

## BAB V

### PERENCANAAN UTAMA

#### V.1 Rencana Garis

Dalam Penggambaran rencana garis kapal (Line Plan), terlebih dahulu dibuat CSA (*Curve Of Section Area*) dimana kurva tersebut akan menggambarkan besarnya luasan tiap – tiap section kapal yang direncanakan. Adapun data – data kapal rancangan yang diperlukan dalam penggambaran rencana garis ini adalah :

Panjang Antara Garis Tegak	(Lpp) :	47,77	m
Panjang Keseluruhan Kapal	(Loa) :	55,00	m
Panjang Garis Air Kapal	(Lwl) :	49,20	m
Lebar	(B) :	13,36	m
Tinggi	(H) :	3,52	m
Sarat Air	(T) :	2,53	m
Volume Displasemen Kapal	(vol $\Delta$ ) :	1075,366	m <sup>3</sup>
Koeffisien Blok	(Cb) :	0,666	
Koeffisien Tengah Kapal	(Cm) :	0,970	
Koeffisien Prismatik	(Cp) :	0,676	
Koeffisien Garis Air	(Cw) :	0,760	

##### V.1.1 Perhitungan Kurva Prismatik

Sebelum pembuatan gambar garis air kapal, terlebih dahulu dibuat kurva prismatik yang dimaksudkan untuk mendapatkan luasan pada tiap – tiap ordinat yang telah ditentukan. Perhitungan kurva prismatik ini akan sangat menentukan sekali bentuk badan kapal, dimana badan kapal tersebut dibuat harus stream line. Adapun perhitungan kurva prismatik adalah sebagai berikut :

##### 1) Luas Midship Kapal ( $A_m$ )

$$\begin{aligned}A_m &= B \times T \times C_m \\&= 13,36 \times 2,53 \times 0,970 \\&= 32,79 \text{ m}^2\end{aligned}$$

2) Luas Water Line Kapal ( $A_{wl}$ )

$$\begin{aligned} A_{wl} &= L_{wl} \times B \times C_w \\ &= 49,20 \times 13,36 \times 0,960 \\ &= 631,109 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

## 3) Titik Tekan Memanjang Kapal (LCB)

Penentuan letak titik tekan memanjang kapal (LCB), dimana penentuannya didasarkan pada letak titik berat kapal dan juga untuk mendapatkan tahanan yang sekecil mungkin. Dengan memakai grafik No.39 menurut Ikeda Masaharu, Ditentukan :

$$LCB = \frac{LCB}{L_{pp}}$$

Dimana dengan  $\frac{V}{\sqrt{L_{pp}}} = 0,287$  dari grafik tersebut, didapat

$LCB = -0,02$ , maka LCB kapal sebenarnya adalah :

$$\begin{aligned} LCB &= LCB_{\text{Ikeda Masaharu}} \times L_{pp} \\ &= -0,02 \times 47,77 \\ &= -0,955 \text{ m, dibelakang midship} \end{aligned}$$

## 4) Koefisien Prismatic Depan Dan Belakang

Setelah letak LCB ditentukan, selanjutnya menghitung harga

$C_{pf} - C_{pa}$  dengan memakai rumus  $C_p = \frac{(C_{pf} - C_{pa})}{2}$ , Dimana

sebelumnya dicari terlebih dahulu dari grafik No.39 dalam Ikeda Masaharu. Dari grafik tersebut didapat harga  $C_{pf} - C_{pa} = -0,03$ , maka dilakukan perhitungan:

- Koeffisien Prismatic Depan ( $C_{pf}$ )

$$\begin{aligned} C_{pf} &= C_p + \frac{(C_{pf} - C_{pa})}{2} \\ &= 0,676 + \frac{(-0,03)}{2} \\ &= 0,661 \end{aligned}$$

- Koeffisien Prismatic Belakang ( $C_{pa}$ )

$$\begin{aligned} C_{pa} &= C_p - \frac{(C_{pf} - C_{pa})}{2} \\ &= 0,676 - \frac{(-0,03)}{2} \\ &= 0,691 \end{aligned}$$

Setelah harga koeffisien prismatic depan ( $C_{pf}$ ) dan Belakang ( $C_{pa}$ ) diketahui, kemudian dilanjutkan dengan mencari luasan tiap – tiap section.

