$

Maka:

$$\begin{aligned} tS1 &= 18,3 \times 0,83 \times 0,7 \times \sqrt{46,35 / 128,18} + 1,5 \\ &= 7,89 \text{ mm} \\ &\approx 8 \text{ mm} \end{aligned}$$

- $tS2 = 1,21 \times a \times \sqrt{Ps1 \times k} + tK$   
 $= 1,21 \times 0,7 \times \sqrt{46,35 \times 1} + 1,5$   
 $\approx 8 \text{ mm}$

Maka ditetapkan tebal pelat sisi lambung kapal daerah  $0 \leq X/L < 0,2 = 10 \text{ mm}$

3. Tebal pelat sisi lambung kapal daerah  $0,7 \leq X/L < 1,0$  (Haluan) kapal

a) Di bawah garis air

Dipilih yang terbesar diantara dua nilai:

- $tS1 = 18,3 \times n_f \times a \sqrt{Ps1 / \sigma_{pl}} + tK$

Dimana:

$$a = 0,6 \text{ m}$$

$$Ps1 = 143,37 \text{ kN/m}^2$$

$$\sigma_{pl} = 128,18 \text{ N/mm}^2$$

Maka:

$$\begin{aligned} tS1 &= 18,3 \times 0,83 \times 0,6 \sqrt{143,37 / 128,18} + 1,5 \\ &= 11,14 \text{ mm} \\ &\approx 11 \text{ mm} \end{aligned}$$

- $tS2 = 1,21 \times a \times \sqrt{Ps1 \times k} + t_k$   
 $= 1,21 \times 0,6 \times \sqrt{143,37 \times 1} + 1,5$   
 $= 10,19 \text{ mm}$   
 $\approx 11 \text{ mm}$

Maka ditetapkan tebal pelat sisi lambung kapal daerah  $0 \leq X/L < 0,2 = 11 \text{ mm}$

b) Di atas garis air

Dipilih yang terbesar diantara dua nilai:

- $tS1 = 18,3 \times n_f \times a \sqrt{Ps1 / \sigma_{pl}} + tK$

Dimana:

$$Ps1 = 109,09 \text{ kN/m}^2$$

Maka:

$$\begin{aligned} tS1 &= 18,3 \times 0,83 \times 0,6 \sqrt{109,09 / 128,18} + 1,5 \\ &= 9,91 \text{ mm} \\ &\approx 10 \text{ mm} \end{aligned}$$

- $tS2 = 1,21 \times a \times \sqrt{Ps1 \times k} + t_k$   
 $= 1,21 \times 0,6 \times \sqrt{109,09 \times 1} + 1,5$   
 $\approx 10 \text{ mm}$

Maka ditetapkan tebal pelat sisi lambung kapal daerah  $0 \leq X/L < 0,2 = 10 \text{ mm}$

### E. Pelat Sisi Bangunan Atas (tSa)

Berikut perhitungan pelat sisi menurut aturan BKI 2006 Vol. II, Sec. 6. B. 1:

#### 1. Tebal pelat sisi kapal *Poop Deck*

- $t_{Sa} = 1,21 \times a \times \sqrt{Pd1 \times k} + t_k$

Dimana:

$$a = \text{Jarak gading} \\ = 0,7$$

$$Pd1 = 74,7 \text{ kN/m}^2 \text{ (Beban geladak } Poop Deck)$$

Maka:

$$t_{Sa} = 1,21 \times 0,7 \times \sqrt{74,7 \times 1} + 1,5 \\ = 8,82 \text{ mm} \\ \approx 9 \text{ mm}$$

- $t_{Sa \text{ min}} = 0,8 \times \sqrt{L_{pp} \times k} \\ = 9,6 \text{ mm} \\ \approx 10 \text{ mm}$

Maka ditetapkan tebal pelat *Poop Deck* = 10 mm

#### 2. Tebal pelat sisi kapal *Boat Deck*

- $t_{Sa} = 1,21 \times a \times \sqrt{Pd1 \times k} + t_k$

Dimana:

$$Pd1 = 63,9 \text{ kN/m}^2 \text{ (Beban geladak } Boat Deck)$$

Maka:

$$t_{Sa} = 1,21 \times 0,7 \times \sqrt{63,9 \times 1} + 1,5 \\ = 8,27 \text{ mm} \\ \approx 9 \text{ mm}$$

- $t_{Sa \text{ min}} = 10 \text{ mm}$

Maka ditetapkan tebal pelat *Boat Deck* = 10 mm

#### 3. Tebal pelat sisi kapal *Bridge Deck*

- $t_{Sa} = 1,21 \times a \times \sqrt{Pd1 \times k} + t_k$

Dimana:

$$Pd1 = 55,83 \text{ kN/m}^2 \text{ (Beban geladak } Bridge Deck)$$

Maka:

$$\begin{aligned}t_{Sa} &= 1,21 \times 0,7 \times \sqrt{55,83 \times 1} + 1,5 \\ &= 7,83 \text{ mm} \\ &\approx 8 \text{ mm}\end{aligned}$$

- $t_{Sa \text{ min}} = 10 \text{ mm}$

Maka ditetapkan tebal pelat *Bridge Deck* = 10 mm

#### 4. Tebal pelat sisi kapal *Navigation Deck*

- $t_{Sa} = 1,21 \times a \times \sqrt{Pd1 \times k} + t_k$

Dimana:

$$Pd1 = 49,57 \text{ kN/m}^2 \text{ (Beban geladak } Navigation Deck)$$

Maka:

$$\begin{aligned}t_{Sa} &= 1,21 \times 0,7 \times \sqrt{49,57 \times 1} + 1,5 \\ &= 7,36 \text{ mm} \\ &\approx 8 \text{ mm}\end{aligned}$$

- $t_{Sa \text{ min}} = 10 \text{ mm}$

Maka ditetapkan tebal pelat *Navigation Deck* = 10 mm

#### 5. Tebal pelat sisi kapal *Forcastle Deck*

Dipilih yang terbesar diantara dua nilai:

- $t_{Sa} = 1,21 \times a \times \sqrt{Pd1 \times k} + t_k$

Dimana:

$$Pd1 = 88,35 \text{ kN/m}^2 \text{ (Beban geladak } Forcastle Deck)$$

Maka:

$$\begin{aligned}t_{Sa} &= 1,21 \times 0,7 \times \sqrt{88,35 \times 1} + 1,5 \\ &= 9,36 \text{ mm} \\ &\approx 10 \text{ mm}\end{aligned}$$

- $t_{Sa \text{ min}} = 10 \text{ mm}$

Maka ditetapkan tebal pelat *Forcastle Deck* = 10 mm

## F. Pelat Lajur Atas (tSs)

Berikut perhitungan pelat lajur atas menurut BKI 2006 Vol. II, Sec. 6. C. 3.2:

1. Tebal pelat lajur atas kapal daerah  $0 \leq X/L < 0,2$  (Buritan) kapal

$$\begin{aligned}t_{Ss} &= tS \\ &= 10 \text{ mm}\end{aligned}$$

2. Tebal pelat lajur atas kapal daerah  $0,2 \leq X/L < 0,7$  (Tengah) kapal

$$\begin{aligned}t_{Ss} &= tS \\ &= 10 \text{ mm}\end{aligned}$$

3. Tebal pelat lajur atas kapal daerah  $0,7 \leq X/L < 1,0$  (Haluan) kapal

$$\begin{aligned}t_{Ss} &= tS \\ &= 10 \text{ mm}\end{aligned}$$

4. Lebar plat lajur atas

$$b = 1800 \text{ mm}$$

## G. Pelat *Sea Chest* (t)

$$t = 12 \times a \times \sqrt{(p \times k)} + tK$$

Dimana:

$$a = 0,7$$

$$p = 2 \text{ bar}$$

$$k = 1$$

Maka:

$$\begin{aligned}t &= 12 \times 0,7 \times \sqrt{(2 \times 1)} + 1,5 \\ &= 13,68 \text{ mm} \\ &\approx 14 \text{ mm}\end{aligned}$$

## H. Pelat *Bulwark*

$$t = 0,65 \times \sqrt{Lpp}$$

Dimana:

$$a = 127,451$$

Maka:

$$\begin{aligned}t &= 0,65 \times \sqrt{127,451} \\ &= 8 \text{ mm}\end{aligned}$$

## I. Pelat Bulkhead (Sekat Kedap Air)

### 1. Sekat tubrukan buritan dan haluan

$$t = C_p \times a \times \sqrt{p} + tK$$

Dimana:

$$C_p = 1,1 \times \sqrt{f}$$

$$= 1,036$$

$$f = 235/ReH$$

$$= 0,887 \text{ N/mm}^2$$

$$ReH = 265 \text{ N/mm}^2$$

$$p = 9,81 \times h^1$$

$$= 84,76 \text{ kN/m}^2$$

$$h^1 = 2/3 \times (H + 1)$$

$$= 2/3 \times (11,96 + 1)$$

$$= 8,64 \text{ m}$$

$$a = 0,7$$

$$tK = 1,5 \text{ (Faktor korosi)}$$

Maka:

$$t = C_p \times a \times \sqrt{p} + tK$$

$$= 1,036 \times 0,7 \times \sqrt{84,76} + 1,5$$

$$= 8,1 \text{ mm} \approx 9 \text{ mm}$$

### 2. Sekat kedap air lainnya

$$t = C_p \times a \times \sqrt{p} + tK$$

Dimana:

$$C_p = 0,9 \times \sqrt{f}$$

$$= 0,9 \times \sqrt{0,887}$$

$$= 0,847$$

Maka:

$$t = C_p \times a \times \sqrt{p} + tK$$

$$= 0,847 \times 0,7 \times \sqrt{84,76} + 1,5$$

$$= 6,96 \text{ mm} \approx 8 \text{ mm}$$



#### 4.2.6.4 Konstruksi Dasar Ganda

##### A. Secara Umum

1. Pada kapal tanker, dasar ganda terletak antara sekat tubrukan dengan sekat buritan.
2. Dalam tangki ceruk haluan dan ceruk buritan tidak perlu dipasang alas ganda.

##### B. Penumpu Tengah (*Center Girder*)

1. Penumpu tengah harus kedap air sekurang-kurangnya 0,5 L tengah kapal, jika alas ganda tidak dibagi kedap air oleh penumpu samping.
2. Tinggi *Center Girder*

$$\begin{aligned}h &= 350 + 45 B \\ &= 350 + 45 (20,27) \\ &= 1262,15 \text{ mm} \\ &\approx 1300 \text{ mm}\end{aligned}$$

##### 3. Tebal *Center Girder*

###### a. Tebal *Center Girder* pada 0,7 L

$$t_m = h / h_a (h/100 + 1) \times \sqrt{k}$$

Dimana:

$$\begin{aligned}h &= 1262,15 \text{ mm} \\ h_a &= \text{Tinggi } \textit{Center Girder} \\ &= 1300 \text{ mm} \\ k &= 1\end{aligned}$$

Maka:

$$\begin{aligned}t_m &= 1262,15 / 1300 (1262,15/100 + 1) \times \sqrt{1} \\ &= 13,22 \text{ mm} \\ &\approx 14 \text{ mm}\end{aligned}$$

###### a. Tebal *Center Girder* pada 0,15 L

$$\begin{aligned}t_e &= t_m + 10\% t_m \\ &= 14,3 \text{ mm} \\ &\approx 15 \text{ mm}\end{aligned}$$

### C. Penumpu Samping (*Side Girder*)

1. Penumpu samping sekurang-kurangnya dipasang dalam kamar mesin dan 0,25 L bagian haluan. Satu penumpu samping dipasang apabila lebar horizontal dari sisi bawah plat tepi ke penumpu tengah lebih dari 4,5 m.

2. Jumlah *Side Girder* berdasarkan rules BKI:

- Untuk  $\frac{1}{2} B \geq 4,5$  meter, menggunakan 1 *side girder*
- Untuk  $\frac{1}{2} B \geq 8$  meter, menggunakan 2 *side girder*
- Untuk  $\frac{1}{2} B \geq 10,5$  meter, menggunakan 3 *side girder*

Dalam kapal rancangan  $\frac{1}{2} B = 10,135$  m , maka dipasang 2 *side girder*.

3. Tebal *Side Girder*

$$\begin{aligned} t &= h^2 / 120 h \\ &= 1300^2 / 120 (1300) \\ &= 10,21 \text{ mm} \\ &\approx 11 \text{ mm} \end{aligned}$$

### D. Pelat alas dalam

1. Tebal pelat alas dalam

$$t = 1,1 \times a \times \sqrt{(p \times k)} + t_K$$

Dimana:

$$\begin{aligned} a &= 0,7 \text{ m} \\ p &= 90,72 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

Maka:

$$\begin{aligned} t &= 1,1 \times 0,6 \times \sqrt{(90,72 \times 1)} + 1,5 \\ &= 7,79 \text{ mm} \\ &\approx 8 \text{ mm} \end{aligned}$$

2. Tebal pelat alas dalam pada kamar mesin

$$\begin{aligned} t &= \text{pelat alas} + 2 \text{ mm} \\ &= 8 \text{ mm} + 2 \text{ mm} \\ &= 10 \text{ mm} \end{aligned}$$

## E. Alas Ganda

### 1. Wrang Alas penuh (Wrang Plate)

- Pada sistem gading melintang pada alas ganda dianjurkan untuk memasang wrang alas penuh pada setiap gading, dimana sistem gadingnya adalah:
- Wrang alas penuh harus dipasang dibawah sekat melintang ruang muat.
- Jarak terbesar wrang alas penuh tidak melebihi :
  - 2,9 m untuk kapal  $L \geq 100$  m
  - 2,6 m untuk kapal  $L \leq 140$  m
  - 2,4 m untuk kapal  $L > 140$  m

### 2. Wrang penuh

- Tebal wrang penuh:
$$t = t_m - 2,0$$
$$= 14,0 - 2,0$$
$$= 12,0 \text{ mm}$$
- Lubang (*man hole*) wrang penuh adalah :

$$\begin{aligned} \text{Panjang max} &= 0,75 \times h \\ &= 0,75 \times 1300 \text{ mm} \\ &= 975 \text{ mm} \approx 1000 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Tinggi max} &= 0,5 \times h \\ &= 0,5 \times 1300 \text{ mm} \\ &= 650 \text{ mm} \approx 700 \text{ mm} \end{aligned}$$

### 3. Wrang Alas Kedap Air

- Tebal wrang alas kedap air tidak boleh kurang dari tebal wrang alas penuh = 10,0 mm.
- Ukuran stiffener pada wrang kedap air

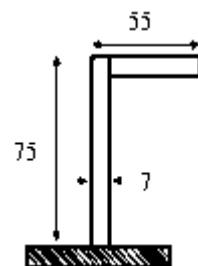
$$W = n \times c \times a \times l^2 \times p \times k$$

Dimana

$$P = 93,06 \text{ kN/m}^2$$

Maka:

$$\begin{aligned} W &= 0,55 \times 1 \times 0,7 \times (1,0)^2 \times 93,06 \text{ kN/m}^2 \times 1,0 \\ &= 35,82 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$



Profil yang akan direncanakan adalah profil L = 75 x 55 x 7

#### 4. Pembujur alas (*Bottom Longitudinal*)

$$W = 83,3 / \sigma_{pr} \times m \times a \times l^2 \times P_b$$

Dimana:

$$\sigma_{pr} = 150 \text{ N/m}^2$$

$$k = 1,0$$

$$m = k \times n \text{ dengan } n = 0,7$$

$$= 1 \times 0,7 = 0,7$$

$$a = \text{jarak antar pembujur alas}$$

$$= 0,7 \text{ m}$$

$$l = 3,5 \text{ m}$$

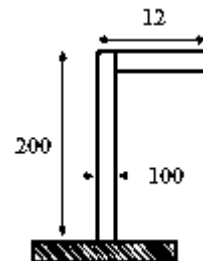
$$P_b = 109,07 \text{ kN/m}^2$$

Maka:

$$W = 83,3 / 150 \times 0,7 \times 0,7 \times (3,5)^2 \times 109,07$$

$$= 363,57 \text{ cm}^3$$

Profil yang akan direncanakan adalah profil L = 200 x 100 x 12



#### 5. Pembujur alas dalam (*Inner Bottom Longitudinal*)

$$W = 83,3 / \sigma_{pr} \times m \times a \times l^2 \times P_b$$

Dimana:

$$\sigma_{pr} = 150 \text{ N/m}^2$$

$$k = 1,0$$

$$m = k \times n \text{ dengan } n = 0,55$$

$$= 1 \times 0,55 = 0,55$$

$$a = \text{jarak antar pembujur alas}$$

$$= 0,7 \text{ m}$$

$$l = 3,5 \text{ m}$$

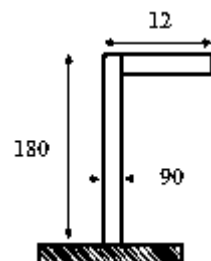
$$P_b = 109,07 \text{ kN/m}^2$$

Maka:

$$W = 83,3 / 150 \times 0,55 \times 0,7 \times (3,5)^2 \times 93,06$$

$$= 285,66 \text{ cm}^3$$

Profil yang akan direncanakan adalah profil L = 180 x 90 x 12



#### 4.2.6.5 Profil Gading-Gading

##### A. Gading Utama (*Main Frame*)

Berikut perhitungan gading utama menurut aturan BKI 2006 Vol. II, Sec. 9. A. 2.1:

1. Gading utama pada daerah  $0 \leq X/L < 0,2$  (Buritan) kapal

$$W = n \times c \times a \times l^2 \times Ps_2 \times Cr \times k$$

Dimana:

$$nc = 0,2$$

$$a = 0,6 \text{ m}$$

$$l = H \\ = 11,96$$

$$Ps_2 = 112,77 \text{ kN/m}^2$$

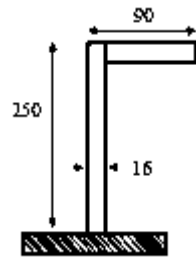
$$Cr = 0,75 \text{ (Faktor gading-gading)}$$

$$k = 0,66$$

Maka:

$$W = 0,2 \times 0,6 \times (11,96)^2 \times 112,77 \times 0,75 \times 0,66 \\ = 958,16 \text{ cm}^3$$

Profil yang akan direncanakan adalah profil  $L = 250 \times 90 \times 16$



2. Gading utama pada daerah  $0,2 \leq X/L < 0,7$  (Tengah) kapal

$$W = n \times c \times a \times l^2 \times Ps_2 \times Cr \times k$$

Dimana:

$$a = 0,7 \text{ m}$$

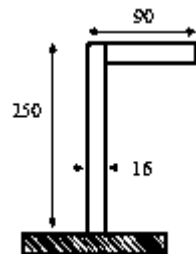
$$l = (H - h_{db}) \\ = 10,66$$

$$Ps_2 = 86,38 \text{ kN/m}^2$$

Maka:

$$W = 0,2 \times 0,7 \times (10,66)^2 \times 86,38 \times 0,75 \times 0,66 \\ = 618,39 \text{ cm}^3$$

Profil yang akan direncanakan adalah profil  $L = 250 \times 90 \times 16$



3. Gading utama pada daerah  $0,7 \leq X/L < 1,0$  (Haluan) kapal

$$W = n \times c \times a \times l^2 \times Ps2 \times Cr \times k$$

Dimana:

$$a = 0,6 \text{ m}$$

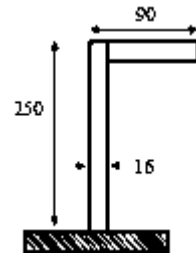
$$l = 11,96 \text{ m}$$

$$Ps2 = 122,46 \text{ kN/m}^2$$

Maka:

$$\begin{aligned} W &= 0,2 \times 0,6 \times (11,96)^2 \times 122,46 \times 0,75 \times 0,6 \\ &= 981,21 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

Profil yang akan direncanakan adalah profil  $L = 250 \times 90 \times 16$



## B. Gading Utama Bangunan Atas

1. Gading utama pada *Poop Deck*

$$W = n \times c \times a \times l^2 \times Ps2 \times Cr \times k$$

Dimana:

$$a = \text{Jarak gading}$$

$$= 0,7 \text{ m}$$

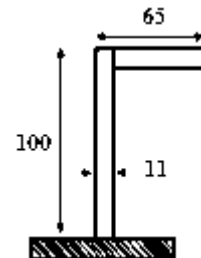
$$l = 2,4 \text{ m}$$

$$Psa2 = 56,02 \text{ kN/m}^2$$

Maka:

$$\begin{aligned} W &= 0,55 \times 1 \times 0,7 \times (2,4)^2 \times 56,02 \times 0,75 \times 1 \\ &= 93,18 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

Profil yang akan direncanakan adalah profil  $L = 100 \times 65 \times 11$



2. Gading utama pada *Boat Deck*

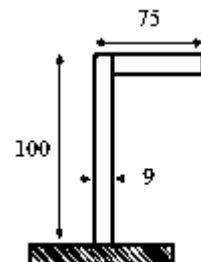
$$W = n \times c \times a \times l^2 \times Ps2 \times Cr \times k$$

Dimana:

$$Psa2 = 47,92 \text{ kN/m}^2$$

Maka:

$$\begin{aligned} W &= 0,55 \times 1 \times 0,7 \times (2,4)^2 \times 47,92 \times 0,75 \times 1 \\ &= 79,71 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$



Profil yang akan direncanakan adalah profil L = 100 x 75 x 9

### 3. Gading utama pada *Bridge Deck*

$$W = n \times c \times a \times l^2 \times Ps_2 \times Cr \times k$$

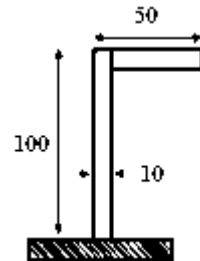
Dimana:

$$Ps_2 = 41,87 \text{ kN/m}^2$$

Maka:

$$\begin{aligned} W &= 0,55 \times 1 \times 0,7 \times (2,4)^2 \times 41,87 \times 0,75 \times 1 \\ &= 69,64 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

Profil yang akan direncanakan adalah profil L = 100 x 50 x 10



### 4. Gading utama pada *Navigation Deck*

$$W = n \times c \times a \times l^2 \times Ps_2 \times Cr \times k$$

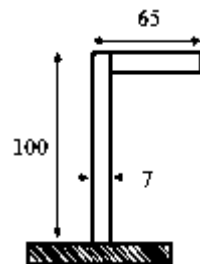
Dimana:

$$Ps_2 = 37,17 \text{ kN/m}^2$$

Maka:

$$\begin{aligned} W &= 0,55 \times 1 \times 0,7 \times (2,4)^2 \times 37,17 \times 0,75 \times 1 \\ &= 61,8 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

Profil yang akan direncanakan adalah profil L = 100 x 65 x 7



### 5. Gading utama pada *Forcastle Deck*

$$W = n \times c \times a \times l^2 \times Ps_2 \times Cr \times k$$

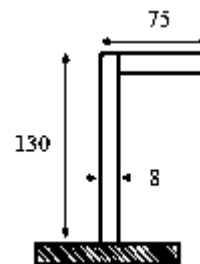
Dimana:

$$Ps_2 = 66,26 \text{ kN/m}^2$$

Maka:

$$\begin{aligned} W &= 0,55 \times 1 \times 0,7 \times (2,4)^2 \times 66,26 \times 0,75 \times 1 \\ &= 110,21 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

Profil yang akan direncanakan adalah profil L = 130 x 75 x 8



### C. Pembujur Sisi dan Pembujur Geladak (*Side and deck Longitudinal*)

#### 1. Gading pembujur sisi

$$W = n \times c \times a \times l^2 \times P1 \times Cr \times k$$

Dimana:

$$n = 0,55$$

$$c = 1$$

$$a = \text{Jarak gading}$$

$$= 0,7 \text{ m}$$

$$l = (H - Hdb) / 5$$

$$= (11,96 - 1,3) / 5$$

$$= 2,132 \text{ m}$$

$$P1 = 9,81 \times h1 \times p (1 - av) + 100 Pv \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

$$= 9,81 \times 10,66 \times 1 (1 - 0,126) + 100(0,25 \text{ kN/m}^2)$$

$$= 116,4 \text{ kN/m}^2$$

$$h1 = (H - Hdb)$$

$$= 10,66$$

$$aV = F \times m$$

$$= 0,126 \times 1$$

$$= 0,126$$

$$F = 0,11 \times Vs / \sqrt{Lpp}$$

$$= 0,11 \times 13 / \sqrt{127,451}$$

$$= 0,126$$

$$m = 1$$

$$Pv = 0,275 \text{ kN/m}^2$$

$$Cr = 0,75$$

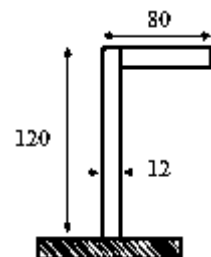
$$k = 1$$

Maka:

$$W = 0,55 \times 1 \times 0,7 \times (2,132)^2 \times 116,4 \times 0,75 \times 1$$

$$= 152,77 \text{ cm}^3$$

Profil yang akan direncanakan adalah profil L = 120 x 80 x 12





## 2. Gading pembujur geladak

$$W = 83,3/\sigma_{pr} \times m \times a \times l^2 \times \rho$$

Dimana:

$$\sigma_{pr} = 150 \text{ N/m}^2$$

$$k = 1,0$$

$$m = k \times n \text{ dengan } n = 0,7$$

$$= 1 \times 0,7 = 0,7$$

$$a = \text{jarak antar pembujur alas}$$

$$= 0,7 \text{ m}$$

$$l = 3,5 \text{ m}$$

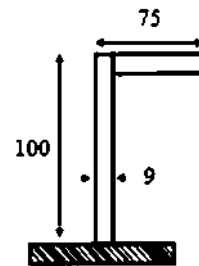
$$P_{b2} = 23,03 \text{ kN/m}^2$$

Maka:

$$W = 83,3/150 \times 0,7 \times 0,7 \times (3,5)^2 \times 23,03$$

$$= 76,76 \text{ cm}^3$$

Profil yang akan direncanakan adalah profil L = 100 x 65 x 9



#### D. Gading Besar (*Web Frame*)

Berikut perhitungan gading besar menurut aturan BKI 2006 Vol. II, Sec. 9. A. 5.3.1:

1. Gading-gading besar pada daerah kamar mesin

$$W = 0,55 \times e \times l^2 \times Ps3 \times nc \times k$$

Dimana:

$$e = 3,5 \text{ (Jarak web frame)}$$

$$l = (H - Hdb) \\ = (11,96 - 1,6) \\ = 10,36 \text{ m}$$

$$Ps3 = 81,05 \text{ kN/m}^2$$

Maka:

$$W = 0,55 \times 3,5 \times (10,36)^2 \times 81,05 \times 0,2 \times 0,66 \\ = 2210,56 \text{ cm}^3$$

Profil yang akan direncanakan adalah profil T 450 x 13 FP 250 x 13

Koreksi Modulus:

$$tS = 11 \text{ mm}$$

$$F = (40 \sim 50) \times t \\ = 50 \times 1,1 \text{ cm} \\ = 55 \text{ cm}^2$$

$$f = 250 \text{ cm} \times 1,3 \text{ cm} \\ = 32,5 \text{ cm}^2$$

$$fs = 45 \text{ cm} \times 1,3 \text{ cm} \\ = 58,5 \text{ cm}^2$$

$$f/F = 0,59$$

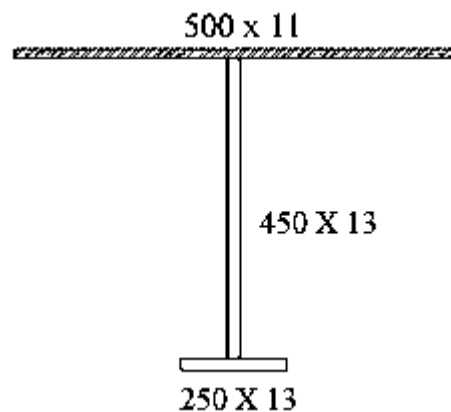
$$fs/F = 1,06$$

$$w = 0,89 \text{ (dari grafik)}$$

Maka:

$$W = w \times F \times h \\ = 0,89 \times 55 \times 45 \\ = 2225,025 \text{ cm}^3$$

W rencana > W perhitungan (memenuhi)



2. Gading-gading besar pada daerah  $0 \leq X/L < 0,2$  (Buritan) kapal

$$W = 0,55 e \times l^2 \times Ps3 \times nc \times k$$

Dimana:

$$e = 5 \times 0,6$$

$$= 3 \text{ (Jarak web frame)}$$

$$l = H / 5$$

$$= 11,96 / 5$$

$$= 2,392 \text{ m}$$

$$Ps3 = 102,16 \text{ kN/m}^2$$

$$nc = 0,2$$

Maka:

$$W = 0,55 \times 3 \times (11,96)^2 \times 102,16 \times 0,2 \times 0,66$$

$$= 2630,36 \text{ cm}^3$$

Profil yang akan direncanakan adalah profil T 520 x 13 FP 300 x 13

Koreksi Modulus:

$$tS = 11 \text{ mm}$$

$$F = (40 \sim 50) \times t$$

$$= 50 \times 1,1 \text{ cm}$$

$$= 55 \text{ cm}^2$$

$$f = 30 \text{ cm} \times 1,3 \text{ cm}$$

$$= 39 \text{ cm}^2$$

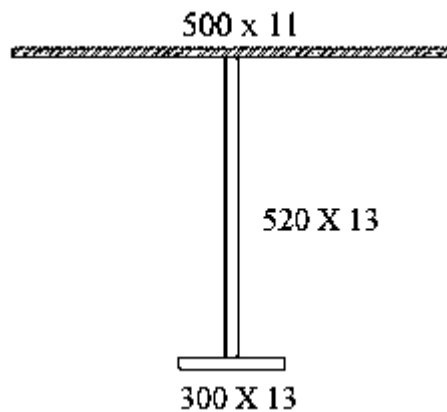
$$fs = 52 \text{ cm} \times 1,3 \text{ cm}$$

$$= 67,6 \text{ cm}^2$$

$$f/F = 0,71$$

$$fs/F = 1,23$$

$$w = 0,94 \text{ (dari grafik)}$$



Maka:

$$W = w \times F \times h$$

$$= 0,95 \times 55 \times 52$$

$$= 2717 \text{ cm}^3$$

W rencana > W perhitungan (memenuhi)

3. Gading-gading besar pada daerah  $0,2 \leq X/L < 0,7$  (Tengah) kapal

$$W = 0,55 \times e \times l^2 \times Ps3 \times nc \times k$$

Dimana:

$$e = 3,5 \text{ (Jarak web frame)}$$

$$l = (H - Hdb) \\ = (11,96 - 1,6) \\ = 10,36 \text{ m}$$

$$Ps3 = 81,05 \text{ kN/m}^2$$

$$nc = 0,2$$

Maka:

$$W = 0,55 \times 3,5 \times (10,36)^2 \times 81,05 \times 0,2 \times 0,66 \\ = 2210,56 \text{ cm}^3$$

Profil yang akan direncanakan adalah profil T 450 x 13 FP 250 x 13

Koreksi Modulus:

$$tS = 11 \text{ mm}$$

$$F = (40 \sim 50) \times t \\ = 50 \times 1,1 \text{ cm} \\ = 55 \text{ cm}^2$$

$$f = 250 \text{ cm} \times 1,3 \text{ cm} \\ = 32,5 \text{ cm}^2$$

$$fs = 45 \text{ cm} \times 1,3 \text{ cm} \\ = 58,5 \text{ cm}^2$$

$$f/F = 0,59$$

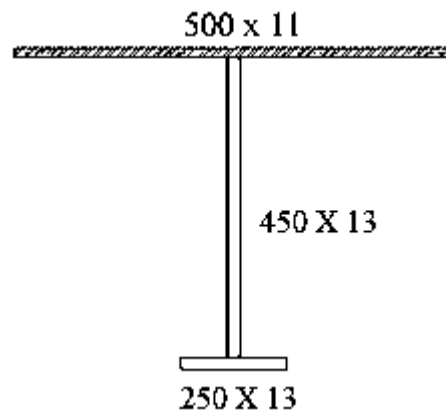
$$fs/F = 1,06$$

$$w = 0,89 \text{ (dari grafik)}$$

Maka:

$$W = w \times F \times h \\ = 0,89 \times 55 \times 45 \\ = 2225,025 \text{ cm}^3$$

W rencana > W perhitungan (memenuhi)



4. Gading-gading besar pada daerah  $0,7 \leq X/L < 1,0$  (Haluan) kapal

$$W = 0,55 e \times l^2 \times Ps3 \times nc \times k$$

Dimana:

$$e = 5 \times 0,6$$

$$= 3 \text{ (Jarak web frame)}$$

$$l = H$$

$$= 11,96$$

$$= 2,392 \text{ m}$$

$$Ps3 = 109,92 \text{ kN/m}^2$$

$$nc = 0,2$$

Maka:

$$W = 0,55 \times 3 \times (11,96)^2 \times 109,92 \times 0,2 \times 0,66$$

$$= 3252,11 \text{ cm}^3$$

Profil yang akan direncanakan adalah profil T 520 x 14 FP 300 x 14

Koreksi Modulus:

$$tS = 12 \text{ mm}$$

$$F = (40 \sim 50) \times t$$

$$= 50 \times 1,2 \text{ cm}$$

$$= 60 \text{ cm}^2$$

$$f = 30 \text{ cm} \times 1,4 \text{ cm}$$

$$= 42 \text{ cm}^2$$

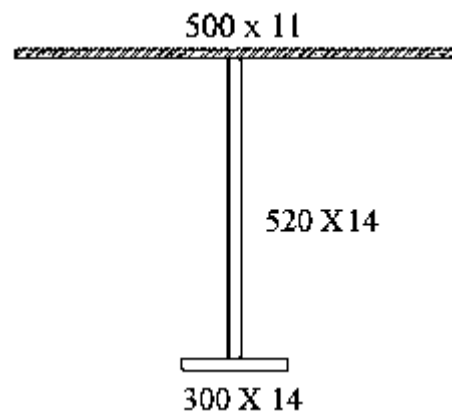
$$fs = 34 \text{ cm} \times 1,4 \text{ cm}$$

$$= 72,8 \text{ cm}^2$$

$$f/F = 0,76$$

$$fs/F = 1,32$$

$$w = 1,15 \text{ (dari grafik)}$$



Maka:

$$W = w \times F \times h$$

$$= 1,15 \times 60 \times 52$$

$$= 3289 \text{ cm}^3$$

W rencana > W perhitungan (memenuhi)

## E. Gading Besar Bangunan Atas

### 1. Gading-gading besar pada *Poop Deck*

$$W = 0,55 e \times l^2 \times Psa3 \times k$$

Dimana:

$$e = 5 \times 0,7 \\ = 3,5 \text{ (Jarak web frame)}$$

$$l = 2,4 \text{ m}$$

$$Psa3 = 44,82 \text{ kN/m}^2$$

$$k = 1 \text{ (Faktor beban)}$$

Maka:

$$W = 0,55 \times 3,5 \times (2,4)^2 \times 44,82 \times 1 \\ = 496,99 \text{ cm}^3$$

Profil yang akan direncanakan adalah profil T 260 x 12 FP 90 x 12

Koreksi Modulus:

$$tSa = 10 \text{ mm}$$

$$F = (40 \sim 50) \times t \\ = 50 \times 1 \text{ cm} \\ = 50 \text{ cm}^2$$

$$f = 9 \text{ cm} \times 1,2 \text{ cm} \\ = 10,8 \text{ cm}^2$$

$$fs = 26 \text{ cm} \times 1,2 \text{ cm} \\ = 31,2 \text{ cm}^2$$

$$f/F = 0,22$$

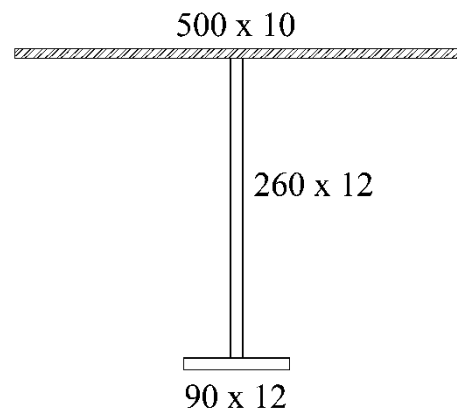
$$fs/F = 0,62$$

$$w = 0,39 \text{ (dari grafik)}$$

Maka:

$$W = w \times F \times h \\ = 0,39 \times 50 \times 26 \\ = 507 \text{ cm}^3$$

W rencana > W perhitungan (memenuhi)



## 2. Gading-gading besar pada *Boat Deck*

$$W = 0,55 e \times l^2 \times P_{sa3} \times k$$

Dimana:

$$e = 5 \times 0,7 \\ = 3,5 \text{ (Jarak web frame)}$$

$$l = 2,4 \text{ m}$$

$$P_{sa3} = 38,34 \text{ kN/m}^2$$

$$k = 1 \text{ (Faktor beban)}$$

Maka:

$$W = 0,55 \times 3,5 \times (2,4)^2 \times 38,34 \times 1 \\ = 364,4 \text{ cm}^3$$

Profil yang akan direncanakan adalah profil T 240 x 11 FP 90 x 11

Koreksi Modulus:

$$t_{Sa} = 10 \text{ mm}$$

$$F = (40 \sim 50) \times t \\ = 50 \times 1 \text{ cm} \\ = 50 \text{ cm}^2$$

$$f = 9 \text{ cm} \times 1,1 \text{ cm} \\ = 9,9 \text{ cm}^2$$

$$f_s = 24 \text{ cm} \times 1,1 \text{ cm} \\ = 26,4 \text{ cm}^2$$

$$f/F = 0,2$$

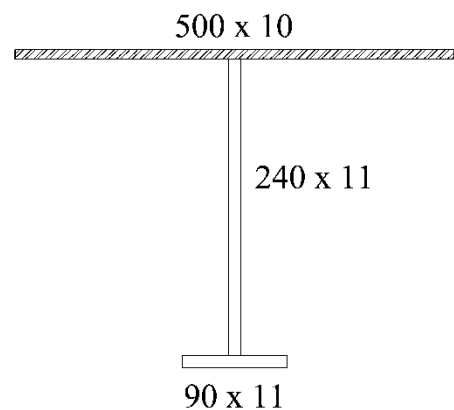
$$f_s/F = 0,53$$

$$w = 0,33 \text{ (dari grafik)}$$

Maka:

$$W = w \times F \times h \\ = 0,33 \times 50 \times 24 \\ = 396 \text{ cm}^3$$

W rencana > W perhitungan (memenuhi)



### 3. Gading-gading besar pada *Bridge Deck*

$$W = 0,55 e x l^2 x Psa3 x k$$

Dimana:

$$e = 5 x 0,7$$
$$= 3,5 \text{ (Jarak web frame)}$$

$$l = 2,4 \text{ m}$$

$$Psa3 = 33,5 \text{ kN/m}^2$$

$$k = 1 \text{ (Faktor beban)}$$

Maka:

$$W = 0,55 x 3,5 x (2,4)^2 x 33,5 x 1$$
$$= 318,37 \text{ cm}^3$$

Profil yang akan direncanakan adalah profil T 240 x 10 FP 90 x 10

Koreksi Modulus:

$$tSa = 10 \text{ mm}$$

$$F = (40 \sim 50) x t$$

$$= 50 x 1 \text{ cm}$$

$$= 50 \text{ cm}^2$$

$$f = 9 \text{ cm} x 1 \text{ cm}$$

$$= 9 \text{ cm}^2$$

$$fs = 24 \text{ cm} x 1 \text{ cm}$$

$$= 24 \text{ cm}^2$$

$$f/F = 0,18$$

$$fs/F = 0,48$$

$$w = 0,31 \text{ (dari grafik)}$$

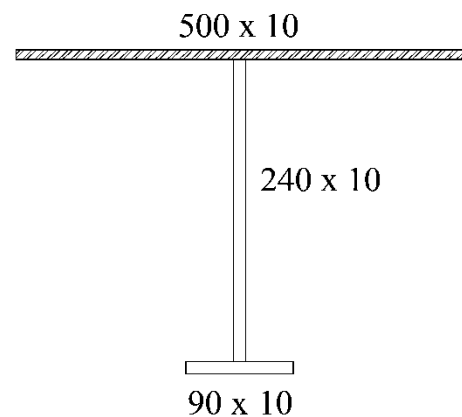
Maka:

$$W = w x F x h$$

$$= 0,31 x 50 x 24$$

$$= 372 \text{ cm}^3$$

W rencana > W perhitungan (memenuhi)





#### 4. Gading-gading besar pada *Navigation Deck*

$$W = 0,55 e x l^2 x Psa3 x k$$

Dimana:

$$e = 5 x 0,7$$
$$= 3,5 \text{ (Jarak web frame)}$$

$$l = 2,4 \text{ m}$$

$$Psa3 = 29,74 \text{ kN/m}^2$$

$$k = 1 \text{ (Faktor beban)}$$

Maka:

$$W = 0,55 x 3,5 x (2,4)^2 x 29,74 x 1$$
$$= 282,67 \text{ cm}^3$$

Profil yang akan direncanakan adalah profil T 220 x 10 FP 90 x 10

Koreksi Modulus:

$$tSa = 10 \text{ mm}$$

$$F = (40 \sim 50) x t$$

$$= 50 x 1 \text{ cm}$$

$$= 50 \text{ cm}^2$$

$$f = 9 \text{ cm} x 1 \text{ cm}$$

$$= 9 \text{ cm}^2$$

$$fs = 22 \text{ cm} x 1 \text{ cm}$$

$$= 22 \text{ cm}^2$$

$$f/F = 0,18$$

$$fs/F = 0,44$$

$$w = 0,3 \text{ (dari grafik)}$$

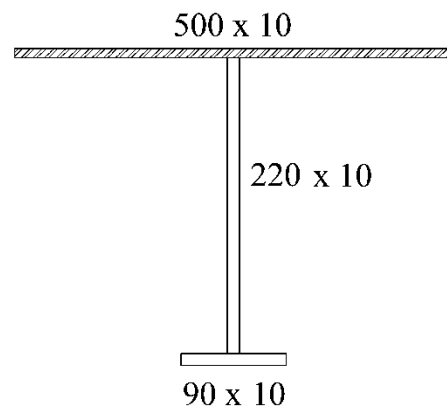
Maka:

$$W = w x F x h$$

$$= 0,3 x 50 x 22$$

$$= 330 \text{ cm}^3$$

W rencana > W perhitungan (memenuhi)



5. Gading-gading besar pada *Forcastle Deck*

$$W = 0,55 e \times l^2 \times P_{sa3} \times k$$

Dimana:

$$e = 5 \times 0,7 \\ = 3,5 \text{ (Jarak web frame)}$$

$$l = 2,4 \text{ m}$$

$$P_{sa3} = 53,01 \text{ kN/m}^2$$

$$k = 1 \text{ (Faktor beban)}$$

Maka:

$$W = 0,55 \times 3,5 \times (2,4)^2 \times 53,01 \times 1 \\ = 503,83 \text{ cm}^3$$

Profil yang akan direncanakan adalah profil T 260 x 13 FP 90 x 13

Koreksi Modulus:

$$t_{Sa} = 10 \text{ mm}$$

$$F = (40 \sim 50) \times t \\ = 50 \times 1,3 \text{ cm} \\ = 50 \text{ cm}^2$$

$$f = 9 \text{ cm} \times 1,3 \text{ cm} \\ = 11,7 \text{ cm}^2$$

$$f_s = 26 \text{ cm} \times 1,3 \text{ cm} \\ = 33,8 \text{ cm}^2$$

$$f/F = 0,23$$

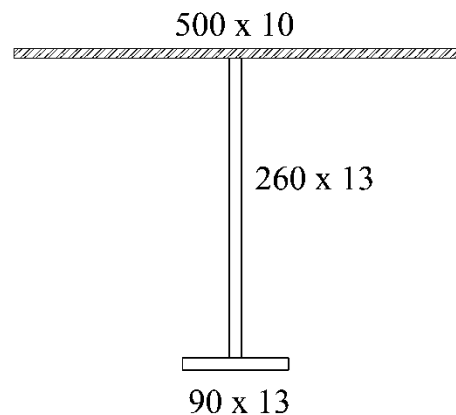
$$f_s/F = 0,68$$

$$w = 0,41 \text{ (dari grafik)}$$

Maka:

$$W = w \times F \times h \\ = 0,41 \times 50 \times 26 \\ = 533 \text{ cm}^3$$

W rencana > W perhitungan (memenuhi)



#### 4.2.6.6 Balok Geladak (*Deck Beam* dan *Strong Beam*)

Berikut perhitungan balok geladak menurut aturan BKI 2006 Vol. II, Sec. 10. B. 1:

##### A. Balok Geladak (*Deck Beam*)

1. Balok geladak pada daerah  $0 \leq X/L < 0,2$  (Buritan) kapal

$$W = c \times a \times Pd2 \times l^2$$

Dimana:

$$a = 0,6 \text{ (Jarak gading)}$$

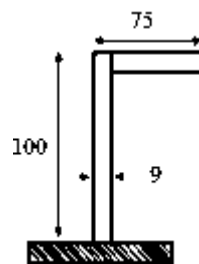
$$Pd2 = 26,67 \text{ kN/m}^2$$

$$l = (0,5 \times B) / 4 \\ = 2,53 \text{ m}$$

Maka:

$$W = 0,55 \times 0,6 \times 26,67 \times (2,8)^2 \\ = 77,04 \text{ cm}^3$$

Profil yang akan direncanakan adalah profil  $L = 100 \times 75 \times 9$



2. Balok geladak pada daerah kamar mesin

$$W = c \times a \times Pd2 \times l^2$$

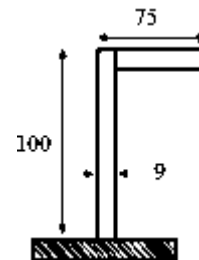
Dimana:

$$Pd2 = 23,03 \text{ kN/m}^2$$

Maka:

$$W = 0,55 \times 0,7 \times 23,03 \times (2,8)^2 \\ = 77,64 \text{ cm}^3$$

Profil yang akan direncanakan adalah profil  $L = 100 \times 75 \times 9$



3. Balok geladak pada daerah  $0,7 \leq X/L < 1,0$  (Haluan) kapal

$$W = c \times a \times Pd2 \times l^2$$

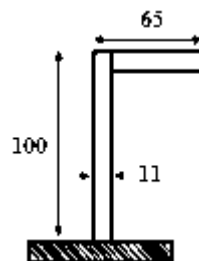
Dimana:

$$Pd2 = 31,95 \text{ kN/m}^2$$

Maka:

$$W = 0,55 \times 0,6 \times 31,95 \times (2,8)^2 \times 1 \\ = 92,3 \text{ cm}^3$$

Profil yang akan direncanakan adalah profil  $L = 100 \times 65 \times 11$



## B. Balok Geladak Bangunan Atas

### 1. Balok geladak pada daerah *Poop Deck*

$$W = c \times a \times P_{da2} \times l^2$$

Dimana:

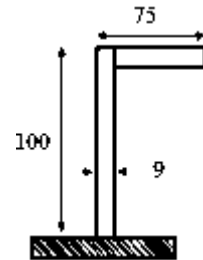
$$a = 0,7 \text{ (Jarak gading)}$$

$$P_{da2} = 23,47 \text{ kN/m}^2$$

Maka:

$$\begin{aligned} W &= 0,55 \times 0,7 \times 23,47 \times (2,8)^2 \\ &= 79,10 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

Profil yang akan direncanakan adalah profil  $L = 100 \times 75 \times 9$



### 2. Balok geladak pada daerah *Boat Deck*

$$W = c \times a \times P_{da2} \times l^2$$

Dimana:

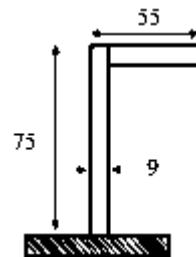
$$a = 0,7 \text{ (Jarak gading)}$$

$$P_{da2} = 13,84 \text{ kN/m}^2$$

Maka:

$$\begin{aligned} W &= 0,55 \times 0,7 \times 13,84 \times (2,8)^2 \\ &= 46,66 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

Profil yang akan direncanakan adalah profil  $L = 75 \times 55 \times 9$



### 3. Balok geladak pada daerah *Bridge Deck*

$$W = c \times a \times P_{da2} \times l^2$$

Dimana:

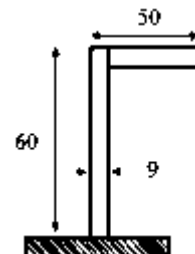
$$a = 0,7 \text{ (Jarak gading)}$$

$$P_{da2} = 10,81 \text{ kN/m}^2$$

Maka:

$$\begin{aligned} W &= 0,55 \times 0,7 \times 10,81 \times (2,8)^2 \\ &= 36,45 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

Profil yang akan direncanakan adalah profil  $L = 60 \times 50 \times 9$



4. Balok geladak pada daerah *Navigation Deck*

$$W = c \times a \times Pda2 \times l^2$$

Dimana:

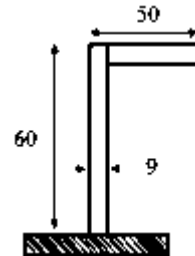
$$a = 0,7 \text{ (Jarak gading)}$$

$$Pda2 = 10,81 \text{ kN/m}^2$$

Maka:

$$\begin{aligned} W &= 0,55 \times 0,7 \times 10,81 \times (2,8)^2 \\ &= 36,45 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

Profil yang akan direncanakan adalah profil L = 60 x 50 x 9



5. Balok geladak pada daerah *Top Deck*

$$W = c \times a \times Pda2 \times l^2$$

Dimana:

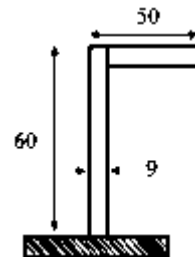
$$a = 0,7 \text{ (Jarak gading)}$$

$$Pda2 = 9,89 \text{ kN/m}^2$$

Maka:

$$\begin{aligned} W &= 0,55 \times 0,7 \times 10,81 \times (2,8)^2 \\ &= 33,35 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

Profil yang akan direncanakan adalah profil L = 60 x 50 x 9



6. Balok geladak pada daerah *Forcastle Deck*

$$W = c \times a \times Pda2 \times l^2$$

Dimana:

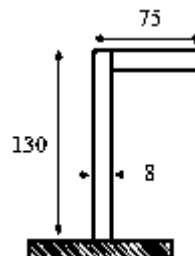
$$a = 0,7 \text{ (Jarak gading)}$$

$$Pda2 = 31,95 \text{ kN/m}^2$$

Maka:

$$\begin{aligned} W &= 0,55 \times 0,7 \times 10,81 \times (2,8)^2 \\ &= 10,7,68 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

Profil yang akan direncanakan adalah profil L = 130 x 75 x 8



### C. Balok Geladak Besar (*Strong Beam*)

1. Balok geladak besar pada daerah  $0 \leq X/L < 0,2$  (Buritan) kapal

$$W = c \times e \times Pd^2 \times l^2$$

Dimana:

$$c = 0,55$$

$$e = 3 \text{ (Jarak web frame)}$$

$$Pd^2 = 26,67 \text{ kN/m}^2$$

$$l = \text{Span} \\ = 4,42 \text{ m}$$

Maka:

$$W = 0,55 \times 3 \times 26,67 \times (4,42)^2 \\ = 859,70 \text{ cm}^3$$

Profil yang akan direncanakan adalah profil T 340 x 12 FP 120 x 12

Koreksi Modulus:

$$tS = 11 \text{ mm}$$

$$F = (40 \sim 50) \times t \\ = 50 \times 1,1 \text{ cm} \\ = 55 \text{ cm}^2$$

$$f = 12 \text{ cm} \times 1,2 \text{ cm} \\ = 14,8 \text{ cm}^2$$

$$fs = 34 \text{ cm} \times 1,2 \text{ cm} \\ = 40,8 \text{ cm}^2$$

$$f/F = 0,31$$

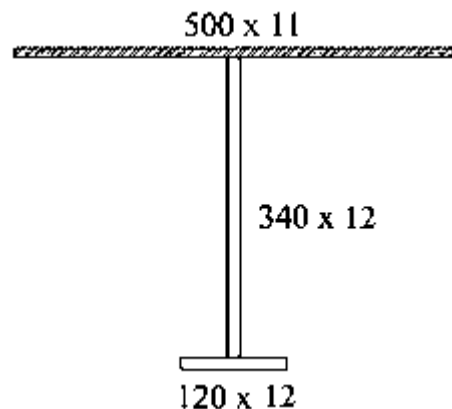
$$fs/F = 0,87$$

$$w = 0,53 \text{ (dari grafik)}$$

Maka:

$$W = w \times F \times h \\ = 0,53 \times 55 \times 34 \\ = 991,1 \text{ cm}^3$$

W rencana > W perhitungan (memenuhi)



2. Balok geladak besar pada daerah  $0,2 \leq X/L < 0,7$  (Tengah) kapal

$$W = c \times e \times Pd2 \times l^2$$

Dimana:

$$c = 0,55$$

$$e = 3,5 \text{ (Jarak web frame)}$$

$$Pd2 = 23,03 \text{ kN/m}^2$$

$$l = \text{Span} \\ = 4,42 \text{ m}$$

Maka:

$$W = 0,55 \times 3,5 \times 23,03 \times (4,42)^2 \\ = 742,37 \text{ cm}^3$$

Profil yang akan direncanakan adalah profil T 300 x 13 FP 110 x 13

Koreksi Modulus:

$$tS = 11 \text{ mm}$$

$$F = (40 \sim 50) \times t \\ = 50 \times 1,1 \text{ cm} \\ = 55 \text{ cm}^2$$

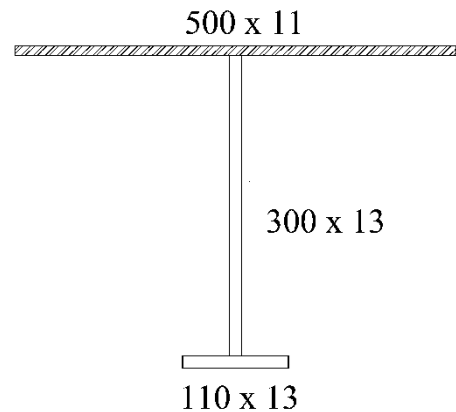
$$f = 11 \text{ cm} \times 1,3 \text{ cm} \\ = 14,3 \text{ cm}^2$$

$$fs = 30 \text{ cm} \times 1,3 \text{ cm} \\ = 39 \text{ cm}^2$$

$$f/F = 0,26$$

$$fs/F = 0,71$$

$$w = 0,44 \text{ (dari grafik)}$$



Maka:

$$W = w \times F \times h \\ = 0,44 \times 55 \times 30 \\ = 746 \text{ cm}^3$$

$W \text{ rencana} > W \text{ perhitungan}$  (memenuhi)

3. Balok geladak besar pada daerah  $0,7 \leq X/L < 1,0$  (Haluan) kapal

$$W = c \times e \times Pd2 \times l^2 \times k$$

Dimana:

$$c = 0,55$$

$$e = 3 \text{ (Jarak web frame)}$$

$$Pd2 = 31,95 \text{ kN/m}^2$$

$$l = \text{Span} \\ = 4,42 \text{ m}$$

Maka:

$$W = 0,55 \times 3 \times 31,95 \times (4,42)^2 \\ = 1029,92 \text{ cm}^3$$

Profil yang akan direncanakan adalah profil T 340 x 14 FP 120 x 14

Koreksi Modulus:

$$tS = 11 \text{ mm}$$

$$F = (40 \sim 50) \times t \\ = 50 \times 1,2 \text{ cm} \\ = 60 \text{ cm}^2$$

$$f = 12 \text{ cm} \times 1,4 \text{ cm} \\ = 16,8 \text{ cm}^2$$

$$fs = 34 \text{ cm} \times 1,4 \text{ cm} \\ = 47,6 \text{ cm}^2$$

$$f/F = 0,30$$

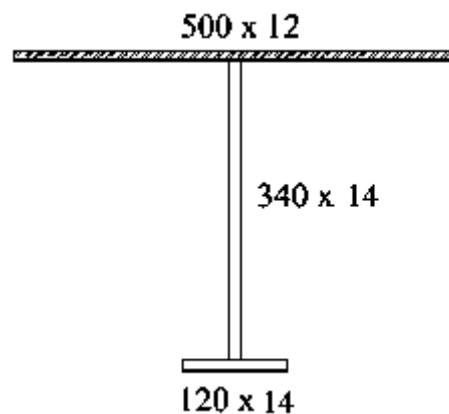
$$fs/F = 0,85$$

$$w = 0,51 \text{ (dari grafik)}$$

Maka:

$$W = w \times F \times h \\ = 0,51 \times 60 \times 34 \\ = 1040,4 \text{ cm}^3$$

W rencana > W perhitungan (memenuhi)





## D. Balok Geladak Besar Bangunan Atas

### 1. Balok geladak besar pada daerah *Poop Deck*

$$W = c \times e \times P_{da2} \times l^2 \times k$$

Dimana:

$$c = 0,55$$

$$e = 3,5 \text{ (Jarak web frame)}$$

$$P_{da2} = 23,47 \text{ kN/m}^2$$

$$l = \text{Span} \\ = 2,8 \text{ m}$$

Maka:

$$W = 0,55 \times 3,5 \times 23,77 \times (2,8)^2 \times 1 \\ = 395,51 \text{ cm}^3$$

Profil yang akan direncanakan adalah profil T 240 x 11 FP 80 x 11

Koreksi Modulus:

$$tE = 9 \text{ mm}$$

$$F = (40 \sim 50) \times t \\ = 50 \times 0,9 \text{ cm} \\ = 45 \text{ cm}^2$$

$$f = 8 \text{ cm} \times 1,1 \text{ cm} \\ = 9 \text{ cm}^2$$

$$f_s = 24 \text{ cm} \times 1,1 \text{ cm} \\ = 24 \text{ cm}^2$$

$$f/F = 0,24$$

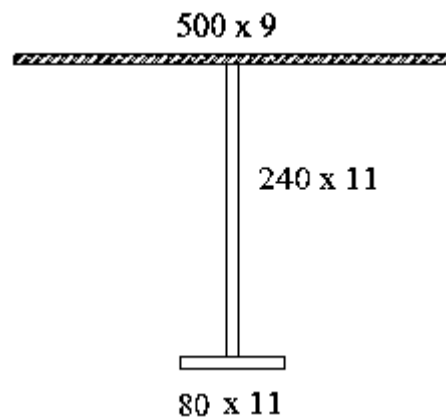
$$f_s/F = 0,59$$

$$w = 0,37 \text{ (dari grafik)}$$

Maka:

$$W = w \times F \times h \\ = 0,37 \times 45 \times 24 \\ = 399,6 \text{ cm}^3$$

$W_{rencana} > W_{perhitungan}$  (memenuhi)



2. Balok geladak besar pada daerah *Boat Deck*

$$W = c \times e \times Pda2 \times l^2 \times k$$

Dimana:

$$c = 0,55$$

$$e = 3,5 \text{ (Jarak web frame)}$$

$$Pda2 = 13,84 \text{ kN/m}^2$$

$$l = \text{Span} \\ = 2,8 \text{ m}$$

Maka:

$$W = 0,55 \times 3,5 \times 13,84 \times (2,53)^2 \times 1 \\ = 233,30 \text{ cm}^3$$

Profil yang akan direncanakan adalah profil T 220 x 10 FP 60 x 10

Koreksi Modulus:

$$tEa = 9 \text{ mm}$$

$$F = (40 \sim 50) \times t \\ = 50 \times 0,9 \text{ cm} \\ = 45 \text{ cm}^2$$

$$f = 6 \text{ cm} \times 1 \text{ cm} \\ = 6 \text{ cm}^2$$

$$fs = 22 \text{ cm} \times 1 \text{ cm} \\ = 22 \text{ cm}^2$$

$$f/F = 0,13$$

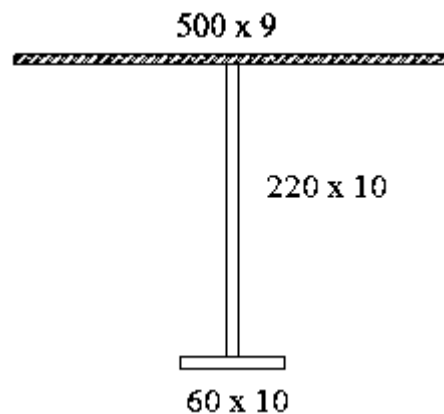
$$fs/F = 0,49$$

$$w = 0,28 \text{ (dari grafik)}$$

Maka:

$$W = w \times F \times h \\ = 0,28 \times 45 \times 22 \\ = 277,2 \text{ cm}^3$$

W rencana > W perhitungan (memenuhi)



3. Balok geladak besar pada daerah *Bridge Deck*

$$W = c \times e \times Pda2 \times l^2 \times k$$

Dimana:

$$c = 0,55$$

$$e = 3,5 \text{ (Jarak web frame)}$$

$$Pda2 = 10,81 \text{ kN/m}^2$$

$$l = \text{Span} \\ = 2,8 \text{ m}$$

Maka:

$$W = 0,55 \times 3,5 \times 10,81 \times (2,53)^2 \times 1 \\ = 182,27 \text{ cm}^3$$

Profil yang akan direncanakan adalah profil T 180 x 11 FP 50 x 11

Koreksi Modulus:

$$tEa = 9 \text{ mm}$$

$$F = (40 \sim 50) \times t \\ = 50 \times 0,9 \text{ cm} \\ = 45 \text{ cm}^2$$

$$f = 5 \text{ cm} \times 1,1 \text{ cm} \\ = 5,5 \text{ cm}^2$$

$$fs = 18 \text{ cm} \times 1,1 \text{ cm} \\ = 19,8 \text{ cm}^2$$

$$f/F = 0,12$$

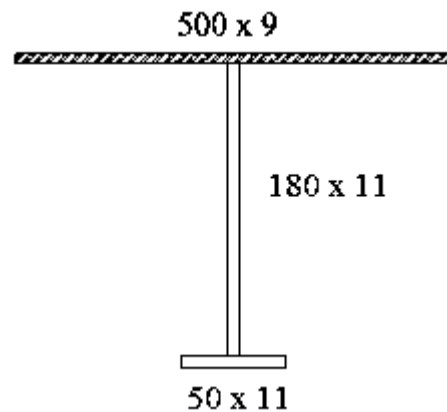
$$fs/F = 0,44$$

$$w = 0,24 \text{ (dari grafik)}$$

Maka:

$$W = w \times F \times h \\ = 0,2 \times 45 \times 18 \\ = 194,4 \text{ cm}^3$$

W rencana > W perhitungan (memenuhi)



4. Balok geladak besar pada daerah *Navigation Deck*

$$W = c \times e \times Pda2 \times l^2 \times k$$

Dimana:

$$c = 0,75$$

$$e = 3,5 \text{ (Jarak web frame)}$$

$$Pda2 = 10,81 \text{ kN/m}^2$$

$$l = \text{Span} \\ = 2,8 \text{ m}$$

Maka:

$$W = 0,55 \times 3,5 \times 10,81 \times (2,53)^2 \times 1 \\ = 182,27 \text{ cm}^3$$

Profil yang akan direncanakan adalah profil T 180 x 11 FP 50 x 11

Koreksi Modulus:

$$tEa = 9 \text{ mm}$$

$$F = (40 \sim 50) \times t \\ = 50 \times 0,9 \text{ cm} \\ = 45 \text{ cm}^2$$

$$f = 5 \text{ cm} \times 1,1 \text{ cm} \\ = 5,5 \text{ cm}^2$$

$$fs = 18 \text{ cm} \times 1,1 \text{ cm} \\ = 19,8 \text{ cm}^2$$

$$f/F = 0,12$$

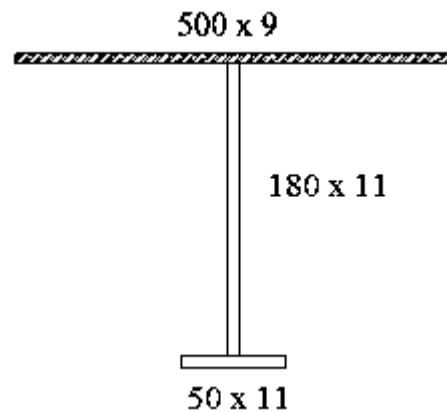
$$fs/F = 0,44$$

$$w = 0,24 \text{ (dari grafik)}$$

Maka:

$$W = w \times F \times h \\ = 0,2 \times 45 \times 18 \\ = 194,4 \text{ cm}^3$$

W rencana > W perhitungan (memenuhi)



5. Balok geladak besar pada daerah *Top Deck*

$$W = c \times e \times P_{da2} \times l^2 \times k$$

Dimana:

$$c = 0,75$$

$$e = 3,5 \text{ (Jarak web frame)}$$

$$P_{da2} = 9,89 \text{ kN/m}^2$$

$$l = \text{Span} \\ = 2,8 \text{ m}$$

Maka:

$$W = 0,55 \times 3,5 \times 9,89 \times (2,53)^2 \times 1 \\ = 166,75 \text{ cm}^3$$

Profil yang akan direncanakan adalah profil T 180 x 10 FP 50 x 10

Koreksi Modulus:

$$tEa = 9 \text{ mm}$$

$$F = (40 \sim 50) \times t \\ = 50 \times 0,9 \text{ cm} \\ = 45 \text{ cm}^2$$

$$f = 5 \text{ cm} \times 1 \text{ cm} \\ = 5 \text{ cm}^2$$

$$f_s = 18 \text{ cm} \times 1 \text{ cm} \\ = 18 \text{ cm}^2$$

$$f/F = 0,11$$

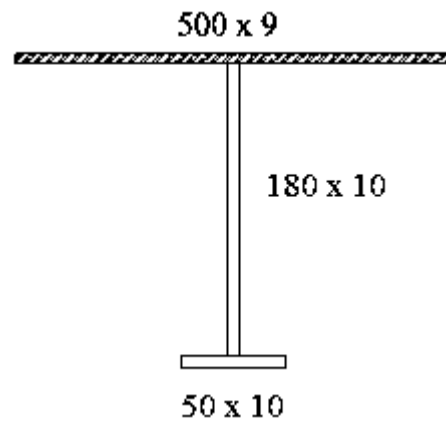
$$f_s/F = 0,4$$

$$w = 0,21 \text{ (dari grafik)}$$

Maka:

$$W = w \times F \times h \\ = 0,21 \times 45 \times 18 \\ = 170,1 \text{ cm}^3$$

$W_{rencana} > W_{perhitungan}$  (memenuhi)



6. Balok geladak besar pada daerah *Forcastle Deck*

$$W = c \times e \times Pda3 \times l^2 \times k$$

Dimana:

$$c = 0,75$$

$$e = 3,5 \text{ (Jarak web frame)}$$

$$Pda3 = 31,95 \text{ kN/m}^2$$

$$l = \text{Span} \\ = 2,8 \text{ m}$$

Maka:

$$W = 0,55 \times 3,5 \times 31,95 \times (2,53)^2 \times 1 \\ = 538,44 \text{ cm}^3$$

Profil yang akan direncanakan adalah profil T 280 x 11 FP 120 x 11

Koreksi Modulus:

$$tEa = 9 \text{ mm}$$

$$F = (40 \sim 50) \times t \\ = 50 \times 0,9 \text{ cm} \\ = 45 \text{ cm}^2$$

$$f = 12 \text{ cm} \times 1,1 \text{ cm} \\ = 13,2 \text{ cm}^2$$

$$fs = 28 \text{ cm} \times 1,1 \text{ cm} \\ = 30,8 \text{ cm}^2$$

$$f/F = 0,29$$

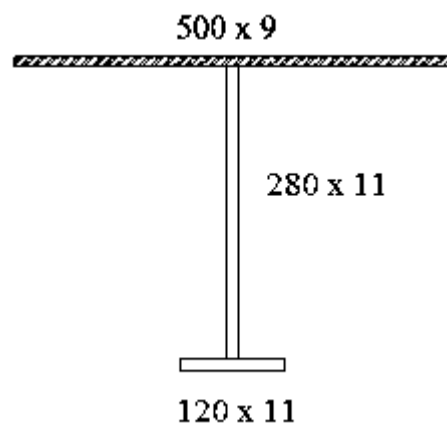
$$fs/F = 0,68$$

$$w = 0,46 \text{ (dari grafik)}$$

Maka:

$$W = w \times F \times h \\ = 0,46 \times 45 \times 28 \\ = 579,6 \text{ cm}^3$$

W rencana > W perhitungan (memenuhi)



#### 4.2.6.7 Penumpu Geladak (*Deck Girder*)

Berikut perhitungan penumpu geladak menurut BKI 2006 Vol. II, Sec. 10. B. 4:

##### A. Penumpu Geladak Tengah dan Samping (*Centre and Side Deck Girder*)

1. Penumpu geladak pada daerah  $0 \leq X/L < 0,2$  (Buritan) kapal

$$W = c \times e \times Pd3 \times l^2 \times k$$

Dimana:

$$c = 0,75$$

$$e = 2,8 \text{ (Jarak Deck Girder)}$$

$$Pd3 = 21,33 \text{ kN/m}^2$$

$$l = \text{Span} \\ = 3,5 \text{ m}$$

Maka:

$$W = 0,75 \times 2,8 \times 21,33 \times (3,5)^2 \times 1 \\ = 548,71 \text{ cm}^3$$

Profil yang akan direncanakan adalah profil T 280 x 11 FP 120 x 11

Koreksi Modulus:

$$tEa = 9 \text{ mm}$$

$$F = (40 \sim 50) \times t \\ = 50 \times 0,9 \text{ cm} \\ = 45 \text{ cm}^2$$

$$f = 12 \text{ cm} \times 1,1 \text{ cm} \\ = 13,2 \text{ cm}^2$$

$$fs = 28 \text{ cm} \times 1,1 \text{ cm} \\ = 30,8 \text{ cm}^2$$

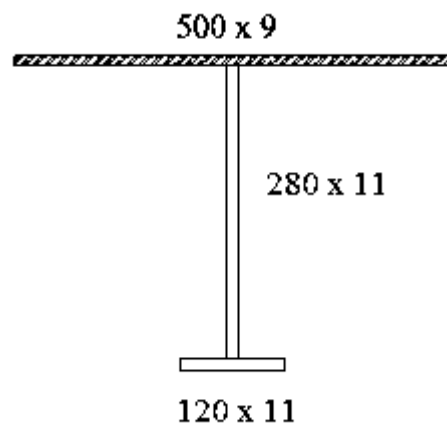
$$f/F = 0,29$$

$$w = 0,46 \text{ (dari grafik)}$$

Maka:

$$W = w \times F \times h \\ = 0,46 \times 45 \times 28 \\ = 579,6 \text{ cm}^3$$

W rencana > W perhitungan (memenuhi)



2. Penumpu geladak pada daerah  $0,2 \leq X/L < 0,7$  (Tengah) kapal

$$W = c \times e \times Pd3 \times l^2 \times k$$

Dimana:

$$c = 0,75$$

$$e = 2,8 \text{ (Jarak Deck Girder)}$$

$$Pd3 = 18,43 \text{ kN/m}^2$$

$$l = \text{Span} \\ = 3,5 \text{ m}$$

Maka:

$$W = 0,75 \times 2,8 \times 18,43 \times (3,5)^2 \times 1 \\ = 474,11 \text{ cm}^3$$

Profil yang akan direncanakan adalah profil T 260 x 11 FP 90 x 11

Koreksi Modulus:

$$tE = 9 \text{ mm}$$

$$F = (40 \sim 50) \times t \\ = 50 \times 0,9 \text{ cm} \\ = 45 \text{ cm}^2$$

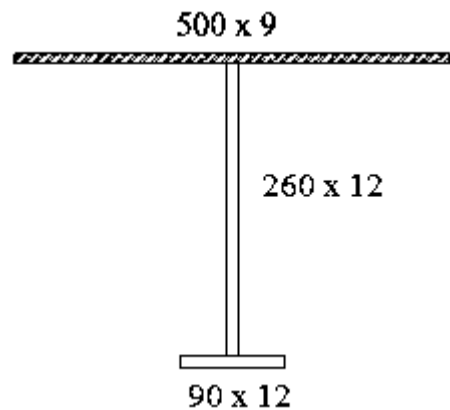
$$f = 9 \text{ cm} \times 1,1 \text{ cm} \\ = 9,9 \text{ cm}^2$$

$$fs = 26 \text{ cm} \times 1,1 \text{ cm} \\ = 29,26 \text{ cm}^2$$

$$f/F = 0,24$$

$$fs/F = 0,69$$

$$w = 0,41 \text{ (dari grafik)}$$



Maka:

$$W = w \times F \times h \\ = 0,41 \times 45 \times 26 \\ = 479,7 \text{ cm}^3$$

W rencana > W perhitungan (memenuhi)



3. Penumpu geladak pada daerah  $0,7 \leq X/L < 1,0$  (Haluan) kapal

$$W = c \times e \times Pd3 \times l^2 \times k$$

Dimana:

$$c = 0,75$$

$$e = 2,8 \text{ (Jarak Deck Girder)}$$

$$Pd3 = 25,56 \text{ kN/m}^2$$

$$l = \text{Span} \\ = 3,5 \text{ m}$$

Maka:

$$W = 0,75 \times 2,8 \times 25,56 \times (3,5)^2 \times 1 \\ = 557,531 \text{ cm}^3$$

Profil yang akan direncanakan adalah profil T 280 x 11 FP 120 x 11

Koreksi Modulus:

$$tEa = 9 \text{ mm}$$

$$F = (40 \sim 50) \times t \\ = 50 \times 0,9 \text{ cm} \\ = 45 \text{ cm}^2$$

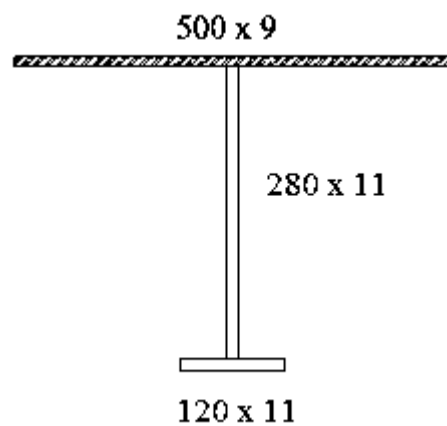
$$f = 12 \text{ cm} \times 1,1 \text{ cm} \\ = 13,2 \text{ cm}^2$$

$$fs = 28 \text{ cm} \times 1,1 \text{ cm} \\ = 30,8 \text{ cm}^2$$

$$f/F = 0,29$$

$$fs/F = 0,68$$

$$w = 0,46 \text{ (dari grafik)}$$



Maka:

$$W = w \times F \times h \\ = 0,46 \times 45 \times 28 \\ = 579,6 \text{ cm}^3$$

$W \text{ rencana} > W \text{ perhitungan}$  (memenuhi)

## B. Penumpu Geladak Bangunan Atas

### 1. Penumpu geladak pada daerah *Poop Deck*

$$W = c \times e \times Pda3 \times l^2 \times k$$

Dimana:

$$c = 0,75$$

$$e = 2,8 \text{ (Jarak Deck Grirder)}$$

$$Pda3 = 18,07 \text{ kN/m}^2$$

$$l = \text{Span} \\ = 3,5 \text{ m}$$

Maka:

$$W = 0,75 \times 2,8 \times 18,77 \times (3,5)^2 \times 1 \\ = 472,85 \text{ cm}^3$$

Profil yang akan direncanakan adalah profil T 260 x 11 FP 90 x 11

Koreksi Modulus:

$$tE = 9 \text{ mm}$$

$$F = (40 \sim 50) \times t \\ = 50 \times 0,9 \text{ cm} \\ = 45 \text{ cm}^2$$

$$f = 9 \text{ cm} \times 1,1 \text{ cm} \\ = 9,9 \text{ cm}^2$$

$$fs = 26 \text{ cm} \times 1,1 \text{ cm} \\ = 29,26 \text{ cm}^2$$

$$f/F = 0,24$$

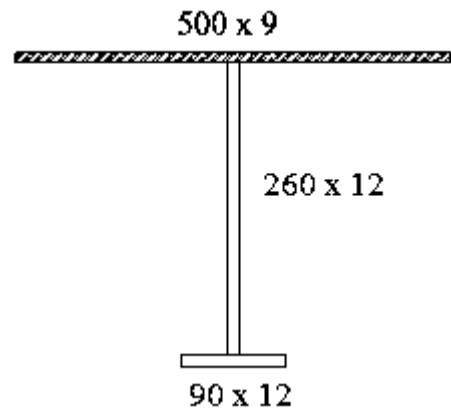
$$fs/F = 0,69$$

$$w = 0,41 \text{ (dari grafik)}$$

Maka:

$$W = w \times F \times h \\ = 0,41 \times 45 \times 26 \\ = 479,7 \text{ cm}^3$$

W rencana > W perhitungan (memenuhi)



## 2. Penumpu geladak pada daerah *Boat Deck*

$$W = c \times e \times Pda3 \times l^2 \times k$$

Dimana:

$$c = 0,75$$

$$e = 2,8 \text{ (Jarak Deck Grirder)}$$

$$Pda3 = 11,07 \text{ kN/m}^2$$

$$l = \text{Span} \\ = 3,5 \text{ m}$$

Maka:

$$W = 0,75 \times 2,8 \times 11,07 \times (3,5)^2 \times 1 \\ = 284,775 \text{ cm}^3$$

Profil yang akan direncanakan adalah profil T 240 x 10 FP 90 x 10

Koreksi Modulus:

$$tEa = 9 \text{ mm}$$

$$F = (40 \sim 50) \times t \\ = 50 \times 0,9 \text{ cm} \\ = 45 \text{ cm}^2$$

$$f = 8 \text{ cm} \times 1 \text{ cm} \\ = 8 \text{ cm}^2$$

$$fs = 24 \text{ cm} \times 1 \text{ cm} \\ = 24 \text{ cm}^2$$

$$f/F = 0,20$$

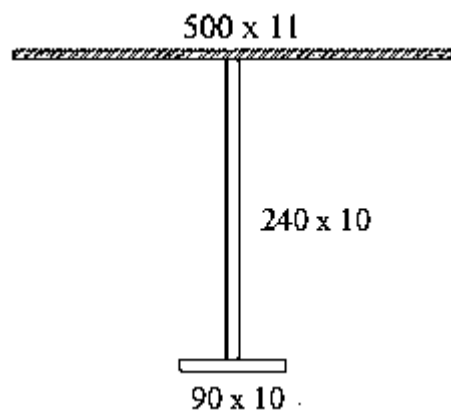
$$fs/F = 0,53$$

$$w = 0,27 \text{ (dari grafik)}$$

Maka:

$$W = w \times F \times h \\ = 0,27 \times 45 \times 24 \\ = 291,23 \text{ cm}^3$$

$W \text{ rencana} > W \text{ perhitungan}$  (memenuhi)



### 3. Penumpu geladak pada daerah *Bridge Deck*

$$W = c \times e \times Pda3 \times l^2 \times k$$

Dimana:

$$c = 0,75$$

$$e = 2,8 \text{ (Jarak Deck Grirder)}$$

$$Pda3 = 8,65 \text{ kN/m}^2$$

$$l = \text{Span} \\ = 3,5 \text{ m}$$

Maka:

$$W = 0,75 \times 2,8 \times 8,65 \times (3,5)^2 \times 1 \\ = 222,52 \text{ cm}^3$$

Profil yang akan direncanakan adalah profil T 220 x 10 FP 60 x 10

Koreksi Modulus:

$$tEa = 9 \text{ mm}$$

$$F = (40 \sim 50) \times t \\ = 50 \times 0,9 \text{ cm} \\ = 45 \text{ cm}^2$$

$$f = 6 \text{ cm} \times 1 \text{ cm} \\ = 6 \text{ cm}^2$$

$$fs = 22 \text{ cm} \times 1 \text{ cm} \\ = 22 \text{ cm}^2$$

$$f/F = 0,13$$

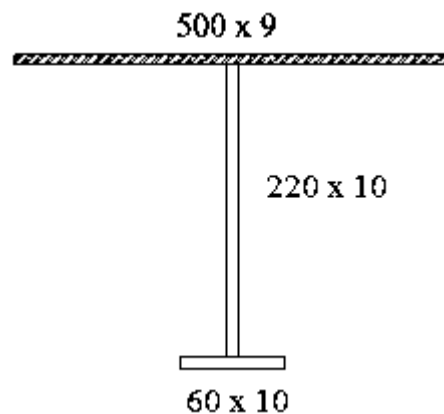
$$fs/F = 0,49$$

$$w = 0,28 \text{ (dari grafik)}$$

Maka:

$$W = w \times F \times h \\ = 0,28 \times 45 \times 22 \\ = 277,2 \text{ cm}^3$$

W rencana > W perhitungan (memenuhi)



4. Penumpu geladak pada daerah *Navigation Deck*

$$W = c \times e \times Pda3 \times l^2 \times k$$

Dimana:

$$c = 0,75$$

$$e = 2,8 \text{ (Jarak Deck Grirder)}$$

$$Pda3 = 8,65 \text{ kN/m}^2$$

$$l = \text{Span} \\ = 3,5 \text{ m}$$

Maka:

$$W = 0,75 \times 2,8 \times 8,65 \times (3,5)^2 \times 1 \\ = 222,52 \text{ cm}^3$$

Profil yang akan direncanakan adalah profil T 220 x 10 FP 60 x 10

Koreksi Modulus:

$$tEa = 9 \text{ mm}$$

$$F = (40 \sim 50) \times t \\ = 50 \times 0,9 \text{ cm} \\ = 45 \text{ cm}^2$$

$$f = 6 \text{ cm} \times 1 \text{ cm} \\ = 6 \text{ cm}^2$$

$$fs = 22 \text{ cm} \times 1 \text{ cm} \\ = 22 \text{ cm}^2$$

$$f/F = 0,13$$

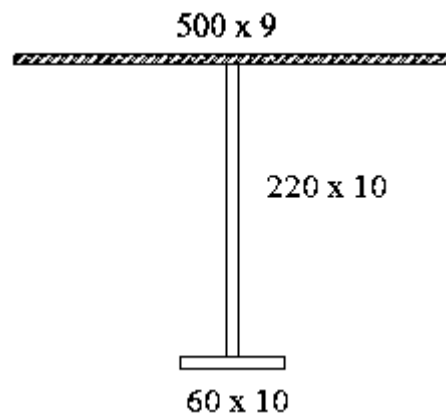
$$fs/F = 0,49$$

$$w = 0,28 \text{ (dari grafik)}$$

Maka:

$$W = w \times F \times h \\ = 0,28 \times 45 \times 22 \\ = 277,2 \text{ cm}^3$$

W rencana > W perhitungan (memenuhi)



5. Penumpu geladak pada daerah *Top Deck*

$$W = c \times e \times Pda3 \times l^2 \times k$$

Dimana:

$$c = 0,75$$

$$e = 2,8 \text{ (Jarak Deck Grirder)}$$

$$Pda3 = 7,91 \text{ kN/m}^2$$

$$l = \text{Span} \\ = 3,5 \text{ m}$$

Maka:

$$W = 0,75 \times 2,8 \times 7,91 \times (3,5)^2 \times 1 \\ = 203,48 \text{ cm}^3$$

Profil yang akan direncanakan adalah profil T 200 x 10 FP 50 x 10

Koreksi Modulus:

$$tEa = 9 \text{ mm}$$

$$F = (40 \sim 50) \times t \\ = 50 \times 0,9 \text{ cm} \\ = 45 \text{ cm}^2$$

$$f = 5 \text{ cm} \times 1 \text{ cm} \\ = 5 \text{ cm}^2$$

$$fs = 20 \text{ cm} \times 1 \text{ cm} \\ = 20 \text{ cm}^2$$

$$f/F = 0,11$$

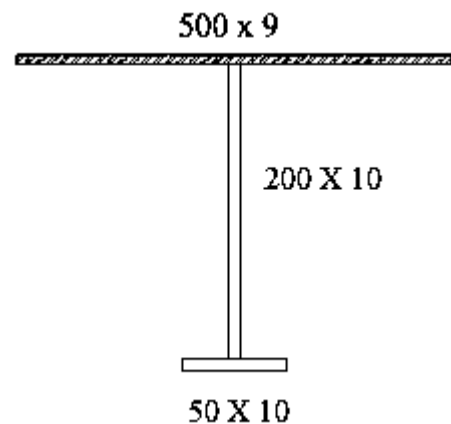
$$fs/F = 0,44$$

$$w = 0,24 \text{ (dari grafik)}$$

Maka:

$$W = w \times F \times h \\ = 0,24 \times 45 \times 20 \\ = 216 \text{ cm}^3$$

W rencana > W perhitungan (memenuhi)



6. Penumpu geladak pada daerah *Forcastle Deck*

$$W = c \times e \times Pda3 \times l^2 \times k$$

Dimana:

$$c = 0,75$$

$$e = 2,8 \text{ (Jarak Deck Grirder)}$$

$$Pda3 = 25,53 \text{ kN/m}^2$$

$$l = \text{Span}$$

$$= 3 \text{ m}$$

Maka:

$$W = 0,75 \times 2,8 \times 25,56 \times (3)^2 \times 1$$

$$= 430,75 \text{ cm}^3$$

Profil yang akan direncanakan adalah profil T 260 x 11 FP 80 x 11

Koreksi Modulus:

$$tEa = 9 \text{ mm}$$

$$F = (40 \sim 50) \times t$$

$$= 50 \times 0,9 \text{ cm}$$

$$= 45 \text{ cm}^2$$

$$f = 8 \text{ cm} \times 1,1 \text{ cm}$$

$$= 8,8 \text{ cm}^2$$

$$fs = 26 \text{ cm} \times 1,1 \text{ cm}$$

$$= 28,6 \text{ cm}^2$$

$$f/F = 0,20$$

$$fs/F = 0,64$$

$$w = 0,38 \text{ (dari grafik)}$$

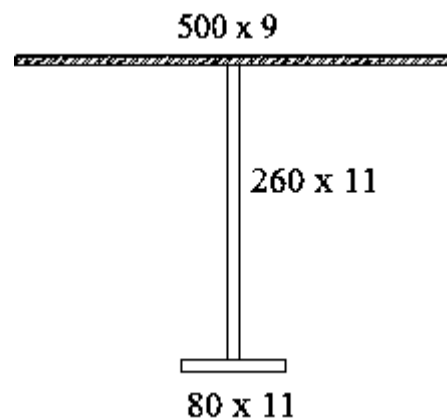
Maka:

$$W = w \times F \times h$$

$$= 0,38 \times 45 \times 26$$

$$= 444,64 \text{ cm}^3$$

W rencana > W perhitungan (memenuhi)



#### 4.2.6.8 Stiffener dan Web Stiffener

Berikut perhitungannya menurut aturan BKI 2006 Vol. II, Sec. 11. B. 3.1:

##### A. Stiffener Bulkhead

1. Sekat tubrukan haluan dan buritan

$$W = C_s \times a \times P \times l^2$$

Dimana:

$$\begin{aligned} C_s &= 0,33 \times f \\ &= 0,33 \times 0,887 \\ &= 0,29 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f &= 235/ReH \\ &= 0,887 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

$$ReH = 265 \text{ N/mm}^2$$

$$P = 84,76 \text{ kN/m}^2$$

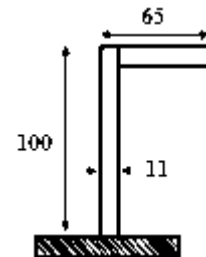
$$l = 2,53 \text{ m}$$

$$a = 0,7$$

Maka:

$$\begin{aligned} W &= C_s \times a \times P \times l^2 \\ &= 0,29 \times 0,6 \times 84,76 \times (2,53)^2 \\ &= 95,56 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

Profil yang akan direncanakan adalah profil L = side x 11



2. Sekat kedap air lainnya

$$W = C_s \times a \times P \times l^2$$

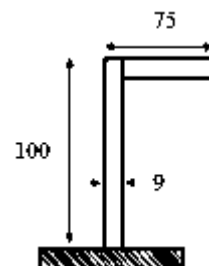
Dimana:

$$\begin{aligned} C_s &= 0,265 \times f \\ &= 0,265 \times 0,887 \\ &= 0,235 \end{aligned}$$

Maka:

$$\begin{aligned} W &= C_s \times a \times P \times l^2 \\ &= 0,235 \times 0,7 \times 84,76 \times (2,53)^2 \\ &= 89,53 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

Profil yang akan direncanakan adalah profil L = 100 x 75 x 9





## B. Stiffener Bangunan Atas

### 1. Stiffener pada daerah *Poop Deck*

$$W = 0,35 \times a \times Pda2 \times l^2 \times k$$

Dimana:

$$a = 0,7 \text{ (Jarak gading)}$$

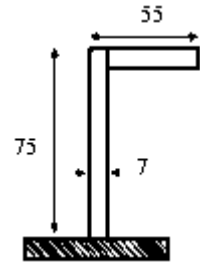
$$l = 2,53 \text{ m}$$

$$Pda2 = 23,47 \text{ kN/m}^2$$

Maka:

$$\begin{aligned} W &= 0,35 \times 0,7 \times 23,47 \times (2,53)^2 \times 1 \\ &= 36,9 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

Profil yang akan direncanakan adalah profil  $L = 75 \times 55 \times 7$



### 2. Stiffener pada daerah *Boat Deck*

$$W = 0,35 \times a \times Pda2 \times l^2 \times k$$

Dimana:

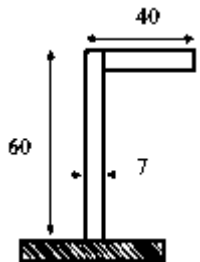
$$a = 0,7 \text{ (Jarak gading)}$$

$$Pda2 = 13,84 \text{ kN/m}^2$$

Maka:

$$\begin{aligned} W &= 0,35 \times 0,7 \times 13,84 \times (2,53)^2 \times 1 \\ &= 21,77 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

Profil yang akan direncanakan adalah profil  $L = 65 \times 40 \times 7$



### 3. Stiffener pada daerah *Bridge Deck*

$$W = 0,35 \times a \times Pda2 \times l^2 \times k$$

Dimana:

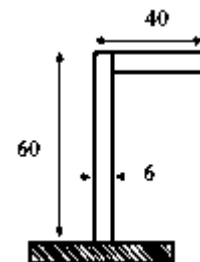
$$a = 0,7 \text{ (Jarak gading)}$$

$$Pda2 = 10,815 \text{ kN/m}^2$$

Maka:

$$\begin{aligned} W &= 0,35 \times 0,7 \times 10,815 \times (2,53)^2 \times 1 \\ &= 17,012 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

Profil yang akan direncanakan adalah profil  $L = 60 \times 40 \times 6$



#### 4. Stiffener pada daerah *Navigation Deck*

$$W = 0,35 \times a \times Pda2 \times l^2 \times k$$

Dimana:

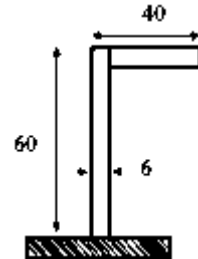
$$a = 0,7 \text{ (Jarak gading)}$$

$$Pda2 = 10,815 \text{ kN/m}^2$$

Maka:

$$\begin{aligned} W &= 0,35 \times 0,7 \times 10,815 \times (2,53)^2 \times 1 \\ &= 17,012 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

Profil yang akan direncanakan adalah profil L = 60 x 40 x 6



#### 5. Stiffener pada daerah *Top Deck*

$$W = 0,35 \times a \times Pda2 \times l^2 \times k$$

Dimana:

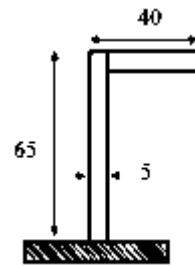
$$a = 0,7 \text{ (Jarak gading)}$$

$$Pda2 = 9,89 \text{ kN/m}^2$$

Maka:

$$\begin{aligned} W &= 0,35 \times 0,7 \times 9,89 \times (2,53)^2 \times 1 \\ &= 15,56 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

Profil yang akan direncanakan adalah profil L = 60 x 40 x 5



#### 6. Stiffener pada daerah *Forcastlte Deck*

$$W = 0,35 \times a \times Pda2 \times l^2 \times k$$

Dimana:

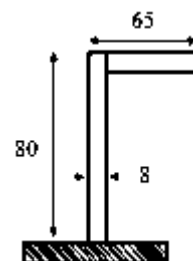
$$a = 0,7 \text{ (Jarak gading)}$$

$$Pda2 = 31,95 \text{ kN/m}^2$$

Maka:

$$\begin{aligned} W &= 0,35 \times 0,7 \times 31,95 \times (2,53)^2 \times 1 \\ &= 50,25 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

Profil yang akan direncanakan adalah profil L = 80 x 65 x 8



### C. Web Stiffener Bulkhead

#### 1. Sekat tubrukan haluan dan buritan

$$W = C_s \times e \times P \times l^2 \times k$$

Dimana:

$$\begin{aligned} C_s &= 0,29 \\ P &= 84,76 \text{ kN/m}^2 \\ l &= 2,53 \text{ m} \\ e &= 5 \times 0,6 \\ &= 3 \text{ m (Jarak Web frame)} \\ k &= 1 \end{aligned}$$

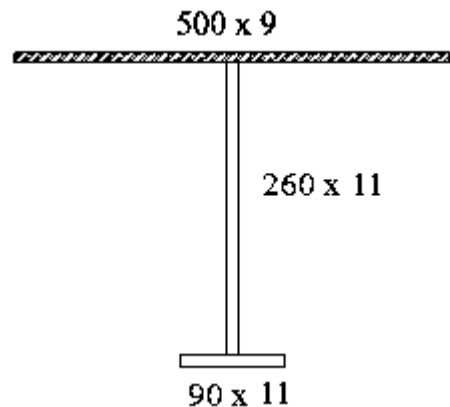
Maka:

$$\begin{aligned} W &= C_s \times e \times P \times l^2 \times k \\ &= 0,29 \times 3 \times 84,76 \times (2,53)^2 \times 1 \\ &= 473,41 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

Profil yang akan direncanakan adalah profil T 260 x 11 FP 90 x 11

Koreksi Modulus:

$$\begin{aligned} t &= 9 \text{ mm} \\ F &= (40 \sim 50) \times t \\ &= 50 \times 0,9 \text{ cm} \\ &= 45 \text{ cm}^2 \\ f &= 9 \text{ cm} \times 1,1 \text{ cm} \\ &= 9,9 \text{ cm}^2 \\ f_s &= 26 \text{ cm} \times 1,1 \text{ cm} \\ &= 31,2 \text{ cm}^2 \\ f/F &= 0,24 \\ w &= 0,41 \text{ (dari grafik)} \end{aligned}$$



Maka:

$$\begin{aligned} W &= w \times F \times h \\ &= 0,41 \times 45 \times 26 \\ &= 479,7 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

W rencana > W perhitungan (memenuhi)

## 2. Sekat kedap air lainnya

$$W = C_s \times e \times P \times l^2 \times k$$

Dimana:

$$C_s = 0,235$$

$$P = 84,76 \text{ kN/m}^2$$

$$l = 2,53 \text{ m}$$

$$e = 5 \times 0,7$$

$$= 3,5 \text{ m (Jarak Web frame)}$$

$$k = 1$$

Maka:

$$W = C_s \times e \times P \times l^2 \times k$$

$$= 0,235 \times 3,5 \times 84,76 \times (2,53)^2 \times 1$$

$$= 447,56 \text{ cm}^3$$

Profil yang akan direncanakan adalah profil T 260 x 10 FP 90 x 10

Koreksi Modulus:

$$t = 8 \text{ mm}$$

$$F = (40 \sim 50) \times t$$

$$= 50 \times 0,9 \text{ cm}$$

$$= 40 \text{ cm}^2$$

$$f = 9 \text{ cm} \times 1,0 \text{ cm}$$

$$= 9 \text{ cm}^2$$

$$f_s = 26 \text{ cm} \times 1,0 \text{ cm}$$

$$= 26 \text{ cm}^2$$

$$f/F = 0,25$$

$$f_s/F = 0,72$$

$$w = 0,44 \text{ (dari grafik)}$$

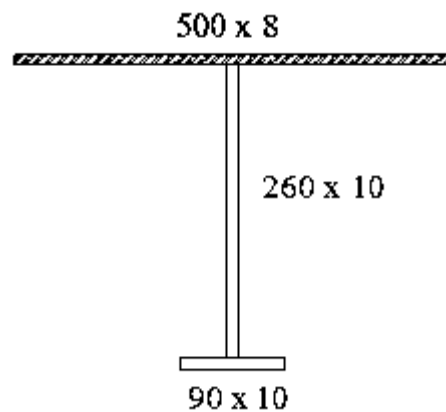
Maka:

$$W = w \times F \times h$$

$$= 0,44 \times 40 \times 26$$

$$= 457,6 \text{ cm}^3$$

W rencana > W perhitungan (memenuhi)