##### 5) Perhitungan Volume Displacemen LCB Dari Grafik CSA

Menentukan luasan tiap – tiap section berdasarkan grafik prosentase luasan terhadap terhadap luasan midship dari grafik No.40 – 41 dalam Ikeda Masaharu dan dilanjutkan dengan pembuatan grafik CSA.

Adapun luasan tiap section terhadap luasan midship kapal adalah sebagai berikut :

Tabel.5 Luasan Tiap Sektion Dari CSA

Station	% AM	AM	Luas	F.Simson	F.Luas	Lengan	F.Momen
0	0	32,787	0	0,5	0	-10	0
0,5	0,1	32,787	3,278678	2	6,557355	-9	-59,0162
1	0,25	32,787	8,196694	1	8,196694	-8	-65,5736
1,5	0,5	32,787	16,39339	2	32,78678	-7	-229,507
2	0,77	32,787	25,24582	1,5	37,86873	-6	-227,212
3	0,95	32,787	31,14744	2	62,29487	-4	-249,179
4	1	32,787	32,78678	4	131,1471	-2	-262,294
5	1	32,787	32,78678	2	65,57355	0	0
6	1	32,787	32,78678	4	131,1471	2	262,2942
7	1	32,787	32,78678	2	65,57355	4	262,2942
8	0,9	32,787	29,5081	1,5	44,26215	6	265,5729
8,5	0,7	32,787	22,95074	2	45,90149	7	321,3104
9	0,4	32,787	13,11471	1	13,11471	8	104,9177
9,5	0,1	32,787	3,278678	2	6,557355	9	59,0162
10	0	32,787	0	0,5	0	10	0
				$\Sigma 1$	650,9814	$\Sigma 2$	182,6223

Selanjutnya dari tabel berikut dibuat kurva prismatic (CSA) dan dilanjutkan perhitungan pemeriksaan volume displasemen dan letak LCB kapal.

$$L_{disp} = 48,485 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}
 h &= \frac{L_{disp}}{10} \\
 &= \frac{48,485}{10} \\
 &= 4,485
 \end{aligned}$$

➤ Volume Simpson

$$\begin{aligned}
 V_{simp} &= \frac{1}{3} \times h_1 \times \Sigma_1 \\
 &= \frac{1}{3} \times 4,485 \times 650,9814 \\
 &= 1052,094 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

➤ LCB simpson

$$\begin{aligned} \text{LCB}_{\text{simp}} &= \frac{\Sigma_2}{\Sigma_1} \times h_1 \\ &= \frac{182,6223}{650,9814} \times 4,485 \\ &= 1,360 \text{ m} \end{aligned}$$

➤ Volume Dsiplacement

$$\begin{aligned} \text{VDsip} &= \text{Ldisp} \times \text{B} \times \text{T} \times \text{CB} \\ &= 48,485 \times 13,36 \times 2,53 \times 0,666 \\ &= 1091,46 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

➤ LCB NSP

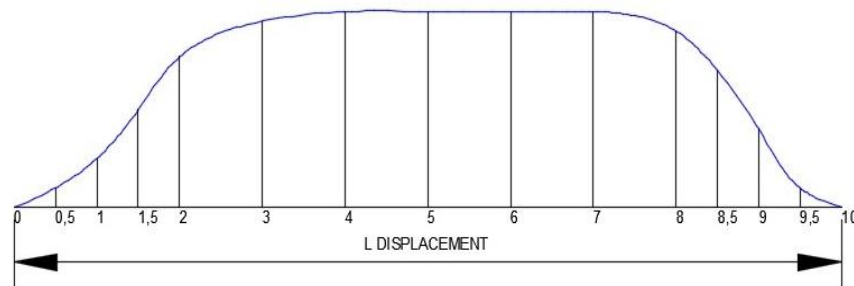
$$\begin{aligned} \text{LCB}_{\text{NSP}} &= 3\% \times \text{LDisplacement} \\ &= 3\% \times 48,485 \\ &= 1,45455 \text{ m} \end{aligned}$$