## D. Web Stiffener Bangunan Atas

### 1. Web Stiffener pada daerah *Poop Deck*

$$W = C_s \times e \times P_{da2} \times l^2 \times k$$

Dimana:

$$C_s = 0,29$$

$$P_{da2} = 23,47 \text{ kN/m}^2$$

$$l = 2,53 \text{ m}$$

$$e = 5 \times 0,7 \\ = 3,5 \text{ m (Jarak Web frame)}$$

$$k = 1$$

Maka:

$$W = C_s \times e \times P_{da2} \times l^2 \times k \\ = 0,29 \times 3,5 \times 23,47 \times (2,53)^2 \times 1 \\ = 152,93 \text{ cm}^3$$

Profil yang akan direncanakan adalah profil T 180 x 9 FP 50 x 9

Koreksi Modulus:

$$tEa = 9 \text{ mm}$$

$$F = (40 \sim 50) \times t \\ = 50 \times 0,9 \text{ cm} \\ = 45 \text{ cm}^2$$

$$f = 5 \text{ cm} \times 0,9 \text{ cm} \\ = 4,5 \text{ cm}^2$$

$$f_s = 18 \text{ cm} \times 0,9 \text{ cm} \\ = 16,3 \text{ cm}^2$$

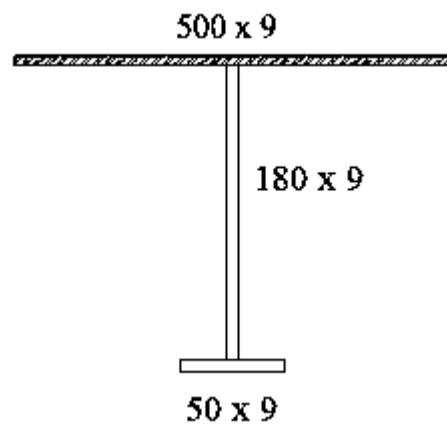
$$f/F = 0,10$$

$$w = 0,2 \text{ (dari grafik)}$$

Maka:

$$W = w \times F \times h \\ = 0,2 \times 45 \times 18 \\ = 162 \text{ cm}^3$$

W rencana > W perhitungan (memenuhi)



## 2. Web Stiffener pada daerah *Boat Deck*

$$W = C_s \times e \times P_{da2} \times l^2 \times k$$

Dimana:

$$C_s = 0,29$$

$$P_{da2} = 13,84 \text{ kN/m}^2$$

$$l = 2,53 \text{ m}$$

$$e = 5 \times 0,7 \\ = 3,5 \text{ m (Jarak Web frame)}$$

$$k = 1$$

Maka:

$$W = C_s \times e \times P_{da2} \times l^2 \times k \\ = 0,29 \times 3,5 \times 13,84 \times (2,53)^2 \times 1 \\ = 90,21 \text{ cm}^3$$

Profil yang akan direncanakan adalah profil T 140 x 9 FP 40 x 9

Koreksi Modulus:

$$tEa = 9 \text{ mm}$$

$$F = (40 \sim 50) \times t \\ = 50 \times 0,9 \text{ cm} \\ = 45 \text{ cm}^2$$

$$f = 4 \text{ cm} \times 0,9 \text{ cm} \\ = 3,6 \text{ cm}^2$$

$$f_s = 14 \text{ cm} \times 0,9 \text{ cm} \\ = 12,6 \text{ cm}^2$$

$$f/F = 0,08$$

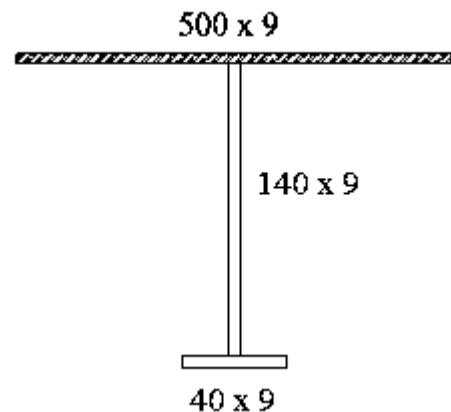
$$f_s/F = 0,28$$

$$w = 0,16 \text{ (dari grafik)}$$

Maka:

$$W = w \times F \times h \\ = 0,16 \times 45 \times 14 \\ = 100,8 \text{ cm}^3$$

W rencana > W perhitungan (memenuhi)



### 3. Web Stiffener pada daerah *Bridge Deck*

$$W = C_s \times e \times P_{da2} \times l^2 \times k$$

Dimana:

$$C_s = 0,29$$

$$P_{da2} = 10,81 \text{ kN/m}^2$$

$$l = 2,53 \text{ m}$$

$$e = 5 \times 0,7 \\ = 3,5 \text{ m (Jarak Web frame)}$$

$$k = 1$$

Maka:

$$W = C_s \times e \times P_{da2} \times l^2 \times k \\ = 0,29 \times 3,5 \times 10,81 \times (2,53)^2 \times 1 \\ = 70,47 \text{ cm}^3$$

Profil yang akan direncanakan adalah profil T 110 x 9 FP 40 x 9

Koreksi Modulus:

$$tEa = 9 \text{ mm}$$

$$F = (40 \sim 50) \times t \\ = 50 \times 0,9 \text{ cm} \\ = 45 \text{ cm}^2$$

$$f = 4 \text{ cm} \times 0,9 \text{ cm} \\ = 3,6 \text{ cm}^2$$

$$f_s = 11 \text{ cm} \times 0,9 \text{ cm} \\ = 9,9 \text{ cm}^2$$

$$f/F = 0,08$$

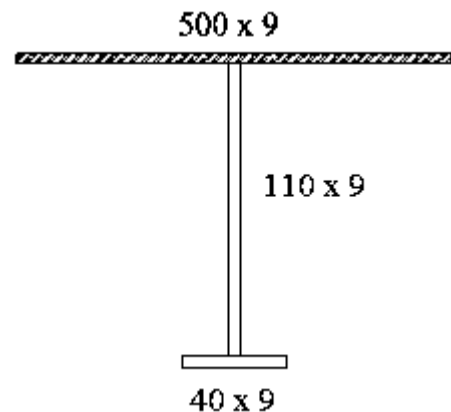
$$f_s/F = 0,22$$

$$w = 0,15 \text{ (dari grafik)}$$

Maka:

$$W = w \times F \times h \\ = 0,15 \times 45 \times 11 \\ = 74,25 \text{ cm}^3$$

W rencana > W perhitungan (memenuhi)



#### 4. Web Stiffener pada daerah *Navigation Deck*

$$W = C_s \times e \times P_{da2} \times l^2 \times k$$

Dimana:

$$C_s = 0,29$$

$$P_{da2} = 10,81 \text{ kN/m}^2$$

$$l = 2,53 \text{ m}$$

$$e = 5 \times 0,7 \\ = 3,5 \text{ m (Jarak Web frame)}$$

$$k = 1$$

Maka:

$$W = C_s \times e \times P_{da2} \times l^2 \times k \\ = 0,29 \times 3,5 \times 10,81 \times (2,53)^2 \times 1 \\ = 70,47 \text{ cm}^3$$

Profil yang akan direncanakan adalah profil T 110 x 9 FP 40 x 9

Koreksi Modulus:

$$tEa = 9 \text{ mm}$$

$$F = (40 \sim 50) \times t \\ = 50 \times 0,9 \text{ cm} \\ = 45 \text{ cm}^2$$

$$f = 4 \text{ cm} \times 0,9 \text{ cm} \\ = 3,6 \text{ cm}^2$$

$$f_s = 11 \text{ cm} \times 0,9 \text{ cm} \\ = 9,9 \text{ cm}^2$$

$$f/F = 0,08$$

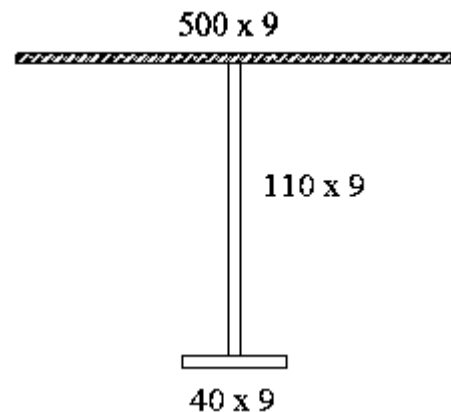
$$f_s/F = 0,22$$

$$w = 0,15 \text{ (dari grafik)}$$

Maka:

$$W = w \times F \times h \\ = 0,15 \times 45 \times 11 \\ = 74,25 \text{ cm}^3$$

W rencana > W perhitungan (memenuhi)





5. Web Stiffener pada daerah *Top Deck*

$$W = C_s \times e \times P_{da2} \times l^2 \times k$$

Dimana:

$$C_s = 0,29$$

$$P_{da2} = 9,89 \text{ kN/m}^2$$

$$l = 2,53 \text{ m}$$

$$e = 5 \times 0,7 \\ = 3,5 \text{ m (Jarak Web frame)}$$

$$k = 1$$

Maka:

$$W = C_s \times e \times P_{da2} \times l^2 \times k \\ = 0,29 \times 3,5 \times 9,89 \times (2,53)^2 \times 1 \\ = 64,47 \text{ cm}^3$$

Profil yang akan direncanakan adalah profil T 110 x 9 FP 40 x 9

Koreksi Modulus:

$$tEa = 9 \text{ mm}$$

$$F = (40 \sim 50) \times t \\ = 50 \times 0,9 \text{ cm} \\ = 45 \text{ cm}^2$$

$$f = 4 \text{ cm} \times 0,9 \text{ cm} \\ = 3,6 \text{ cm}^2$$

$$f_s = 11 \text{ cm} \times 0,9 \text{ cm} \\ = 9,9 \text{ cm}^2$$

$$f/F = 0,08$$

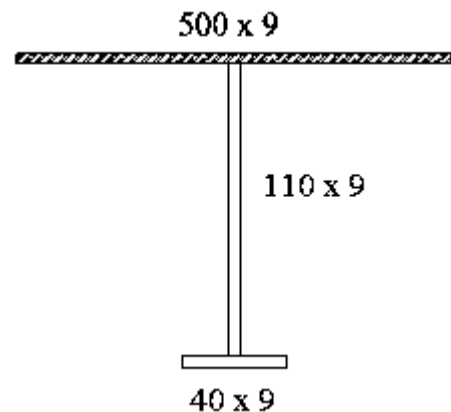
$$f_s/F = 0,22$$

$$w = 0,15 \text{ (dari grafik)}$$

Maka:

$$W = w \times F \times h \\ = 0,15 \times 45 \times 11 \\ = 74,25 \text{ cm}^3$$

W rencana > W perhitungan (memenuhi)



## 6. Web Stiffener pada daerah *Forcastle Deck*

$$W = C_s \times e \times P_{da2} \times l^2 \times k$$

Dimana:

$$C_s = 0,29$$

$$P_{da2} = 31,95 \text{ kN/m}^2$$

$$l = 2,53 \text{ m}$$

$$e = 5 \times 0,7 \\ = 3,5 \text{ m (Jarak Web frame)}$$

$$k = 1$$

Maka:

$$W = C_s \times e \times P_{da2} \times l^2 \times k \\ = 0,29 \times 3,5 \times 31,95 \times (2,53)^2 \times 1 \\ = 208,19 \text{ cm}^3$$

Profil yang akan direncanakan adalah profil T 200 x 9 FP 60 x 9

Koreksi Modulus:

$$tEa = 9 \text{ mm}$$

$$F = (40 \sim 50) \times t \\ = 50 \times 0,9 \text{ cm} \\ = 45 \text{ cm}^2$$

$$f = 6 \text{ cm} \times 0,9 \text{ cm} \\ = 5,4 \text{ cm}^2$$

$$f_s = 20 \text{ cm} \times 0,9 \text{ cm} \\ = 18 \text{ cm}^2$$

$$f/F = 0,12$$

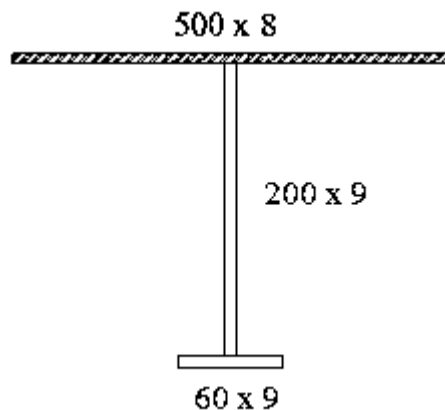
$$f_s/F = 0,40$$

$$w = 0,24 \text{ (dari grafik)}$$

Maka:

$$W = w \times F \times h \\ = 0,24 \times 45 \times 20 \\ = 216 \text{ cm}^3$$

W rencana > W perhitungan (memenuhi)



#### 4.2.6.9 Senta Sisi (Side Stringer)

Berikut perhitungan senta sisi menurut aturan BKI 2006 Vol. II, Sec. 9. A. 5.3:

1. Senta sisi pada daerah kamar mesin

$$W = 0,8 \times e \times l^2 \times Ps3 \times n \times k$$

Dimana:

$$e = 3,5 \text{ (Jarak web frame)}$$

$$l = (H - Hdb) / 5$$

$$= 2,072 \text{ m}$$

$$Ps3 = 81,05 \text{ kN/m}^2$$

$$k = 1 \text{ (Faktor beban)}$$

$$n = 1$$

Maka:

$$\begin{aligned} W &= 0,8 \times 3,5 \times (2,072)^2 \times 81,05 \times 0,55 \times 1 \\ &= 974,35 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

Profil yang akan direncanakan adalah profil T 340 x 13 FP 120 x 13

Koreksi Modulus:

$$tS = 11 \text{ mm}$$

$$F = (40 \sim 50) \times t$$

$$= 50 \times 1,1 \text{ cm}$$

$$= 55 \text{ cm}^2$$

$$f = 12 \text{ cm} \times 1,3 \text{ cm}$$

$$= 16,8 \text{ cm}^2$$

$$fs = 34 \text{ cm} \times 1,3 \text{ cm}$$

$$= 47,6 \text{ cm}^2$$

$$f/F = 0,31$$

$$w = 0,53 \text{ (dari grafik)}$$

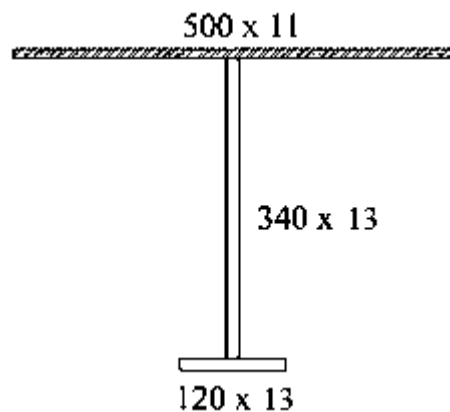
Maka:

$$W = w \times F \times h$$

$$= 0,53 \times 55 \times 34$$

$$= 991,1 \text{ cm}^3$$

W rencana > W perhitungan (memenuhi)



2. Senta sisi pada daerah  $0,2 \leq X/L < 0,7$  (Tengah) kapal

$$W = 0,55 e \times l^2 \times Ps3 \times k$$

Dimana:

$$e = 5 \times 0,7$$

$$= 3,5 \text{ (Jarak web frame)}$$

$$l = (H - Hdb) / 5$$

$$= (11,96 - 1,3) / 5$$

$$= 2,132 \text{ m}$$

$$Ps3 = 81,05 \text{ kN/m}^2$$

$$k = 1 \text{ (Faktor beban)}$$

Maka:

$$W = 0,55 \times 3,5 \times (2,132)^2 \times 81,05 \times 1$$

$$= 709,23 \text{ cm}^3$$

Profil yang akan direncanakan adalah profil T 300 x 13 FP 110 x 13

Koreksi Modulus:

$$tS = 11 \text{ mm}$$

$$F = (40 \sim 50) \times t$$

$$= 50 \times 1,1 \text{ cm}$$

$$= 55 \text{ cm}^2$$

$$f = 11 \text{ cm} \times 1,3 \text{ cm}$$

$$= 14,3 \text{ cm}^2$$

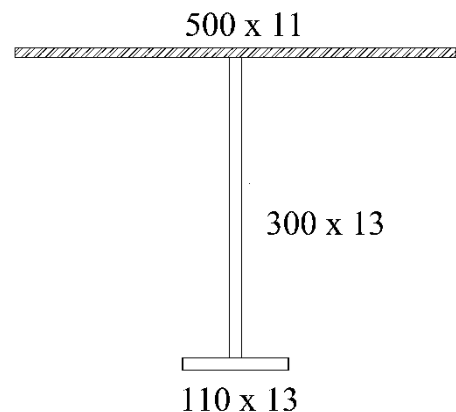
$$fs = 30 \text{ cm} \times 1,3 \text{ cm}$$

$$= 39 \text{ cm}^2$$

$$f/F = 0,26$$

$$fs/F = 0,71$$

$$w = 0,44 \text{ (dari grafik)}$$



Maka:

$$W = w \times F \times h$$

$$= 0,44 \times 55 \times 30$$

$$= 726 \text{ cm}^3$$

W rencana > W perhitungan (memenuhi)

#### 4.2.7 Kekuatan Kapal

Dalam operasionalnya kapal akan mengalami berbagai keadaan saat berlayar, sehingga diperlukan perhitungan kekuatan kapal. Kekuatan kapal merupakan perhitungan kapal saat terkena tekanan lengkungan. Berikut merupakan factor yang dapat mempengaruhi kekuatan kapal:

- Pembebanan
- Berat kapal
- Ombak, Arus air laut, Angin
- Korosi
- Gerakan kapal

##### 4.2.7.1 Kekuatan Memanjang Kapal

Sebagai perhitungan terhadap kekuatan memanjang, kapal ditinjau pada keadaan yang paling buruk, yang mungkin dialami oleh kapal tersebut. Selanjutnya perhitungan ini dipertimbangkan dengan adanya selisih bobot antara berat kapal dengan berat total air yang dipindahkan sehingga kapal akan mengalami perubahan bentuk dalam arah memanjang atau defleksi memanjang yang menyebabkan terjadinya momen lentur. Ada 2 jenis kondisi yang dihitung dalam perhitungan kekuatan kapal:

##### A. Hogging

*Hogging* memiliki ciri puncak gelombang berada di tengah kapal, lembah gelombang berada di bagian haluan dan buritan kapal, atau bisa dikatakan *Hogging* adalah Tekanan yang terjadi pada badan kapal karena konsentrasi muatan berada di bagian haluan atau buritan kapal.

1. Perhitungan ordinat gelombang

$$Y = H \times C$$

Dimana:

$$\begin{aligned} H &= L/20 \text{ (Kondisi Hogging)} \\ &= 127,451/20 \\ &= 6,3725 \text{ m} \end{aligned}$$

$$C = \text{Koefisien Ombak (Tabel 3.39 Henschkle, halaman 882)}$$

**Tabel 4.136** Ordinat tinggi gelombang hogging

H :	6,373	m	
Tinggi Gelombang dengan koefisien C pada tabel Hanske			
Ord	H	c	Y = H x c
0	6,373	0,000	0,000
1	6,373	0,019	0,121
2	6,373	0,075	0,478
3	6,373	0,168	1,071
4	6,373	0,293	1,867
5	6,373	0,438	2,791
6	6,373	0,594	3,785
7	6,373	0,748	4,767
8	6,373	0,879	5,601
9	6,373	0,968	6,169
10	6,373	1,000	6,373
11	6,373	0,968	6,169
12	6,373	0,879	5,601
13	6,373	0,748	4,767
14	6,373	0,594	3,785
15	6,373	0,438	2,791
16	6,373	0,293	1,867
17	6,373	0,168	1,071
18	6,373	0,075	0,478
19	6,373	0,019	0,121
20	6,373	0,000	0,000

## 2. Menentukan tinggi gelombang sebenarnya

Untuk menentukan tinggi gelombang sebenarnya maka dilakukan dengan cara interpolasi sebagai berikut:

**Tabel 4.137** Perhitungan tinggi gelombang hogging pada WL 0

T (m)		0		
SKALA BONJEAN		1	:	75
Ord	$L_{\text{bonjean}}$	$A_{\text{bonjean}}$	FS	HG
AP	0,000	0,000	1	0,000
1	0,003	0,240	4	0,960
2	0,028	2,100	2	4,200
3	0,126	9,450	4	37,800
4	0,323	24,225	2	48,450
5	0,668	50,108	4	200,430
6	1,072	80,363	2	160,725
7	1,400	105,000	4	420,000
8	1,617	121,290	2	242,580
9	1,705	127,845	4	511,380
10	1,712	128,378	2	256,755
11	1,657	124,245	4	496,980
12	1,503	112,748	2	225,495
13	1,278	95,850	4	383,400
14	1,007	75,555	2	151,110
15	0,749	56,153	4	224,610
16	0,478	35,835	2	71,670
17	0,241	18,038	4	72,150
18	0,068	5,115	2	10,230
19	0,009	0,668	4	2,670
FP	0,000	0,000	1	0,000
			Jumlah =	3521,595

S		3521,595	
Volume		7480,513	m <sup>3</sup>
$\Delta$ (ton)		7719,890	ton

**Tabel 4.138** Perhitungan tinggi gelombang hogging pada WL 5

T (m)		4,48		
SKALA BONJEAN		1	:	75
Ord	L <sub>bonjean</sub>	A <sub>bonjean</sub>	FS	HG
AP	0,000	0,000	1	0,000
1	0,122	9,113	4	36,450
2	0,382	28,643	2	57,285
3	0,833	62,453	4	249,810
4	1,461	109,598	2	219,195
5	2,020	151,470	4	605,880
6	2,444	183,300	2	366,600
7	2,728	204,593	4	818,370
8	2,878	215,835	2	431,670
9	2,909	218,145	4	872,580
10	2,829	212,138	2	424,275
11	2,663	199,718	4	798,870
12	2,451	183,803	2	367,605
13	2,213	165,953	4	663,810
14	1,975	148,110	2	296,220
15	1,734	130,065	4	520,260
16	1,513	113,438	2	226,875
17	1,230	92,243	4	368,970
18	0,851	63,788	2	127,575
19	0,389	29,145	4	116,580
FP	0,000	0,000	1	0,000

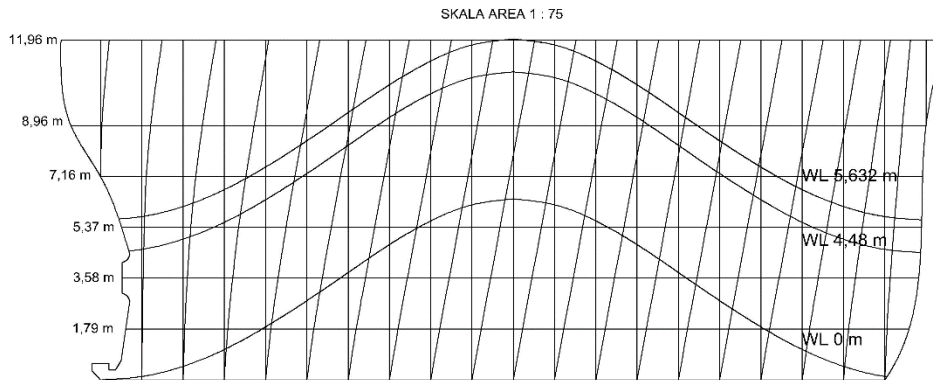
S		7568,880	
Volume		16077,689	m <sup>3</sup>
Δ (ton)		16592,175	ton

Untuk menentukan tinggi gelombang sebenarnya maka dilakukan dengan cara interpolasi sebagai berikut:

Δ(WL 0 m)	7719,890	T (WL 0 m)		0,000
Δ sebenarnya	18873,664	T sebenarnya		5,632
Δ(WL 4,48 m)	16592,175	T (WL 4,48 m)		4,480

Maka didapatkan tinggi gelombang sebenarnya pada sarat **5,632 m**





**Gambar 4.63** Tinggi gelombang hogging tiap sarat air

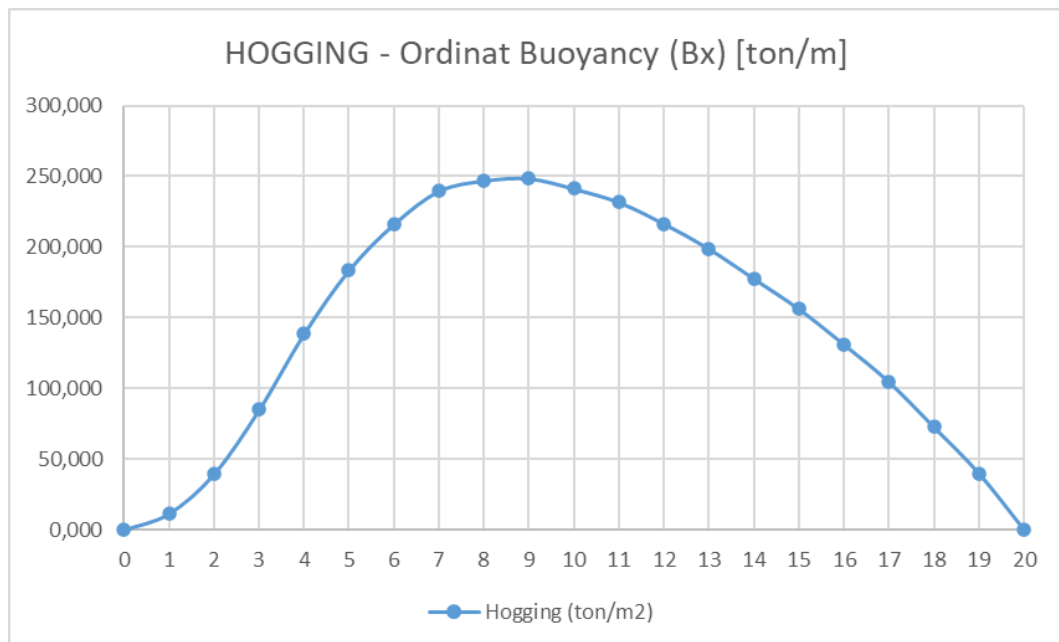
**Tabel 4.139** Perhitungan tinggi gelombang hogging sebenarnya

T (m)		5,632		
SKALA BONJEAN		1	:	75
Ord	$L_{\text{bonjean}}$	$A_{\text{bonjean}}$	FS	HG
AP	0,000	0,000	1	0,000
1	0,150	11,273	4	45,090
2	0,512	38,385	2	76,770
3	1,098	82,350	4	329,400
4	1,793	134,453	2	268,905
5	2,375	178,148	4	712,590
6	2,797	209,738	2	419,475
7	3,099	232,425	4	929,700
8	3,193	239,438	2	478,875
9	3,212	240,870	4	963,480
10	3,118	233,880	2	467,760
11	2,995	224,588	4	898,350
12	2,798	209,828	2	419,655
13	2,569	192,675	4	770,700
14	2,295	172,125	2	344,250
15	2,018	151,373	4	605,490
16	1,694	127,058	2	254,115
17	1,351	101,291	4	405,162
18	0,938	70,336	2	140,672
19	0,514	38,580	4	154,320
FP	0,000	0,000	1	0,000

$\Sigma 1$		8684,759	
Volume (m <sup>3</sup> )		18448,019	
$\Delta$ (ton)		19038,356	
Koreksi $\Delta$ (%)		0,009	<1%

**Tabel 4.140** Perhitungan ordinat bouyancy hogging

Ordinat	L(m2)	C(ton/m3)	Hogging (ton/m2)
0	0	1,032	0,000
1	11,2725	1,032	11,633
2	38,385	1,032	39,613
3	82,35	1,032	84,985
4	134,4525	1,032	138,755
5	178,1475	1,032	183,848
6	209,7375	1,032	216,449
7	232,425	1,032	239,863
8	239,4375	1,032	247,100
9	240,87	1,032	248,578
10	233,88	1,032	241,364
11	224,5875	1,032	231,774
12	209,8275	1,032	216,542
13	192,675	1,032	198,841
14	172,125	1,032	177,633
15	151,3725	1,032	156,216
16	127,0575	1,032	131,123
17	101,2905	1,032	104,532
18	70,33575	1,032	72,586
19	38,58	1,032	39,815
20	0	1,032	0,000



**Gambar 4.64** Ordinat bouyancy hogging

## B. Sagging

*Sagging* memiliki ciri puncak gelombang berada di haluan dan buritan kapal, lembah gelombang berada di bagian tengah, atau bisa dikatakan *Hogging* adalah Tekanan yang terjadi pada badan kapal karena konsentrasi muatan berada pada bagian tengah kapal.

### 1. Perhitungan ordinat gelombang

$$Y = H \times C$$

Dimana:

$$\begin{aligned} H &= L/20 \text{ (Kondisi Hogging)} \\ &= 127,451/20 \\ &= 6,3725 \text{ m} \end{aligned}$$

$$C = \text{Koefisien Ombak (Tabel 3.39 Henschke, halaman 882)}$$

**Tabel 4.141** Ordinat tinggi gelombang sagging

Tinggi Gelombang dengan koefisien C pada tabel Hanske			
Ord	H	c	Y = H x c
0	6,373	1,000	6,373
1	6,373	0,982	6,258
2	6,373	0,927	5,907
3	6,373	0,839	5,347
4	6,373	0,720	4,588
5	6,373	0,577	3,677
6	6,373	0,421	2,683
7	6,373	0,226	1,440
8	6,373	0,128	0,816
9	6,373	0,034	0,217
10	6,373	0,000	0,000
11	6,373	0,034	0,217
12	6,373	0,128	0,816
13	6,373	0,226	1,440
14	6,373	0,421	2,683
15	6,373	0,577	3,677
16	6,373	0,720	4,588
17	6,373	0,839	5,347
18	6,373	0,927	5,907
19	6,373	0,982	6,258
20	6,373	1,000	6,373

## 2. Menentukan tinggi gelombang sebenarnya

Untuk menentukan tinggi gelombang sebenarnya maka dilakukan dengan cara interpolasi sebagai berikut:

**Tabel 4.142** Perhitungan tinggi gelombang sagging pada WL 0

T (m)		0		
SKALA BONJEAN		1	:	75
Ord	$L_{\text{bonjean}}$	$A_{\text{bonjean}}$	FS	HG
AP	0,000	0,000	1	0,000
1	0,169	12,690	4	50,760
2	0,452	33,900	2	67,800
3	0,688	51,600	4	206,400
4	0,787	59,025	2	118,050
5	0,718	53,865	4	215,460
6	0,573	42,953	2	85,905
7	0,379	28,455	4	113,820
8	0,190	14,258	2	28,515
9	0,054	4,050	4	16,200
10	0,000	0,000	2	0,000
11	0,059	4,425	4	17,700
12	0,238	17,873	2	35,745
13	0,516	38,715	4	154,860
14	0,804	60,293	2	120,585
15	1,093	81,968	4	327,870
16	1,334	100,050	2	200,100
17	1,370	102,765	4	411,060
18	1,126	84,480	2	168,960
19	0,583	43,695	4	174,780
FP	0,000	0,000	1	0,000

S		2514,570	
Volume		5341,408	m <sup>3</sup>
$\Delta$ (ton)		5512,333	ton

**Tabel 4.143** Perhitungan tinggi gelombang sagging pada WL 5

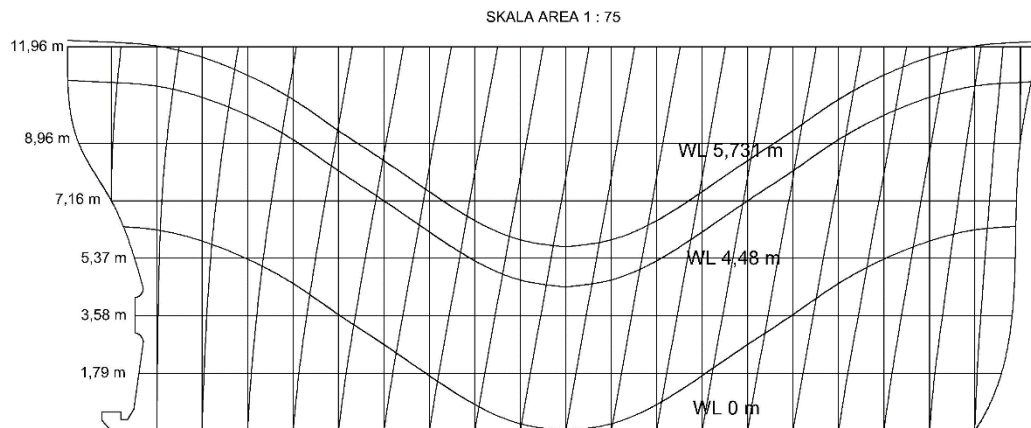
T (m)		4,480		
SKALA BONJEAN		1	:	75
Ord	L <sub>bonjean</sub>	A <sub>bonjean</sub>	FS	HG
AP	0,285	21,405	1	21,405
1	0,768	57,585	4	230,340
2	1,242	93,173	2	186,345
3	1,609	120,705	4	482,820
4	1,788	134,100	2	268,200
5	1,776	133,223	4	532,890
6	1,645	123,405	2	246,810
7	1,459	109,388	4	437,550
8	1,296	97,223	2	194,445
9	1,218	91,365	4	365,460
10	1,226	91,965	2	183,930
11	1,349	101,198	4	404,790
12	1,559	116,940	2	233,880
13	1,898	142,350	4	569,400
14	2,182	163,643	2	327,285
15	2,466	184,950	4	739,800
16	2,660	199,515	2	399,030
17	2,620	196,515	4	786,060
18	2,132	159,900	2	319,800
19	1,161	87,053	4	348,210
FP	0,010	0,780	1	0,780

S		7279,230	
Volume		15462,419	m <sup>3</sup>
Δ (ton)		15957,216	ton

Untuk menentukan tinggi gelombang sebenarnya maka dilakukan dengan cara interpolasi sebagai berikut:

Δ2 (WL 0 m)		5512,333	T (WL 0 m)		0,000
	Δ sebenarnya	18873,664		T sebenarnya	5,731
Δ (WL 4,48m)		15957,216	T (WL 4,48 m)		4,480

Maka didapatkan tinggi gelombang sebenarnya pada sarat **5,731 m**



**Gambar 4.65** Tinggi gelombang sagging tiap sarat air

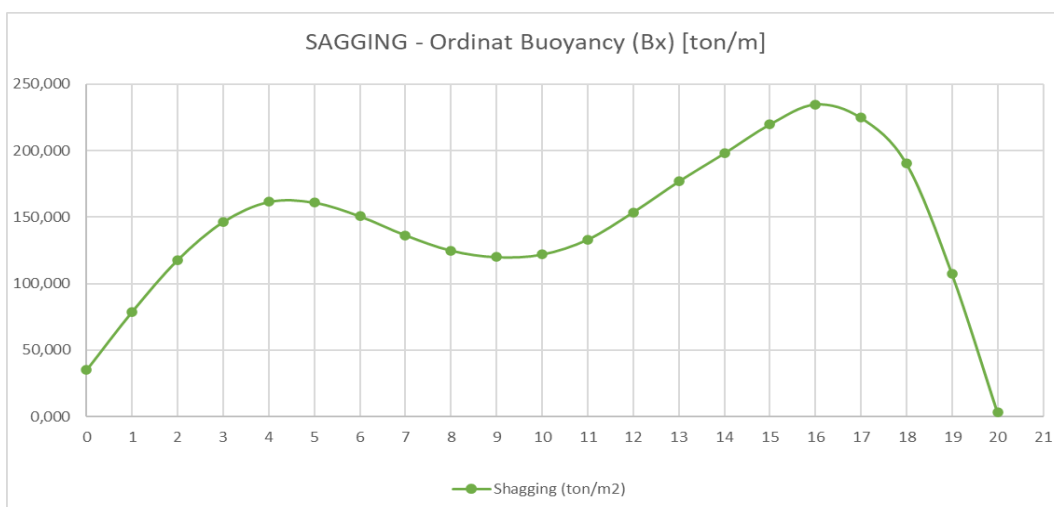
**Tabel 4.144** Perhitungan tinggi gelombang sagging sebenarnya

T (m)		5,731		
SKALA BONJEAN		1	:	75
Ordinat	L gambar	A bonjean	FS	HG
AP	0,453	33,990	1	33,990
1	1,019	76,455	4	305,820
2	1,522	114,173	2	228,345
3	1,891	141,840	4	567,360
4	2,085	156,375	2	312,750
5	2,078	155,880	4	623,520
6	1,945	145,905	2	291,810
7	1,761	132,098	4	528,390
8	1,613	120,953	2	241,905
9	1,549	116,175	4	464,700
10	1,575	118,095	2	236,190
11	1,720	128,985	4	515,940
12	1,985	148,845	2	297,690
13	2,283	171,255	4	685,020
14	2,557	191,738	2	383,475
15	2,838	212,843	4	851,370
16	3,033	227,438	2	454,875
17	2,902	217,650	4	870,600
18	2,456	184,223	2	368,445
19	1,384	103,800	4	415,200
FP	0,039	2,888	1	2,888

	$\Sigma 1$	8680,283	
	Volume (m3)	18438,511	
	$\Delta$ (ton)	19028,544	
	Koreksi $\Delta$ (%)	-0,008	<1%

**Tabel 4.145** Perhitungan ordinat bouyancy sagging

Ordinat	L(m2)	C( ton/m3)	Shagging (ton/m2)
0	33,990	1,032	35,078
1	76,455	1,032	78,902
2	114,173	1,032	117,826
3	141,840	1,032	146,379
4	156,375	1,032	161,379
5	155,880	1,032	160,868
6	145,905	1,032	150,574
7	132,098	1,032	136,325
8	120,953	1,032	124,823
9	116,175	1,032	119,893
10	118,095	1,032	121,874
11	128,985	1,032	133,113
12	148,845	1,032	153,608
13	171,255	1,032	176,735
14	191,738	1,032	197,873
15	212,843	1,032	219,653
16	227,438	1,032	234,716
17	217,650	1,032	224,615
18	184,223	1,032	190,118
19	103,800	1,032	107,122
20	2,888	1,032	2,980

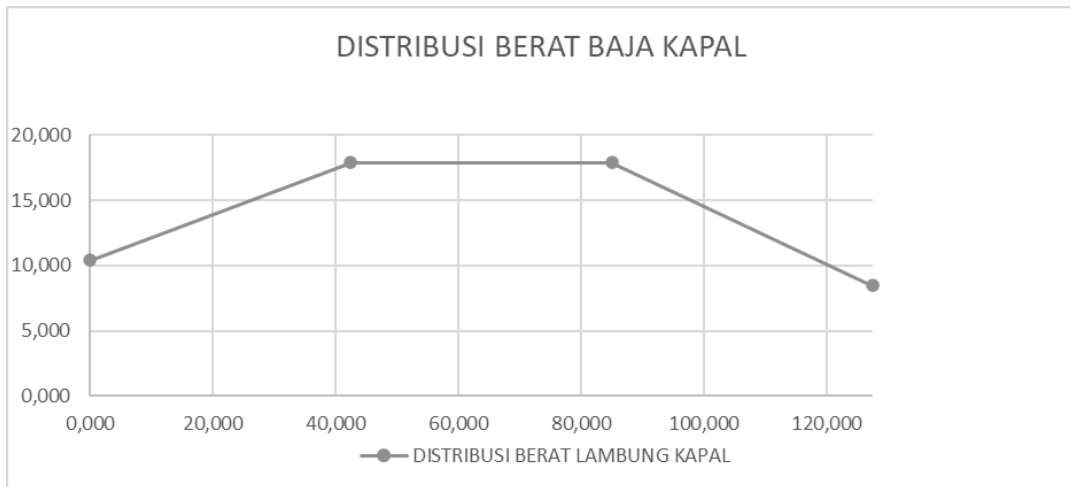


**Gambar 4.66** Ordinat bouyancy sagging

### C. Distribusi Berat Baja Kapal

**Tabel 4.146** Distribusi berat baja kapal

Berat baja kapal	Wst	1910,102	ton
Posisi Dari AP	Jarak dari AP	k	k. G/L (ton/m)
AP	0,000	0,693	10,386
1/.3	42,484	1,195	17,909
2/.3	84,967	1,195	17,909
3./3	127,451	0,566	8,483



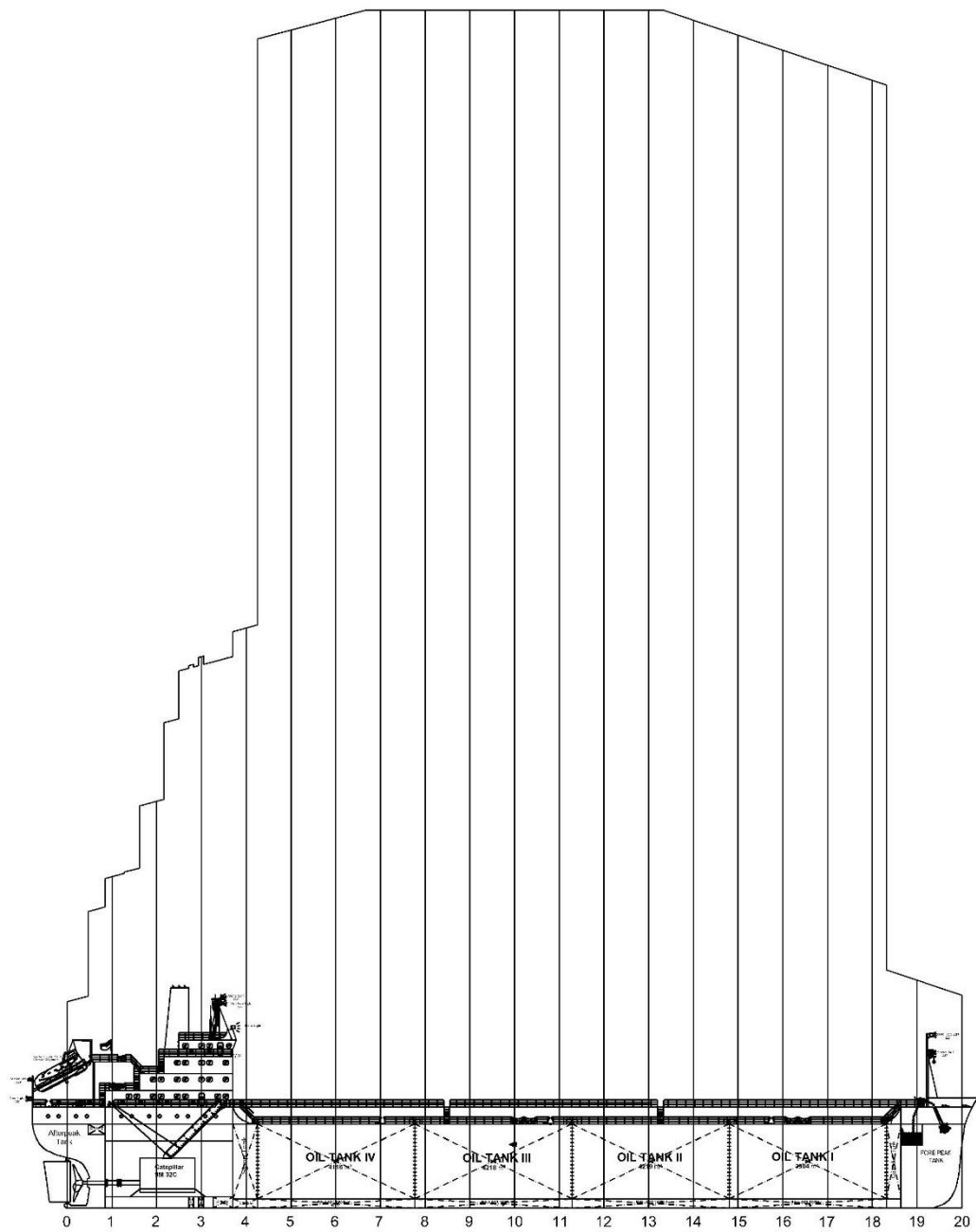
**Gambar 4.66** Grafik distribusi berat baja kapal



## D. Distribusi Berat Lainnya

**Tabel 4.147** Distribusi berat kapal lainnya

No	Bagian	Berat (ton)		Panjang (m)	Distribusi berat (ton/m)	
		A	B	B	C = A/B	
1	Poop deck	76,606		28,6	2,679	
2	Boat deck	55,980		18,2	3,076	
3	Bridge deck	41,294		13,3	3,105	
4	Nav. Deck	28,031		9,8	2,860	
5	Top deck	13,132		7,7	1,705	
6	Forecastle deck	20,231		10,15	1,993	
7	Engine room	119,474		18,2	6,565	
8	Lub. oil tank	0,842		0,7	1,203	
9	Dirty oil tank & sewage	0,277		0,7	0,396	
10	Fuel oil tank	31,580		2,8	11,279	
11	Fresh water tank (service)	33,750		2,8	12,054	
12	Oil Tank	12674,048		89,6	141,451	
13	Provision	0,385		2	0,175	
14	Outfitting in poop deck	315,092		28,6	11,017	
15	Outfitting in boat deck I	118,160		18,2	6,492	
16	Outfitting in bridge deck	78,773		13,3	5,923	
17	Outfitting in Nav. Deck	78,773		9,8	8,038	
18	Outfitting in Top deck	39,387		7,7	5,115	
19	Outfitting in forecastle deck	157,546		10,15	15,522	
20	Cargo Oil Pump		10,000	3,50	2,857	



**Gambar 4.67** Grafik distribusi berat kapal rancangan

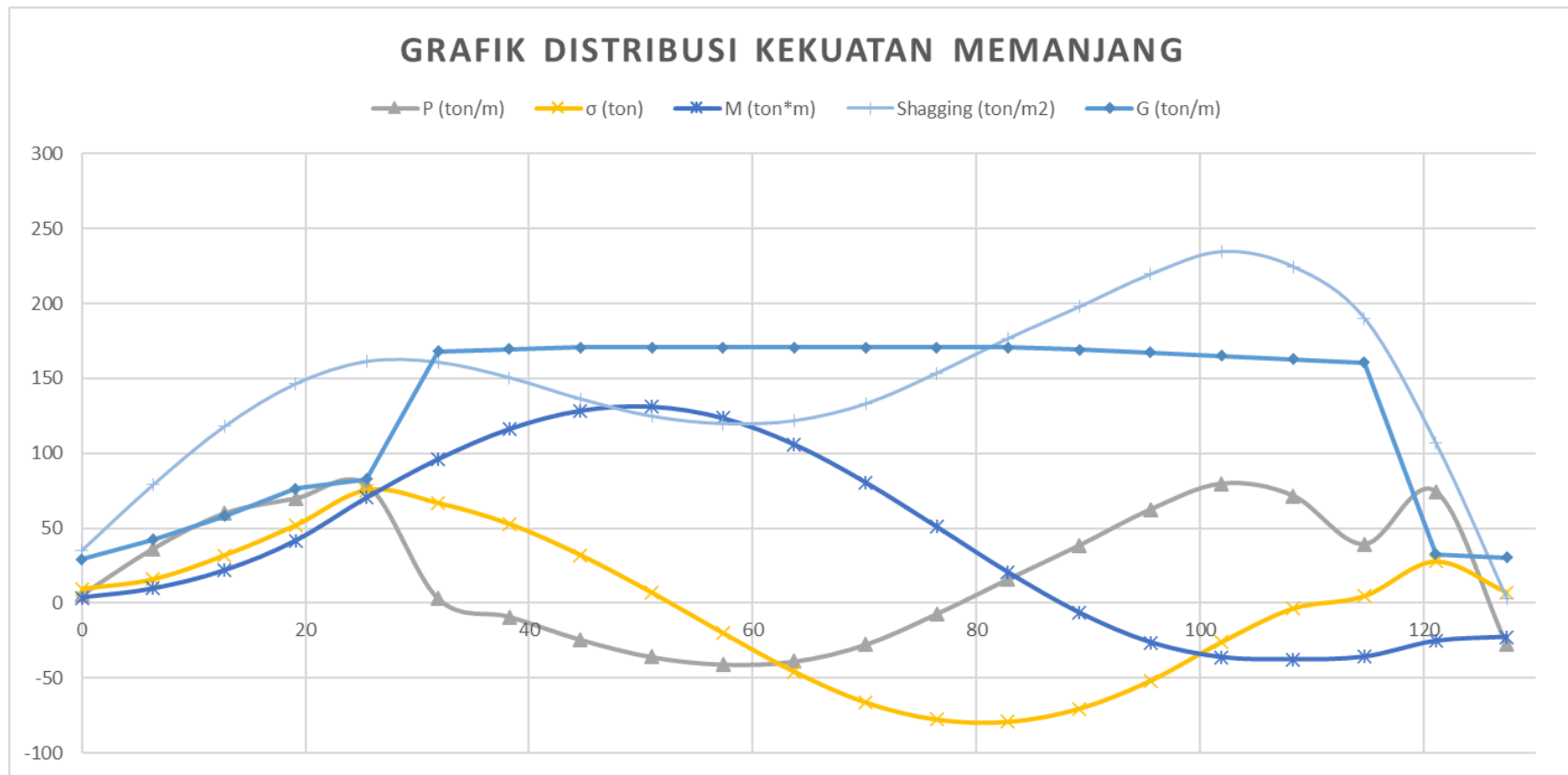
**Tabel 4.148** Perhitungan kekuatan memanjang (Banding Momen)

L	G (ton/m)	B Sagging (ton/m)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
			P (ton/m)	ΣP (ton/m)	Koreksi	SP ' (ton/m)	S(SP ' )(ton/m)	s (ton)	M (tonm)	Faktor	Δ2 .σ(ton)	Σ Δ2.σ(ton)	Δ M(tonm)	σ (ton)	M (ton*m)
			B (x) - G (x)			2+3	-	ΔL*(4)	ΔL <sup>2</sup> *(5)	C (sagging)		-	ΔL *(10)	(6) + (9)	(7) + (11)
0	29,407	35,078	5,671	5,671	0,000	5,671	5,671	36,137	230,283	1,000	107,148	107,148	682,806	143,285	913,089
1	42,471	78,902	36,431	42,101	-21,207	20,894	26,565	133,148	1078,775	0,982	105,219	212,367	1353,322	238,367	2432,097
2	57,982	117,826	59,844	101,945	-42,415	59,530	86,095	379,361	3496,271	0,927	99,326	311,694	1986,283	478,687	5482,554
3	76,610	146,379	69,768	171,713	-63,622	108,092	194,187	688,820	7885,809	0,839	89,897	401,591	2559,158	778,717	10444,967
4	82,685	161,379	78,694	250,407	-84,829	165,578	359,765	1055,157	14609,849	0,720	77,147	478,737	3050,778	1132,303	17660,627
5	157,927	160,868	2,941	253,349	-106,036	147,312	507,078	938,755	20592,114	0,577	61,824	540,562	3444,757	1000,580	24036,871
6	159,635	150,574	-9,061	244,288	-127,244	117,044	624,122	745,870	25345,211	0,421	45,109	585,671	3732,219	790,980	29077,429
7	160,773	136,325	-24,448	219,839	-148,451	71,389	695,511	454,928	28244,260	0,226	24,215	609,887	3886,533	479,143	32130,792
8	160,773	124,823	-35,950	183,889	-169,658	14,231	709,742	90,690	28822,186	0,128	13,715	623,602	3973,932	104,405	32796,118
9	160,773	119,893	-40,880	143,009	-190,865	-47,856	661,886	-304,967	26878,772	0,034	3,643	627,245	3997,147	-301,324	30875,919
10	160,773	121,874	-38,899	104,110	-212,073	-107,963	553,923	-687,996	22494,480	0,000	0,000	627,245	3997,147	-687,996	26491,627
11	160,773	133,113	-27,660	76,450	-233,280	-156,830	397,093	-999,408	16125,699	0,034	3,643	630,888	4020,363	-995,765	20146,062
12	160,773	153,608	-7,165	69,285	-254,487	-185,202	211,890	-1180,212	8604,741	0,128	13,715	644,603	4107,762	-1166,497	12712,503
13	160,773	176,735	15,962	85,247	-275,694	-190,448	21,443	-1213,636	870,782	0,226	24,215	668,818	4262,076	-1189,421	5132,858
14	159,347	197,873	38,526	123,773	-296,902	-173,129	-151,686	-1103,271	-6159,865	0,421	45,109	713,927	4549,538	-1058,161	-1610,327
15	157,208	219,653	62,446	186,218	-318,109	-131,890	-283,576	-840,477	-11515,849	0,577	61,824	775,752	4943,517	-778,653	-6572,332
16	155,069	234,716	79,647	265,865	-339,316	-73,451	-357,027	-468,070	-14498,646	0,720	77,147	852,898	5435,137	-390,923	-9063,509
17	152,930	224,615	71,685	337,550	-360,523	-22,973	-380,000	-146,399	-15431,580	0,839	89,897	942,796	6008,012	-56,502	-9423,569
18	150,791	190,118	39,327	376,877	-381,731	-4,854	-384,854	-30,932	-15628,698	0,927	99,326	1042,122	6640,973	68,394	-8987,726
19	32,486	107,122	74,636	451,512	-402,938	48,574	-336,280	309,542	-13656,124	0,982	105,219	1147,341	7311,489	414,762	-6344,635
20	30,347	2,980	-27,367	424,145	-424,145	0,000	-336,280	0,000	-13656,124	1,000	107,148	1254,489	7994,295	107,148	-5661,829

## E. Grafik Kekuatan Memanjang

**Tabel 4.149** Grafik Kekuatan Memanjang

Station	L	G (ton/m)	B Sagging (ton/m)	P (ton/m)	$\sigma$ (ton)	M (ton*m)
		1:1.	1:1.	1:1.	1:15.	1:250.
0	0,000	29,407	35,078	5,671	9,552	3,652
1	6,373	42,471	78,902	36,431	15,891	9,728
2	12,745	57,982	117,826	59,844	31,912	21,930
3	19,118	76,610	146,379	69,768	51,914	41,780
4	25,490	82,685	161,379	78,694	75,487	70,643
5	31,863	167,927	160,868	2,941	66,705	96,147
6	38,235	169,635	150,574	-9,061	52,732	116,310
7	44,608	170,773	136,325	-24,448	31,943	128,523
8	50,980	170,773	124,823	-35,950	6,960	131,184
9	57,353	170,773	119,893	-40,880	-20,088	123,504
10	63,726	170,773	121,874	-38,899	-45,866	105,967
11	70,098	170,773	133,113	-27,660	-66,384	80,584
12	76,471	170,773	153,608	-7,165	-77,766	50,850
13	82,843	170,773	176,735	15,962	-79,295	20,531
14	89,216	169,347	197,873	38,526	-70,544	-6,441
15	95,588	167,208	219,653	62,446	-51,910	-26,289
16	101,961	165,069	234,716	79,647	-26,062	-36,254
17	108,333	162,930	224,615	71,685	-3,767	-37,694
18	114,706	160,791	190,118	39,327	4,560	-35,951
19	121,078	32,486	107,122	74,636	27,651	-25,379
20	127,451	30,347	2,980	-27,367	7,143	-22,647



**Gambar 4.68** Grafik kekuatan memanjang rancangan

#### **4.2.7.2 Kekuatan Penampang Tengah Kapal (Buckling)**

Dalam rancangan ditinjau kekuatan pada salah satu gading yang dianggap mewakili seluruh rancangan. Pada potongan ini dibuatkan pembebanan yang terjadi kemudian dilakukan perhitungan terhadap besarnya reaksi gaya dan momen yang terjadi pada tiap tempat.

Dari diagram yang digambar dapat dicari harga-harga kritis atau harga maksimum yang terjadi sehingga dapat dilakukan pengecekan tegangan yang terjadi. Tegangan yang terjadi tidak boleh melebihi tegangan izin yang ditetapkan oleh kelas. Berikut perhitungan tegangan penampang tengah kapal dibawah ini:

**Tabel 4.150** Perhitungan penampang tengah kapal

No	Item	n	Hor	Ver	Luas (A)	Lengan Ver ( $\ell_v$ )	Lengan Hor ( $\ell_H$ )	$A\ell_v$	$A\ell_H$	$A\ell_v^2$	$A\ell_H^2$	$I_{OV}$	$I_{OH}$
1	Keel plate	1	1,800	0,014	0,025	0,007	0,000	0,00018	0	1,23E-06	0	6,804E-03	4,116E-07
2	1. Bottom plate	2	2,200	0,012	0,026	0,006	2,000	0,00016	0,0528	9,50E-07	0,1056	2,130E-02	6,336E-07
	2. Bottom plate	2	2,200	0,012	0,026	0,006	4,200	0,00016	0,11088	9,50E-07	0,4657	2,130E-02	6,336E-07
	3. Bottom plate	2	2,100	0,012	0,025	0,006	6,350	0,00015	0,16002	9,07E-07	1,01613	1,852E-02	6,048E-07
	4. Bottom plate	2	1,400	0,012	0,017	0,006	8,100	0,0001	0,13608	6,05E-07	1,10225	5,488E-03	4,032E-07
3	Bilge Plate	2	0,012	1,750	0,021	0,200	9,636	0,0042	0,20236	8,40E-04	1,95006	3,84E-02	1,072E-02
4	Inner Bottom Plate	2	8,400	0,012	0,101	1,294	4,200	0,13044	0,42336	1,69E-01	1,77811	1,185E+00	2,419E-06
5	1. Side plate	2	0,012	2,000	0,024	1,914	10,129	0,04594	0,2431	8,79E-02	2,46232	5,760E-07	1,600E-02
	2. Side plate	2	0,012	2,400	0,029	4,160	10,129	0,11981	0,29172	4,98E-01	2,95478	6,912E-07	2,765E-02
	3. Side plate	2	0,012	2,400	0,029	6,428	10,129	0,18513	0,29172	1,19E+00	2,95478	6,912E-07	2,765E-02
	4. Side plate	2	0,010	2,400	0,024	8,960	10,130	0,21504	0,24312	1,93E+00	2,46281	4,000E-07	2,304E-02
6	Sheer Strake plate	2	0,010	1,800	0,018	11,210	10,130	0,20178	0,18234	2,26E+00	1,8471	3,000E-07	9,720E-03
7	1. Deck plate	1	1,800	0,009	0,016	11,955	0,000	0,19367	0	2,32E+00	0	4,374E-03	1,094E-07
	2. Deck plate	2	2,200	0,009	0,020	11,955	2,000	0,23671	0,0396	2,83E+00	0,0792	1,597E-02	2,673E-07
	3. Deck plate	2	2,200	0,009	0,020	11,955	4,200	0,23671	0,08316	2,83E+00	0,34927	1,597E-02	2,673E-07
	4. Deck plate	2	2,100	0,009	0,019	11,955	6,350	0,22595	0,12002	2,70E+00	0,7621	1,389E-02	2,552E-07
	5. Deck plate	2	1,400	0,009	0,013	11,955	8,100	0,15063	0,10206	1,80E+00	0,82669	4,116E-03	1,701E-07
	6. Deck plate	2	1,350	0,009	0,012	11,955	9,450	0,14525	0,11482	1,74E+00	1,08503	3,691E-03	1,640E-07

8	1. Bottom Longt. L200x100x12	2	0,012	0,200	0,002	0,100	0,700	0,00024	0,00168	2,40E-05	0,00118	5,760E-08	1,600E-05
		2	0,100	0,012	0,001	0,194	0,744	0,00023	0,00089	4,52E-05	0,00066	2,000E-06	2,880E-08
	2. Bottom Longt. L200x100x12	2	0,012	0,200	0,002	0,100	1,400	0,00024	0,00336	2,40E-05	0,0047	5,760E-08	1,600E-05
		2	0,100	0,012	0,001	0,194	1,444	0,00023	0,00173	4,52E-05	0,0025	2,000E-06	2,880E-08
	3. Bottom Longt. L200x100x12	2	0,012	0,200	0,002	0,100	2,100	0,00024	0,00504	2,40E-05	0,01058	5,760E-08	1,600E-05
		2	0,100	0,012	0,001	0,194	2,144	0,00023	0,00257	4,52E-05	0,00552	2,000E-06	2,880E-08
	4. Bottom Longt. L200x100x12	2	0,012	0,200	0,002	0,100	3,500	0,00024	0,0084	2,40E-05	0,0294	5,760E-08	1,600E-05
		2	0,100	0,012	0,001	0,194	3,544	0,00023	0,00425	4,52E-05	0,01507	2,000E-06	2,880E-08
	5. Bottom Longt. L200x100x12	2	0,012	0,200	0,002	0,100	4,200	0,00024	0,01008	2,40E-05	0,04234	5,760E-08	1,600E-05
		2	0,100	0,012	0,001	0,194	4,244	0,00023	0,00509	4,52E-05	0,02161	2,000E-06	2,880E-08
	6. Bottom Longt. L200x100x12	2	0,012	0,200	0,002	0,100	4,900	0,00024	0,01176	2,40E-05	0,05762	5,760E-08	1,600E-05
		2	0,100	0,012	0,001	0,194	4,944	0,00023	0,00593	4,52E-05	0,02933	2,000E-06	2,880E-08
	7. Bottom Longt. L200x100x12	2	0,012	0,200	0,002	0,100	6,300	0,00024	0,01512	2,40E-05	0,09526	5,760E-08	1,600E-05
		2	0,100	0,012	0,001	0,194	6,344	0,00023	0,00761	4,52E-05	0,0483	2,000E-06	2,880E-08
	8. Bottom Longt. L200x100x12	2	0,012	0,250	0,003	0,100	7,000	0,0003	0,021	3,00E-05	0,147	7,200E-08	3,125E-05
		2	0,100	0,012	0,001	0,194	7,440	0,00023	0,00893	4,52E-05	0,06642	2,000E-06	2,880E-08
	9. Bottom Longt. L200x100x12	2	0,012	0,250	0,003	0,100	7,700	0,0003	0,0231	3,00E-05	0,17787	7,200E-08	3,125E-05
		2	0,100	0,012	0,001	0,194	7,744	0,00023	0,00929	4,52E-05	0,07196	2,000E-06	2,880E-08
9	1. Inner Bottom Longt. L180x90x12	2	0,012	0,180	0,002	1,216	0,700	0,00263	0,00151	3,19E-03	0,00106	5,184E-08	1,166E-05
		2	0,090	0,012	0,001	1,126	0,739	0,00122	0,0008	1,37E-03	0,00059	1,458E-06	2,592E-08
	2. Inner Bottom Longt. L180x90x12	2	0,012	0,180	0,002	1,216	1,400	0,00263	0,00302	3,19E-03	0,00423	5,184E-08	1,166E-05
		2	0,090	0,012	0,001	1,126	1,439	0,00122	0,00155	1,37E-03	0,00224	1,458E-06	2,592E-08
	3. Inner Bottom Longt. L180x90x12	2	0,012	0,180	0,002	1,216	2,100	0,00263	0,00454	3,19E-03	0,00953	5,184E-08	1,166E-05
		2	0,090	0,012	0,001	1,126	2,139	0,00122	0,00231	1,37E-03	0,00494	1,458E-06	2,592E-08
	4. Inner Bottom Longt. L180x90x12	2	0,012	0,180	0,002	1,216	3,500	0,00263	0,00756	3,19E-03	0,02646	5,184E-08	1,166E-05
		2	0,090	0,012	0,001	1,126	3,539	0,00122	0,00382	1,37E-03	0,01353	1,458E-06	2,592E-08
	5. Inner Bottom Longt. L180x90x12	2	0,012	0,180	0,002	1,216	4,200	0,00263	0,00907	3,19E-03	0,0381	5,184E-08	1,166E-05
		2	0,090	0,012	0,001	1,126	4,239	0,00122	0,00458	1,37E-03	0,01941	1,458E-06	2,592E-08
	6. Inner Bottom Longt. L180x90x12	2	0,012	0,180	0,002	1,216	4,900	0,00263	0,01058	3,19E-03	0,05186	5,184E-08	1,166E-05
		2	0,090	0,012	0,001	1,126	4,939	0,00122	0,00533	1,37E-03	0,02635	1,458E-06	2,592E-08
	7. Inner Bottom Longt. L180x90x12	2	0,012	0,180	0,002	1,216	6,300	0,00263	0,01361	3,19E-03	0,08573	5,184E-08	1,166E-05
		2	0,090	0,012	0,001	1,126	6,339	0,00122	0,00685	1,37E-03	0,0434	1,458E-06	2,592E-08
	8. Inner Bottom Longt. L180x90x12	2	0,012	0,180	0,002	1,216	7,000	0,00263	0,01512	3,19E-03	0,10584	5,184E-08	1,166E-05
		2	0,090	0,012	0,001	1,126	7,390	0,00122	0,00798	1,37E-03	0,05898	1,458E-06	2,592E-08
	9. Inner Bottom Longt. L180x90x12	2	0,012	0,180	0,002	1,216	7,700	0,00263	0,01663	3,19E-03	0,12807	5,184E-08	1,166E-05
		2	0,090	0,012	0,001	1,126	7,739	0,00122	0,00836	1,37E-03	0,06468	1,458E-06	2,592E-08

**Aditia Risky Dharmawan, 2020**

**PERANCANGAN KAPAL TANKER 16000 DWT KECEPATAN 13 KNOT DENGAN RUTE PELAYARAN**

**PLAJU (PALEMBANG) – TANJUNG PRIOK (JAKARTA)**

UPN Veteran Jakarta, Fakultas Teknik, Teknik Perkapalan

[www.upnvj.ac.id – www.library.upnvj.ac.id – www.repository.upnvj.ac.id]



10	1. Side Longitudinal L120x80x12	2	0,120	0,012	0,001	2,000	10,075	0,00288	0,01451	5,76E-03	0,14617	3,456E-06	3,456E-08
		2	0,012	0,080	0,001	1,966	10,015	0,00189	0,00961	3,71E-03	0,09629	2,304E-08	1,024E-06
	2. Side Longitudinal L120x80x12	2	0,120	0,012	0,001	2,700	10,075	0,00389	0,01451	1,05E-02	0,14617	3,456E-06	3,456E-08
		2	0,012	0,080	0,001	2,666	10,015	0,00256	0,00961	6,82E-03	0,09629	2,304E-08	1,024E-06
	3. Side Longitudinal L120x80x12	2	0,120	0,012	0,001	3,400	10,075	0,0049	0,01451	1,66E-02	0,14617	3,456E-06	3,456E-08
		2	0,012	0,080	0,001	3,366	10,015	0,00323	0,00961	1,09E-02	0,09629	2,304E-08	1,024E-06
	4. Side Longitudinal L120x80x12	2	0,120	0,012	0,001	4,100	10,075	0,0059	0,01451	2,42E-02	0,14617	3,456E-06	3,456E-08
		2	0,012	0,080	0,001	4,066	10,015	0,0039	0,00961	1,59E-02	0,09629	2,304E-08	1,024E-06
	5. Side Longitudinal L120x80x12	2	0,120	0,012	0,001	5,500	10,075	0,00792	0,01451	4,36E-02	0,14617	3,456E-06	3,456E-08
		2	0,012	0,080	0,001	5,466	10,015	0,00525	0,00961	2,87E-02	0,09629	2,304E-08	1,024E-06
	6. Side Longitudinal L120x80x12	2	0,120	0,012	0,001	6,200	10,075	0,00893	0,01451	5,54E-02	0,14617	3,456E-06	3,456E-08
		2	0,012	0,080	0,001	6,155	10,015	0,00591	0,00961	3,64E-02	0,09629	2,304E-08	1,024E-06
	7. Side Longitudinal L120x80x12	2	0,120	0,012	0,001	6,900	10,075	0,00994	0,01451	6,86E-02	0,14617	3,456E-06	3,456E-08
		2	0,012	0,080	0,001	6,866	10,015	0,00659	0,00961	4,53E-02	0,09629	2,304E-08	1,024E-06
	8. Side Longitudinal L120x80x12	2	0,120	0,012	0,001	7,600	10,075	0,01094	0,01451	8,32E-02	0,14617	3,456E-06	3,456E-08
		2	0,012	0,080	0,001	7,566	10,015	0,00726	0,00961	5,50E-02	0,09629	2,304E-08	1,024E-06
	9. Side Longitudinal L120x80x12	2	0,120	0,012	0,001	9,000	10,075	0,01296	0,01451	1,17E-01	0,14617	3,456E-06	3,456E-08
		2	0,012	0,080	0,001	8,966	10,015	0,00861	0,00961	7,72E-02	0,09629	2,304E-08	1,024E-06
	10. Side Longitudinal L120x80x12	2	0,120	0,012	0,001	9,700	10,075	0,01397	0,01451	1,35E-01	0,14617	3,456E-06	3,456E-08
		2	0,012	0,080	0,001	9,666	10,015	0,00928	0,00961	8,97E-02	0,09629	2,304E-08	1,024E-06
	11. Side Longitudinal L120x80x12	2	0,120	0,012	0,001	10,400	10,075	0,01498	0,01451	1,56E-01	0,14617	3,456E-06	3,456E-08
		2	0,012	0,080	0,001	10,366	10,015	0,00995	0,00961	1,03E-01	0,09629	2,304E-08	1,024E-06
	12. Side Longitudinal L120x80x12	2	0,120	0,012	0,001	11,100	10,075	0,01598	0,01451	1,77E-01	0,14617	3,456E-06	3,456E-08
		2	0,012	0,080	0,001	11,066	10,015	0,01062	0,00961	1,18E-01	0,09629	2,304E-08	1,024E-06

11	1. Side Longitudinal L120x80x12	2	0,120	0,012	0,001	2,000	8,895	0,00288	0,01281	5,76E-03	0,11393	3,456E-06	3,456E-08
		2	0,012	0,080	0,001	1,966	8,949	0,00189	0,00859	3,71E-03	0,07688	2,304E-08	1,024E-06
	2. Side Longitudinal L120x80x12	2	0,120	0,012	0,001	2,700	8,895	0,00389	0,01281	1,05E-02	0,11393	3,456E-06	3,456E-08
		2	0,012	0,080	0,001	2,666	8,949	0,00256	0,00859	6,82E-03	0,07688	2,304E-08	1,024E-06
	3. Side Longitudinal L120x80x12	2	0,120	0,012	0,001	3,400	8,895	0,0049	0,01281	1,66E-02	0,11393	3,456E-06	3,456E-08
		2	0,012	0,080	0,001	3,366	8,949	0,00323	0,00859	1,09E-02	0,07688	2,304E-08	1,024E-06
	4. Side Longitudinal L120x80x12	2	0,120	0,012	0,001	4,100	8,895	0,0059	0,01281	2,42E-02	0,11393	3,456E-06	3,456E-08
		2	0,012	0,080	0,001	4,066	8,949	0,0039	0,00859	1,59E-02	0,07688	2,304E-08	1,024E-06
	5. Side Longitudinal L120x80x12	2	0,120	0,012	0,001	5,500	8,895	0,00792	0,01281	4,36E-02	0,11393	3,456E-06	3,456E-08
		2	0,012	0,080	0,001	5,466	8,949	0,00525	0,00859	2,87E-02	0,07688	2,304E-08	1,024E-06
	6. Side Longitudinal L120x80x12	2	0,120	0,012	0,001	6,200	8,895	0,00893	0,01281	5,54E-02	0,11393	3,456E-06	3,456E-08
		2	0,012	0,080	0,001	6,155	8,949	0,00591	0,00859	3,64E-02	0,07688	2,304E-08	1,024E-06
	7. Side Longitudinal L120x80x12	2	0,120	0,012	0,001	6,900	8,895	0,00994	0,01281	6,86E-02	0,11393	3,456E-06	3,456E-08
		2	0,012	0,080	0,001	6,866	8,949	0,00659	0,00859	4,53E-02	0,07688	2,304E-08	1,024E-06
	8. Side Longitudinal L120x80x12	2	0,120	0,012	0,001	7,600	8,895	0,01094	0,01281	8,32E-02	0,11393	3,456E-06	3,456E-08
		2	0,012	0,080	0,001	7,566	8,949	0,00726	0,00859	5,50E-02	0,07688	2,304E-08	1,024E-06
	9. Side Longitudinal L120x80x12	2	0,120	0,012	0,001	9,000	8,895	0,01296	0,01281	1,17E-01	0,11393	3,456E-06	3,456E-08
		2	0,012	0,080	0,001	8,966	8,949	0,00861	0,00859	7,72E-02	0,07688	2,304E-08	1,024E-06
	10. Side Longitudinal L120x80x12	2	0,120	0,012	0,001	9,700	8,895	0,01397	0,01281	1,35E-01	0,11393	3,456E-06	3,456E-08
		2	0,012	0,080	0,001	9,666	8,949	0,00928	0,00859	8,97E-02	0,07688	2,304E-08	1,024E-06
	11. Side Longitudinal L120x80x12	2	0,120	0,012	0,001	10,400	8,895	0,01498	0,01281	1,56E-01	0,11393	3,456E-06	3,456E-08
		2	0,012	0,080	0,001	10,366	8,949	0,00995	0,00859	1,03E-01	0,07688	2,304E-08	1,024E-06
	12. Side Longitudinal L120x80x12	2	0,120	0,012	0,001	11,100	8,895	0,01598	0,01281	1,77E-01	0,11393	3,456E-06	3,456E-08
		2	0,012	0,080	0,001	11,066	8,949	0,01062	0,00859	1,18E-01	0,07688	2,304E-08	1,024E-06
12	1. Stringer T 300x13 FP 110x13	2	0,013	0,3	0,0039	4,8	9,985	0,01872	0,03894	0,089856	0,38883	1,0985E-07	0,0000585
		2	0,11	0,013	0,00143	4,8	9,828	0,00686	0,01405	0,0329472	0,13812	2,88383E-06	4,02783E-08
	2. Stringer T 300x13 FP 110x13	2	0,013	0,3	0,0039	8,3	9,985	0,03237	0,03894	0,268671	0,38883	1,0985E-07	0,0000585
		2	0,11	0,013	0,00143	8,3	9,828	0,01187	0,01405	0,0985127	0,13812	2,88383E-06	4,02783E-08
13	1. Stringer T 300x13 FP 110x13	2	0,013	0,3	0,0039	4,8	8,985	0,01872	0,03504	0,089856	0,31485	1,0985E-07	0,0000585
		2	0,11	0,013	0,00143	4,8	9,1415	0,00686	0,01307	0,0329472	0,1195	2,88383E-06	4,02783E-08
	2. Stringer T 300x13 FP 110x13	2	0,013	0,3	0,0039	8,3	8,985	0,03237	0,03504	0,268671	0,31485	1,0985E-07	0,0000585
		2	0,11	0,013	0,00143	8,3	9,1415	0,01187	0,01307	0,0985127	0,1195	2,88383E-06	4,02783E-08

14	1. Deck Longitudinal L100x65x9	2	0,009	0,1	0,0009	11,8645	0,7	0,01068	0,00063	0,12668972	0,00044	1,215E-08	0,0000015
		2	0,065	0,009	0,00059	11,91	0,7375	0,00697	0,00043	0,08298114	0,00032	4,11938E-07	7,8975E-09
	2. Deck Longitudinal L100x65x9	2	0,009	0,1	0,0009	11,8645	1,4	0,01068	0,00126	0,12668972	0,00176	1,215E-08	0,0000015
		2	0,065	0,009	0,00059	11,91	1,4375	0,00697	0,00084	0,08298114	0,00121	4,11938E-07	7,8975E-09
	3. Deck Longitudinal L100x65x9	2	0,009	0,1	0,0009	11,8645	2,1	0,01068	0,00189	0,12668972	0,00397	1,215E-08	0,0000015
		2	0,065	0,009	0,00059	11,91	2,1375	0,00697	0,00125	0,08298114	0,00267	4,11938E-07	7,8975E-09
	4. Deck Longitudinal L100x65x9	2	0,009	0,1	0,0009	11,8645	3,5	0,01068	0,00315	0,12668972	0,01103	1,215E-08	0,0000015
		2	0,065	0,009	0,00059	11,91	3,5375	0,00697	0,00207	0,08298114	0,00732	4,11938E-07	7,8975E-09
	5. Deck Longitudinal L100x65x9	2	0,009	0,1	0,0009	11,8645	4,2	0,01068	0,00378	0,12668972	0,01588	1,215E-08	0,0000015
		2	0,065	0,009	0,00059	11,91	4,2375	0,00697	0,00248	0,08298114	0,0105	4,11938E-07	7,8975E-09
	6. Deck Longitudinal L100x65x9	2	0,009	0,1	0,0009	11,8645	4,9	0,01068	0,00441	0,12668972	0,02161	1,215E-08	0,0000015
		2	0,065	0,009	0,00059	11,91	4,9375	0,00697	0,00289	0,08298114	0,01426	4,11938E-07	7,8975E-09
	7. Deck Longitudinal L100x65x9	2	0,009	0,1	0,0009	11,8645	6,3	0,01068	0,00567	0,12668972	0,03572	1,215E-08	0,0000015
		2	0,065	0,009	0,00059	11,91	6,3375	0,00697	0,00371	0,08298114	0,0235	4,11938E-07	7,8975E-09
	8. Deck Longitudinal L100x65x9	2	0,009	0,1	0,0009	11,8645	7	0,01068	0,0063	0,12668972	0,0441	1,215E-08	0,0000015
		2	0,065	0,009	0,00059	11,91	7,375	0,00697	0,00431	0,08298114	0,03182	4,11938E-07	7,8975E-09
	9. Deck Longitudinal L100x65x9	2	0,009	0,1	0,0009	11,8645	7,7	0,01068	0,00693	0,12668972	0,05336	1,215E-08	0,0000015
		2	0,065	0,009	0,00059	11,91	7,7375	0,00697	0,00453	0,08298114	0,03502	4,11938E-07	7,8975E-09
	10. Deck Longitudinal L100x65x9	2	0,009	0,1	0,0009	11,8645	8,4	0,01068	0,00756	0,12668972	0,0635	1,215E-08	0,0000015
		2	0,065	0,009	0,00059	11,91	8,4375	0,00697	0,00494	0,08298114	0,04165	4,11938E-07	7,8975E-09
15	1. Side Deck Girder T220x11 FP80x11	2	0,011	0,22	0,00242	11,85	2,8	0,02868	0,00678	0,33982245	0,01897	4,88033E-08	1,95213E-05
		2	0,08	0,011	0,00088	11,7345	2,8	0,01033	0,00246	0,12117467	0,0069	9,38667E-07	1,77467E-08
	2. Side Deck Girder T220x11 FP80x11	2	0,011	0,22	0,00242	11,85	5,6	0,02868	0,01355	0,33982245	0,07589	4,88033E-08	1,95213E-05
		2	0,08	0,011	0,00088	11,7345	5,6	0,01033	0,00493	0,12117467	0,0276	9,38667E-07	1,77467E-08

16	1. Stiffener L100x75x9	2	0,100	0,009	0,001	2,000	0,050	0,0018	4,5E-05	3,60E-03	2,3E-06	1,500E-06	1,215E-08	
		2	0,009	0,075	0,001	1,966	0,095	0,00133	6,4E-05	2,61E-03	6,1E-06	9,113E-09	6,328E-07	
	2. Stiffener L100x75x9	2	0,100	0,009	0,001	2,700	0,050	0,00243	4,5E-05	6,56E-03	2,3E-06	1,500E-06	1,215E-08	
		2	0,009	0,075	0,001	2,666	0,095	0,0018	6,4E-05	4,80E-03	6,1E-06	9,113E-09	6,328E-07	
	3. Stiffener L100x75x9	2	0,100	0,009	0,001	3,400	0,050	0,00306	4,5E-05	1,04E-02	2,3E-06	1,500E-06	1,215E-08	
		2	0,009	0,075	0,001	3,366	0,095	0,00227	6,4E-05	7,65E-03	6,1E-06	9,113E-09	6,328E-07	
	4. Stiffener L100x75x9	2	0,100	0,009	0,001	4,100	0,050	0,00369	4,5E-05	1,51E-02	2,3E-06	1,500E-06	1,215E-08	
		2	0,009	0,075	0,001	4,066	0,095	0,00274	6,4E-05	1,12E-02	6,1E-06	9,113E-09	6,328E-07	
	5. Stiffener L100x75x9	2	0,100	0,009	0,001	5,500	0,050	0,00495	4,5E-05	2,72E-02	2,3E-06	1,500E-06	1,215E-08	
		2	0,009	0,075	0,001	5,466	0,095	0,00369	6,4E-05	2,02E-02	6,1E-06	9,113E-09	6,328E-07	
	6. Stiffener L100x75x9	2	0,100	0,009	0,001	6,200	0,050	0,00558	4,5E-05	3,46E-02	2,3E-06	1,500E-06	1,215E-08	
		2	0,009	0,075	0,001	6,155	0,095	0,00415	6,4E-05	2,56E-02	6,1E-06	9,113E-09	6,328E-07	
	7. Stiffener L100x75x9	2	0,100	0,009	0,001	6,900	0,050	0,00621	4,5E-05	4,28E-02	2,3E-06	1,500E-06	1,215E-08	
		2	0,009	0,075	0,001	6,866	0,095	0,00463	6,4E-05	3,18E-02	6,1E-06	9,113E-09	6,328E-07	
	8. Stiffener L100x75x9	2	0,100	0,009	0,001	7,600	0,050	0,00684	4,5E-05	5,20E-02	2,3E-06	1,500E-06	1,215E-08	
		2	0,009	0,075	0,001	7,566	0,095	0,00511	6,4E-05	3,86E-02	6,1E-06	9,113E-09	6,328E-07	
	9. Stiffener L100x75x9	2	0,100	0,009	0,001	9,000	0,050	0,0081	4,5E-05	7,29E-02	2,3E-06	1,500E-06	1,215E-08	
		2	0,009	0,075	0,001	8,966	0,095	0,00605	6,4E-05	5,43E-02	6,1E-06	9,113E-09	6,328E-07	
	10. Stiffener L100x75x9	2	0,100	0,009	0,001	9,700	0,050	0,00873	4,5E-05	8,47E-02	2,3E-06	1,500E-06	1,215E-08	
		2	0,009	0,075	0,001	9,666	0,095	0,00652	6,4E-05	6,31E-02	6,1E-06	9,113E-09	6,328E-07	
	11. Stiffener L100x75x9	2	0,100	0,009	0,001	10,400	0,050	0,00936	4,5E-05	9,73E-02	2,3E-06	1,500E-06	1,215E-08	
		2	0,009	0,075	0,001	10,366	0,095	0,007	6,4E-05	7,25E-02	6,1E-06	9,113E-09	6,328E-07	
	12. Stiffener L100x75x9	2	0,100	0,009	0,001	11,100	0,050	0,00999	4,5E-05	1,11E-01	2,3E-06	1,500E-06	1,215E-08	
		2	0,009	0,075	0,001	11,066	0,095	0,00747	6,4E-05	8,27E-02	6,1E-06	9,113E-09	6,328E-07	
17	1. Web Stiffener T260x10 FP90x10	2	0,01	0,26	0,003	4,8	0,13	0,02868	0,00034	1,38E-01	4,4E-05	4,333E-08	2,929E-05	
		2	0,09	0,01	0,001	4,8	0,266	0,01033	0,00024	4,96E-02	6,4E-05	1,215E-06	1,500E-08	
	2. Web Stiffener T260x10 FP90x10	2	0,01	0,26	0,003	8,3	0,13	0,02868	0,00034	2,38E-01	4,4E-05	4,333E-08	2,929E-05	
		2	0,09	0,01	0,001	8,3	0,266	0,01033	0,00024	8,57E-02	6,4E-05	1,215E-06	1,500E-08	
					Σ	0,65388		Σ	3,10306	3,91392	28,8390	31,3854	1,3554	0,11544114

Aditia Risky Dharmawan, 2020

PERANCANGAN KAPAL TANKER 16000 DWT KECEPATAN 13 KNOT DENGAN RUTE PELAYARAN

PLAJU (PALEMBANG) – TANJUNG PRIOK (JAKARTA)

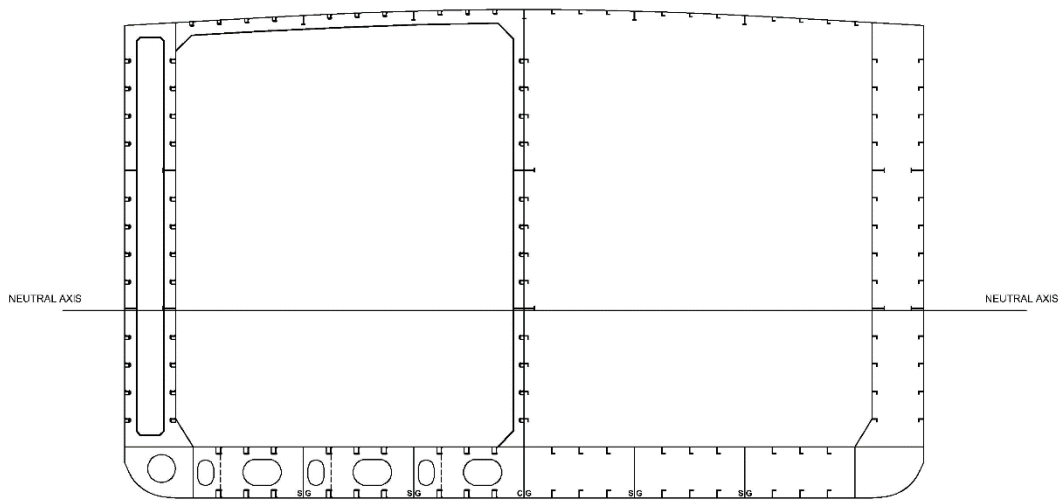
UPN Veteran Jakarta, Fakultas Teknik, Teknik Perkapalan

[www.upnvj.ac.id – www.library.upnvj.ac.id – www.repository.upnvj.ac.id]

1. Perhitungan Neutral Axis:

$$\begin{aligned} (z) &= \Sigma A \ell_v / \Sigma A \\ &= 3,103 / 0,654 \\ &= 4,75 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} (y) &= \Sigma A \ell_H / \Sigma A \\ &= 3,913 / 0,654 \\ &= 5,99 \text{ m} \end{aligned}$$



**Gambar 4.69** Neutral axis pada penampang tengah kapal

2. Jarak dari sumbu neutral ke alas kapal ( $Y_{\text{bottom}}$ )

$$Y_{\text{bottom}} = 4,75 \text{ m}$$

3. Jarak dari sumbu neutral ke deck kapal ( $Y_{\text{deck}}$ )

$$Y_{\text{deck}} = 7,21 \text{ m}$$

4. Perhitungan momen inersia pusat massa ( $I_{NA}$ )

$$\begin{aligned} I_x &= \Sigma I_oV + \Sigma A \ell^2 \\ &= 30,19 \text{ m}^4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} I_{xNA} &= I_x - (z^2) \cdot \Sigma A \\ &= 15,47 \text{ m}^4 \end{aligned}$$

$$I_y = \Sigma I_oH + \Sigma A \ell^2$$

$$= 31,50 \text{ m}^4$$

$$I_{yNA} = I_y - (z^2) \cdot \Sigma A$$

$$= 8,47 \text{ m}^4$$

5. Perhitungan modulus terhadap alas ( $W_{bottom}$ )

$$W_{bott.} = I_{xNA} / Y_{bottom}$$

$$= 15,47 / 4,75$$

$$= 3,257 \text{ m}^3$$

6. Perhitungan modulus terhadap deck ( $W_{deck}$ )

$$W_{deck} = I_{xNA} / Y_{deck}$$

$$= 15,47 / 7,25$$

$$= 2,145 \text{ m}^3$$

7. Perhitungan tegangan di alas kapal ( $T_{bottom}$ )

$$T_{bott} = M_{max} / W_{bottom}$$

$$= 3279611845 \text{ kg.cm} / 3256533,458 \text{ cm}^3$$

$$= 1007,086 \text{ kg/cm}^2 \text{ (memenuhi)}$$

8. Perhitungan tegangan di deck kapal ( $T_{deck}$ )

$$T_{deck} = M_{max} / W_{deck}$$

$$= 3279611845 \text{ kg.cm} / 2145427,729 \text{ cm}^3$$

$$= 1528,651 \text{ kg/cm}^2 \text{ (memenuhi)}$$

9. Koreksi tegangan

Dalam tabel mutu baja, untuk nilai maksimum tegangan jenis baja 37 yaitu **1600 kg/cm<sup>2</sup>**, maka kondisi tegangan di alas dan di deck telah memenuhi syarat, karena besarnya lebih kecil tegangan baja yang diizinkan.

Jenis Baja	Tegangan Ijin Baja $\sigma_s$ (kg/cm <sup>2</sup> )
BJ 33	1333
BJ 34	1400
BJ 37	1600
BJ 41	1666
BJ 44	1867
BJ 50	1933
BJ 52	2400

#### 4.2.8 Floodable Length

Dalam merancang kapal, kita harus memerhatikan faktor keamanan dan keselamatan dari kapal yang akan dirancang, jangan sampai terjadi hal yang tidak diinginkan. Salah satu faktor yang dapat mengakibatkan terjadinya gangguan keselamatan adalah pembagian sekat kedap air di lambung kapal.

Menurut peraturan International Convention for the Safety Of Life at Sea (SOLAS) menyebutkan bahwa kapal yang membawa 12 ABK/Penumpang atau lebih harus dipasang sekat kedap air (Watertight Bulkhead). Karena apabila kapal mengalami kebocoran pada salah satu ruangan atau bagian kapal, kapal tidak tenggelam melampaui batas (Margin Line). Margin Line adalah garis yang berjarak 76 mm di bawah geladak.

Floodable length atau kurva kebocoran adalah lengkung panjang maksimal ruangan yang dibatasi oleh sekat melintang, bila ruangan tersebut tergenang air, sarat airnya akan menyentuh posisi garis batas tenggelam (margin line), dimana kapal masih bias bertahan untuk terapung. Perhitungan floodable length dapat menentukan jenis kompartmen kapal rancangan berdasarkan jumlah dan letak kompartmen, diantaranya:

- *One compartment ship*, jika kapal digenangi air laut pada satu ruangnya, maka kapal masih dapat terapung.
- *Two compartment ship*, jika kapal digenangi air laut pada dua ruangan sekaligus maka kapal masih dapat terapung.
- *Three compartment ship*, jika kapal digenangi air laut pada tiga ruangan sekaligus maka kapal masih dapat terapung.

Dalam melakukan perhitungan floodable length, penulis menggunakan metode Webster. Metode ini merupakan metode yang menentukan panjang genangan dengan bantuan tabel Webster.

Berikut merupakan hal-hal yang perlu diperhatikan dalam melakukan perhitungan floodable length:

- Penentuan koefisien permeabilitas ( $\mu$ ), koefisien permeabilitas adalah jumlah presentase air yang dapat masuk ke dalam ruangan kapal.
- Faktor pembagi sekat yang bervariasi antara 0,3-1.

Berikut merupakan langkah-langkah perhitungan Floodable length:

1. Menentukan rasio *Freeboard* (f)

a. Koreksi tinggi kapal

$$H' = H + t - Ml$$

Dimana:

$$H = 11,96 \text{ m}$$

$$t = \text{Tebal pelat geladak}$$

$$= 8 \text{ mm}$$

$$= 0,008 \text{ m}$$

$$Ml = \text{Margin line}$$

$$= 76 \text{ mm}$$

$$= 0,076 \text{ m}$$

Maka:

$$H' = 11,96 + 0,008 - 0,076$$

$$= 11,892 \text{ m}$$

b. Koreksi perkiraan *freeboard*

$$fb = H' - T$$

Dimana:

$$H' = 11,892 \text{ m}$$

$$T = 8,96 \text{ m}$$

Maka:

$$fb = 11,892 \text{ m} - 8,96 \text{ m}$$

$$= 2,932 \text{ m}$$

c. Rasio *freeboard*

$$f = fb/H'$$

Dimana:

$$fb = 2,932$$

$$H' = 11,892 \text{ m}$$

Maka:

$$f = 2,932 \text{ m} / 11,892 \text{ m}$$

$$= 0,247 \text{ m}$$



2. Menentukan rasio *sheer*

Kapal rancangan tidak menggunakan *sheer* sehingga:

$$Za' = \text{Rasio } \textit{sheer} \text{ buritan}$$

$$= 0$$

$$Zf' = \text{Rasio } \textit{sheer} \text{ haluan}$$

$$= 0$$

3. Menentukan permeabilitas ( $\mu$ )

Berdasarkan SOLAS Chapter II Regulations 7 (IMO, 2014) permeabilitas yang akan digunakan adalah sebagai berikut:

- $\mu$  untuk ruang muat = 60 %
- $\mu$  untuk kamar mesin = 85%
- $\mu$  untuk tangka-tangki = 95%

4. Menentukan nilai  $m$  dan  $a$

Nilai  $m$  dan  $a$  adalah faktor yang diperoleh dari tabel menggunakan nilai  $C_b$  yang dimiliki oleh kapal,  $C_b$  kapal rancangan adalah 0,796 perlu dilakukan ekstrapolasi. Maka didapatkan tabel nilai  $m$  dan  $a$  dibawah ini:

**Tabel 4.151** Perhitungan nilai  $m$  dan  $a$  tabel webster

CB	0,796					
	0,15		0,08		0	
Presentase	m	a	m	a	m	a
AP	39,620	0,201	38,020	0,177	38,011	0,177
15%	51,920	0,039	49,000	0,011	48,983	0,011
20%	51,580	0,037	48,800	0,013	48,785	0,013
30%	62,420	0,045	60,420	0,017	60,409	0,017
40%	90,820	0,020	86,700	0,016	86,676	0,016
45%	105,620	0,003	104,620	0,000	104,614	0,000
50%	107,600	0,008	106,780	0,004	104,614	0,000
60%	76,780	0,032	69,600	0,034	86,676	0,016
70%	56,840	0,065	49,620	0,056	60,409	0,017
80%	50,860	0,080	42,500	0,083	48,785	0,013
85%	57,320	0,084	47,020	0,094	48,983	0,011
FP	37,280	0,378	34,600	0,363	38,011	0,177

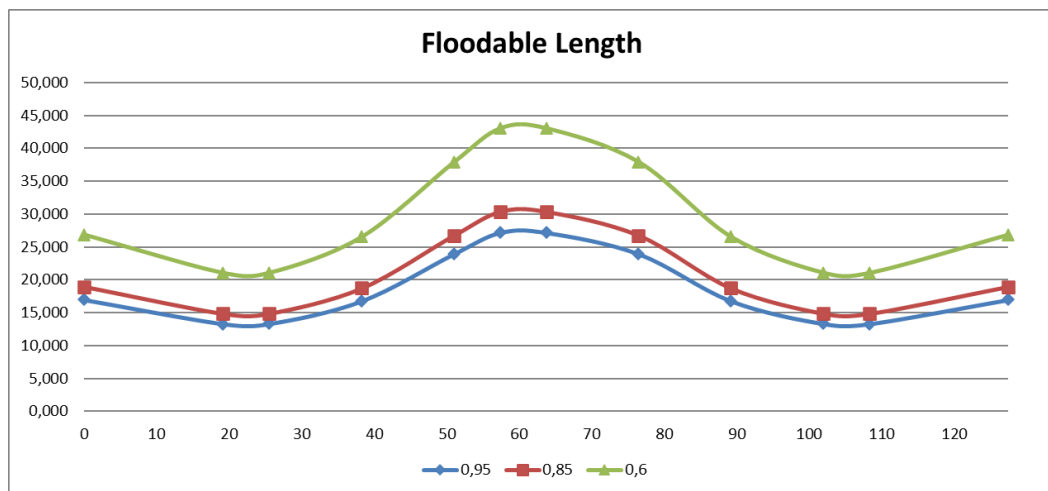
5. Menentukan panjang kurva genangan (L')

Setelah didapat nilai m dan a, selanjutnya mencari nilai L' pada masing-masing jarak dalam %Lpp dan membaginya dengan factor permeabilitas seperti dibawah ini:

$$L' = m \times (a + f) / \mu$$

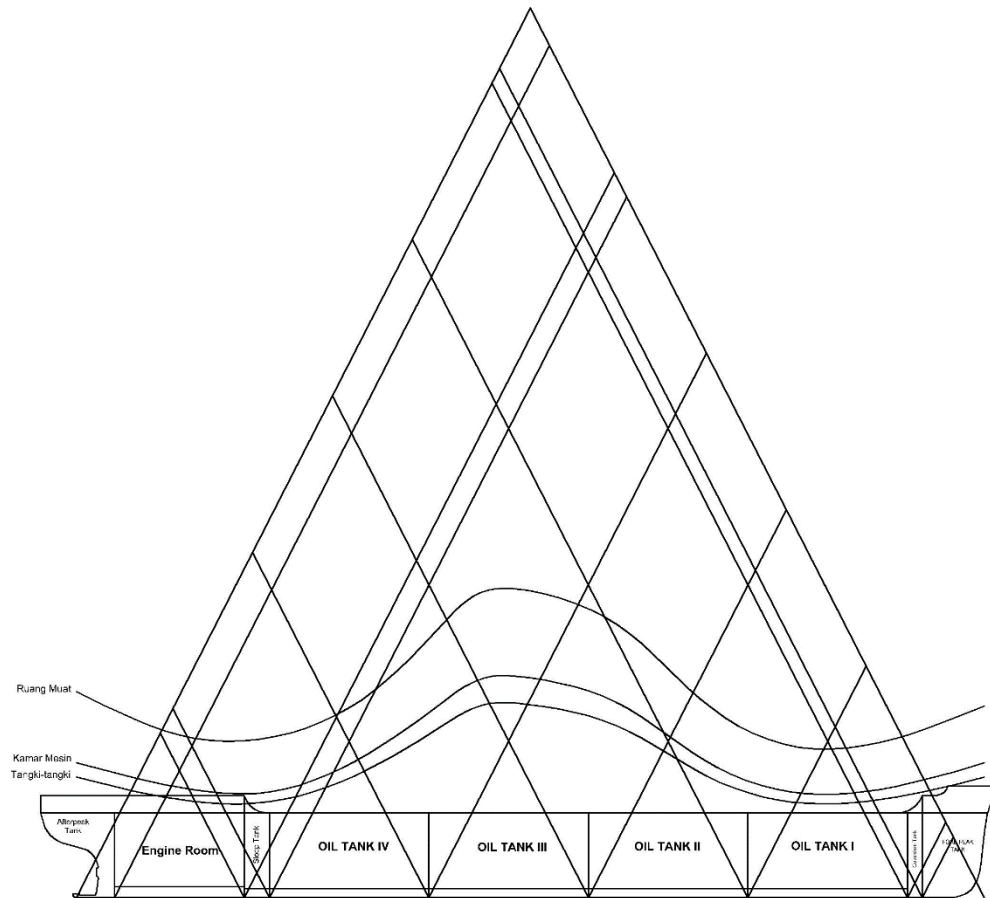
**Tabel 4.152** Perhitungan kurva genangan (L')

%L		Cb = 0,796			L'		
Presentase	L kapal	m	a	f	ruang muat 60%	tangki-tangki 95%	kamar mesin 85%
AP	0	38,011	0,177	0,247	26,849	16,958	18,953
15%	19,11765	48,983	0,011	0,247	21,064	13,304	14,869
20%	25,4902	48,785	0,013	0,247	21,076	13,311	14,877
30%	38,2353	60,409	0,017	0,247	26,521	16,750	18,721
40%	50,9804	86,676	0,016	0,247	37,880	23,924	26,739
45%	57,35295	104,614	0,000	0,247	42,999	27,157	30,352
50%	63,7255	104,614	0,000	0,247	42,999	27,157	30,352
60%	76,4706	86,676	0,016	0,247	37,880	23,924	26,739
70%	89,2157	60,409	0,017	0,247	26,521	16,750	18,721
80%	101,9608	48,785	0,013	0,247	21,076	13,311	14,877
85%	108,33335	48,983	0,011	0,247	21,064	13,304	14,869
FP	127,451	38,011	0,177	0,247	26,849	16,958	18,953



**Gambar 4.70** Kurva *Floodable length*

6. Penggambaran kurva *Floodable length* di badan kapal

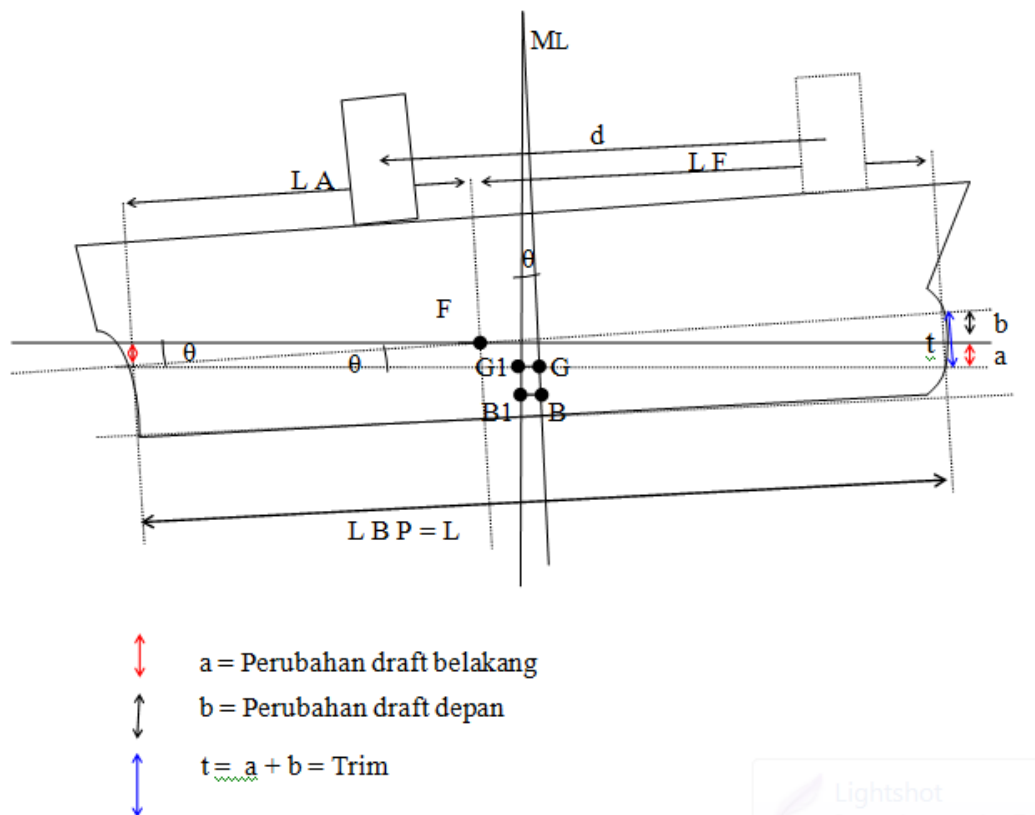


**Gambar 4.71** Floodable length

## 4.2.9 Stabilitas Kapal

### 4.2.9.1 Trim

Trim adalah sudut kemiringan kapal secara membujur yang merupakan perbedaan sarat air haluan dengan sarat air buritan. Trim juga menggambarkan kondisi kapal bila diberikan beban tertentu secara ekstrem di bagian haluan dan bagian buritan kapal. Dengan memberikan beban di haluan dan buritan maka akan terjadinya perubahan sarat air di haluan dan di buritan.



Gambar 4.72 Trim kapal

Untuk memudahkan perhitungan maka dibuatkan tabel perhitungan seperti dibawah ini:

1. Perhitungan trim kapal

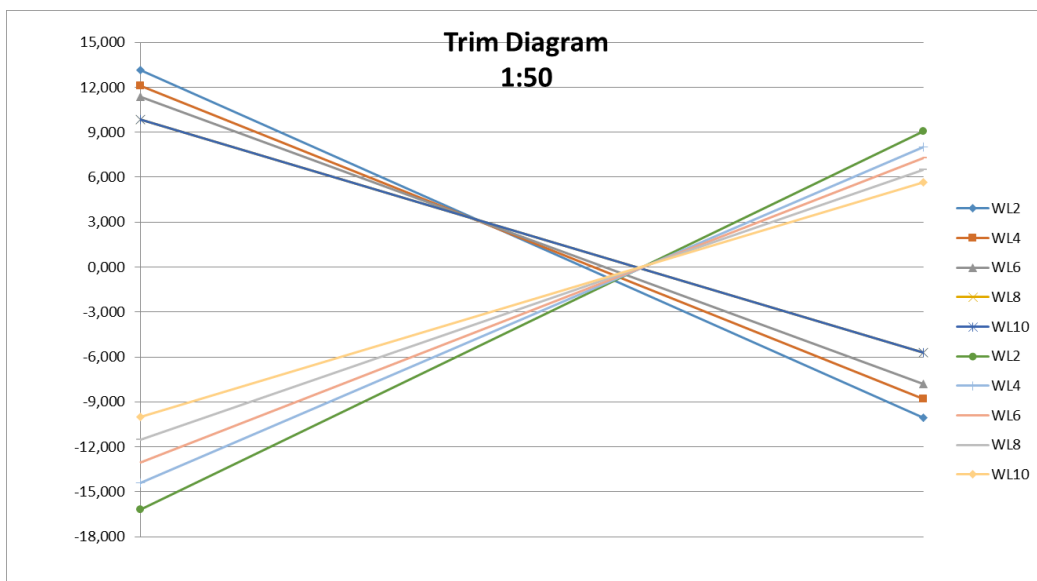
**Tabel 4.153** Perhitungan trim kapal

Simbol	$T$	$MTC$	$LCB = x$	$La'$	$P \times La'$	$t$	$lw$	$Lf$	$Lf / LPP$	$tf$	$ta$
Satuan	m	t.m/m	m	m	t.m	m	m	m	-	m	m
Formula		$1 = HSC$	$2 = HSC$	$3 = (0,5 \times LPP) - 2$	$4 = P \times 3$	$5 = 4 / 1$	$6 = 0,5 \times 2$	$7 = (0,5 \times LPP) + 6$	$8 = 7 / LPP$	$9 = 5 \times 8$	$10 = 5 - 9$
<b>WL 2</b>	1,792	13170,589	5,342	58,384	5838,390	0,443	2,671	66,396	0,521	0,231	0,212
<b>WL 4</b>	3,584	14721,780	4,516	59,210	5920,957	0,402	2,258	65,983	0,518	0,208	0,194
<b>WL 6</b>	5,376	16135,148	3,565	60,160	6016,017	0,373	1,783	65,508	0,514	0,192	0,181
<b>WL 8</b>	7,168	17979,690	2,190	61,536	6153,567	0,342	1,095	64,820	0,509	0,174	0,168
<b>WL 10</b>	8,960	20422,425	0,393	63,333	6333,289	0,310	0,196	63,922	0,502	0,156	0,155
Simbol	$WPA$	$dT$	$dTv = dTa$	$dTh = dTf$	$Lh = Lf$	$P \times Lh = P \times Lf$	$t$	$th = tf$	$tv = ta$	$Th = Tf$	$Tv = Ta$
Satuan	m <sup>2</sup>	m	m	m	m	t.m	m	m	m	m	m
Formula	$11 = HSC$	$12 = P / (11 \times y)$	$13 = 10 + 12$	$14 = 9 - 12$	$15 = (0,5 \times LPP) + 2$	$16 = P \times 15$	$17 = 16 / 1$	$18 = 8 \times 17$	$19 = 17 - 18$	$20 = 18 + 12$	$21 = 19 - 12$
<b>WL 2</b>	1944,112	0,050	0,263	0,181	69,067	6906,710	0,524	0,273	0,251	0,323	0,201
<b>WL 4</b>	2039,557	0,048	0,242	0,160	68,241	6824,143	0,464	0,240	0,224	0,288	0,176
<b>WL 6</b>	2110,844	0,046	0,227	0,145	67,291	6729,083	0,417	0,214	0,203	0,261	0,156
<b>WL 8</b>	2195,225	0,044	0,213	0,130	65,915	6591,533	0,367	0,186	0,180	0,231	0,136
<b>WL 10</b>	2293,774	0,043	0,197	0,113	64,118	6411,811	0,314	0,157	0,156	0,200	0,114

## 2. Penggambaran kurva trim

**Tabel 4.154** Penggambaran kurva trim kapal

TRIM	$dTv = dTa$	$Tv = Ta$	$Th = Tf$	$dTh = dTf$
Satuan	m	m	m	m
WL 2	0,263	0,201	0,323	0,181
WL 4	0,242	0,176	0,288	0,160
WL 6	0,227	0,156	0,261	0,145
WL 8	0,213	0,136	0,231	0,130
WL 10	0,197	0,114	0,200	0,113



**Gambar 4.73** Kurva trim kapal rancangan

#### 4.2.9.2 Kurva silang

Kurva silang merupakan kurva yang dipergunakan untuk mengetahui besarnya  $NB \sin \theta$  dari kapal pada masing – masing kemiringan ( $0^0 - 90^0$ ) pada waktu kapal berlayar. Dari kurva silang ini selanjutnya dibuat kurva stabilitas kapal, perhitungan stabilitas dari kapal dimaksudkan agar kita dapat mengetahui bermacam–macam sudut oleng, berapakah kemampuan dari kapal tersebut (besarnya momen kopel atau momen penegak) untuk dapat tegak kembali. Perhitungan kurva silang ini menggunakan perhitungan dari metode A.N Krylof, yaitu dengan menentukan harga  $GZ$  zatau  $LC = NB \sin \theta \Delta a$ .

Kurva silang adalah kumpulan kurva yang menunjukkan besarnya lengan penegak (momen koppel) pada berbagai sudut kemiringan dengan, beberapa kondisi displasemen (A). Perhitungan kurva silang ini menggunakan perhitungan dari metode A.N Krylof, yaitu dengan menentukan nilai:

$$GZ \text{ atau } LC = NB \sin \theta$$

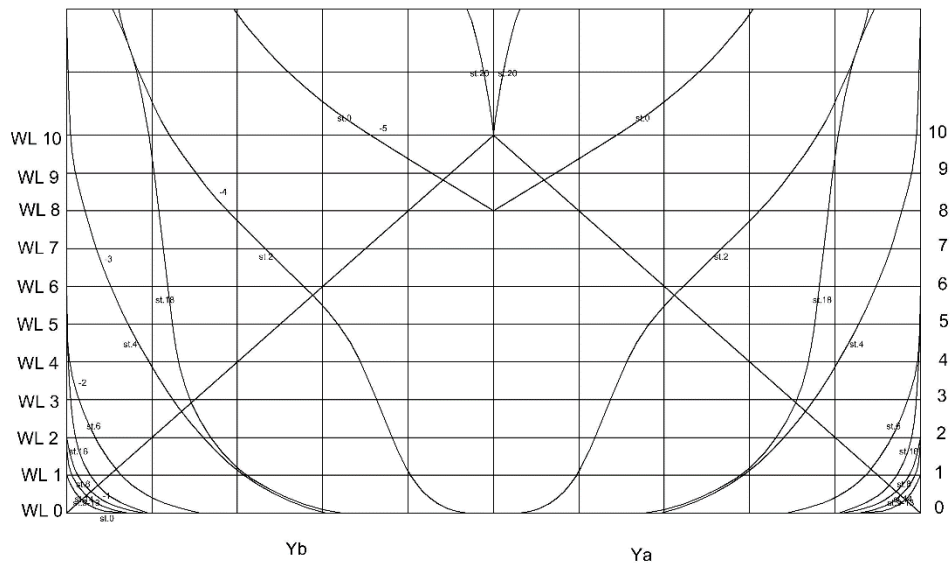
Untuk mendapatkan harga  $LC$  pada sudut-sudut kemiringan didasarkan pada displasemen yang tetap (konstan). Maka untuk setiap sudut oleng yang Digambar harus dikoreksi garis airnya. Sehingga garis air pada setiap sudut oleng mempunyai displasemen yang sama.

Kemudian untuk pembuatan diagram lengan stabilitas bentuk dengan ordinat sama dengan  $LC = NB \sin \theta$  maka paling sedikit dibutuhkan empat keadaan displacement. Untuk perhitungan kurva silang ditetapkan displacement pada:

- Kondisi I, yaitu pada sarat kapal dengan 0% muatan (Kapal kosong)
- Kondisi II, yaitu pada sarat kapal dengan 50% muatan
- Kondisi III, yaitu pada sarat kapal dengan 75% muatan
- Kondisi IV, yaitu pada sarat kapal dengan muatan penuh atau 100% muatan

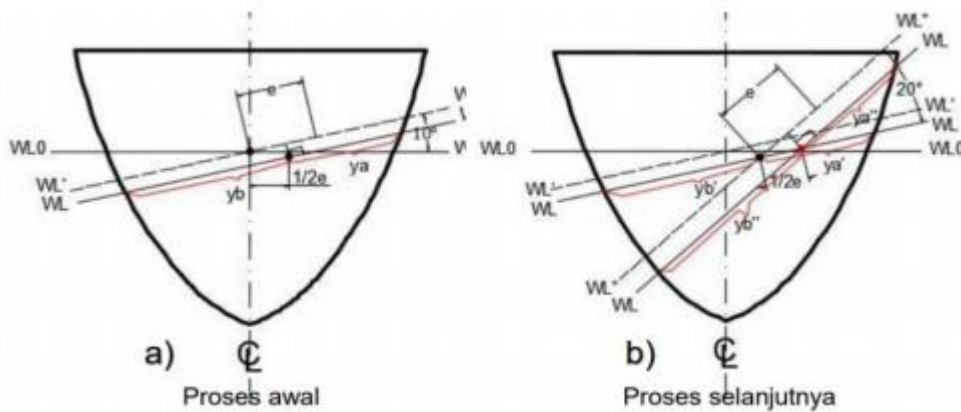
Untuk melakukan penggambaran kurva silang mengikuti langkah-langkah urutan sebagai berikut:

- Panjang kapal ( $L_{pp}$ ) dibagi dalam beberapa penampang melintang menurut stasion pada gambar bodyplan
- Pembagian bodyplan diawali dari midship (tengah kapal) yaitu 5 stasion ke arah buritan dan 5 station ke arah haluan, seperti gambar dibawah ini:



**Gambar 4.74** Pembagian stasion bodyplan

- Selanjutnya dilakukan perhitungan ya dan yb seperti gambar dibawah ini:

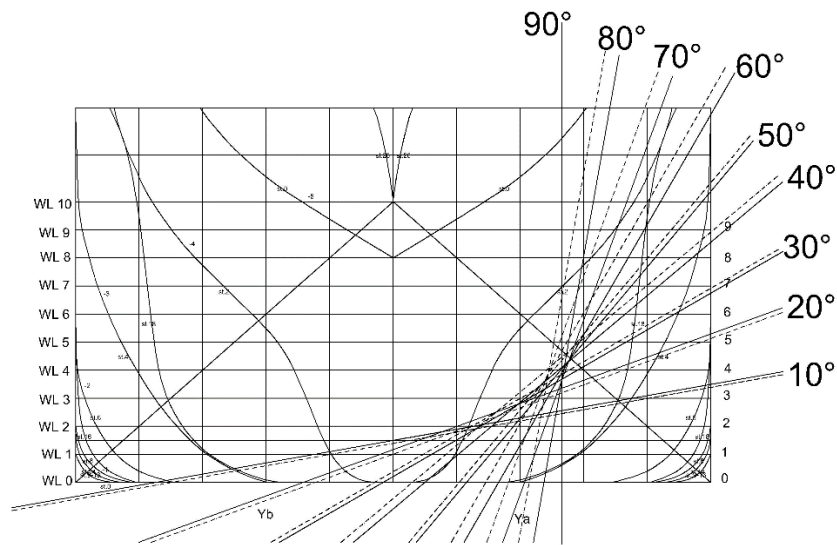


**Gambar 4.75** Perhitungan Ya dan Yb

- Untuk proses sudut  $20^\circ$  maka dari gambar b) pada titik merah adalah awal untuk pembentukan sudut selanjutnya, dan seterusnya untuk sudut:  $30^\circ$ ,  $40^\circ$ ,  $50^\circ$ ,  $60^\circ$ ,  $70^\circ$ ,  $80^\circ$ ,  $90^\circ$  atau setiap kenaikan  $10^\circ$ .



- Berikut merupakan hasil perhitungan Ya dan Yb dibawah ini:
- a. Kondisi I dengan muatan kapal kosong



**Gambar 4.76** Perhitungan Ya dan Yb kondisi kapal kosong

**Tabel 4.155** Perhitungan kurva silang kondisi kapal kosong

SARAT AIR	=	1,371	m				Kondisi : Kosong
VOLUME	=	2819,0049	m <sup>3</sup>				
dL=Lbp/n	=	12,745	m				
Nomor Ordinat	SUDUT 0°						
	Ya	Yb	Ya <sup>2</sup>	Yb <sup>2</sup>	Ya <sup>3</sup>	Yb <sup>3</sup>	
-5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	
-4	2,209	2,209	4,880	4,880	10,779	10,779	
-3	6,456	6,456	41,680	41,680	269,086	269,086	
-2	9,187	9,187	84,401	84,401	775,392	775,392	
-1	10,042	10,042	100,842	100,842	1012,653	1012,653	
0	10,135	10,135	102,718	102,718	1041,049	1041,049	
1	10,135	10,042	102,718	100,842	1041,049	1012,653	
2	10,114	10,114	102,293	102,293	1034,591	1034,591	
3	9,790	9,790	95,844	95,844	938,314	938,314	
4	6,350	6,350	40,323	40,323	256,048	256,048	
5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	
Jumlah	74,418	74,325	675,698	673,822	6378,961	6350,56	
I	$\Sigma (Ya + Yb)$		=	148,743	m		
II	$\Sigma (Ya^2 - Yb^2)$		=	1,876	m <sup>2</sup>		
III	$\Sigma (Ya^3 + Yb^3)$		=	12729,526	m <sup>3</sup>		
IV	$e = 1/2 \cdot (II)/(I)$		=	0,006	m	$e/2$	= 0,003 m
V	$I_o = 1/3 dL (III)$		=	54079,69281	m <sup>4</sup>		
VI	$df = dL \cdot (I) \cdot (IV)^2$		=	0,075	m <sup>4</sup>		
VII	$If = (V) - (VI)$		=	54079,617	m <sup>4</sup>		
VIII	$MB\theta (r\theta) = VII/Volume$		=	19,184	m		

SARAT AIR	=	1,371	m				Kondisi : Kosong
VOLUME	=	2819,0049	m <sup>3</sup>				
dL=Lbp/n	=	12,745	m				
<b>Nomor</b>	<b>SUDUT 10°</b>						
<b>Ordinat</b>	<b>Ya</b>	<b>Yb</b>	<b>Ya<sup>2</sup></b>	<b>Yb<sup>2</sup></b>	<b>Ya<sup>3</sup></b>	<b>Yb<sup>3</sup></b>	
-5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
-4	2,433	2,058	5,919	4,235	14,402	8,716	
-3	7,727	5,238	59,707	27,437	461,352	143,713	
-2	7,353	7,353	54,065	54,067	397,536	397,552	
-1	10,118	7,722	102,374	59,629	1035,819	460,457	
0	10,293	7,722	105,946	59,629	1090,501	460,457	
1	10,293	7,722	105,946	59,629	1090,501	460,457	
2	10,293	7,722	105,946	59,629	1090,501	460,457	
3	10,224	7,722	104,532	59,629	1068,748	460,457	
4	7,279	5,157	52,984	26,595	385,669	137,149	
5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	
Jumlah	76,013	58,416	697,419	410,480	6635,029	2989,417	
I	$\Sigma (Ya + Yb)$		=	134,429	m		
II	$\Sigma (Ya^2 - Yb^2)$		=	286,939	m <sup>2</sup>		
III	$\Sigma (Ya^3 + Yb^3)$		=	9624,445	m <sup>3</sup>		
IV	$e = 1/2 \cdot (III)/(I)$		=	1,067	m	$e/2$	= 0,534 m
V	$Io = 1/3 dL (III)$		=	40888,17162	m <sup>4</sup>		
VI	$df = dL \cdot (I) \cdot (IV)^2$		=	1951,504	m <sup>4</sup>		
VII	$If = (V) - (VI)$		=	38936,668	m <sup>4</sup>		
VIII	$MB\theta (r\theta) = VII/Volume$		=	13,812	m		

SARAT AIR	=	1,371	m				Kondisi : Kosong
VOLUME	=	2819,0049	m <sup>3</sup>				
dL=Lbp/n	=	12,745	m				
<b>Nomor</b>	<b>SUDUT 20°</b>						
<b>Ordinat</b>	<b>Ya</b>	<b>Yb</b>	<b>Ya<sup>2</sup></b>	<b>Yb<sup>2</sup></b>	<b>Ya<sup>3</sup></b>	<b>Yb<sup>3</sup></b>	
-5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
-4	1,769	2,588	3,129	6,700	5,535	17,342	
-3	8,180	3,920	66,912	15,366	547,343	60,236	
-2	9,912	3,920	98,248	15,366	973,832	60,236	
-1	9,984	3,920	99,680	15,366	995,208	60,236	
0	9,984	3,920	99,680	15,366	995,208	60,236	
1	9,984	3,920	99,680	15,366	995,208	60,236	
2	9,984	3,920	99,680	15,366	995,208	60,236	
3	9,984	3,920	99,680	15,366	995,208	60,236	
4	7,137	3,920	50,932	15,366	363,490	60,236	
5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	
Jumlah	76,918	33,948	717,623	129,631	6866,238	499,232	
I	$\Sigma (Ya + Yb)$		=	110,866	m		
II	$\Sigma (Ya^2 - Yb^2)$		=	587,992	m <sup>2</sup>		
III	$\Sigma (Ya^3 + Yb^3)$		=	7365,470	m <sup>3</sup>		
IV	$e = 1/2 \cdot (III)/(I)$		=	2,652	m	$e/2$	= 1,326 m
V	$Io = 1/3 dL (III)$		=	31291,21865	m <sup>4</sup>		
VI	$df = dL \cdot (I) \cdot (IV)^2$		=	9936,366	m <sup>4</sup>		
VII	$If = (V) - (VI)$		=	21354,853	m <sup>4</sup>		
VIII	$MB\theta (r\theta) = VII/Volume$		=	7,575	m		

SARAT AIR	=	1,371	m				Kondisi : Kosong
VOLUME	=	2819,0049	m <sup>3</sup>				
dL=Lbp/n	=	12,745	m				
<b>Nomor</b>	<b>SUDUT 30°</b>						
<b>Ordinat</b>	<b>Ya</b>	<b>Yb</b>	<b>Ya<sup>2</sup></b>	<b>Yb<sup>2</sup></b>	<b>Ya<sup>3</sup></b>	<b>Yb<sup>3</sup></b>	
-5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
-4	0,332	2,682	0,110	7,193	0,037	19,292	
-3	8,224	2,682	67,636	7,193	556,244	19,292	
-2	9,395	2,682	88,266	7,193	829,259	19,292	
-1	9,395	2,682	88,266	7,193	829,259	19,292	
0	9,395	2,682	88,266	7,193	829,259	19,292	
1	9,395	2,682	88,266	7,193	829,259	19,292	
2	9,395	2,682	88,266	7,193	829,259	19,292	
3	9,395	2,682	88,266	7,193	829,259	19,292	
4	6,514	2,682	42,432	7,193	276,403	19,292	
5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	
Jumlah	71,440	24,138	639,774	64,738	5808,239	173,628	
I	$\Sigma (Ya + Yb) =$		95,578	m			
II	$\Sigma (Ya^2 - Yb^2) =$		575,036	m <sup>2</sup>			
III	$\Sigma (Ya^3 + Yb^3) =$		5981,867	m <sup>3</sup>			
IV	$e = 1/2 \cdot (II)/(I) =$		3,008	m	$e/2 =$	1,504	m
V	$Io = 1/3 dL (III) =$		25413,16464	m <sup>4</sup>			
VI	$df = dL \cdot (I) \cdot (IV)^2 =$		11023,412	m <sup>4</sup>			
VII	$If = (V) - (VI) =$		14389,752	m <sup>4</sup>			
VIII	$MB\theta (r\theta) = VII/Volume =$		5,105	m			

SARAT AIR	=	1,371	m				Kondisi : Kosong
VOLUME	=	2819,0049	m <sup>3</sup>				
dL=Lbp/n	=	12,745	m				
<b>Nomor</b>	<b>SUDUT 40°</b>						
<b>Ordinat</b>	<b>Ya</b>	<b>Yb</b>	<b>Ya<sup>2</sup></b>	<b>Yb<sup>2</sup></b>	<b>Ya<sup>3</sup></b>	<b>Yb<sup>3</sup></b>	
-5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
-4	0,000	2,086	0,000	4,351	0,000	9,077	
-3	9,319	2,086	86,840	4,351	809,245	9,077	
-2	9,829	2,086	96,609	4,351	949,572	9,077	
-1	9,829	2,086	96,609	4,351	949,572	9,077	
0	9,829	2,086	96,609	4,351	949,572	9,077	
1	9,829	2,086	96,609	4,351	949,572	9,077	
2	9,829	2,086	96,609	4,351	949,572	9,077	
3	9,829	2,086	96,609	4,351	949,572	9,077	
4	6,747	2,086	45,518	4,351	307,096	9,077	
5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	
Jumlah	75,040	18,774	712,013	39,163	6813,774	81,693	
I	$\Sigma (Ya + Yb) =$		93,814	m			
II	$\Sigma (Ya^2 - Yb^2) =$		672,851	m <sup>2</sup>			
III	$\Sigma (Ya^3 + Yb^3) =$		6895,467	m <sup>3</sup>			
IV	$e = 1/2 \cdot (II)/(I) =$		3,586	m	$e/2 =$	1,793	m
V	$Io = 1/3 dL (III) =$		29294,47393	m <sup>4</sup>			
VI	$df = dL \cdot (I) \cdot (IV)^2 =$		15376,432	m <sup>4</sup>			
VII	$If = (V) - (VI) =$		13918,042	m <sup>4</sup>			
VIII	$MB\theta (r\theta) = VII/Volume =$		4,937	m			

SARAT AIR	=	1,371	m				Kondisi : Kosong
VOLUME	=	2819,0049	m <sup>3</sup>				
dL=Lbp/n	=	12,745	m				
<b>Nomor</b>	<b>SUDUT 50°</b>						
<b>Ordinat</b>	<b>Ya</b>	<b>Yb</b>	<b>Ya<sup>2</sup></b>	<b>Yb<sup>2</sup></b>	<b>Ya<sup>3</sup></b>	<b>Yb<sup>3</sup></b>	
-5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
-4	0,000	1,750	0,000	3,063	0,000	5,359	
-3	10,859	1,750	117,918	3,063	1280,470	5,359	
-2	10,953	1,750	119,962	3,063	1313,904	5,359	
-1	10,953	1,750	119,962	3,063	1313,904	5,359	
0	10,953	1,750	119,962	3,063	1313,904	5,359	
1	10,953	1,750	119,962	3,063	1313,904	5,359	
2	10,953	1,750	119,962	3,063	1313,904	5,359	
3	10,953	1,750	119,962	3,063	1313,904	5,359	
4	7,530	1,750	56,701	3,063	426,958	5,359	
5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	
Jumlah	84,105	15,750	894,389	27,563	9590,851	48,234	
I	$\Sigma (Ya + Yb) =$		99,855	m			
II	$\Sigma (Ya^2 - Yb^2) =$		866,826	m <sup>2</sup>			
III	$\Sigma (Ya^3 + Yb^3) =$		9639,085	m <sup>3</sup>			
IV	$e = 1/2 \cdot (II)/(I) =$		4,340	m		$e/2 =$	2,170 m
V	$Io = 1/3 dL (III) =$		40950,36898	m <sup>4</sup>			
VI	$df = dL \cdot (I) \cdot (IV)^2 =$		23975,989	m <sup>4</sup>			
VII	$If = (V) - (VI) =$		16974,380	m <sup>4</sup>			
VIII	$MB\theta (r\theta) = VII/Volume =$		6,021	m			

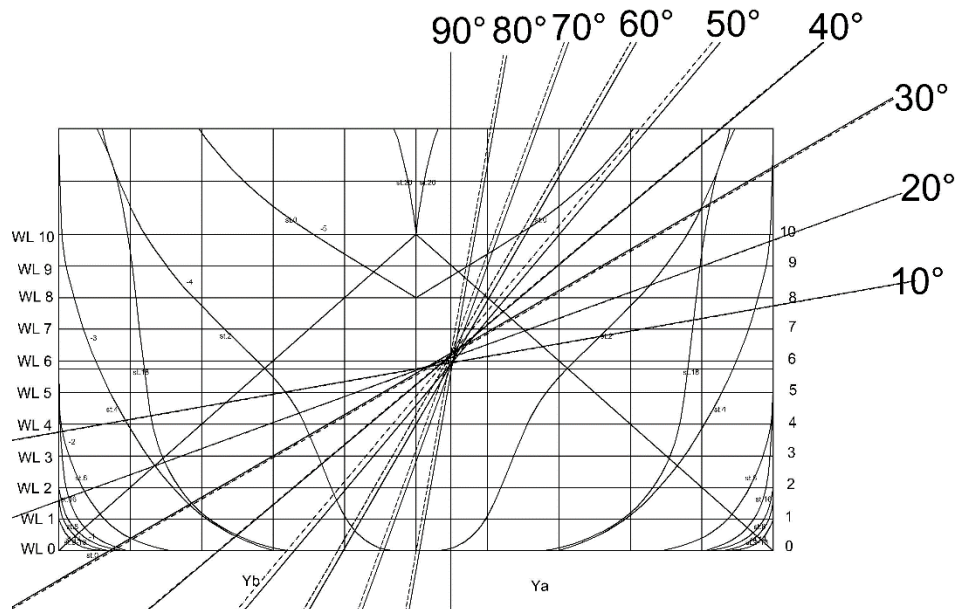
SARAT AIR	=	1,371	m				Kondisi : Kosong
VOLUME	=	2819,0049	m <sup>3</sup>				
dL=Lbp/n	=	12,745	m				
<b>Nomor</b>	<b>SUDUT 60°</b>						
<b>Ordinat</b>	<b>Ya</b>	<b>Yb</b>	<b>Ya<sup>2</sup></b>	<b>Yb<sup>2</sup></b>	<b>Ya<sup>3</sup></b>	<b>Yb<sup>3</sup></b>	
-5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
-4	0,000	1,548	0,000	2,396	0,000	3,709	
-3	11,997	1,548	143,928	2,396	1726,704	3,709	
-2	11,997	1,548	143,928	2,396	1726,704	3,709	
-1	11,997	1,548	143,928	2,396	1726,704	3,709	
0	11,997	1,548	143,928	2,396	1726,704	3,709	
1	11,997	1,548	143,928	2,396	1726,704	3,709	
2	11,997	1,548	143,928	2,396	1726,704	3,709	
3	11,997	1,548	143,928	2,396	1726,704	3,709	
4	7,854	1,548	61,685	2,396	484,476	3,709	
5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	
Jumlah	91,833	13,932	1069,181	21,567	12571,407	33,385	
I	$\Sigma (Ya + Yb) =$		105,765	m			
II	$\Sigma (Ya^2 - Yb^2) =$		1047,615	m <sup>2</sup>			
III	$\Sigma (Ya^3 + Yb^3) =$		12604,792	m <sup>3</sup>			
IV	$e = 1/2 \cdot (II)/(I) =$		4,953	m		$e/2 =$	2,476 m
V	$Io = 1/3 dL (III) =$		53549,77837	m <sup>4</sup>			
VI	$df = dL \cdot (I) \cdot (IV)^2 =$		33063,163	m <sup>4</sup>			
VII	$If = (V) - (VI) =$		20486,615	m <sup>4</sup>			
VIII	$MB\theta (r\theta) = VII/Volume =$		7,267	m			

SARAT AIR	=	1,371	m				Kondisi : Kosong
VOLUME	=	2819,0049	m <sup>3</sup>				
dL = Lbp/n	=	12,745	m				
<b>Nomor</b>	<b>SUDUT 70°</b>						
<b>Ordinat</b>	<b>Ya</b>	<b>Yb</b>	<b>Ya<sup>2</sup></b>	<b>Yb<sup>2</sup></b>	<b>Ya<sup>3</sup></b>	<b>Yb<sup>3</sup></b>	
-5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
-4	7,328	1,427	53,700	2,036	393,511	2,906	2,906
-3	11,300	1,427	127,690	2,036	1442,897	2,906	2,906
-2	11,300	1,427	127,690	2,036	1442,897	2,906	2,906
-1	11,300	1,427	127,690	2,036	1442,897	2,906	2,906
0	11,300	1,427	127,690	2,036	1442,897	2,906	2,906
1	11,300	1,427	127,690	2,036	1442,897	2,906	2,906
2	11,300	1,427	127,690	2,036	1442,897	2,906	2,906
3	11,300	1,427	127,690	2,036	1442,897	2,906	2,906
4	11,300	1,427	127,690	2,036	1442,897	2,906	2,906
5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Jumlah	97,728	12,843	1075,220	18,327	11936,687	26,153	
I	$\Sigma (Ya + Yb) =$		110,571	m			
II	$\Sigma (Ya^2 - Yb^2) =$		1056,893	m <sup>2</sup>			
III	$\Sigma (Ya^3 + Yb^3) =$		11962,839	m <sup>3</sup>			
IV	$e = 1/2 \cdot (II)/(I) =$		4,779	m	$e/2 =$	2,390	m
V	$Io = 1/3 dL (III) =$		50822,52698	m <sup>4</sup>			
VI	$df = dL \cdot (I) \cdot (IV)^2 =$		32188,723	m <sup>4</sup>			
VII	$If = (V) - (VI) =$		18633,804	m <sup>4</sup>			
VIII	$MB\theta (r\theta) = VII/Volume =$		6,610	m			

SARAT AIR	=	1,371	m				Kondisi : Kosong
VOLUME	=	2819,0049	m <sup>3</sup>				
dL = Lbp/n	=	12,745	m				
<b>Nomor</b>	<b>SUDUT 80°</b>						
<b>Ordinat</b>	<b>Ya</b>	<b>Yb</b>	<b>Ya<sup>2</sup></b>	<b>Yb<sup>2</sup></b>	<b>Ya<sup>3</sup></b>	<b>Yb<sup>3</sup></b>	
-5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
-4	5,613	1,362	31,510	1,854	176,880	2,525	2,525
-3	10,783	1,362	116,269	1,854	1253,703	2,525	2,525
-2	10,783	1,362	116,269	1,854	1253,703	2,525	2,525
-1	10,783	1,362	116,269	1,854	1253,703	2,525	2,525
0	10,783	1,362	116,269	1,854	1253,703	2,525	2,525
1	10,783	1,362	116,269	1,854	1253,703	2,525	2,525
2	10,783	1,362	116,269	1,854	1253,703	2,525	2,525
3	10,783	1,362	116,269	1,854	1253,703	2,525	2,525
4	10,783	1,362	116,269	1,854	1253,703	2,525	2,525
5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Jumlah	91,876	12,255	961,660	16,688	10206,503	22,724	
I	$\Sigma (Ya + Yb) =$		104,131	m			
II	$\Sigma (Ya^2 - Yb^2) =$		944,972	m <sup>2</sup>			
III	$\Sigma (Ya^3 + Yb^3) =$		10229,227	m <sup>3</sup>			
IV	$e = 1/2 \cdot (II)/(I) =$		4,537	m	$e/2 =$	2,269	m
V	$Io = 1/3 dL (III) =$		43457,50891	m <sup>4</sup>			
VI	$df = dL \cdot (I) \cdot (IV)^2 =$		27323,798	m <sup>4</sup>			
VII	$If = (V) - (VI) =$		16133,711	m <sup>4</sup>			
VIII	$MB\theta (r\theta) = VII/Volume =$		5,723	m			

SARAT AIR	=	1,371	m				Kondisi : Kosong
VOLUME	=	2819,0049	m <sup>3</sup>				
dL=Lbp/n	=	12,745	m				
<b>Nomor</b>	<b>SUDUT 90°</b>						
<b>Ordinat</b>	<b>Ya</b>	<b>Yb</b>	<b>Ya<sup>2</sup></b>	<b>Yb<sup>2</sup></b>	<b>Ya<sup>3</sup></b>	<b>Yb<sup>3</sup></b>	
-5	9,635	0,000	92,833	0,000	894,448	0,000	
-4	4,887	1,341	23,883	1,798	116,715	2,411	
-3	10,619	1,341	112,763	1,798	1197,432	2,411	
-2	10,619	1,341	112,763	1,798	1197,432	2,411	
-1	10,619	1,341	112,763	1,798	1197,432	2,411	
0	10,619	1,341	112,763	1,798	1197,432	2,411	
1	10,619	1,341	112,763	1,798	1197,432	2,411	
2	10,619	1,341	112,763	1,798	1197,432	2,411	
3	10,619	1,341	112,763	1,798	1197,432	2,411	
4	10,619	1,341	112,763	1,798	1197,432	2,411	
5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	
Jumlah	99,474	12,069	1018,821	16,185	10590,619	21,703	
I	$\Sigma (Ya + Yb)$	=	111,543	m			
II	$\Sigma (Ya^2 - Yb^2)$	=	1002,637	m <sup>2</sup>			
III	$\Sigma (Ya^3 + Yb^3)$	=	10612,323	m <sup>3</sup>			
IV	$e = 1/2 \cdot (II)/(I)$	=	4,494	m	$e/2$	=	2,247 m
V	$Io = 1/3 dL (III)$	=	45085,03811	m <sup>4</sup>			
VI	$df = dL \cdot (I) \cdot (IV)^2$	=	28716,280	m <sup>4</sup>			
VII	$If = (V) - (VI)$	=	16368,758	m <sup>4</sup>			
VIII	$MB\theta (r\theta) = VII/Volume$	=	5,807	m			

b. Kondisi II dengan muatan kapal 50%



**Gambar 4.77** Perhitungan Ya dan Yb kondisi kapal 50%

**Tabel 4.156** Perhitungan kurva silang kondisi kapal 50%

SARAT AIR = 5,166 m		Kondisi : 1/2 Penuh				
VOLUME = 10623,883 m <sup>3</sup>						
dL=Lbp/n = 12,745 m						
Nomor Ordinat	SUDUT 0°					
	Ya	Yb	Ya <sup>2</sup>	Yb <sup>2</sup>	Ya <sup>3</sup>	Yb <sup>3</sup>
-5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
-4	4,280	4,280	18,318	18,318	78,403	78,403
-3	8,991	8,991	80,838	80,838	726,815	726,815
-2	10,131	10,131	102,631	102,631	1039,725	1039,725
-1	10,135	10,135	102,718	102,718	1041,049	1041,049
0	10,135	10,135	102,718	102,718	1041,049	1041,049
1	10,135	10,135	102,718	102,718	1041,049	1041,049
2	10,135	10,135	102,718	102,718	1041,049	1041,049
3	10,135	10,135	102,718	102,718	1041,049	1041,049
4	7,701	7,701	59,304	59,304	456,698	456,698
5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Jumlah	81,778	81,778	774,683	774,683	7506,887	7506,89
I	$\Sigma (Ya + Yb) =$		163,555	m		
II	$\Sigma (Ya^2 - Yb^2) =$		0,000	m <sup>2</sup>		
III	$\Sigma (Ya^3 + Yb^3) =$		15013,774	m <sup>3</sup>		
IV	$e = 1/2 \cdot (II)/(I) =$		0,000	$e/2 =$		0,000 m
V	$Io = 1/3 dL (III) =$		63784,01816	m <sup>4</sup>		
VI	$df = dL \cdot (I) \cdot (IV)^2 =$		0,000	m <sup>4</sup>		
VII	$If = (V) - (VI) =$		63784,018	m <sup>4</sup>		
VIII	$MB\theta (r\theta) = VII/Volume =$		6,004	m		

SARAT AIR = 5,166 m		Kondisi : 1/2 Penuh				
VOLUME = 10623,883 m <sup>3</sup>						
dL=Lbp/7 = 12,745 m						
Nomor Ordinat	SUDUT 10°					
	Ya	Yb	Ya <sup>2</sup>	Yb <sup>2</sup>	Ya <sup>3</sup>	Yb <sup>3</sup>
-5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
-4	5,220	3,707	27,243	13,741	142,196	50,937
-3	9,755	8,244	95,156	67,968	928,229	560,353
-2	10,291	10,291	105,911	105,911	1089,960	1089,960
-1	10,291	10,291	105,911	105,911	1089,960	1089,960
0	10,291	10,291	105,911	105,911	1089,960	1089,960
1	10,291	10,291	105,911	105,911	1089,960	1089,960
2	10,291	10,291	105,911	105,911	1089,960	1089,960
3	10,291	10,291	105,911	105,911	1089,960	1089,960
4	7,991	7,523	63,859	56,596	510,312	425,768
5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Jumlah	84,713	81,222	821,724	773,770	8120,499	7576,820
I	$\Sigma (Ya + Yb) =$		165,935	m		
II	$\Sigma (Ya^2 - Yb^2) =$		47,953	m <sup>2</sup>		
III	$\Sigma (Ya^3 + Yb^3) =$		15697,319	m <sup>3</sup>		
IV	$e = 1/2 \cdot (II)/(I) =$		0,144	$e/2 =$		0,072 m
V	$Io = 1/3 dL (III) =$		66687,96804	m <sup>4</sup>		
VI	$df = dL \cdot (I) \cdot (IV)^2 =$		44,155	m <sup>4</sup>		
VII	$If = (V) - (VI) =$		66643,81	m <sup>4</sup>		
VIII	$MB\theta (r\theta) = VII/Volume =$		6,273	m		

SARAT AIR	=	5,166	m	Kondisi : 1/2 Penuh		
VOLUME	=	10623,883	m <sup>3</sup>			
dL=Lbp/7	=	12,745	m			
<b>Nomor Ordinat</b>	<b>SUDUT 20°</b>					
	<b>Ya</b>	<b>Yb</b>	<b>Ya<sup>2</sup></b>	<b>Yb<sup>2</sup></b>	<b>Ya<sup>3</sup></b>	<b>Yb<sup>3</sup></b>
-5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
-4	6,952	3,648	48,325	13,308	335,934	48,547
-3	10,552	8,004	111,347	64,064	1174,943	512,768
-2	10,669	10,124	113,834	102,485	1214,529	1037,509
-1	10,669	10,830	113,834	117,298	1214,529	1270,380
0	10,669	10,902	113,834	118,845	1214,529	1295,599
1	10,669	10,902	113,834	118,845	1214,529	1295,599
2	10,669	10,902	113,834	118,845	1214,529	1295,599
3	10,669	10,606	113,834	112,487	1214,529	1193,040
4	8,451	7,704	71,419	59,344	603,565	457,156
5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Jumlah	89,971	83,620	914,095	825,521	9401,615	8406,198
I	$\Sigma (Ya + Yb)$	=	173,591	m		
II	$\Sigma (Ya^2 - Yb^2)$	=	88,574	m <sup>2</sup>		
III	$\Sigma (Ya^3 + Yb^3)$	=	17807,813	m <sup>3</sup>		
IV	$e = 1/2 \cdot (II)/(I)$	=	0,265	m	$e/2 =$	0,133 m
V	$Io = 1/3 dL (III)$	=	75654,11793	m <sup>4</sup>		
VI	$df = dL \cdot (I) \cdot (IV)^2$	=	155,368	m <sup>4</sup>		
VII	$If = (V) - (VI)$	=	75498,750	m <sup>4</sup>		
VIII	$MB\theta (r\theta) = VII/Volume$	=	7,107	m		

SARAT AIR	=	5,166	m	Kondisi : 1/2 Penuh		
VOLUME	=	10623,883	m <sup>3</sup>			
dL=Lbp/7	=	12,745	m			
<b>Nomor Ordinat</b>	<b>SUDUT 30°</b>					
	<b>Ya</b>	<b>Yb</b>	<b>Ya<sup>2</sup></b>	<b>Yb<sup>2</sup></b>	<b>Ya<sup>3</sup></b>	<b>Yb<sup>3</sup></b>
-5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
-4	9,130	3,751	83,350	14,067	760,948	52,760
-3	11,447	7,683	131,043	59,032	1500,101	453,551
-2	11,447	9,608	131,043	92,310	1500,101	886,894
-1	11,447	10,188	131,043	103,799	1500,101	1057,529
0	11,447	10,302	131,043	106,131	1500,101	1093,364
1	11,447	10,302	131,043	106,131	1500,101	1093,364
2	11,447	10,302	131,043	106,131	1500,101	1093,364
3	11,447	10,091	131,043	101,834	1500,101	1027,641
4	9,371	7,605	87,823	57,831	823,026	439,791
5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Jumlah	98,633	79,832	1088,474	747,267	12084,683	7198,257
I	$\Sigma (Ya + Yb)$	=	178,465	m		
II	$\Sigma (Ya^2 - Yb^2)$	=	341,206	m <sup>2</sup>		
III	$\Sigma (Ya^3 + Yb^3)$	=	19282,940	m <sup>3</sup>		
IV	$e = 1/2 \cdot (II)/(I)$	=	0,956	m	$e/2 =$	0,478 m
V	$Io = 1/3 dL (III)$	=	81921,00083	m <sup>4</sup>		
VI	$df = dL \cdot (I) \cdot (IV)^2$	=	2078,573	m <sup>4</sup>		
VII	$If = (V) - (VI)$	=	79842,428	m <sup>4</sup>		
VIII	$MB\theta (r\theta) = VII/Volume$	=	7,515	m		



SARAT AIR	=	5,166	m	Kondisi : 1/2 Penuh		
VOLUME	=	10623,883	m <sup>3</sup>			
dL=Lbp/7	=	12,745	m			
<b>Nomor Ordinat</b>	<b>SUDUT 40°</b>					
	<b>Ya</b>	<b>Yb</b>	<b>Ya<sup>2</sup></b>	<b>Yb<sup>2</sup></b>	<b>Ya<sup>3</sup></b>	<b>Yb<sup>3</sup></b>
-5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
-4	10,593	4,204	112,210	17,675	1188,624	74,310
-3	10,593	7,380	112,210	54,467	1188,624	401,980
-2	10,593	8,014	112,210	64,216	1188,624	514,596
-1	10,593	8,014	112,210	64,216	1188,624	514,596
0	10,593	8,014	112,210	64,216	1188,624	514,596
1	10,593	8,014	112,210	64,216	1188,624	514,596
2	10,593	8,014	112,210	64,216	1188,624	514,596
3	10,593	8,014	112,210	64,216	1188,624	514,596
4	10,593	7,328	112,210	53,700	1188,624	393,511
5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Jumlah	95,336	66,993	1009,886	511,139	10697,619	3957,379
I	$\Sigma (Ya + Yb)$		=	162,330	m	
II	$\Sigma (Ya^2 - Yb^2)$		=	498,746	m <sup>2</sup>	
III	$\Sigma (Ya^3 + Yb^3)$		=	14654,998	m <sup>3</sup>	
IV	$e = 1/2 \cdot (II)/(I)$		=	1,536	m	$e/2 = 0,768$ m
V	$Io = 1/3 dL (III)$		=	62259,80611	m <sup>4</sup>	
VI	$df = dL \cdot (I) \cdot (IV)^2$		=	4882,536	m <sup>4</sup>	
VII	$If = (V) - (VI)$		=	57377,270	m <sup>4</sup>	
VIII	$MB\theta (r\theta) = VII/Volume$		=	5,401	m	

SARAT AIR	=	5,166	m	Kondisi : 1/2 Penuh		
VOLUME	=	10623,883	m <sup>3</sup>			
dL=Lbp/7	=	12,745	m			
<b>Nomor Ordinat</b>	<b>SUDUT 50°</b>					
	<b>Ya</b>	<b>Yb</b>	<b>Ya<sup>2</sup></b>	<b>Yb<sup>2</sup></b>	<b>Ya<sup>3</sup></b>	<b>Yb<sup>3</sup></b>
-5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
-4	8,889	4,854	79,005	23,561	702,240	114,367
-3	8,889	6,724	79,005	45,215	702,240	304,034
-2	8,889	6,724	79,005	45,215	702,240	304,034
-1	8,889	6,724	79,005	45,215	702,240	304,034
0	8,889	6,724	79,005	45,215	702,240	304,034
1	8,889	6,724	79,005	45,215	702,240	304,034
2	8,889	6,724	79,005	45,215	702,240	304,034
3	8,889	6,724	79,005	45,215	702,240	304,034
4	8,889	6,724	79,005	45,215	702,240	304,034
5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Jumlah	79,997	58,648	711,049	385,280	6320,158	2546,637
I	$\Sigma (Ya + Yb)$		=	138,644	m	
II	$\Sigma (Ya^2 - Yb^2)$		=	325,769	m <sup>2</sup>	
III	$\Sigma (Ya^3 + Yb^3)$		=	8866,795	m <sup>3</sup>	
IV	$e = 1/2 \cdot (II)/(I)$		=	1,175	m	$e/2 = 0,587$ m
V	$Io = 1/3 dL (III)$		=	37669,39668	m <sup>4</sup>	
VI	$df = dL \cdot (I) \cdot (IV)^2$		=	2438,936	m <sup>4</sup>	
VII	$If = (V) - (VI)$		=	35230,460	m <sup>4</sup>	
VIII	$MB\theta (r\theta) = VII/Volume$		=	3,316	m	

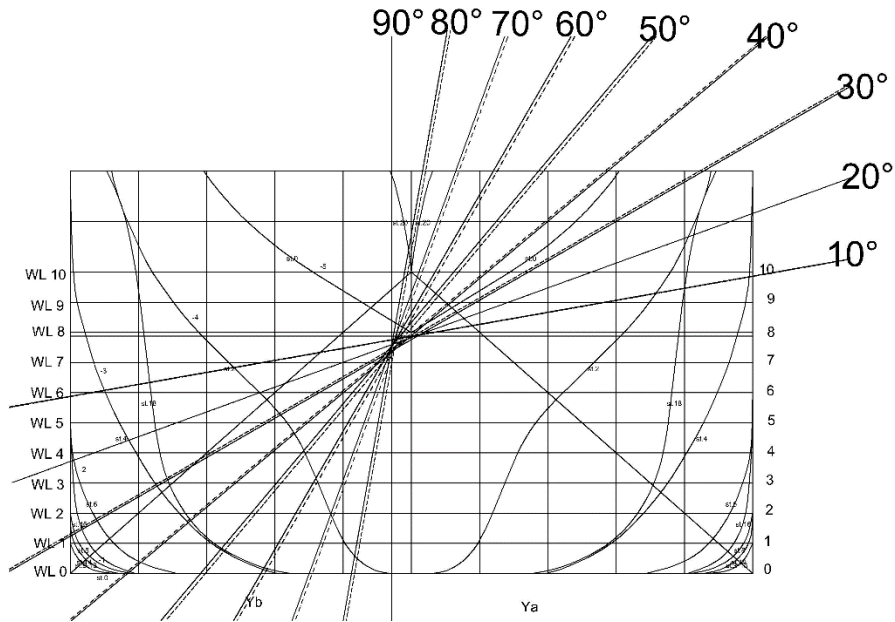
SARAT AIR	=	5,166	m	Kondisi : 1/2 Penuh		
VOLUME	=	10623,883	m <sup>3</sup>			
dL=Lbp/7	=	12,745	m			
<b>Nomor Ordinat</b>	<b>SUDUT 60°</b>					
	<b>Ya</b>	<b>Yb</b>	<b>Ya<sup>2</sup></b>	<b>Yb<sup>2</sup></b>	<b>Ya<sup>3</sup></b>	<b>Yb<sup>3</sup></b>
-5	4,629	0,000	21,425	0,000	99,169	0,000
-4	7,862	5,290	61,817	27,986	486,033	148,053
-3	7,862	5,948	61,817	35,378	486,033	210,422
-2	7,862	5,948	61,817	35,378	486,033	210,422
-1	7,862	5,948	61,817	35,378	486,033	210,422
0	7,862	5,948	61,817	35,378	486,033	210,422
1	7,862	5,948	61,817	35,378	486,033	210,422
2	7,862	5,948	61,817	35,378	486,033	210,422
3	7,862	5,948	61,817	35,378	486,033	210,422
4	7,862	5,948	61,817	35,378	486,033	210,422
5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Jumlah	75,390	52,873	577,781	311,006	4473,463	1831,428
I	$\Sigma (Ya + Yb)$		=	128,264	m	
II	$\Sigma (Ya^2 - Yb^2)$		=	266,775	m <sup>2</sup>	
III	$\Sigma (Ya^3 + Yb^3)$		=	6304,891	m <sup>3</sup>	
IV	$e = 1/2 \cdot (II)/(I)$		=	1,040	m	$e/2 = 0,520$ m
V	$Io = 1/3 dL (III)$		=	26785,48764	m <sup>4</sup>	
VI	$df = dL \cdot (I) \cdot (IV)^2$		=	1767,943	m <sup>4</sup>	
VII	$If = (V) - (VI)$		=	25017,545	m <sup>4</sup>	
VIII	$MB\theta (r\theta) = VII/Volume$		=	2,355	m	

SARAT AIR	=	5,166	m	Kondisi : 1/2 Penuh		
VOLUME	=	10623,883	m <sup>3</sup>			
dL=Lbp/n	=	12,745	m			
<b>Nomor Ordinat</b>	<b>SUDUT 70°</b>					
	<b>Ya</b>	<b>Yb</b>	<b>Ya<sup>2</sup></b>	<b>Yb<sup>2</sup></b>	<b>Ya<sup>3</sup></b>	<b>Yb<sup>3</sup></b>
-5	3,560	0,000	12,670	0,000	45,099	0,000
-4	7,246	5,433	52,505	29,517	380,448	160,369
-3	7,246	5,482	52,505	30,048	380,448	164,711
-2	7,246	5,482	52,505	30,048	380,448	164,711
-1	7,246	5,482	52,505	30,048	380,448	164,711
0	7,246	5,482	52,505	30,048	380,448	164,711
1	7,246	5,482	52,505	30,048	380,448	164,711
2	7,246	5,482	52,505	30,048	380,448	164,711
3	7,246	5,482	52,505	30,048	380,448	164,711
4	7,246	5,482	52,505	30,048	380,448	164,711
5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Jumlah	68,774	49,286	485,211	269,901	3469,129	1478,055
I	$\Sigma (Ya + Yb)$		=	118,059	m	
II	$\Sigma (Ya^2 - Yb^2)$		=	215,310	m <sup>2</sup>	
III	$\Sigma (Ya^3 + Yb^3)$		=	4947,183	m <sup>3</sup>	
IV	$e = 1/2 \cdot (II)/(I)$		=	0,912	m	$e/2 = 0,456$ m
V	$Io = 1/3 dL (III)$		=	21017,44851	m <sup>4</sup>	
VI	$df = dL \cdot (I) \cdot (IV)^2$		=	1251,152	m <sup>4</sup>	
VII	$If = (V) - (VI)$		=	19766,296	m <sup>4</sup>	
VIII	$MB\theta (r\theta) = VII/Volume$		=	1,861	m	

SARAT AIR	=	5,166	m	Kondisi : 1/2 Penuh		
VOLUME	=	10623,883	m <sup>3</sup>			
dL=Lbp/n	=	12,745	m			
<b>Nomor Ordinat</b>	<b>SUDUT 80°</b>					
	<b>Ya</b>	<b>Yb</b>	<b>Ya<sup>2</sup></b>	<b>Yb<sup>2</sup></b>	<b>Ya<sup>3</sup></b>	<b>Yb<sup>3</sup></b>
-5	2,988	0,000	8,928	0,000	26,677	0,000
-4	6,914	5,231	47,803	27,358	330,513	143,097
-3	6,914	5,231	47,803	27,358	330,513	143,097
-2	6,914	5,231	47,803	27,358	330,513	143,097
-1	6,914	5,231	47,803	27,358	330,513	143,097
0	6,914	5,231	47,803	27,358	330,513	143,097
1	6,914	5,231	47,803	27,358	330,513	143,097
2	6,914	5,231	47,803	27,358	330,513	143,097
3	6,914	5,231	47,803	27,358	330,513	143,097
4	6,914	5,231	47,803	27,358	330,513	143,097
5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Jumlah	65,214	47,075	439,159	246,223	3001,291	1287,870
I	$\Sigma (Ya + Yb)$		=	112,289	m	
II	$\Sigma (Ya^2 - Yb^2)$		=	192,936	m <sup>2</sup>	
III	$\Sigma (Ya^3 + Yb^3)$		=	4289,162	m <sup>3</sup>	
IV	$e = 1/2 \cdot (II)/(I)$		=	0,859	m	$e/2 = 0,430$ m
V	$Io = 1/3 dL (III)$		=	18221,93166	m <sup>4</sup>	
VI	$df = dL \cdot (I) \cdot (IV)^2$		=	1056,264	m <sup>4</sup>	
VII	$If = (V) - (VI)$		=	17165,668	m <sup>4</sup>	
VIII	$MB\theta (r\theta) = VII/Volume$		=	1,616	m	

SARAT AIR	=	5,166	m	Kondisi : 1/2 Penuh		
VOLUME	=	10623,883	m <sup>3</sup>			
dL=Lbp/n	=	12,745	m			
<b>Nomor Ordinat</b>	<b>SUDUT 90°</b>					
	<b>Ya</b>	<b>Yb</b>	<b>Ya<sup>2</sup></b>	<b>Yb<sup>2</sup></b>	<b>Ya<sup>3</sup></b>	<b>Yb<sup>3</sup></b>
-5	2,614	0,000	6,831	0,000	17,853	0,000
-4	6,809	5,166	46,362	26,688	315,682	137,868
-3	6,809	5,166	46,362	26,688	315,682	137,868
-2	6,809	5,166	46,362	26,688	315,682	137,868
-1	6,809	5,166	46,362	26,688	315,682	137,868
0	6,809	5,166	46,362	26,688	315,682	137,868
1	6,809	5,166	46,362	26,688	315,682	137,868
2	6,809	5,166	46,362	26,688	315,682	137,868
3	6,809	5,166	46,362	26,688	315,682	137,868
4	6,809	5,166	46,362	26,688	315,682	137,868
5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Jumlah	63,895	46,494	424,093	240,188	2858,992	1240,811
I	$\Sigma (Ya + Yb)$		=	110,389	m	
II	$\Sigma (Ya^2 - Yb^2)$		=	183,905	m <sup>2</sup>	
III	$\Sigma (Ya^3 + Yb^3)$		=	4099,804	m <sup>3</sup>	
IV	$e = 1/2 \cdot (II)/(I)$		=	0,833	m	$e/2 = 0,416$ m
V	$Io = 1/3 dL (III)$		=	17417,46929	m <sup>4</sup>	
VI	$df = dL \cdot (I) \cdot (IV)^2$		=	976,219	m <sup>4</sup>	
VII	$If = (V) - (VI)$		=	16441,250	m <sup>4</sup>	
VIII	$MB\theta (r\theta) = VII/Volume$		=	1,548	m	

c. Kondisi III dengan muatan kapal 75%



**Gambar 4.78** Perhitungan  $Y_a$  dan  $Y_b$  kondisi kapal 75%

**Tabel 4.156** Perhitungan kurva silang kondisi kapal 75%

SARAT AIR	=	7,064	m	Kondisi	:	3/4 Penuh
VOLUME	=	14526,322	m <sup>3</sup>			
dL = Lbp/n	=	12,745	m			
Nomor Ordinat	SUDUT 0°					
	Ya	Yb	Ya <sup>2</sup>	Yb <sup>2</sup>	Ya <sup>3</sup>	Yb <sup>3</sup>
-5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
-4	6,205	6,205	38,502	38,502	238,905	238,905
-3	9,666	9,666	93,430	93,430	903,081	903,081
-2	10,135	10,135	102,718	102,718	1041,049	1041,049
-1	10,135	10,135	102,718	102,718	1041,049	1041,049
0	10,135	10,135	102,718	102,718	1041,049	1041,049
1	10,135	10,135	102,718	102,718	1041,049	1041,049
2	10,135	10,135	102,718	102,718	1041,049	1041,049
3	10,135	10,135	102,718	102,718	1041,049	1041,049
4	7,932	7,932	62,912	62,912	498,998	498,998
5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Jumlah	84,613	84,613	811,153	811,153	7887,280	7887,280
I	$\Sigma (Y_a + Y_b)$		=	169,225	m	
II	$\Sigma (Y_a^2 - Y_b^2)$		=	0,000	m <sup>2</sup>	
III	$\Sigma (Y_a^3 + Y_b^3)$		=	15774,560	m <sup>3</sup>	
IV	$e = 1/2 \cdot (II)/(I)$		=	0,000	m	$e/2 = 0,000$ m
V	$I_o = 1/3 dL (III)$		=	67016,11282	m <sup>4</sup>	
VI	$df = dL \cdot (I) \cdot (IV)^2$		=	0,000	m <sup>4</sup>	
VII	$I_f = (V) - (VI)$		=	67016,113	m <sup>4</sup>	
VIII	$MB\theta (r\theta) = VII/Volume$		=	4,613	m	

SARAT AIR	=	7,064	m	Kondisi : 3/4 Penuh		
VOLUME	=	14526,322	m <sup>3</sup>			
dL=Lbp/n	=	12,745	m			
<b>Nomor</b>	<b>SUDUT 10°</b>					
<b>Ordinat</b>	<b>Ya</b>	<b>Yb</b>	<b>Ya<sup>2</sup></b>	<b>Yb<sup>2</sup></b>	<b>Ya<sup>3</sup></b>	<b>Yb<sup>3</sup></b>
-5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
-4	7,382	5,335	54,487	28,464	402,192	151,863
-3	10,185	9,259	103,738	85,724	1056,595	793,688
-2	10,291	10,291	105,911	105,911	1089,960	1089,960
-1	10,291	10,291	105,911	105,911	1089,960	1089,960
0	10,291	10,291	105,911	105,911	1089,960	1089,960
1	10,291	10,291	105,911	105,911	1089,960	1089,960
2	10,291	10,291	105,911	105,911	1089,960	1089,960
3	10,291	10,291	105,911	105,911	1089,960	1089,960
4	8,223	7,894	67,618	62,315	556,021	491,916
5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Jumlah	87,538	84,236	861,308	811,968	8554,571	7977,230
I	$\Sigma (Ya + Yb) =$		171,773	m		
II	$\Sigma (Ya^2 - Yb^2) =$		49,339	m <sup>2</sup>		
III	$\Sigma (Ya^3 + Yb^3) =$		16531,801	m <sup>3</sup>		
IV	$e = 1/2 \cdot (II)/(I) =$		0,144	m	$e/2 =$	0,072 m
V	$Io = 1/3 dL (III) =$		70233,15196	m <sup>4</sup>		
VI	$df = dL \cdot (I) \cdot (IV)^2 =$		45,156	m <sup>4</sup>		
VII	$If = (V) - (VI) =$		70187,996	m <sup>4</sup>		
VIII	$MB\theta (r\theta) = VII/Volume =$		4,832	m		

SARAT AIR	=	7,064	m	Kondisi : 3/4 Penuh		
VOLUME	=	14526,322	m <sup>3</sup>			
dL=Lbp/n	=	12,745	m			
<b>Nomor</b>	<b>SUDUT 20°</b>					
<b>Ordinat</b>	<b>Ya</b>	<b>Yb</b>	<b>Ya<sup>2</sup></b>	<b>Yb<sup>2</sup></b>	<b>Ya<sup>3</sup></b>	<b>Yb<sup>3</sup></b>
-5	0,000	1,870	0,000	3,497	0,000	6,539
-4	8,630	4,910	74,477	24,107	642,736	118,364
-3	10,638	9,050	113,156	81,903	1203,701	741,218
-2	10,669	10,788	113,830	116,377	1214,460	1255,448
-1	10,669	10,902	113,830	118,849	1214,460	1295,671
0	10,669	10,902	113,830	118,849	1214,460	1295,671
1	10,669	10,902	113,830	118,849	1214,460	1295,671
2	10,669	10,902	113,830	118,849	1214,460	1295,671
3	10,669	10,847	113,830	117,649	1214,460	1276,089
4	8,806	8,196	77,546	67,174	682,867	550,562
5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Jumlah	92,088	89,268	948,157	886,103	9816,066	9130,901
I	$\Sigma (Ya + Yb) =$		181,356	m		
II	$\Sigma (Ya^2 - Yb^2) =$		62,054	m <sup>2</sup>		
III	$\Sigma (Ya^3 + Yb^3) =$		18946,967	m <sup>3</sup>		
IV	$e = 1/2 \cdot (II)/(I) =$		0,171	m	$e/2 =$	0,086 m
V	$Io = 1/3 dL (III) =$		80493,66431	m <sup>4</sup>		
VI	$df = dL \cdot (I) \cdot (IV)^2 =$		67,653	m <sup>4</sup>		
VII	$If = (V) - (VI) =$		80426,011	m <sup>4</sup>		
VIII	$MB\theta (r\theta) = VII/Volume =$		5,537	m		

SARAT AIR	=	7,064	m	Kondisi : 3/4 Penuh		
VOLUME	=	14526,322	m <sup>3</sup>			
dL=Lbp/n	=	12,745	m			
<b>Nomor</b>	<b>SUDUT 30°</b>					
<b>Ordinat</b>	<b>Ya</b>	<b>Yb</b>	<b>Ya<sup>2</sup></b>	<b>Yb<sup>2</sup></b>	<b>Ya<sup>3</sup></b>	<b>Yb<sup>3</sup></b>
-5	0,000	0,940	0,000	0,884	0,000	0,831
-4	9,810	4,681	96,236	21,913	944,076	102,576
-3	9,810	8,916	96,236	79,497	944,076	708,802
-2	9,810	10,976	96,236	120,477	944,076	1322,379
-1	9,810	11,743	96,236	137,886	944,076	1619,130
0	9,810	11,926	96,236	142,218	944,076	1696,015
1	9,810	11,903	96,236	141,672	944,076	1686,264
2	9,810	11,903	96,236	141,672	944,076	1686,264
3	9,810	11,498	96,236	132,195	944,076	1519,923
4	9,810	8,558	96,236	73,244	944,076	626,848
5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Jumlah	88,290	93,043	866,125	991,657	8496,685	10969,031
I	$\Sigma (Ya + Yb) =$		181,333	m		
II	$\Sigma (Ya^2 - Yb^2) =$		-125,532	m <sup>2</sup>		
III	$\Sigma (Ya^3 + Yb^3) =$		19465,717	m <sup>3</sup>		
IV	$e = 1/2 \cdot (II)/(I) =$		-0,346	m	$e/2 =$	-0,173 m
V	$Io = 1/3 dL (III) =$		82697,50225	m <sup>4</sup>		
VI	$df = dL \cdot (I) \cdot (IV)^2 =$		276,896	m <sup>4</sup>		
VII	$If = (V) - (VI) =$		82420,606	m <sup>4</sup>		
VIII	$MB\theta (r\theta) = VII/Volume =$		5,674	m		

SARAT AIR	=	7,064	m	Kondisi : 3/4 Penuh		
VOLUME	=	14526,322	m <sup>3</sup>			
dL=Lbp/n	=	12,745	m			
<b>Nomor</b>	<b>SUDUT 40°</b>					
<b>Ordinat</b>	<b>Ya</b>	<b>Yb</b>	<b>Ya<sup>2</sup></b>	<b>Yb<sup>2</sup></b>	<b>Ya<sup>3</sup></b>	<b>Yb<sup>3</sup></b>
-5	0,596	0,000	0,356	0,000	0,212	0,000
-4	7,631	4,514	58,229	20,373	444,335	91,954
-3	7,631	8,638	58,229	74,612	444,335	644,480
-2	7,631	10,470	58,229	109,610	444,335	1147,566
-1	7,631	10,949	58,229	119,889	444,335	1312,717
0	7,631	10,976	58,229	120,464	444,335	1322,162
1	7,631	10,976	58,229	120,464	444,335	1322,162
2	7,631	10,976	58,229	120,464	444,335	1322,162
3	7,631	10,898	58,229	118,760	444,335	1294,209
4	7,631	8,538	58,229	72,892	444,335	622,333
5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Jumlah	69,274	86,933	524,418	877,528	3999,224	9079,746
I	$\Sigma (Ya + Yb) =$		156,206	m		
II	$\Sigma (Ya^2 - Yb^2) =$		-353,110	m <sup>2</sup>		
III	$\Sigma (Ya^3 + Yb^3) =$		13078,970	m <sup>3</sup>		
IV	$e = 1/2 \cdot (II)/(I) =$		-1,130	m	$e/2 =$	-0,565 m
V	$Io = 1/3 dL (III) =$		55564,26176	m <sup>4</sup>		
VI	$df = dL \cdot (I) \cdot (IV)^2 =$		2543,343	m <sup>4</sup>		
VII	$If = (V) - (VI) =$		53020,919	m <sup>4</sup>		
VIII	$MB\theta (r\theta) = VII/Volume =$		3,650	m		

SARAT AIR	=	7,064	m			
VOLUME	=	14526,322	m <sup>3</sup>	Kondisi : 3/4 Penuh		
dL=Lbp/n	=	12,745	m			
<b>Nomor</b>	<b>SUDUT 50°</b>					
<b>Ordinat</b>	<b>Ya</b>	<b>Yb</b>	<b>Ya<sup>2</sup></b>	<b>Yb<sup>2</sup></b>	<b>Ya<sup>3</sup></b>	<b>Yb<sup>3</sup></b>
-5	6,403	0,450	40,998	0,203	262,513	0,091
-4	6,403	4,440	40,998	19,712	262,513	87,517
-3	6,403	8,279	40,998	68,548	262,513	567,540
-2	6,403	9,210	40,998	84,819	262,513	781,154
-1	6,403	9,210	40,998	84,819	262,513	781,154
0	6,403	9,210	40,998	84,819	262,513	781,154
1	6,403	9,210	40,998	84,819	262,513	781,154
2	6,403	9,210	40,998	84,819	262,513	781,154
3	6,403	9,210	40,998	84,819	262,513	781,154
4	6,403	8,242	40,998	67,929	262,513	559,863
5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Jumlah	64,030	76,669	409,984	665,303	2625,128	5901,933
I	$\Sigma (Ya + Yb) =$		140,699	m		
II	$\Sigma (Ya^2 - Yb^2) =$		-255,319	m <sup>2</sup>		
III	$\Sigma (Ya^3 + Yb^3) =$		8527,061	m <sup>3</sup>		
IV	$e = 1/2 \cdot (II)/(I) =$		-0,907	m	$e/2 =$	-0,454 m
V	$Io = 1/3 dL (III) =$		36226,08183	m <sup>4</sup>		
VI	$df = dL \cdot (I) \cdot (IV)^2 =$		1476,243	m <sup>4</sup>		
VII	$If = (V) - (VI) =$		34749,839	m <sup>4</sup>		
VIII	$MB\theta (r\theta) = VII/Volume =$		2,392	m		

SARAT AIR	=	7,064	m			
VOLUME	=	14526,322	m <sup>3</sup>	Kondisi : 3/4 Penuh		
dL=Lbp/n	=	12,745	m			
<b>Nomor</b>	<b>SUDUT 60°</b>					
<b>Ordinat</b>	<b>Ya</b>	<b>Yb</b>	<b>Ya<sup>2</sup></b>	<b>Yb<sup>2</sup></b>	<b>Ya<sup>3</sup></b>	<b>Yb<sup>3</sup></b>
-5	5,664	0,000	32,079	0,000	181,687	0,000
-4	5,664	4,871	32,079	23,731	181,687	115,601
-3	5,664	8,009	32,079	64,146	181,687	513,749
-2	5,664	8,146	32,079	66,364	181,687	540,626
-1	5,664	8,146	32,079	66,364	181,687	540,626
0	5,664	8,146	32,079	66,364	181,687	540,626
1	5,664	8,146	32,079	66,364	181,687	540,626
2	5,664	8,146	32,079	66,364	181,687	540,626
3	5,664	8,146	32,079	66,364	181,687	540,626
4	5,664	7,950	32,079	63,204	181,687	502,479
5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Jumlah	56,638	69,709	320,786	549,263	1816,869	4375,587
I	$\Sigma (Ya + Yb) =$		126,347	m		
II	$\Sigma (Ya^2 - Yb^2) =$		-228,477	m <sup>2</sup>		
III	$\Sigma (Ya^3 + Yb^3) =$		6192,456	m <sup>3</sup>		
IV	$e = 1/2 \cdot (II)/(I) =$		-0,904	m	$e/2 =$	-0,452 m
V	$Io = 1/3 dL (III) =$		26307,8254	m <sup>4</sup>		
VI	$df = dL \cdot (I) \cdot (IV)^2 =$		1316,447	m <sup>4</sup>		
VII	$If = (V) - (VI) =$		2491,379	m <sup>4</sup>		
VIII	$MB\theta (r\theta) = VII/Volume =$		1,720	m		

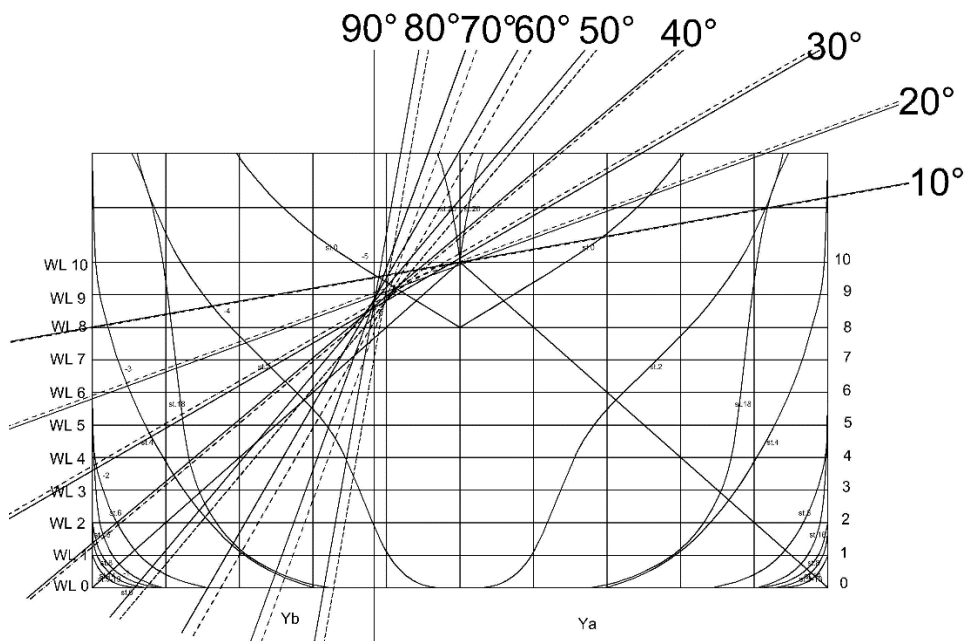
SARAT AIR	=	7,064	m			
VOLUME	=	14526,322	m <sup>3</sup>	Kondisi : 3/4 Penuh		
dL=Lbp/n	=	12,745	m			
Nomor Ordinat	SUDUT 70°					
	Ya	Yb	Ya <sup>2</sup>	Yb <sup>2</sup>	Ya <sup>3</sup>	Yb <sup>3</sup>
-5	5,220	0,000	27,246	0,000	142,220	0,000
-4	5,220	5,635	27,246	31,754	142,220	178,939
-3	5,220	7,508	27,246	56,370	142,220	423,226
-2	5,220	7,508	27,246	56,370	142,220	423,226
-1	5,220	7,508	27,246	56,370	142,220	423,226
0	5,220	7,508	27,246	56,370	142,220	423,226
1	5,220	7,508	27,246	56,370	142,220	423,226
2	5,220	7,508	27,246	56,370	142,220	423,226
3	5,220	7,508	27,246	56,370	142,220	423,226
4	5,220	7,508	27,246	56,370	142,220	423,226
5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Jumlah	52,198	65,699	272,463	482,715	1422,203	3564,750
I	$\Sigma (Ya + Yb)$		=	117,897	m	
II	$\Sigma (Ya^2 - Yb^2)$		=	-210,252	m <sup>2</sup>	
III	$\Sigma (Ya^3 + Yb^3)$		=	4986,953	m <sup>3</sup>	
IV	$e = 1/2 \cdot (II)/(I)$		=	-0,892	m	$e/2 = -0,446$ m
V	$Io = 1/3 dL (III)$		=	21186,40689	m <sup>4</sup>	
VI	$df = dL \cdot (I) \cdot (IV)^2$		=	1194,701	m <sup>4</sup>	
VII	$If = (V) - (VI)$		=	19991,706	m <sup>4</sup>	
VIII	$MB\theta (r\theta) = VII/Volume$		=	1,376	m	

SARAT AIR	=	7,064	m			
VOLUME	=	14526,322	m <sup>3</sup>	Kondisi : 3/4 Penuh		
dL=Lbp/n	=	12,745	m			
Nomor Ordinat	SUDUT 80°					
	Ya	Yb	Ya <sup>2</sup>	Yb <sup>2</sup>	Ya <sup>3</sup>	Yb <sup>3</sup>
-5	4,907	0,000	24,079	0,000	118,154	0,000
-4	4,907	6,635	24,079	44,021	118,154	292,068
-3	4,907	7,164	24,079	51,320	118,154	367,646
-2	4,907	7,164	24,079	51,320	118,154	367,646
-1	4,907	7,164	24,079	51,320	118,154	367,646
0	4,907	7,164	24,079	51,320	118,154	367,646
1	4,907	7,164	24,079	51,320	118,154	367,646
2	4,907	7,164	24,079	51,320	118,154	367,646
3	4,907	7,164	24,079	51,320	118,154	367,646
4	4,907	7,164	24,079	51,320	118,154	367,646
5	4,907	0,000	24,079	0,000	118,154	0,000
Jumlah	53,977	63,945	264,865	454,581	1299,693	3233,239
I	$\Sigma (Ya + Yb)$		=	117,922	m	
II	$\Sigma (Ya^2 - Yb^2)$		=	-189,716	m <sup>2</sup>	
III	$\Sigma (Ya^3 + Yb^3)$		=	4532,932	m <sup>3</sup>	
IV	$e = 1/2 \cdot (II)/(I)$		=	-0,804	m	$e/2 = -0,402$ m
V	$Io = 1/3 dL (III)$		=	19257,55889	m <sup>4</sup>	
VI	$df = dL \cdot (I) \cdot (IV)^2$		=	972,510	m <sup>4</sup>	
VII	$If = (V) - (VI)$		=	18285,049	m <sup>4</sup>	
VIII	$MB\theta (r\theta) = VII/Volume$		=	1,259	m	



SARAT AIR	=	7,064	m	Kondisi : 3/4 Penuh		
VOLUME	=	14526,322	m <sup>3</sup>			
dL=Lbp/n	=	12,745	m			
<b>Nomor Ordinat</b>	<b>SUDUT 90°</b>					
	<b>Ya</b>	<b>Yb</b>	<b>Ya<sup>2</sup></b>	<b>Yb<sup>2</sup></b>	<b>Ya<sup>3</sup></b>	<b>Yb<sup>3</sup></b>
-5	4,905	0,000	24,059	0,000	118,010	0,000
-4	4,905	7,055	24,059	49,773	118,010	351,149
-3	4,905	7,055	24,059	49,773	118,010	351,149
-2	4,905	7,055	24,059	49,773	118,010	351,149
-1	4,905	7,055	24,059	49,773	118,010	351,149
0	4,905	7,055	24,059	49,773	118,010	351,149
1	4,905	7,055	24,059	49,773	118,010	351,149
2	4,905	7,055	24,059	49,773	118,010	351,149
3	4,905	7,055	24,059	49,773	118,010	351,149
4	4,905	7,055	24,059	49,773	118,010	351,149
5	4,905	0,000	24,059	0,000	118,010	0,000
Jumlah	53,955	63,495	264,649	447,957	1298,105	3160,338
I	$\Sigma (Ya + Yb) =$		117,450	m		
II	$\Sigma (Ya^2 - Yb^2) =$		-183,308	m <sup>2</sup>		
III	$\Sigma (Ya^3 + Yb^3) =$		4458,443	m <sup>3</sup>		
IV	$e = 1/2 \cdot (II)/(I) =$		-0,780	m	$e/2 =$	-0,390 m
V	$Io = 1/3 dL (III) =$		18941,10027	m <sup>4</sup>		
VI	$df = dL \cdot (I) \cdot (IV)^2 =$		911,576	m <sup>4</sup>		
VII	$If = (V) - (VI) =$		18029,524	m <sup>4</sup>		
VIII	$MB\theta (r\theta) = VII/Volume =$		1,241	m		

d. Kondisi IV dengan muatan kapal 100%



**Gambar 4.79** Perhitungan Ya dan Yb kondisi kapal 100%

**Tabel 4.157** Perhitungan kurva silang kondisi kapal 100%

SARAT AIR	=	8,960	m	Kondisi : Penuh		
VOLUME	=	18414	m <sup>3</sup>			
dL = Lbp/n	=	12,745	m			
<b>Nomor</b>	<b>SUDUT 0°</b>					
<b>Ordinat</b>	<b>Ya</b>	<b>Yb</b>	<b>Ya<sup>2</sup></b>	<b>Yb<sup>2</sup></b>	<b>Ya<sup>3</sup></b>	<b>Yb<sup>3</sup></b>
-5	2,917	2,917	8,511	8,511	24,828	24,828
-4	7,692	7,692	59,159	59,159	455,023	455,023
-3	10,041	10,041	100,822	100,822	1012,350	1012,350
-2	10,135	10,135	102,718	102,718	1041,049	1041,049
-1	10,135	10,135	102,718	102,718	1041,049	1041,049
0	10,135	10,135	102,718	102,718	1041,049	1041,049
1	10,135	10,135	102,718	102,718	1041,049	1041,049
2	10,135	10,135	102,718	102,718	1041,049	1041,049
3	10,135	10,135	102,718	102,718	1041,049	1041,049
4	8,183	8,183	66,966	66,966	548,006	548,006
5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Jumlah	89,643	89,643	851,767	851,767	8286,503	8286,503
I	$\Sigma (Ya + Yb)$	=	179,286	m		
II	$\Sigma (Ya^2 - Yb^2)$	=	0,000	m <sup>2</sup>		
III	$\Sigma (Ya^3 + Yb^3)$	=	16573,006	m <sup>3</sup>		
IV	$e = 1/2 \cdot (II)/(I)$	=	0,000	m	$e/2 =$	0,000 m
V	$Io = 1/3 dL (III)$	=	70408,20417	m <sup>4</sup>		
VI	$df = dL \cdot (I) \cdot (IV)^2$	=	0,000	m <sup>4</sup>		
VII	$If = (V) - (VI)$	=	70408,20	m <sup>4</sup>		
VIII	$MB\theta (r\theta) = VII/Volume$	=	3,824	m		

SARAT AIR	=	8,960	m	Kondisi : Penuh		
VOLUME	=	18414	m <sup>3</sup>			
dL = Lbp/n	=	12,745	m			
<b>Nomor</b>	<b>SUDUT 10°</b>					
<b>Ordinat</b>	<b>Ya</b>	<b>Yb</b>	<b>Ya<sup>2</sup></b>	<b>Yb<sup>2</sup></b>	<b>Ya<sup>3</sup></b>	<b>Yb<sup>3</sup></b>
-5	3,986	2,311	15,890	5,342	63,340	12,348
-4	8,547	6,937	73,055	48,115	624,413	333,750
-3	10,291	9,870	105,913	97,417	1089,992	961,505
-2	10,291	10,291	105,913	105,911	1089,992	1089,960
-1	10,291	10,291	105,913	105,911	1089,992	1089,960
0	10,291	10,291	105,913	105,911	1089,992	1089,960
1	10,291	10,291	105,913	105,911	1089,992	1089,960
2	10,291	10,291	105,913	105,911	1089,992	1089,960
3	10,291	10,291	105,913	105,911	1089,992	1089,960
4	10,291	8,113	105,913	65,816	1089,992	533,945
5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Jumlah	94,865	88,978	936,248	852,155	9407,690	8381,310
I	$\Sigma (Ya + Yb)$	=	183,843	m		
II	$\Sigma (Ya^2 - Yb^2)$	=	84,092	m <sup>2</sup>		
III	$\Sigma (Ya^3 + Yb^3)$	=	17788,999	m <sup>3</sup>		
IV	$e = 1/2 \cdot (II)/(I)$	=	0,229	m	$e/2 =$	0,114 m
V	$Io = 1/3 dL (III)$	=	75574,19156	m <sup>4</sup>		
VI	$df = dL \cdot (I) \cdot (IV)^2$	=	122,560	m <sup>4</sup>		
VII	$If = (V) - (VI)$	=	75451,631	m <sup>4</sup>		
VIII	$MB\theta (r\theta) = VII/Volume$	=	4,098	m		

SARAT AIR	=	8,960	m			
VOLUME	=	18414	m <sup>3</sup>	Kondisi : Penuh		
dL=Lbp/n	=	12,745	m			
<b>Nomor</b>	<b>SUDUT 20°</b>					
<b>Ordinat</b>	<b>Ya</b>	<b>Yb</b>	<b>Ya<sup>2</sup></b>	<b>Yb<sup>2</sup></b>	<b>Ya<sup>3</sup></b>	<b>Yb<sup>3</sup></b>
-5	5,306	2,100	28,157	4,411	149,409	9,265
-4	8,771	6,492	76,937	42,143	674,849	273,587
-3	8,771	9,907	76,937	98,151	674,849	972,388
-2	8,771	11,004	76,937	121,088	674,849	1332,453
-1	8,771	11,004	76,937	121,088	674,849	1332,453
0	8,771	11,004	76,937	121,088	674,849	1332,453
1	8,771	11,004	76,937	121,088	674,849	1332,453
2	8,771	11,004	76,937	121,088	674,849	1332,453
3	8,771	11,004	76,937	121,088	674,849	1332,453
4	8,771	8,540	76,937	72,935	674,849	622,880
5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Jumlah	84,249	93,063	720,594	944,168	6223,052	9.872,8
I	$\Sigma (Ya + Yb)$	=	177,312	m		
II	$\Sigma (Ya^2 - Yb^2)$	=	-223,575	m <sup>2</sup>		
III	$\Sigma (Ya^3 + Yb^3)$	=	16095,886	m <sup>3</sup>		
IV	$e = 1/2 \cdot (II)/(I)$	=	-0,630	m	$e/2 =$	-0,315 m
V	$Io = 1/3 dL (III)$	=	68381,22697	m <sup>4</sup>		
VI	$df = dL \cdot (I) \cdot (IV)^2$	=	898,233	m <sup>4</sup>		
VII	$If = (V) - (VI)$	=	67482,994	m <sup>4</sup>		
VIII	$MB\theta (r\theta) = VII/Volume$	=	3,665	m		

SARAT AIR	=	8,960	m			
VOLUME	=	18414	m <sup>3</sup>	Kondisi : Penuh		
dL=Lbp/n	=	12,745	m			
<b>Nomor</b>	<b>SUDUT 30°</b>					
<b>Ordinat</b>	<b>Ya</b>	<b>Yb</b>	<b>Ya<sup>2</sup></b>	<b>Yb<sup>2</sup></b>	<b>Ya<sup>3</sup></b>	<b>Yb<sup>3</sup></b>
-5	6,000	1,631	36,000	2,661	216,000	4,340
-4	6,000	5,793	36,000	33,559	216,000	194,406
-3	6,000	9,600	36,000	92,156	216,000	884,681
-2	6,000	11,337	36,000	128,528	216,000	1457,117
-1	6,000	11,479	36,000	131,770	216,000	1512,598
0	6,000	11,479	36,000	131,770	216,000	1512,598
1	6,000	11,479	36,000	131,770	216,000	1512,598
2	6,000	11,479	36,000	131,770	216,000	1512,598
3	6,000	11,413	36,000	130,252	216,000	1486,540
4	6,000	8,606	36,000	74,070	216,000	637,477
5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Jumlah	60,000	94,297	360,000	988,304	2160,000	10714,954
I	$\Sigma (Ya + Yb)$	=	154,297	m		
II	$\Sigma (Ya^2 - Yb^2)$	=	-628,304	m <sup>2</sup>		
III	$\Sigma (Ya^3 + Yb^3)$	=	12874,954	m <sup>3</sup>		
IV	$e = 1/2 \cdot (II)/(I)$	=	-2,036	m	$e/2 =$	-1,018 m
V	$Io = 1/3 dL (III)$	=	54697,52366	m <sup>4</sup>		
VI	$df = dL \cdot (I) \cdot (IV)^2$	=	8152,057	m <sup>4</sup>		
VII	$If = (V) - (VI)$	=	46545,467	m <sup>4</sup>		
VIII	$MB\theta (r\theta) = VII/Volume$	=	2,528	m		

SARAT AIR	=	8,960	m	Kondisi : Penuh		
VOLUME	=	18414	m <sup>3</sup>			
dL=Lbp/n	=	12,745	m			
<b>Nomor</b>	<b>SUDUT 40°</b>					
<b>Ordinat</b>	<b>Ya</b>	<b>Yb</b>	<b>Ya<sup>2</sup></b>	<b>Yb<sup>2</sup></b>	<b>Ya<sup>3</sup></b>	<b>Yb<sup>3</sup></b>
-5	4,667	1,113	21,783	1,240	101,664	1,380
-4	4,667	5,098	21,783	25,986	101,664	132,464
-3	4,667	9,104	21,783	82,879	101,664	754,515
-2	4,667	11,153	21,783	124,387	101,664	1387,278
-1	4,667	11,903	21,783	141,670	101,664	1686,221
0	4,667	12,034	21,783	144,822	101,664	1742,817
1	4,667	12,034	21,783	144,822	101,664	1742,817
2	4,667	11,993	21,783	143,827	101,664	1724,891
3	4,667	11,651	21,783	135,753	101,664	1581,697
4	4,667	8,531	21,783	72,769	101,664	620,760
5	1,352	0,000	1,828	0,000	2,471	0,000
Jumlah	48,024	94,613	219,655	1018,154	1019,116	11374,839
I	$\Sigma (Ya + Yb)$	=	142,637	m		
II	$\Sigma (Ya^2 - Yb^2)$	=	-798,499	m <sup>2</sup>		
III	$\Sigma (Ya^3 + Yb^3)$	=	12393,955	m <sup>3</sup>		
IV	$e = 1/2 \cdot (II)/(I)$	=	-2,799	m	$e/2 =$	-1,400 m
V	$Io = 1/3 dL (III)$	=	52654,06671	m <sup>4</sup>		
VI	$df = dL \cdot (I) \cdot (IV)^2$	=	14242,925	m <sup>4</sup>		
VII	$If = (V) - (VI)$	=	38411,141	m <sup>4</sup>		
VIII	$MB\theta (r\theta) = VII/Volume$	=	2,086	m		

SARAT AIR	=	8,960	m	Kondisi : Penuh		
VOLUME	=	18414	m <sup>3</sup>			
dL=Lbp/n	=	12,745	m			
<b>Nomor</b>	<b>SUDUT 50°</b>					
<b>Ordinat</b>	<b>Ya</b>	<b>Yb</b>	<b>Ya<sup>2</sup></b>	<b>Yb<sup>2</sup></b>	<b>Ya<sup>3</sup></b>	<b>Yb<sup>3</sup></b>
-5	3,916	0,784	15,337	0,615	60,061	0,482
-4	3,916	4,678	15,337	21,884	60,061	102,372
-3	3,916	8,919	15,337	79,540	60,061	709,374
-2	3,916	10,932	15,337	119,511	60,061	1306,504
-1	3,916	11,534	15,337	133,040	60,061	1534,524
0	3,916	11,682	15,337	136,467	60,061	1594,191
1	3,916	11,682	15,337	136,467	60,061	1594,191
2	3,916	11,632	15,337	135,299	60,061	1573,768
3	3,916	11,415	15,337	130,311	60,061	1487,556
4	3,916	8,678	15,337	75,313	60,061	653,588
5	2,854	0,000	8,145	0,000	23,244	0,000
Jumlah	42,016	91,936	161,511	968,445	623,857	10556,551
I	$\Sigma (Ya + Yb)$	=	133,952	m		
II	$\Sigma (Ya^2 - Yb^2)$	=	-806,934	m <sup>2</sup>		
III	$\Sigma (Ya^3 + Yb^3)$	=	11180,409	m <sup>3</sup>		
IV	$e = 1/2 \cdot (II)/(I)$	=	-3,012	m	$e/2 =$	-1,506 m
V	$Io = 1/3 dL (III)$	=	47498,47501	m <sup>4</sup>		
VI	$df = dL \cdot (I) \cdot (IV)^2$	=	15488,533	m <sup>4</sup>		
VII	$If = (V) - (VI)$	=	32009,942	m <sup>4</sup>		
VIII	$MB\theta (r\theta) = VII/Volume$	=	1,738	m		

SARAT AIR	=	8,960	m			
VOLUME	=	18414	m <sup>3</sup>	Kondisi : Penuh		
dL=Lbp/n	=	12,745	m			
<b>Nomor</b>	<b>SUDUT 60°</b>					
<b>Ordinat</b>	<b>Ya</b>	<b>Yb</b>	<b>Ya<sup>2</sup></b>	<b>Yb<sup>2</sup></b>	<b>Ya<sup>3</sup></b>	<b>Yb<sup>3</sup></b>
-5	3,464	0,604	11,999	0,365	41,566	0,220
-4	3,464	4,626	11,999	21,396	41,566	98,970
-3	3,464	8,997	11,999	80,942	41,566	728,223
-2	3,464	10,346	11,999	107,042	41,566	1107,465
-1	3,464	10,346	11,999	107,042	41,566	1107,465
0	3,464	10,346	11,999	107,042	41,566	1107,465
1	3,464	10,346	11,999	107,042	41,566	1107,465
2	3,464	10,346	11,999	107,042	41,566	1107,465
3	3,464	10,346	11,999	107,042	41,566	1107,465
4	3,464	8,932	11,999	79,777	41,566	712,553
5	3,464	0,000	11,999	0,000	41,566	0,000
Jumlah	38,104	85,235	131,992	824,731	457,221	8184,756
I	$\Sigma (Ya + Yb)$	=	123,339	m		
II	$\Sigma (Ya^2 - Yb^2)$	=	-692,739	m <sup>2</sup>		
III	$\Sigma (Ya^3 + Yb^3)$	=	8641,977	m <sup>3</sup>		
IV	$e = 1/2 \cdot (II)/(I)$	=	-2,808	m	$e/2 =$	-1,404 m
V	$Io = 1/3 dL (III)$	=	36714,28698	m <sup>4</sup>		
VI	$df = dL \cdot (I) \cdot (IV)^2$	=	12397,180	m <sup>4</sup>		
VII	$If = (V) - (VI)$	=	24317,107	m <sup>4</sup>		
VIII	$MB\theta (r\theta) = VII/Volume$	=	1,321	m		

SARAT AIR	=	8,960	m			
VOLUME	=	18414	m <sup>3</sup>	Kondisi : Penuh		
dL=Lbp/n	=	12,745	m			
<b>Nomor</b>	<b>SUDUT 70°</b>					
<b>Ordinat</b>	<b>Ya</b>	<b>Yb</b>	<b>Ya<sup>2</sup></b>	<b>Yb<sup>2</sup></b>	<b>Ya<sup>3</sup></b>	<b>Yb<sup>3</sup></b>
-5	3,193	0,514	10,192	0,264	32,538	0,135
-4	3,193	4,856	10,192	23,583	32,538	114,522
-3	3,193	9,112	10,192	83,034	32,538	756,631
-2	3,193	9,535	10,192	90,916	32,538	866,886
-1	3,193	9,535	10,192	90,916	32,538	866,886
0	3,193	9,535	10,192	90,916	32,538	866,886
1	3,193	9,535	10,192	90,916	32,538	866,886
2	3,193	9,535	10,192	90,916	32,538	866,886
3	3,193	9,535	10,192	90,916	32,538	866,886
4	3,193	9,065	10,192	82,165	32,538	744,786
5	3,193	0,000	10,192	0,000	32,538	0,000
Jumlah	35,118	80,757	112,113	734,543	357,920	6817,392
I	$\Sigma (Ya + Yb)$	=	115,874	m		
II	$\Sigma (Ya^2 - Yb^2)$	=	-622,430	m <sup>2</sup>		
III	$\Sigma (Ya^3 + Yb^3)$	=	7175,311	m <sup>3</sup>		
IV	$e = 1/2 \cdot (II)/(I)$	=	-2,686	m	$e/2 =$	-1,343 m
V	$Io = 1/3 dL (III)$	=	30483,35363	m <sup>4</sup>		
VI	$df = dL \cdot (I) \cdot (IV)^2$	=	10653,159	m <sup>4</sup>		
VII	$If = (V) - (VI)$	=	19830,194	m <sup>4</sup>		
VIII	$MB\theta (r\theta) = VII/Volume$	=	1,077	m		

SARAT AIR	=	8,960	m			
VOLUME	=	18414	m <sup>3</sup>	Kondisi : Penuh		
dL=Lbp/n	=	12,745	m			
<b>Nomor</b>	<b>SUDUT 80°</b>					
<b>Ordinat</b>	<b>Ya</b>	<b>Yb</b>	<b>Ya<sup>2</sup></b>	<b>Yb<sup>2</sup></b>	<b>Ya<sup>3</sup></b>	<b>Yb<sup>3</sup></b>
-5	3,064	0,430	9,390	0,185	28,774	0,079
-4	3,064	5,530	9,390	30,576	28,774	169,076
-3	3,064	9,098	9,390	82,777	28,774	753,124
-2	3,064	9,098	9,390	82,777	28,774	753,124
-1	3,064	9,098	9,390	82,777	28,774	753,124
0	3,064	9,098	9,390	82,777	28,774	753,124
1	3,064	9,098	9,390	82,777	28,774	753,124
2	3,064	9,098	9,390	82,777	28,774	753,124
3	3,064	9,098	9,390	82,777	28,774	753,124
4	3,064	9,098	9,390	82,777	28,774	753,124
5	3,064	0,000	9,390	0,000	28,774	0,000
Jumlah	33,707	78,745	103,289	692,979	316,509	6194,146
I	$\Sigma (Ya + Yb)$	=	112,452	m		
II	$\Sigma (Ya^2 - Yb^2)$	=	-589,690	m <sup>2</sup>		
III	$\Sigma (Ya^3 + Yb^3)$	=	6510,656	m <sup>3</sup>		
IV	$e = 1/2 \cdot (II)/(I)$	=	-2,622	m	$e/2 =$	-1,311 m
V	$Io = 1/3 dL (III)$	=	27659,65256	m <sup>4</sup>		
VI	$df = dL \cdot (I) \cdot (IV)^2$	=	9852,864	m <sup>4</sup>		
VII	$If = (V) - (VI)$	=	17806,788	m <sup>4</sup>		
VIII	$MB\theta (r\theta) = VII/Volume$	=	0,967	m		

SARAT AIR	=	8,960	m			
VOLUME	=	18414	m <sup>3</sup>	Kondisi : Penuh		
dL=Lbp/n	=	12,745	m			
<b>Nomor</b>	<b>SUDUT 90°</b>					
<b>Ordinat</b>	<b>Ya</b>	<b>Yb</b>	<b>Ya<sup>2</sup></b>	<b>Yb<sup>2</sup></b>	<b>Ya<sup>3</sup></b>	<b>Yb<sup>3</sup></b>
-5	3,000	0,347	9,000	0,120	27,000	0,042
-4	3,000	3,580	9,000	12,816	27,000	45,883
-3	3,000	7,260	9,000	52,708	27,000	382,657
-2	3,000	8,960	9,000	80,282	27,000	719,323
-1	3,000	8,960	9,000	80,282	27,000	719,323
0	3,000	8,960	9,000	80,282	27,000	719,323
1	3,000	8,960	9,000	80,282	27,000	719,323
2	3,000	8,960	9,000	80,282	27,000	719,323
3	3,000	8,960	9,000	80,282	27,000	719,323
4	3,000	8,960	9,000	80,282	27,000	719,323
5	3,000	0,000	9,000	0,000	27,000	0,000
Jumlah	33,000	73,907	99,000	627,615	297,000	5463,844
I	$\Sigma (Ya + Yb)$	=	106,907	m		
II	$\Sigma (Ya^2 - Yb^2)$	=	-528,615	m <sup>2</sup>		
III	$\Sigma (Ya^3 + Yb^3)$	=	5760,844	m <sup>3</sup>		
IV	$e = 1/2 \cdot (II)/(I)$	=	-2,472	m	$e/2 =$	-1,236 m
V	$Io = 1/3 dL (III)$	=	24474,17571	m <sup>4</sup>		
VI	$df = dL \cdot (I) \cdot (IV)^2$	=	8328,325	m <sup>4</sup>		
VII	$If = (V) - (VI)$	=	16145,851	m <sup>4</sup>		
VIII	$MB\theta (r\theta) = VII/Volume$	=	0,877	m		

Dari hasil perhitungan tiap kondisi dalam sudut keolengan kapal 10° sampai 90° dengan selanjutnya akan dilakukan perhitungan lengan stabilitas untuk mencari LC, berikut ini tabel perhitungannya:

**Tabel 4.158** Perhitungan lengan stabilitas kondisi kapal kosong

Kondisi = Kosong

Volume = 2819,005 m<sup>3</sup>

Sarat air = 1,371 m

$d\theta/2 = (\text{Interval sudut} \times \pi)/360$

$= (10^\circ \times \pi)/360$

$= 0,0873$

								Koordinat Titik Bouyancy					Koordinat Titik Metacentre	
$\theta$	MB $\theta$	Cos $\theta$	Sin $\theta$	MB $\theta$ .Cos $\theta$	$\int$ MB $\theta$ .Cos $\theta$	MB $\theta$ .Sin $\theta$	$\int$ MB $\theta$ .Sin $\theta$	Y $\theta$	Z $\theta$ - Zc	Y $\theta$ .Cos $\theta$	(Z $\theta$ -Zc)Sin $\theta$	LC	Ym	Zm - ZC
1	2	3	4	5=2x3	6	7=2x4	8	9=(d $\theta$ /2)x6	10=(d $\theta$ /2)x8	11=9x3	12=10x4	13=11+12	14=9x7	15=10x5
0	19,184	1,000	0,000	19,184	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
10	13,812	0,985	0,174	13,602	32,786	2,398	2,398	2,861	0,209	2,818	0,036	2,854	6,862	2,847
20	7,575	0,940	0,342	7,118	53,507	2,591	7,388	4,669	0,645	4,388	0,221	4,608	12,098	4,589
30	5,105	0,866	0,500	4,421	65,046	2,552	12,531	5,676	1,094	4,916	0,547	5,463	14,488	4,834
40	4,937	0,766	0,643	3,782	73,249	3,174	18,257	6,392	1,593	4,897	1,024	5,921	20,286	6,026
50	6,021	0,643	0,766	3,870	80,902	4,613	26,043	7,060	2,273	4,538	1,741	6,279	32,565	8,796
60	7,267	0,500	0,866	3,634	88,406	6,294	36,949	7,715	3,224	3,857	2,792	6,650	48,555	11,717
70	6,610	0,342	0,940	2,261	94,300	6,211	49,455	8,229	4,316	2,815	4,055	6,870	51,115	9,757
80	5,723	0,174	0,985	0,994	97,555	5,636	61,302	8,513	5,350	1,478	5,268	6,747	47,983	5,317
90	5,807	0,000	1,000	0,000	96,561	5,807	72,745	8,427	6,348	0,000	6,348	6,348	48,929	0,000

**Tabel 4.159** Perhitungan lengan stabilitas kondisi kapal 50%

Kondisi = 50%

Volume = 10623,883 m<sup>3</sup>

Sarat air = 5,166 m

$d\theta/2 = (\text{Interval sudut} \times \pi)/360$

$= (10^\circ \times \pi)/360$

$= 0,0873$

								Koordinat Titik Bouyancy					Koordinat Titik Metacentre	
$\theta$	MB $\theta$	Cos $\theta$	Sin $\theta$	MB $\theta$ .Cos $\theta$	$\int$ MB $\theta$ .Cos $\theta$	MB $\theta$ .Sin $\theta$	$\int$ MB $\theta$ .Sin $\theta$	Y $\theta$	Z $\theta$ - Zc	Y $\theta$ .Cos $\theta$	(Z $\theta$ -Zc)Sin $\theta$	LC	Ym	Zm - ZC
1	2	3	4	5=2x3	6	7=2x4	8	9=(d $\theta/2$ )x6	10=(d $\theta/2$ )x8	11=9x3	12=10x4	13=11+12	14=9x7	15=10x5
0	6,004	1,000	0,000	6,004	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
10	6,273	0,985	0,174	6,178	12,182	1,089	1,089	1,063	0,095	1,047	0,017	1,067	1,158	0,587
20	7,107	0,940	0,342	6,678	25,037	2,431	4,609	2,185	0,402	2,053	0,138	2,159	5,311	2,686
30	7,515	0,866	0,500	6,509	38,224	3,758	10,797	3,336	0,942	2,889	0,471	3,173	12,534	6,133
40	5,401	0,766	0,643	4,137	48,869	3,472	18,027	4,265	1,573	3,267	1,011	4,093	14,805	6,508
50	3,316	0,643	0,766	2,132	55,138	2,540	24,039	4,812	2,098	3,093	1,607	4,615	12,223	4,472
60	2,355	0,500	0,866	1,177	58,447	2,039	28,618	5,100	2,497	2,550	2,163	4,728	10,402	2,941
70	1,861	0,342	0,940	0,636	60,261	1,748	32,406	5,259	2,828	1,799	2,657	4,470	9,194	1,800
80	1,616	0,174	0,985	0,281	61,178	1,591	35,745	5,339	3,119	0,927	3,072	3,901	8,495	0,875
90	1,548	0,000	1,000	0,000	60,897	1,548	35,702	5,314	3,116	0,000	3,116	3,225	8,224	0,000



**Tabel 4.160** Perhitungan lengan stabilitas kondisi kapal 75%

Kondisi = 75%

Volume = 14526,322 m<sup>3</sup>

Sarat air = 7,064 m

$d\theta/2 = (\text{Interval sudut} \times \pi)/360$

$= (10^\circ \times \pi)/360$

$= 0,0873$

$\theta$	MB $\theta$	Cos $\theta$	Sin $\theta$	MB $\theta$ .Cos $\theta$	MB $\theta$ .Sin $\theta$	MB $\theta$ .Cos $\theta$	MB $\theta$ .Sin $\theta$	Koordinat Titik Bouyancy		Koordinat Titik Metacentre					
								Y $\theta$	Z $\theta$ - Zc	Y $\theta$ .Cos $\theta$	(Z $\theta$ -Zc)Sin $\theta$	LC	Ym	Zm - ZC	
1	2	3	4	5=2x3	6	7=2x4	8	9=(d $\theta$ /2)x6	10=(d $\theta$ /2)x8	11=9x3	12=10x4	13=11+12	14=9x7	15=10x5	
0	4,613	1,000	0,000	4,613	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
10	4,832	0,985	0,174	4,758	9,372	0,839	0,839	0,818	0,073	0,805	0,013	0,818	0,686	0,348	
20	5,537	0,940	0,342	5,203	19,333	1,894	3,572	1,687	0,312	1,585	0,107	1,592	3,195	1,622	
30	5,674	0,866	0,500	4,914	29,449	2,837	8,302	2,570	0,725	2,226	0,362	2,388	7,291	3,560	
40	3,650	0,766	0,643	2,796	37,159	2,346	13,485	3,243	1,177	2,484	0,756	3,041	7,608	3,290	
50	2,392	0,643	0,766	1,538	41,493	1,833	17,664	3,621	1,541	2,327	1,181	3,408	6,635	2,370	
60	1,720	0,500	0,866	0,860	43,891	1,490	20,987	3,830	1,831	1,915	1,586	3,501	5,707	1,575	
70	1,376	0,342	0,940	0,471	45,222	1,293	23,770	3,946	2,074	1,350	1,949	3,299	5,104	0,976	
80	1,259	0,174	0,985	0,219	45,911	1,240	26,303	4,006	2,295	0,696	2,260	2,856	4,967	0,502	
90	1,241	0,000	1,000	0,000	45,692	1,241	26,304	3,987	2,295	0,000	2,295	2,295	4,949	0,000	

**Tabel 4.161** Perhitungan lengan stabilitas kondisi kapal 100%

Kondisi = 100%

Volume = 18414,000 m<sup>3</sup>

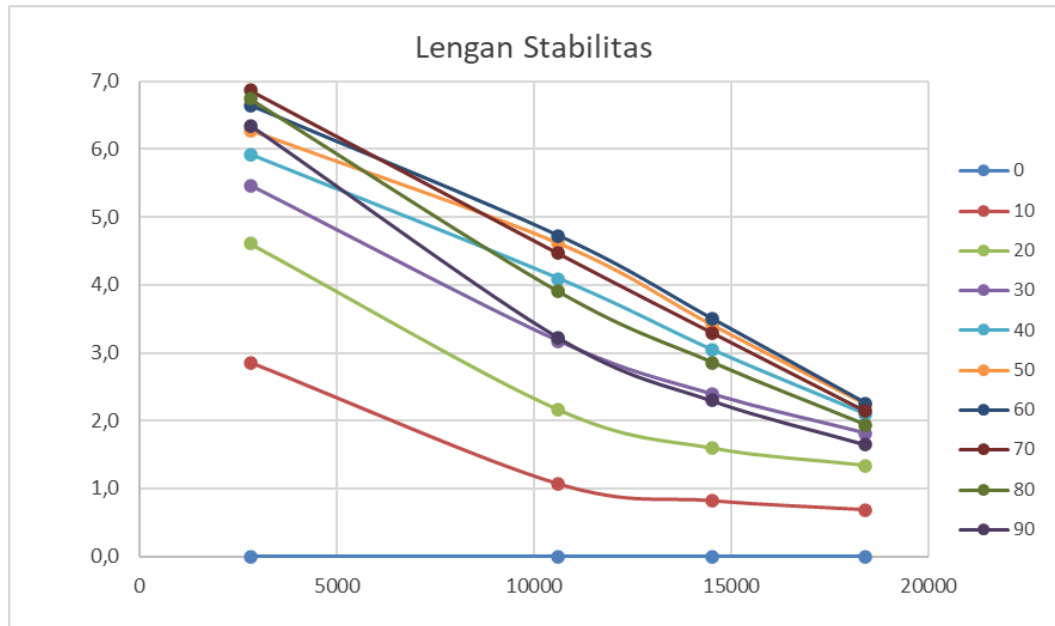
Sarat air = 8,960 m

$d\theta/2 = (\text{Interval sudut} \times \pi)/360$

$= (10^\circ \times \pi)/360$

$= 0,0873$

								Koordinat Titik Bouyancy					Koordinat Titik Metacentre	
$\theta$	MB $\theta$	Cos $\theta$	Sin $\theta$	MB $\theta$ .Cos $\theta$	$\int$ MB $\theta$ .Cos $\theta$	MB $\theta$ .Sin $\theta$	$\int$ MB $\theta$ .Sin $\theta$	Y $\theta$	Z $\theta$ - Zc	Y $\theta$ .Cos $\theta$	(Z $\theta$ -Zc)Sin $\theta$	LC	Ym	Zm - ZC
1	2	3	4	5=2x3	6	7=2x4	8	9=(d $\theta/2$ )x6	10=(d $\theta/2$ )x8	11=9x3	12=10x4	13=11+12	14=9x7	15=10x5
0	3,824	1,000	0,000	3,824	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
10	4,098	0,985	0,174	4,035	7,859	0,712	0,712	0,686	0,062	0,675	0,011	0,686	0,488	0,251
20	3,665	0,940	0,342	3,444	15,338	1,253	2,676	1,338	0,234	1,258	0,080	1,338	1,678	0,804
30	2,528	0,866	0,500	2,189	20,971	1,264	5,194	1,830	0,453	1,585	0,227	1,811	2,313	0,992
40	2,086	0,766	0,643	1,598	24,758	1,341	7,798	2,161	0,681	1,655	0,437	2,093	2,897	1,087
50	1,738	0,643	0,766	1,117	27,473	1,332	10,471	2,397	0,914	1,541	0,700	2,241	3,193	1,021
60	1,321	0,500	0,866	0,660	29,251	1,144	12,946	2,553	1,130	1,276	0,978	2,255	2,919	0,746
70	1,077	0,342	0,940	0,368	30,279	1,012	15,102	2,642	1,318	0,904	1,238	2,142	2,674	0,485
80	0,967	0,174	0,985	0,168	30,816	0,952	17,066	2,689	1,489	0,467	1,467	1,934	2,561	0,250
90	0,877	0,000	1,000	0,000	30,984	0,877	18,895	2,704	1,649	0,000	1,649	1,649	2,371	0,000



Gambar 4.80 Kurva silang kapal rancangan

#### 4.2.9.3 Perhitungan Berat dan Titik Berat

Perhitungan berat dan titik berat meliputi:

1. Berat dan titik berat baja kapal kosong (*Steel Construction*)

- *Hull Construction*

$$W = 1540,035 \text{ ton}$$

Berdasarkan referensi buku "Parametric design Chapter 11" karya Michael G.

Parsons untuk mencari KG dan LCG *hull construction* adalah sebagai berikut :

$$KG_{\text{hull}} = 0,01 H (46,6 + 0,0135(0,81 - C_b)(L_{pp}/T)^2) \text{ untuk } L > 120 \text{ m}$$

Dimana:

$$H = 11,96 \text{ m}$$

$$C_b = 0,796$$

$$L_{pp} = 127,451$$

$$T = 8,96 \text{ m}$$

Maka:

$$\begin{aligned} KG_{\text{hull}} &= 0,01 (11,96) (46,6 + 0,0135(0,81 - 0,796)(127,451/8,96)^2) \\ &= 5,599 \end{aligned}$$

$$LCG_{\text{hull}} = -0,15 + LCB$$

Dimana:

$$LCB = 0,393$$

Maka:

$$\begin{aligned} LCG_{\text{hull}} &= -0,15 + 0,393 \\ &= 0,243 \end{aligned}$$

- *Main deck Construction*

Untuk menghitung berat main deck, maka tinggi dari main deck dibagi menjadi tiga bagian dan panjang main deck dibagi delapan, perhitungan luas masing-masing bagian disajikan dalam bentuk tabel sebagai berikut:

**Tabel 4.162** Perhitungan luas main deck

No	B/2	FS	B/2.FS
1	4,000	1	4,00
2	5,856	4	23,42
3	6,947	2	13,89
4	7,948	4	31,79
5	8,608	2	17,22
6	9,012	4	36,05
7	9,336	2	18,67
8	9,644	4	38,58
9	9,963	1	9,96
S1 =			193,582

$$\begin{aligned} \text{Panjang} &= 28,60 \text{ m} \\ \text{DL} &= 3,575 \text{ m} \\ \text{Luas} &= \frac{2}{3} \times \text{DL} \times 193,582 \\ &= 461,319 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

No	B/2	FS	B/2.FS
1	6,000	1	6
2	6,083	4	24,332
3	7,544	2	15,0872
4	8,351	4	33,4028
5	8,798	2	17,595
6	9,098	4	36,39
7	9,421	2	18,842
8	9,736	4	38,9424
9	10,003	1	10,003
S2 =			200,5944

$$\begin{aligned} \text{Panjang} &= 28,60 \text{ m} \\ \text{DL} &= 3,575 \text{ m} \\ \text{Luas} &= \frac{2}{3} \times \text{DL} \times 200,594 \\ &= 478,083 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

No	B/2	FS	B/2.FS
1	6,000	1	6
2	6,379	4	25,5176
3	7,851	2	15,7014
4	8,569	4	34,274
5	8,996	2	17,9912
6	9,303	4	37,2124
7	9,571	2	19,1424
8	9,854	4	39,416
9	10,135	1	10,135
S3 =			205,4

$$\begin{aligned} \text{Panjang} &= 28,60 \text{ m} \\ \text{DL} &= 3,575 \text{ m} \\ \text{Luas} &= 2/3 \times \text{DL} \times 205,39 \\ &= 489,513 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Bagian	Luas (A)	FS	A.FS
Bawah	461,3188	1	461,3188
Tengah	478,0833	4	1912,3333
Atas	489,5128	1	489,5128
S1 =			2863,1649

$$\begin{aligned} \text{Tinggi} &= 2,4 \text{ m} \\ \text{DT} &= 1,2 \text{ m} \\ \text{Volume} &= 1/3 \times \text{DT} \times 2863,16 \\ &= 1145,27 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

- Berat main deck :

$$\begin{aligned} W_v &= 0,1292 \times \text{Volume} \\ &= 0,1292 \times 1145,26597 \\ &= 147,9683633 \text{ ton} \end{aligned}$$

- Titik berat main deck :

$$\begin{aligned} L_{\text{poop}} &= 28,60 \text{ m} \\ Q_d &= 4 \times Q_b \\ W_v &= (Q_d + Q_b) \times L_{\text{poop}} / 2 \\ &= (5 Q_b) \times 11,91 / 2 \times 28,60 / 2 \end{aligned}$$

Dimana:

$$\begin{aligned} Q_b &= 2 W_v / (5 L_{\text{poop}}) \\ &= 2,069 \text{ ton / m} \end{aligned}$$

- Luas dan titik berat segiempat :

$$\begin{aligned} A_1 &= L_{\text{poop}} \times Q_b \\ &= 28,6 \times 2,069 \text{ ton / m} \\ &= 59,18734533 \text{ m}^2 \\ G_1 &= L_{\text{poop}} / 2 \\ &= 14,3 \text{ m} \end{aligned}$$

- Luas dan titik berat segitiga :

$$\begin{aligned} A2 &= (L_{\text{poop}} / 2) \times 3 \times Q_b \\ &= 88,78101799 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} G2 &= L_{\text{poop}} / 3 \\ &= 28,6 / 3 \\ &= 9,533 \text{ m} \end{aligned}$$

- Titik berat trapesium :

$$\begin{aligned} G &= ((A1 \times G1) + (A2 \times G2)) / (A1 + A2) \\ &= 11,44 \text{ m} \end{aligned}$$

- Jarak titik berat ke midship :

$$\begin{aligned} LCG &= -((L_{\text{pp}}/2) + 4,5) + (L_{\text{poop}} - G) \\ &= -51,0655 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} KG &= 1/2 \times t + H \\ &= 1/2 \times 2,4 + 11,96 \\ &= 13,16 \text{ m} \end{aligned}$$

- *Forcastle deck Construction*

Untuk menghitung berat forcastle deck, maka tinggi dari forcastle deck dibagi menjadi tiga bagian dan panjang forcastle deck dibagi delapan, perhitungan luas masing-masing bagian disajikan dalam bentuk tabel sebagai berikut:

**Tabel 4.163** Perhitungan luas forcastle deck

No	B/2	FS	B/2.FS
1	7,115	1	6,394
2	6,394	4	22,229
3	5,557	2	9,506
4	4,753	4	15,6
5	3,900	2	5,9492
6	2,975	4	7,24
7	1,810	2	3,62
8	0,326	4	1,3052
9	0	1	0
S <sub>1</sub> =			71,843

$$\text{Panjang} : 11,93 \text{ m}$$

$$DL = 1,4912 \text{ m}$$

$$\text{Luas} = 2/3 \times DL \times S_1$$

$$= 71,422 \text{ m}^2$$

No	B/2	FS	B/2.FS
1	7,564	1	7,5642
2	6,762	4	27,048
3	5,960	2	11,92
4	5,154	4	20,614
5	4,302	2	8,604
6	3,326	4	13,304
7	2,267	2	4,534
8	0,892	4	3,5684
9	0,000	1	0
S <sub>1</sub> =			97,157

Panjang : 11,93 m

DL = 1,4912 m

$$\begin{aligned} \text{Luas} &= \frac{2}{3} \times \text{DL} \times S_1 \\ &= 96,587 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

No	B/2	FS	B/2.FS
1	8,19	1	8,19
2	7,23	4	28,92
3	6,35	2	12,71
4	5,6212	4	22,485
5	4,83	2	9,66
6	3,939	4	15,756
7	2,892	2	5,784
8	1,5963	4	6,3852
9	0	1	0
S <sub>1</sub> =			109,89

Panjang = 11,93 m

DL = 1,49 m

$$\begin{aligned} \text{Luas} &= \frac{2}{3} \times \text{DL} \times S_1 \\ &= 109,2 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Bagian	Luas (A)	FS	A.FS
Bawah	71,4217	1	71,422
Tengah	96,5874	4	386,35
Atas	109,245	1	109,24
S <sub>1</sub> =			567,02

Tinggi = 2,40 m

DT = 1,2 m

$$\begin{aligned} \text{Volume} &= \frac{2}{3} \times \text{DT} \times 567,0162739 \\ &= 454 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

226,8

- Berat forecastle deck :

$$W = 0,0892 \times \text{Volume}$$

$$= 0,0892 \times 227$$

$$= 20,23 \text{ ton}$$

- Titik berat forecastle deck :

$$LCG = (L_{pp}/2 + l_s) - (2/3 + l_f)$$

Dimana :

$$\begin{aligned} L_s &= \text{panjang FP sampai sekat tubrukan} \\ &= 8,65 \text{ m (TR III Profile Construction)} \end{aligned}$$

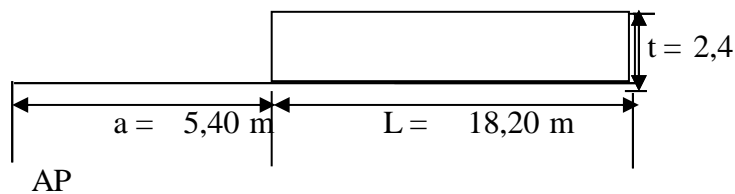
$$l_f = 11,93 \text{ m}$$

Maka:

$$\begin{aligned} LCG &= (127,451 / 2 + 8,65) - (2/3 + 11,93) \\ &= 64,4 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} KG &= 1/2 \times t + H \\ &= 1/2 \times 2,40 + 12,0 \\ &= 13,160 \text{ m} \end{aligned}$$

- *Poop deck Construction*



- Lebar Deck (b) = 14,80 m
- Distribusi berbentuk segi tiga:

$$\begin{aligned} V &= L \times t \times b \\ &= 646,464 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} W &= 0.1185 \times V \\ &= 76,606 \text{ ton} \end{aligned}$$

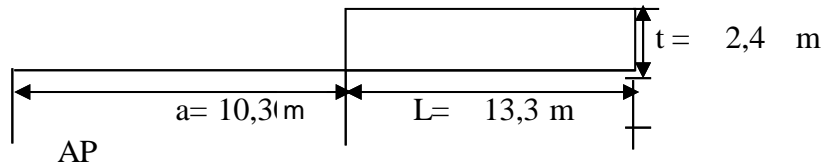
- Titik Berat Poop deck:

$$\begin{aligned} LCG &= a + 1/2 \cdot L \\ &= -49,225 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} KG &= H + t + t/2 \\ &= 15,56 \text{ m} \end{aligned}$$



- *Boat deck construction*



- Lebar Deck (b) = 14,80 m

- Distribusi berbentuk segi tiga:

$$\begin{aligned} V &= L \times t \times b \\ &= 472,416 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

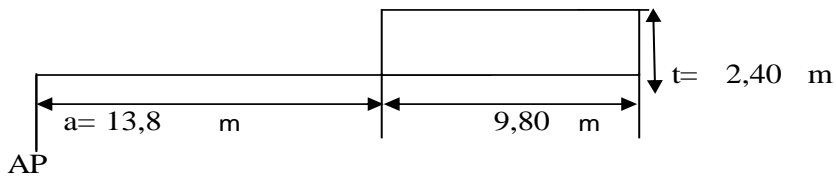
$$\begin{aligned} W &= 0.1185 \times V \\ &= 55,981 \text{ ton} \end{aligned}$$

- Titik Berat Boat deck:

$$\begin{aligned} LCG &= a + 1/2 \cdot L \\ &= -46,775 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} KG &= H + t + t/2 \\ &= 17,96 \text{ m} \end{aligned}$$

- *Bridge deck construction*



- Lebar Deck (b) = 14,80 m

- Distribusi berbentuk segi tiga:

$$\begin{aligned} V &= L \times t \times b \\ &= 348,096 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

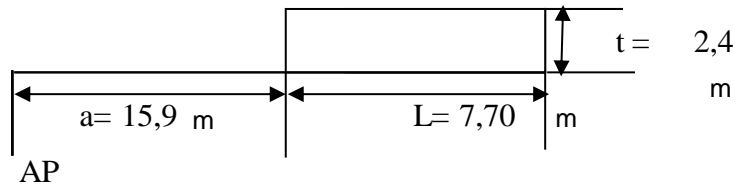
$$\begin{aligned} W &= 0.1185 \times V \\ &= 41,249 \text{ ton} \end{aligned}$$

- Titik Berat Brigde deck:

$$\begin{aligned} LCG &= a + 1/2 \cdot L \\ &= -45,025 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} KG &= H + t + t/2 \\ &= 20,36 \text{ m} \end{aligned}$$

- Navigation deck construction



- Lebar Deck (b) = 14,80 m
- Distribusi berbentuk segi tiga:

$$V = L \times t \times b$$

$$= 348,096 \text{ m}^3$$

$$W = 0.1185 \times V$$

$$= 41,249 \text{ ton}$$

- Titik Berat Navigation deck:

$$LCG = a + l/2 - Lpp/2$$

$$= -45,025 \text{ m}$$

$$KG = H + t + t/2$$

$$= 20,36 \text{ m}$$

Berikut merupakan hasil perhitungan berat dan titik berat *Steel Construction*:

**Tabel 4.164** Perhitungan berat dan titik berat *steel construction*

no	Keterangan			Berat (ton)	KG (m)	MKG	LCG (m)	MLCG
	A			B	C	D = B x C	E	F = B x E
1	Hull Construction			1540,035	5,599	8622,658	5,192	7995,864
2	Main Deck			147,968	13,160	1947,264	-51,066	-7556,078
3	Poop Deck			76,606	15,560	1191,989	-49,226	-3770,968
4	Boat Deck			55,981	17,960	1005,424	-46,776	-2618,553
5	Bridge Deck			41,249	20,360	839,837	-45,026	-1857,274
6	Navigation Deck			28,030	22,760	637,973	-43,976	-1232,654
7	Forcastle Deck			20,231	13,160	266,242	64,423	1303,360
		S1	S1	1910,102	S2	14511,387	S3	-7736,304

- Titik berat *Steel construction*:

$$KG = S2 / S1$$

$$= 14511,387 / 1910,102$$

$$= 7,76$$

$$LCG = S3 / S1$$

$$= -77736,304 / 1910,102$$

$$= -4,050$$

## 2. Berat dan titik berat instalasi permesinan

no	Keterangan			Berat (ton)	KG (m)	MKG	LCG (m)	MLCG
	A			B	C	D = B x C	E	F = B x E
1	Main Engine			52,000	4,642	241,384	-47,530	-2471,560
2	Auxelary Engine			6,400	10,613	67,921	-54,743	-350,355
3	Auxelary Engine			6,400	10,613	67,921	-54,743	-350,355
4	Gearbox			21,000	4,196	88,116	-51,220	-1075,620
5	Propeller			11,480	3,584	41,148	-59,999	-688,789
6	Shaft Propeller			6,210	3,584	22,257	-56,308	-349,673
7	Instalasi mesin lainnya			31,500	10,960	345,240	-47,312	-1490,328
			S1	134,990	S2	873,986	S3	-6776,680

**Tabel 4.165** Perhitungan berat dan titik berat instalasi permesinan

- Titik berat instalasi permesinan:

$$\begin{aligned} KG &= S2 / S1 \\ &= 873,986 / 134,99 \\ &= 6,474 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} LCG &= S3 / S1 \\ &= -6776,680 / 134,99 \\ &= -50,201 \end{aligned}$$

## 3. Berat dan titik berat *outfitting and accomodation*

Berdasarkan referensi buku "Parametric design Chapter 11" karya Michael G. Parsons untuk mencari KG dan LCG *outfitting and accomodation* adalah sebagai berikut :

**Tabel 4.166** Perhitungan berat dan titik berat *outfitting and accomodation*

no	Keterangan			Berat (ton)	KG (m)	MKG	LCG (m)	MLCG
	A			B	C	D = B x C	E	F = B x E
1	25% Wo			196,933	13,235	2606,305	-50,201	-9886,276
2	37,5% Wo			295,399	13,235	3909,458	-42,512	-12557,908
3	37,5% Wo			295,399	13,235	3909,458	0,000	0,000
			S1	787,730	S2	10425,221	S3	-22444,184

Maka berat dan titik berat kapal kosong adalah sebagai berikut:

**Tabel 4.167** Perhitungan berat dan titik berat kapal kosong

no	item	Berat (ton)	KG (m)	MKG	LCG (m)	MLCG
	A	B	C	D = B x C	E	F = B x E
1	Steel Construction	1910,102	7,597	14511,387	-8,040	-15357,939
2	Outfitting	787,730	13,235	10425,221	-28,492	-22444,184
3	Instalasi Mesin	134,990	5,218	704,339	-50,201	-6776,680
3	LWT add	56,650	9,051	512,756	-13,040	-738,716
	$\Sigma 1 =$	2889,478	$\Sigma 2 =$	26153,703	$\Sigma 3 =$	-45317,5186

- Titik berat kapal kosong:

$$\begin{aligned}
 KG &= S2 / S1 \\
 &= 26153,703 / 2889,478 \\
 &= 9,051 \\
 LCG &= S3 / S1 \\
 &= -45317,5186 / 134,99 \\
 &= -13,05
 \end{aligned}$$

#### 4.2.9.4 Kurva Stabilitas

1. Kondisi I kapal kosong tanpa muatan

<b>KONDISI KAPAL : I</b>	
<b>KONDISI MUATAN DAN TANGKI-TANGKI</b>	
<b>LOAD</b>	: 0 %
<b>FUEL OIL</b>	: 0 %
<b>LUB. OIL</b>	: 0 %
<b>DIESEL OIL</b>	: 0 %
<b>AP DAN FP</b>	: 0 %
<b>FRESH WATER</b>	: 0 %
<b>BALLAST WATER</b>	: 0 %

Bagian	Berat (ton)	LCG (m)	Momen (ton.m)	KG (m)	Momen (ton.m)
Kapal Kosong	2889,48	-13,05	-37707,69	9,050	26149,776
Hatch Cover I	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Hatch Cover II	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Hatch Cover III	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Hatch Cover IV	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Hatch Cover V	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Hatch Cover IX	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
T. Fuel Oil	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
T. Diesel Oil	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
T. Lub. Oil	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
T. Air Tawar	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
T. Ballast I	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
T. Ballast II	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
T. Ballast III	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
T. Ballast VI	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
T. Ballast VII	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
T. Ballast VIII	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
T. After Peak	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
T. Fore Peak	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	S1 = 2889,48		S2 = -37707,69		S3 = 26149,78

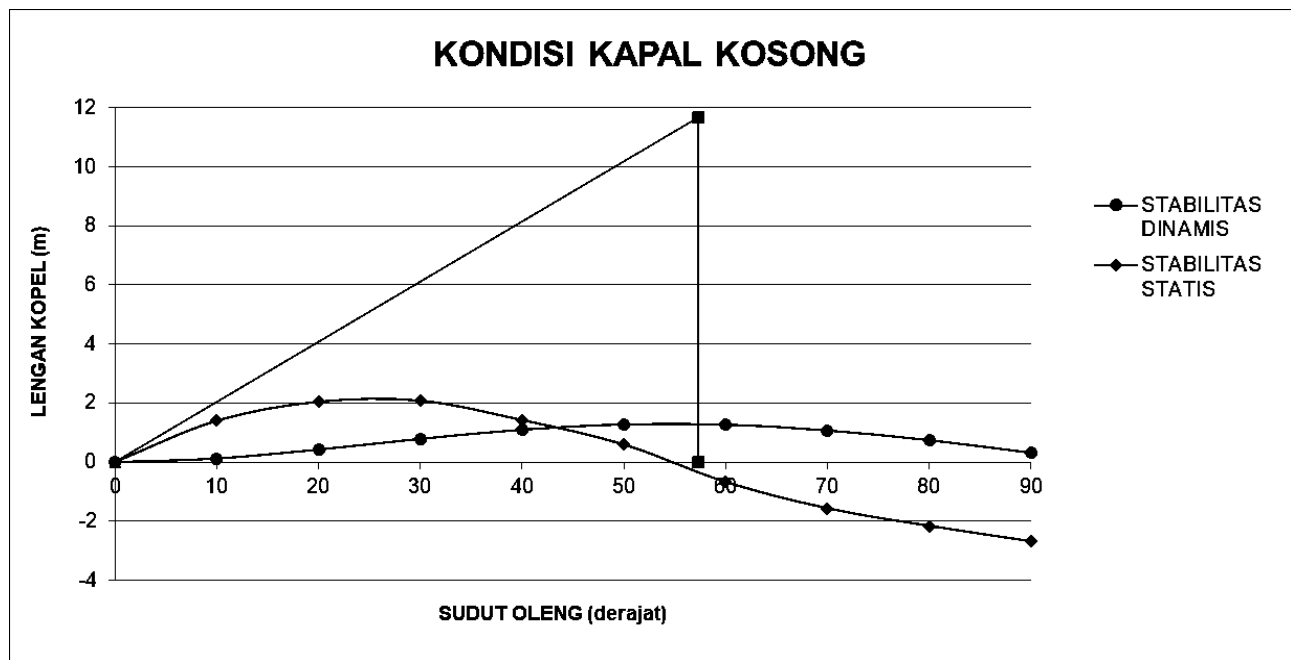
Lpp	=	127,451 m.	B =	20,270 m.	FG = S2 / S1
Displacement	=	2889,478 ton.	DT =	-4,381 m.	Ta = Tr + DTa
LCG	=	-13,050 m.	Dta =	2,013 m.	Tf = Tr - DTf
Tr	=	-18,714 m.	Ta =	-16,702 m.	DTa = (Lpp/2 - FF)(DT/Lpp)
LCF	=	5,179 m.	DTf =	2,369 m.	DTf = (Lpp/2+ FF)(DT/Lpp)
LCB	=	5,664 m.	Tf =	-21,083 m.	$\Delta T = ((\Phi G - \Phi B) * Disp) / MTC \times 100$
MTC	=	123,419 ton.m.	T =	-18,892 m.	T = (Ta + Tf) / 2

Displacement = 2889,478 ton.  
Momen = S3 26149,78 ton.m.

Ta = -16,702 m. KG = S3 / Displ 9,05 m.  
Tf = -21,083 m. a = KG - KB 8,331 m.  
Tr = -18,714 m. MG = KM - KG 11,6852 m.  
TKM = 20,7352 m.  
KB = 0,719 m.

PERHITUNGAN LINGKUNG STABILITAS											
I		0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
II	sin j	0	0,174	0,342	0,500	0,643	0,766	0,866	0,940	0,985	1,000
III	Lc	0	2,854	4,908	6,263	6,792	6,991	6,550	6,270	6,047	5,648
IV	a sin j	0	1,447	2,849	4,166	5,355	6,382	7,215	7,829	8,204	8,331
V	h = III - IV	0	1,407	2,059	2,097	1,437	0,609	-0,665	-1,559	-2,158	-2,683
VI	Integral V	0	1,407	4,874	9,030	12,564	14,610	14,553	12,330	8,614	3,773
VII	d=(dj/2)VI	0	0,123	0,425	0,788	1,096	1,275	1,270	1,076	0,752	0,329

Derajat	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
Stabilitas Statis	0	1,405	2,054	2,09014	1,428	0,598	-0,67709	-1,572	-2,172	-2,697
Stabilitas Dinamis	0	0,123	0,424	0,78612	1,0931	1,270	1,26304	1,0668	0,740	0,3153
rad	57,300	57,300								
MG'	11,685	0								



**Gambar 4.81** Kurva stabilitas kapal kosong

2. Kondisi II kapal 50%

<b>KONDISI KAPAL : II</b>	
<b>KONDISI MUATAN DAN TANGKI-TANGKI</b>	
<b>LOAD</b>	<b>: 50 %</b>
<b>FUEL OIL</b>	<b>: 50 %</b>
<b>LUB. OIL</b>	<b>: 50 %</b>
<b>PROVISION</b>	<b>: 50 %</b>
<b>AP DAN FP</b>	<b>: 50 %</b>
<b>FRESH WATER</b>	<b>: 50 %</b>
<b>BALLAST WATER</b>	<b>: 50 %</b>

Bagian	Berat (ton)	LCG (m)	Momen (ton.m)	KG (m)	Momen (ton.m)
Kapal Kosong	2889,48	-13,05	-37077,78	9,05	25756,81
Oil Tank I	1503,08	54,29	81595,79	6,72	10103,68
Oil Tank II	1624,41	32,49	52770,54	6,63	10769,54
Oil Tank III	1623,94	10,09	16379,18	6,63	10766,95
Oil Tank IV	1585,58	-12,16	-19280,67	6,71	10642,62
Provision	0,19	-49,13	-18,92	13,16	2,53
T. Fuel Oil	20,16	-41,06	-1655,47	0,87	17,60
Dirty Oil Tank & Sewage	3,14	-43,81	-137,75	0,89	2,81
T. Lub. Oil	3,29	-43,12	-141,87	0,89	2,92
T. Air Tawar	25,75	-56,39	-1452,17	11,21	288,71
T. Ballast I	239,29	53,658	12839,97	0,68	161,54
T. Ballast II	293,38	32,43	9514,68	0,61	180,25
T. Ballast III	293,37	10,15	2977,88	0,66	194,03
T. Ballast IV	243,12	-11,53	-2802,42	0,61	147,56
T. After Peak	183,66	-34,17	-6276,54	10,07	1850,29
T. Fore Peak	296,83	32,23	9565,97	6,98	2073,02
	S1 = 10828,69	S2 =	116800,42	S3 =	72960,87

Lpp =	127,451 m.	B =	20,270 m.	FG =	S2 / S1
Displacement =	10828,685 ton.	DT =	4,817 m.	Ta =	Tr + DTa
LCG =	10,786 m.	Dta =	-2,291 m.	Tf =	Tr - DTf
Tr =	7,094 m.	Ta =	4,803 m.	DTa =	(Lpp/2 - FF)(DT/Lpp)
LCF =	3,107 m.	DTf =	-2,526 m.	DTf =	(Lpp/2 + FF)(DT/Lpp)
LCB =	3,692 m.	Tf =	9,620 m.	$\Delta T =$	(( $\Phi G - \Phi B$ ) * Disp) / MTC x 100
MTC =	159,486 ton.	T =	7,211 m.	T =	(Ta + Tf) / 2

Displacement 10828,6852 ton.  
Momen = S3 72960,87 ton.m.

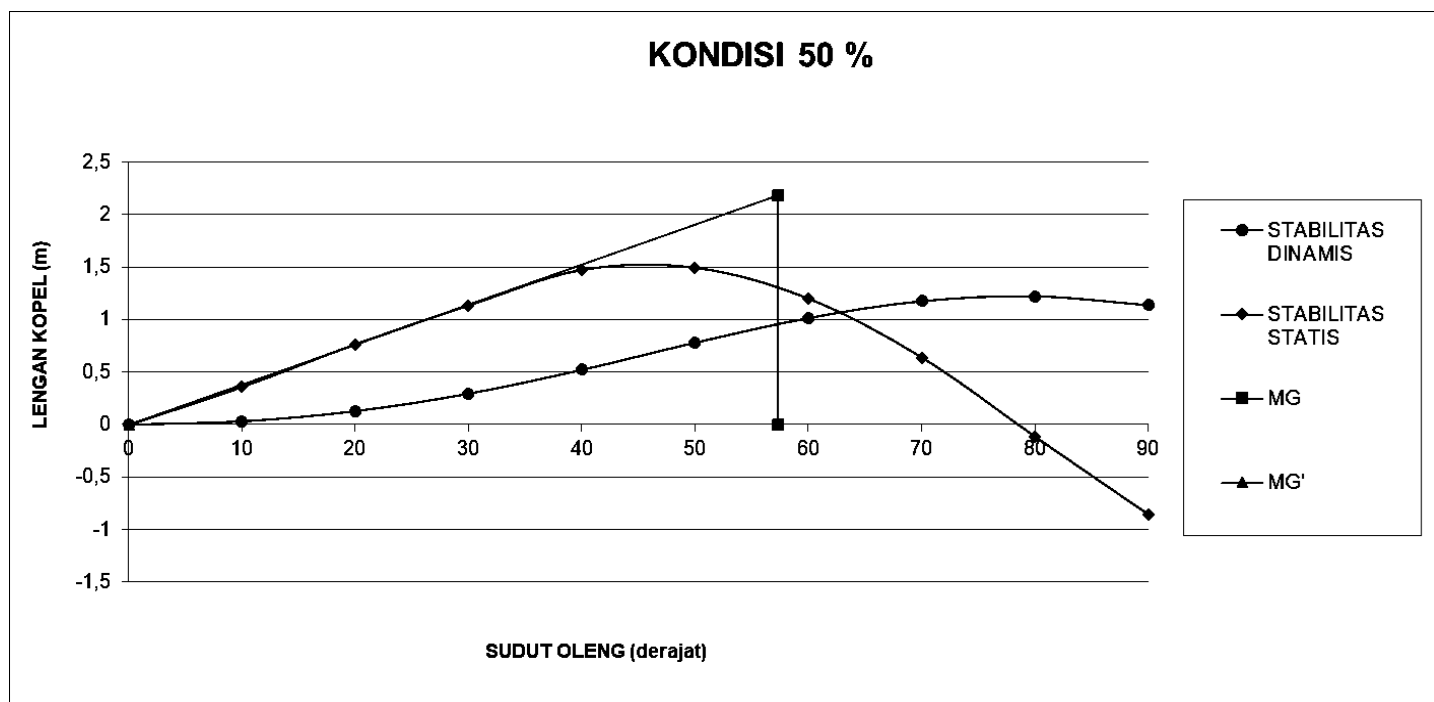
Ta =	4,803 m.	KG =	S3 / Displ	6,738 m.
Tf =	9,620 m.	a =	KG - KB	4,079 m.
Tr =	7,094 m.	MG =	KM - KG	2,187 m.
TKM =	8,925 m.			
KB =	2,659 m.			

#### PERHITUNGAN LENGKUNG STABILITAS

I	j	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
II	sin j	0	0,174	0,342	0,500	0,643	0,766	0,866	0,940	0,985	1,000
III	Lc	0	1,067	2,159	3,173	4,093	4,615	4,728	4,470	3,901	3,225
IV	a' sin j	0	0,708	1,395	2,039	2,622	3,124	3,532	3,833	4,017	4,079
V	h = III - IV	0	0,359	0,764	1,133	1,471	1,491	1,196	0,637	-0,116	-0,854
VI	Integral V	0	0,359	1,482	3,379	5,984	8,946	11,633	13,466	13,988	13,018
VII	d=(dj/2)VI	0	0,031	0,129	0,295	0,522	0,781	1,015	1,175	1,221	1,136



Derajat	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
Stabilitas Statis	0	0,3587	0,7644	1,1333	1,4709	1,4910	1,1961	0,6375	-0,1156	-0,8541
Stabilitas Dinamis	0	0,031	0,129306718	0,294916	0,522180036	0,781	1,0151449	1,1751533	1,2206943	1,13607
Rad	57,300	57,300								
MG'	2,187	0								



**Gambar 4.82** Kurva stabilitas kapal 50%

3. Kondisi III kapal 75%

<b>KONDISI KAPAL</b>	<b>:</b>	<b>III</b>
<b>KONDISI MUATAN DAN TANGKI-TANGKI</b>		
<b>LOAD</b>	<b>:</b>	<b>75 %</b>
<b>FUEL OIL</b>	<b>:</b>	<b>75 %</b>
<b>LUB. OIL</b>	<b>:</b>	<b>75 %</b>
<b>PROVISION</b>	<b>:</b>	<b>75 %</b>
<b>AP DAN FP</b>	<b>:</b>	<b>75 %</b>
<b>FRESH WATER</b>	<b>:</b>	<b>75 %</b>
<b>BALLAST WATER</b>	<b>:</b>	<b>75 %</b>

Bagian	Berat (ton)	FG (m)	Momen (ton.m)	KG (m)	Momen (ton.m)
Kapal Kosong	2889,48	-13,05	-37077,78	9,05	25756,81
Oil Tank I	2254,63	54,29	122393,68	6,72	15155,53
Oil Tank II	2436,62	32,49	79155,81	6,63	16154,32
Oil Tank III	2435,92	10,09	24568,77	6,63	16150,42
Oil Tank IV	2378,37	-12,16	-28921,01	6,71	15963,93
Provision	0,29	-49,13	-18,92	13,16	3,80
T. Fuel Oil	30,24	-41,06	-1655,47	0,87	26,40
Dirty Oil Tank & Sewage	4,72	-43,81	-206,62	0,89	4,22
T. Lub. Oil	4,94	-43,12	-212,81	0,89	4,38
T. Air Tawar	38,63	-56,39	-2178,26	11,21	433,07
T. Ballast I	358,94	53,658	19259,96	0,68	242,30
T. Ballast II	440,06	32,43	14272,02	0,61	270,37
T. Ballast III	440,05	10,15	4466,82	0,66	291,05
T. Ballast IV	364,68	-11,53	-4203,64	0,61	221,35
T. After Peak	275,50	-34,17	-9414,81	10,07	2775,43
T. Fore Peak	445,24	32,23	14348,96	6,98	3109,52
S1 =	14798,29	S2 =	194576,71	S3 =	96562,90

Lpp =	127,451 m.	B =	20,270 m.	FG = S2 / S1
Displacement =	14798,289 ton.	DT =	9,008 m.	Ta = Tr + DTa
LCG =	13,149 m.	Dta =	-4,403 m.	Tf = Tr - DTf
Tr =	10,881 m.	Ta =	6,478 m.	DTa = (Lpp/2 - FF)(DT/Lpp)
LCF =	1,426 m.	DTf =	-4,605 m.	DTf = (Lpp/2 + FF)(DT/Lpp)
LCB =	2,268 m.	Tf =	15,485 m.	$\Delta T = ((\Phi G - \Phi B) * Disp) / MTC \times 100$
MTC =	178,751 ton.	T =	10,981 m.	T = (Ta + Tf) / 2

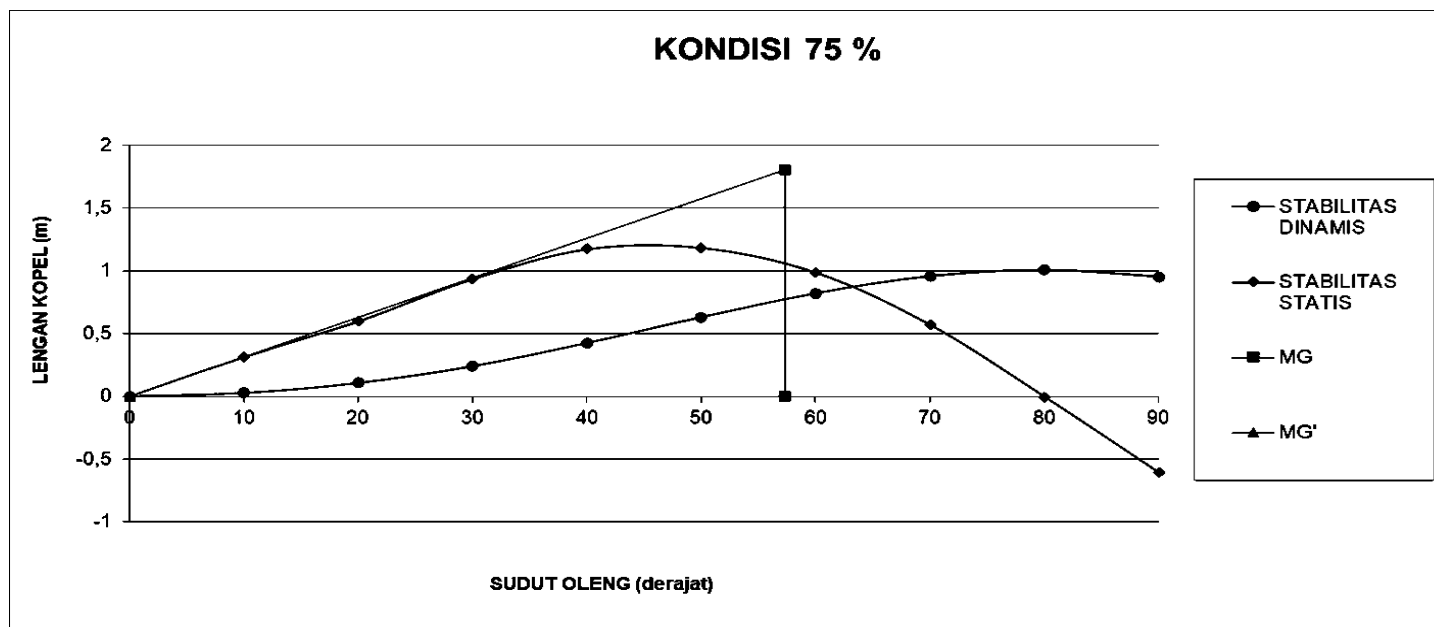
Displacement                    14798,2888    ton.  
Momen = S3                        96562,90        ton.m.

Ta =	6,478 m.	KG =	S3 / Displ	6,525 m.
Tf =	15,485 m.	a =	KG - KB	2,903 m.
Tr =	10,881 m.	MG =	KM - KG	1,806 m.
TKM =	8,332 m.			
KB =	3,622 m.			

**PERHITUNGAN LENGKUNG STABILITAS**

I	j	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
II	sin j	0	0,174	0,342	0,500	0,643	0,766	0,866	0,940	0,985	1,000
III	Lc	0	0,8181	1,5920	2,3879	3,0405	3,4083	3,5011	3,2989	2,8562	2,2955
IV	a' sin j	0	0,504	0,993	1,452	1,866	2,224	2,514	2,728	2,859	2,903
V	h = III - IV	0	0,314	0,599	0,936	1,174	1,184	0,987	0,571	-0,003	-0,608
VI	Integral V	0	0,314	1,227	2,762	4,872	7,231	9,401	10,959	11,526	10,915
VII	d=(dj/2)VI	0	0,027	0,107	0,241	0,425	0,631	0,820	0,956	1,006	0,952

Derajat	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
Stabilitas Statis	0	0,3140	0,5989	0,9361	1,1742	1,1841	0,9867	0,5705	-0,0032	-0,6080
Stabilitas Dinamis	0	0,027	0,10706039	0,2410199	0,425183	0,631	0,820425	0,95631727	1,0058288	0,9524916
Rad	57,300	57,300								
MG'	1,806	0								



**Gambar 4.83** Kurva stabilitas kapal 75%

4. Kondisi IV kapal 100%

<b>KONDISI KAPAL : I</b>	
<b>KONDISI MUATAN DAN TANGKI-TANGKI</b>	
<b>LOAD</b>	<b>: 100 %</b>
<b>FUEL OIL</b>	<b>: 100 %</b>
<b>LUB. OIL</b>	<b>: 100 %</b>
<b>PROVISION</b>	<b>: 100 %</b>
<b>AP DAN FP</b>	<b>: 100 %</b>
<b>FRESH WATER</b>	<b>: 100 %</b>
<b>BALLAST WATER</b>	<b>: 100 %</b>

Bagian	Berat (ton)	FG (m)	Momen (ton.m)	KG (m)	Momen (ton.m)
Kapal Kosong	2889,48	-13,05	-37077,78	9,05	25756,81
Oil Tank I	3006,17	54,29	163191,58	6,72	20207,37
Oil Tank II	3248,82	32,49	105541,08	6,63	21539,09
Oil Tank III	3247,89	10,09	32758,36	6,63	21533,90
Oil Tank IV	3171,17	-12,16	-38561,34	6,71	21285,24
Provision	0,385	-49,13	-18,92	13,16	5,07
T. Fuel Oil	40,32	-41,06	-1655,47	0,87	35,20
Dirty Oil Tank & Sewage	6,29	-43,81	-275,50	0,89	5,62
T. Lub. Oil	6,58	-43,12	-283,74	0,89	5,84
T. Air Tawar	51,50	-56,39	-2904,35	11,21	577,43
T. Ballast I	478,59	53,658	25679,94	0,68	323,07
T. Ballast II	586,75	32,43	19029,36	0,61	360,49
T. Ballast III	586,73	10,15	5955,76	0,66	388,06
T. Ballast IV	486,24	-11,53	-5604,85	0,61	295,13
T. After Peak	367,33	-34,17	-12553,08	10,07	3700,58
T. Fore Peak	593,66	32,23	19131,95	6,98	4146,03
	S1 = 18767,89		S2 = 272353,00		S3 = 120164,93

Lpp =	127,451 m.	B =	20,270 m.	FG = S2 / S1
Displacement =	18767,892 ton.	DT =	12,975 m.	Ta = Tr + DTa
LCG =	14,512 m.	Dta =	-6,537 m.	Tf = Tr - DTf
Tr =	14,119 m.	Ta =	7,582 m.	DTa = (Lpp/2 - FF)(DT/Lpp)
LCF =	-0,485 m.	DTf =	-6,438 m.	DTf = (Lpp/2 + FF)(DT/Lpp)
LCB =	0,393 m.	Tf =	20,557 m.	$\Delta T = ((\Phi G - \Phi B) * Disp) / MTC \times 100$
MTC =	204,224 ton.	T =	14,069 m.	T = (Ta + Tf) / 2

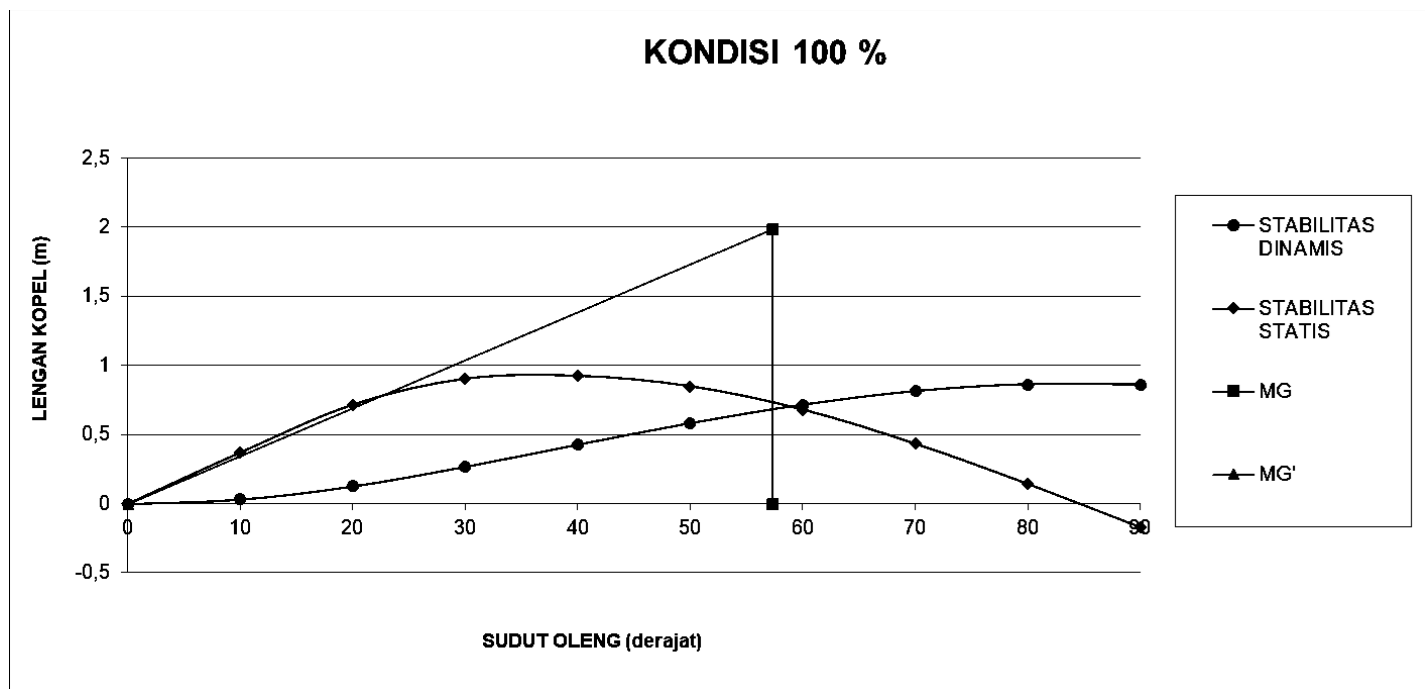
Displacement                    18767,892 ton.  
Momen = S3                    120164,93 ton.m.

Ta =	7,582 m.	KG =	S3 / Displ	6,403 m.
Tf =	20,557 m.	a =	KG - KB	1,820 m.
Tr =	14,119 m.	MG =	KM - KG	1,986 m.
TKM =	8,389 m.			
KB =	4,583 m.			

**PERHITUNGAN LINGKUNG STABILITAS**

I	j	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
II	sin j	0	0,174	0,342	0,500	0,643	0,766	0,866	0,940	0,985	1,000
III	Lc	0	0,686	1,338	1,811	2,093	2,241	2,255	2,142	1,934	1,649
IV	a' sin j	0	0,316	0,622	0,910	1,170	1,394	1,576	1,710	1,792	1,820
V	h = III - IV	0	0,370	0,715	0,902	0,923	0,847	0,679	0,432	0,142	-0,171
VI	Integral V	0	0,370	1,456	3,073	4,897	6,667	8,193	9,304	9,878	9,849
VII	d=(dj/2)VI	0	0,032	0,127	0,268	0,427	0,582	0,715	0,812	0,862	0,859

Derajat	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
Stabilitas Statis	0	0,3702	0,7153	0,9016	0,9228	0,8471	0,6788	0,4322	0,1416	-0,1708
Stabilitas Dinamis	0	0,032	0,12703115	0,268134	0,4273488	0,582	0,714965	0,811921	0,861995	0,859452
Rad	57,300	57,300								
MG'	1,986	0								



**Gambar 4.84** Kurva stabilitas kapal 100%

#### 4.2.10 Peluncuran

Peluncuran kapal adalah proses menurunkan kapal dari tempat dibangunnya kapal menuju perairan atau laut. Proses peluncuran ada dua macam jenis, yaitu:

a. Peluncuran secara melintang

Proses peluncuran yang dimana sumbu memanjang kapal sejajar dengan garis pantai, proses peluncuran ini hanya cocok digunakan pada perariran yang tidak terlalu luas/sempit. Misalnya diperairan sungai, dll.

b. Peluncuran secara memanjang

Proses peluncuran ini yang paling sering digunakan, karena prosesnya yang terbilang lebih aman. Posisi sumbu memanjang kapal harus tegak lurus dengan garis pantai.

Dalam perancangan ini penulis menggunakan peluncuran secara melintang. Untuk melakukan proses peluncuran secara memanjang maka diperlukan peralatan peluncuran seperti balok peluncur. Berikut merupakan perhitungan peluncuran secara memanjang:

##### A. Perhitungan pra-peluncuran

1. Menentukan koefisien gesek peluncuran

$\mu = 0,024$  berlaku untuk tekanan rata-rata pada landasan sebesar 30 t/m<sup>2</sup>

$\mu = 0,032$  berlaku untuk tekanan rata-rata pada landasan sebesar 20 t/m<sup>2</sup>

$\mu = 0,040$  berlaku untuk tekanan rata-rata pada landasan sebesar 10 t/m<sup>2</sup>

Maka ditetapkan nilai koefisien gesek peluncuran ( $\mu$ ) = **0,024**

2. Menentukan sudut kemiringan peluncuran

$$\tan \beta \frac{1}{22} - \frac{1}{26} = \text{untuk kapal besar}$$

$$\tan \beta \frac{1}{18} - \frac{1}{20} = \text{untuk kapal sedang}$$

$$\tan \beta \frac{1}{12} - \frac{1}{14} = \text{untuk kapal kecil}$$

Karena kapal rancangan termasuk kapal besar maka nilai yang dipilih:

tan b	b
1/26	2,20



### 3. Berat peralatan peluncuran (M)

Berdasarkan referensi dari buku "Static and Dynamic of the Ship" berikut perhitungannya:

$$M = 7-16\% \times \text{LWT}$$

Dimana:

$$\text{LWT} = 2889,468 \text{ ton}$$

Maka:

$$\begin{aligned} M &= 13\% \times \text{LWT} \\ &= 13\% \times 2889,468 \text{ ton} \\ &= 375,362 \text{ ton} \end{aligned}$$

### 4. Berat peluncuran

$$W = \text{LWT} + M$$

Dimana:

$$\begin{aligned} M &= 375,362 \text{ ton} \\ \text{LWT} &= 2889,468 \text{ ton} \end{aligned}$$

Maka:

$$\begin{aligned} W &= 2889,468 \text{ ton} + 375,362 \text{ ton} \\ &= 3265,110 \text{ ton} \end{aligned}$$

### 5. Titik berat peluncuran (g)

**Tabel 4.168** Perhitungan titik berat peluncuran

<i>no</i>	<i>Komponen</i>	<i>Berat</i>	<i>jarak dari AP</i>	<i>Momen</i>
<b>1</b>	kapal kosong	2889,478	50,89	147055,65
<b>2</b>	Peralatan peluncuran	375,632	57,353	21543,611
$\Sigma 1 =$		3265,110	$\Sigma 2 =$	168599,260

$$\begin{aligned} g &= \frac{\Sigma 2}{\Sigma 1} \\ &= 168599,260 / 3265,110 \\ &= 51,637 \text{ m (dari AP)} \end{aligned}$$

### 6. Panjang balok peluncur (Ls)

$$\begin{aligned} L_s &= 80 - 90\% L_{pp} \\ &= 90\% \times 127,451 \text{ m} \\ &= 114,71 \text{ m} \end{aligned}$$

7. Tekanan rata-rata yang diijinkan balok peluncur

**Tabel 4.169** Tekanan rata-rata balok peluncur

LPP (m)	$\sigma_{max}$ (ton/m <sup>2</sup> )
50	15
100	20
150	25
200	30
250	35

$$\begin{aligned}T_{max} &= 0,1 \times L_{pp} + 10 \\ &= 0,1 \times 127,451 \text{ m} + 10 \\ &= 22,745 \text{ ton/m}^2\end{aligned}$$

8. Lebar balok peluncur (bs)

$$bs = W / (n \times L_s \times T_{max})$$

Dimana:

$$\begin{aligned}W &= 3265,110 \text{ ton} \\ n &= \text{Jumlah balok peluncur} \\ &= 3 \text{ buah (direncanakan)} \\ T_{max} &= 22,745 \text{ ton/m}^2\end{aligned}$$

Maka:

$$\begin{aligned}bs &= 3265,110 / (3 \times 114,71 \times 22,745) \\ &= 0,417 \\ &\approx 0,500 \text{ m}\end{aligned}$$

9. Berat balok peluncur (Ws)

$$\begin{aligned}W_s &= 0,8 \times M \\ &= 0,8 \times 375,362 \text{ ton} \\ &= 300,506 \text{ ton}\end{aligned}$$

10. Tinggi balok peluncur (Ts)

$$T_s = W_s / 2 (g_s \times b_s \times n \times L_s)$$

Dimana:

$$g_s = 0,85 \text{ ton/m}^3$$

Maka:

$$\begin{aligned}T_s &= 300,506 / 2 (0,85 \times 0,5 \times 3 \times 114,71) \\ &= 1,027 \text{ m}\end{aligned}$$

11. Beban landasan (q)

$$\begin{aligned}q &= W / L_s \\ &= 3256,110 \text{ ton} / 114,71 \text{ m} \\ &= 28,47 \text{ ton/m}\end{aligned}$$

**B. Perhitungan Peluncuran Fase I**

1. Gaya peluncuran (k)

$$\begin{aligned}k &= W \times (\sin\beta - \mu \cdot \cos\beta) \\ &= 3265,11 \times (\sin 2,20 - 0,024 \cdot \cos 2,20) \\ &= 47,18 \text{ ton}\end{aligned}$$

2. Percepatan peluncuran (a)

$$\begin{aligned}a &= K / W \times g \\ &= 47,18 \text{ ton} / 3265,11 \times 9,81 \text{ m/s}^2 \\ &= 0,412 \text{ m/s}^2\end{aligned}$$

3. Kedalaman pada ujung landasan (t)

$$t = \sin\beta \times \delta$$

Dimana:

$$\begin{aligned}\delta &= \text{Panjang landasan di bawah garis air} \\ &= 135 \text{ m (direncanakan)}\end{aligned}$$

Maka:

$$\begin{aligned}t &= \sin\beta \times 135 \text{ m} \\ &= 5,188 \text{ m}\end{aligned}$$

4. Jarak yang ditempuh balok peluncur sampai menyentuh permukaan air (s)

$$\begin{aligned}s &= t / \tan\beta \\ &= 5,188 / \tan 2,20 \\ &= 134,9 \text{ m}\end{aligned}$$

5. Waktu yang ditempuh sampai menyentuh permukaan air (t)

$$\begin{aligned}t &= \sqrt{2 \times \frac{s}{a}} \\ &= \sqrt{2 \times \frac{134,9}{0,412}} \\ &= 43,63 \text{ second}\end{aligned}$$

6. Kecepatan kapal meluncur (v)

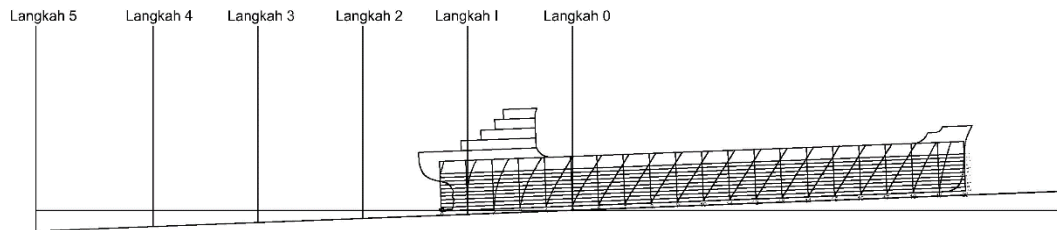
$$V = s / t$$

$$= 134,90 \text{ m} / 43,63 \text{ second}$$

$$= 3,09 \text{ m/s}$$

**C. Perhitungan Peluncuran Fase II - IV**

1. Perhitungan *displacement* langkah 1

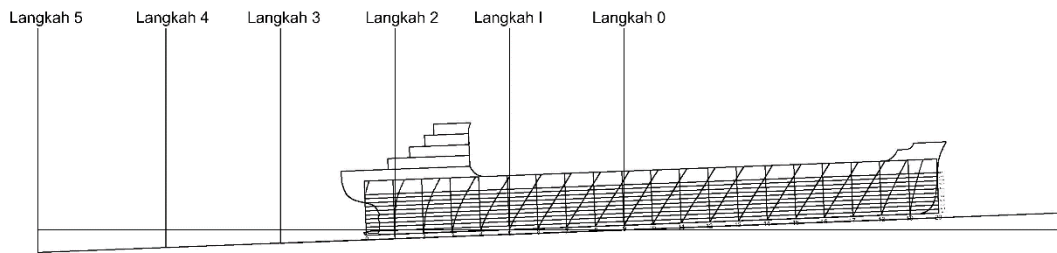


**Gambar 4.85** Perhitungan *displacement* langkah 1

**Tabel 4.170** Perhitungan *displacement* langkah 1

	Jarak yang ditempuh 1 =			160,390	m	
	Titik berat pada waterline ini ( g ) =			0,000	m	
	Volume =			0,000	m <sup>3</sup>	
	D =			0,000	ton	
Ord	A <sub>bonjean</sub>	FS	HG	FM	HG	L <sub>Aotucad</sub>
AP	0	1	0,000	0	0,000	0,000
1	0	4	0,000	1	0,000	0,000
2	0	2	0,000	2	0,000	0,000
3	0	4	0,000	3	0,000	0,000
4	0	2	0,000	4	0,000	0,000
5	0	4	0,000	5	0,000	0,000
6	0	2	0,000	6	0,000	0,000
7	0	4	0,000	7	0,000	0,000
8	0	2	0,000	8	0,000	0,000
9	0	4	0,000	9	0,000	0,000
10	0	2	0,000	10	0,000	0,000
11	0	4	0,000	11	0,000	0,000
12	0	2	0,000	12	0,000	0,000
13	0	4	0,000	13	0,000	0,000
14	0	2	0,000	14	0,000	0,000
15	0	4	0,000	15	0,000	0,000
16	0	2	0,000	16	0,000	0,000
17	0	4	0,000	17	0,000	0,000
18	0	2	0,000	18	0,000	0,000
19	0	4	0,000	19	0,000	0,000
FP	0	1	0,000	20	0,000	0,000
		S <sub>1</sub> =	0,000	S <sub>1</sub> =	0,000	

## 2. Perhitungan *displacement* langkah 2

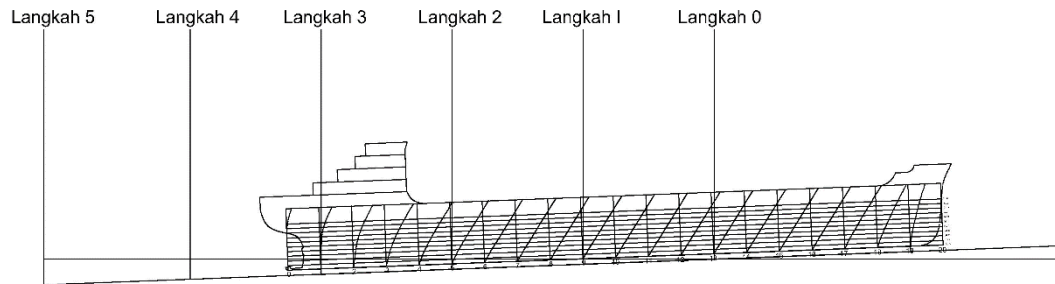


**Gambar 4.86** Perhitungan *displacement* langkah 2

**Tabel 4.171** Perhitungan *displacement* langkah 2

	Jarak yang ditempuh 2 =		185,881	m		
	Titik berat pada waterline ini ( g ) =		3,425	m		
	Volume =		136,156	m <sup>3</sup>		
	D =		140,513	ton		
Ord	A <sub>bonjean</sub>	FS	HG	FM	HG	L <sub>Aotucad</sub>
AP	0	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1	1,029	4,000	4,116	1,000	4,116	0,034
2	3,183	2,000	6,366	2,000	12,732	0,106
3	2,949	4,000	11,796	3,000	35,388	0,098
4	20,91	2,000	41,820	4,000	167,280	0,697
5	0	4,000	0,000	5,000	0,000	0,000
6	0	2,000	0,000	6,000	0,000	0,000
7	0	4,000	0,000	7,000	0,000	0,000
8	0	2,000	0,000	8,000	0,000	0,000
9	0	4,000	0,000	9,000	0,000	0,000
10	0	2,000	0,000	10,000	0,000	0,000
11	0	4,000	0,000	11,000	0,000	0,000
12	0	2,000	0,000	12,000	0,000	0,000
13	0	4,000	0,000	13,000	0,000	0,000
14	0	2,000	0,000	14,000	0,000	0,000
15	0	4,000	0,000	15,000	0,000	0,000
16	0	2,000	0,000	16,000	0,000	0,000
17	0	4,000	0,000	17,000	0,000	0,000
18	0	2,000	0,000	18,000	0,000	0,000
19	0	4,000	0,000	19,000	0,000	0,000
FP	0	1,000	0,000	20,000	0,000	0,000
		S <sub>1</sub> =	64,098	S <sub>1</sub> =	219,516	

### 3. Perhitungan *displacement* langkah 3

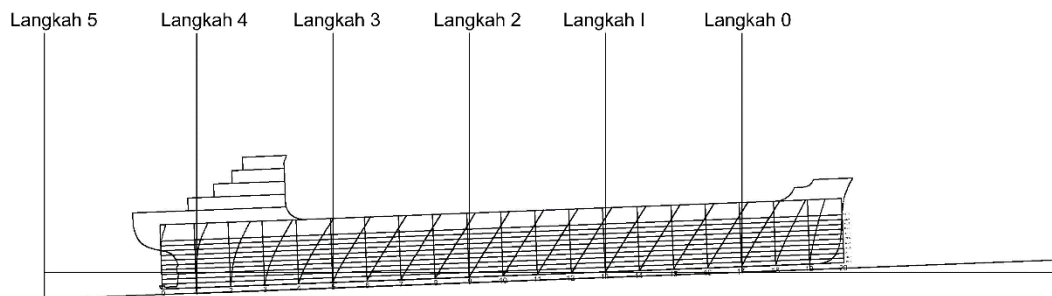


**Gambar 4.87** Perhitungan *displacement* langkah 3

**Tabel 4.172** Perhitungan *displacement* langkah 3

	Jarak yang ditempuh 3 =		211,371	m		
	Titik berat pada waterline ini ( g ) =		4,606	m		
	Volume =		433,474	m <sup>3</sup>		
	D =		447,345	ton		
Ord	A <sub>bonjean</sub>	FS	HG	FM	HG	L <sub>Aotucad</sub>
AP	0	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1	2,274	4,000	9,096	1,000	9,096	0,076
2	7,575	2,000	15,150	2,000	30,300	0,253
3	10,026	4,000	40,104	3,000	120,312	0,334
4	12,852	2,000	25,704	4,000	102,816	0,428
5	13,185	4,000	52,740	5,000	263,700	0,440
6	11,286	2,000	22,572	6,000	135,432	0,376
7	7,845	4,000	31,380	7,000	219,660	0,262
8	3,66	2,000	7,320	8,000	58,560	0,122
9	0	4,000	0,000	9,000	0,000	0,000
10	0	2,000	0,000	10,000	0,000	0,000
11	0	4,000	0,000	11,000	0,000	0,000
12	0	2,000	0,000	12,000	0,000	0,000
13	0	4,000	0,000	13,000	0,000	0,000
14	0	2,000	0,000	14,000	0,000	0,000
15	0	4,000	0,000	15,000	0,000	0,000
16	0	2,000	0,000	16,000	0,000	0,000
17	0	4,000	0,000	17,000	0,000	0,000
18	0	2,000	0,000	18,000	0,000	0,000
19	0	4,000	0,000	19,000	0,000	0,000
FP	0	1,000	0,000	20,000	0,000	0,000
		S <sub>1</sub> =	204,066	S <sub>1</sub> =	939,876	

#### 4. Perhitungan *displacement* langkah 4

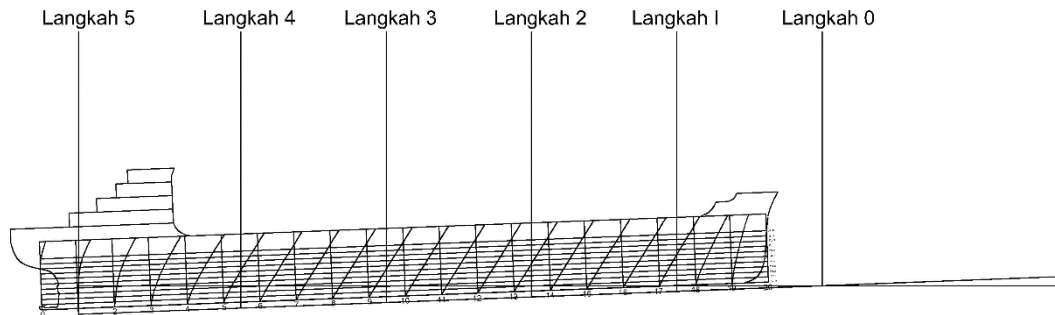


**Gambar 4.88** Perhitungan *displacement* langkah 4

**Tabel 4.173** Perhitungan *displacement* langkah 4

	Jarak yang ditempuh 4 =			236,861	m	
	Titik berat pada waterline ini ( g ) =			6,191	m	
	Volume =			1314,300	m <sup>3</sup>	
	D =			1356,358	ton	
Ord	A <sub>bonjean</sub>	FS	HG	FM	HG	L <sub>Aotucad</sub>
AP	0	1	0,000	0	0,000	0,000
1	3,816	4	15,264	1	15,264	0,127
2	11,754	2	23,508	2	47,016	0,392
3	18,744	4	74,976	3	224,928	0,625
4	25,209	2	50,418	4	201,672	0,840
5	28,149	4	112,596	5	562,980	0,938
6	27,999	2	55,998	6	335,988	0,933
7	25,539	4	102,156	7	715,092	0,851
8	22,011	2	44,022	8	352,176	0,734
9	17,943	4	71,772	9	645,948	0,598
10	13,218	2	26,436	10	264,360	0,441
11	8,502	4	34,008	11	374,088	0,283
12	3,789	2	7,578	12	90,936	0,126
13	0	4	0,000	13	0,000	0,000
14	0	2	0,000	14	0,000	0,000
15	0	4	0,000	15	0,000	0,000
16	0	2	0,000	16	0,000	0,000
17	0	4	0,000	17	0,000	0,000
18	0	2	0,000	18	0,000	0,000
19	0	4	0,000	19	0,000	0,000
FP	0	1	0,000	20	0,000	0,000
		S <sub>1</sub> =	618,732	S <sub>1</sub> =	3830,448	

### 5. Perhitungan *displacement* langkah 5



**Gambar 4.89** Perhitungan *displacement* langkah 5

**Tabel 4.174** Perhitungan *displacement* langkah 5

	Jarak yang ditempuh 5 =		262,351	m		
	Titik berat pada waterline ini ( g ) =		7,710	m		
	Volume =		2940,906	m <sup>3</sup>		
	D =		3035,015	ton		
Ord	A <sub>bonjean</sub>	FS	HG	FM	HG	L <sub>Aotucad</sub>
AP	0	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1	5,931	4,000	23,724	1,000	23,724	0,198
2	17,283	2,000	34,566	2,000	69,132	0,576
3	30,564	4,000	122,256	3,000	366,768	1,019
4	41,571	2,000	83,142	4,000	332,568	1,386
5	47,16	4,000	188,640	5,000	943,200	1,572
6	48,36	2,000	96,720	6,000	580,320	1,612
7	46,455	4,000	185,820	7,000	1300,740	1,549
8	43,107	2,000	86,214	8,000	689,712	1,437
9	39,24	4,000	156,960	9,000	1412,640	1,308
10	34,44	2,000	68,880	10,000	688,800	1,148
11	29,64	4,000	118,560	11,000	1304,160	0,988
12	24,9	2,000	49,800	12,000	597,600	0,830
13	20,352	4,000	81,408	13,000	1058,304	0,678
14	15,21	2,000	30,420	14,000	425,880	0,507
15	10,473	4,000	41,892	15,000	628,380	0,349
16	5,667	2,000	11,334	16,000	181,344	0,189
17	1,038	4,000	4,152	17,000	70,584	0,035
18	0	2,000	0,000	18,000	0,000	0,000
19	0	4,000	0,000	19,000	0,000	0,000
FP	0	1,000	0,000	20,000	0,000	0,000
		S <sub>1</sub> =	1384,488	S <sub>1</sub> =	10673,856	



6. Perhitungan analisa hasil peluncuran pada tabel A

**Tabel 4.175** Perhitungan tabel analisa hasil peluncuran

<b>TABEL A</b>				
<b>No</b>	<b>Uraian</b>	<b>Simbol atau Persamaan</b>	<b>Hasil</b>	<b>Satuan</b>
1	Panjang kapal	$LPP$	127,451	m
2	Berat kapal kosong	$LWT$	2889,478	ton
3	Estimasi panjang landasan	$Ls$	382,353	m
4	Lebar balok peluncur	$bs$	0,500	m
5	Sudut landasan	$\tan \beta$	0,038	
6	Jarak A ke FP	$f$	6,37	m
7	Jarak A ke AP	$(1 - 6)$	121,081	m
8	Jarak B ke AP	$x$	6,37	m
9	Panjang balok peluncur	$s$	114,706	m
10	Tinggi A dari landasan	$ts$	1,027	m
11	Tinggi A dari ujung landasan	$(3 \times 5) + 10$	15,733	m
12	Permukaan air diatas ujung landasan	$t$	5,188	m
13	Tinggi A diatas permukaan air	$(11 - 12)$	10,545	m
14	sudut kemiringan lunas	$5$	0,038	
15	Tinggi A diatas B	$7 \times 14$	4,657	m
16	Tinggi B diatas air	$(13 - 15)$	5,888	m
17	Jarak B dari ujung landasan	$3 - 7 + 8$	267,642	m
18	Jarak G ke AP	$g$	51,637	m
19	Jarak G dari landasan	$3 - 7 + 18$	312,909	m
20	Jarak G ke A	$(7 - 18)$	69,444	m
21	Momen berat terhadap A	$2 \times 20$	200658,001	t.m
22	$f \times$ kemiringan lunas	$6 \times 14$	0,245	
23	$LPP \times$ sudut kemiringan	$1 \times 14$	4,902	

8. Perhitungan hasil peluncuran pada tabel B

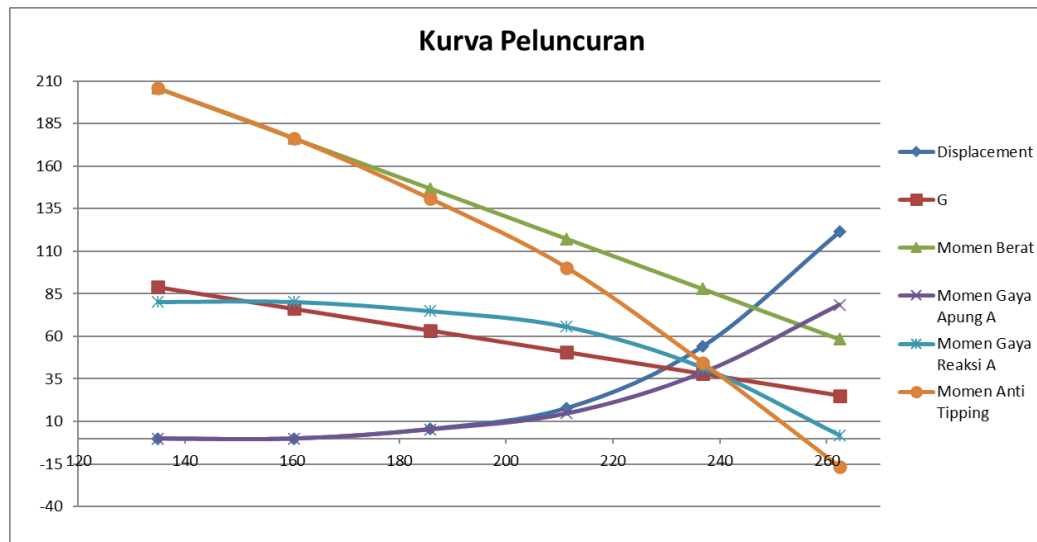
**Tabel 4.176** Hasil perhitungan peluncuran

TABEL B								
No	Uraian	Simbol atau Persamaan	Langkah 0	Langkah 1	Langkah 2	Langkah 3	Langkah 4	Langkah 5
1	Jarak yang ditempuh	$S$	134,90	160,39	185,88	211,37	236,86	262,35
2	A akan turun	$24 \times 5$	5,188	6,169	7,149	8,130	9,110	10,090
3	Sarat pada FP	$25 - 22 - 13$	-5,601	-4,621	-3,641	-2,660	-1,680	-0,699
4	Sarat pada AP	$26 + 23$	-0,699	0,281	1,261	2,242	3,222	4,203
5	Displacement	$\Delta$	0,000	0,000	140,513	447,345	1356,358	3035,015
6	Jarak titik tekan Mid Ship		63,726	53,598	38,898	24,825	14,139	7,270
7	Titik tekan ke AP	$0,5 \times 1 - 29$	0,000	10,128	24,828	38,900	49,587	56,455
8	Jarak B ke ujung landasan	$17 - 24$	132,742	107,252	81,761	56,271	30,781	5,291
9	Titik tekan ke ujung landasan	$30 + 31$	132,742	117,379	106,589	95,171	80,368	61,746
10	Momen gaya apung	$28 \times 32$	0,000	0,000	14977,121	42574,419	109007,264	187400,379
11	Jarak G ke ujung landasan	$19 - 24$	178,008	152,518	127,028	101,538	76,048	50,557
12	Momen berat terhadap ujung landasan	$2 \times 34$	514351,252	440697,879	367044,507	293391,135	219737,763	146084,391
13	Jarak titik tekan ke A	$(7 - 30)$	121,081	110,953	96,253	82,181	71,494	64,626
14	Momen gaya apung A	$28 \times 36$	0,000	0,000	13524,843	36763,130	96971,866	196139,795
15	Gaya reaksi landasan	$(2 - 28)$	2889,478	2889,478	2748,965	2442,133	1533,120	-145,537
16	Momen gaya reaksi terhadap A	$21 - 37$	200658,001	200658,001	187133,158	163894,870	103686,135	4518,206
17	Jarak R ke A	$39 / 38$	69,444	69,444	68,074	67,111	67,631	-31,045
18	Moment anti tipping	$35 - 33$	514351,252	440697,879	352067,386	250816,716	110730,499	-41315,988
19	Jarak R ke ujung landasan	$41 / 38$	178,008	152,518	128,073	102,704	72,226	283,886
20	Panjang peluncur	$(3 - 24)$	247,453	221,963	196,472	170,982	145,492	120,002
21	Persentase jarak R ke A	$40 / 43$	0,281	0,313	0,346	0,393	0,465	-0,259
22	Panjang bidang reaksi	43	247,453	221,963	196,472	170,982	145,492	120,002
23	Tekanan rata-rata	$38 / (4 \times 45)$	23,354	26,036	27,983	28,566	21,075	-2,426
24	Reaksi maksimum	$(46 + 46 + 46) \times (45 - (40 + 40)) / 45$	30,738	29,233	25,776	18,424	4,446	-11,042
25	Reaksi pada ujung balok peluncur	$46 + 47$	54,092	55,269	53,759	46,990	25,521	-13,467
26	Reaksi pada landasan	$46 - 47$	-7,384	-3,197	2,208	10,142	16,629	8,616

## 9. Pembuatan kurva peluncuran

**Tabel 4.177** Perhitungan tabel kurva peluncuran

No	Uraian	Skala	Langkah 0	Langkah 1	Langkah 2	Langkah 3	Langkah 4	Langkah 5
1	Displacement	skala 1 : 25	0,00	0,00	5,62	17,89	54,25	121,40
2	Jarak G ke ujung landasan	skala 1 : 2	89,00	76,26	63,51	50,77	38,02	25,28
3	Momen berat terhadap ujung landasan	skala 1 : 2500	205,74	176,28	146,82	117,36	87,90	58,43
4	Momen gaya apung A		0,00	0,00	5,41	14,71	38,79	78,46
5	Momen gaya reaksi terhadap A		80,26	80,26	74,85	65,56	41,47	1,81
6	Moment anti tipping		205,74	176,28	140,83	100,33	44,29	-16,53



**Gambar 4.90** Kurva Peluncuran

Aditia Risky Dharmawan, 2020

PERANCANGAN KAPAL TANKER 16000 DWT KECEPATAN 13 KNOT DENGAN RUTE PELAYARAN

PLAJU (PALEMBANG) – TANJUNG PRIOK (JAKARTA)

UPN Veteran Jakarta, Fakultas Teknik, Teknik Perkapalan

[www.upnvj.ac.id – www.library.upnvj.ac.id – www.repository.upnvj.ac.id]