➤ Koreksi Volume & LCB

$$\begin{aligned} \text{Koreksi Volume} &= \left| \frac{\text{Vsimp} - \text{VDisp}}{\text{VDisp}} \right| 100\% \\ &= \left| \frac{1052,094 - 1091,46}{1091,46} \right| 100\% \\ &= 0,036068569 \% \quad (\text{memenuhi}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Koreksi Volume} &= \left| \frac{\text{LCBsimp} - \text{LCBNSP}}{\text{LCBNSP}} \right| 100\% \\ &= \left| \frac{1,360 - 1,454}{1,454} \right| 100\% \\ &= 0,064887098 \% \quad (\text{memenuhi}) \end{aligned}$$

## Curva Section Area Displacement



## 6) Perhitungan Luas Tiap Sektion Berdasarkan LPP &amp; LWL

Tabel.6 Luasan Tiap Sektion Berdasarkan LPP &amp; LWL

Station	% AM	AM	Luas	F.Simson	F.Luas	Lengan	F.Momen
-2	0	32,787	0,000	0,3	0,000	-10,6	0,000
-1	0,05	32,787	1,639	1,2	1,967	-10,3	-20,262
0	0,1	32,787	3,279	1,3	4,262	-10	-42,623
0,5	0,2	32,787	6,557	2	13,115	-9	-118,032
1	0,4	32,787	13,115	1	13,115	-8	-104,918
1,5	0,65	32,787	21,311	2	42,623	-7	-298,360
2	0,89	32,787	29,180	1,5	43,770	-6	-262,622
3	0,97	32,787	31,803	2	63,606	-4	-254,425
4	1	32,787	32,787	4	131,147	-2	-262,294
5	1	32,787	32,787	2	65,574	0	0,000
6	1	32,787	32,787	4	131,147	2	262,294
7	1	32,787	32,787	2	65,574	4	262,294
8	0,97	32,787	31,803	1,5	47,705	6	286,229
8,5	0,9	32,787	29,508	2	59,016	7	413,113
9	0,6	32,787	19,672	1	19,672	8	157,377
9,5	0,3	32,787	9,836	2	19,672	9	177,049
10	0	32,787	0,000	0,5	0,000	10	0,000
				Σ1	719,9976	Σ2	215,0813

Selanjutnya dari tabel berikut dibuat kurva prismatic (CSA) dan dilanjutkan perhitungan pemeriksaan volume displasemen dan letak LCB kapal.

$$L_{pp} = 47,77 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} h &= \frac{L_{pp}}{10} \\ &= \frac{47,77}{10} \\ &= 4,777 \end{aligned}$$

➤ Volume Simpson

$$\begin{aligned} V_{\text{simp}} &= \frac{1}{3} \times h_1 \times \Sigma_1 \\ &= \frac{1}{3} \times 4,777 \times 719,9976 \\ &= 1146,476 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

➤ LCB simpson

$$\begin{aligned} LCB_{\text{simp}} &= \frac{\Sigma_2}{\Sigma_1} \times h_1 \\ &= \frac{215,0813}{719,9976} \times 4,777 \\ &= 1,427 \text{ m} \end{aligned}$$

➤ Volume LWL

$$\begin{aligned} VLWL &= LWL \times B \times T \times CB \\ &= 49,92 \times 13,36 \times 2,53 \times 0,666 \\ &= 1107,56 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

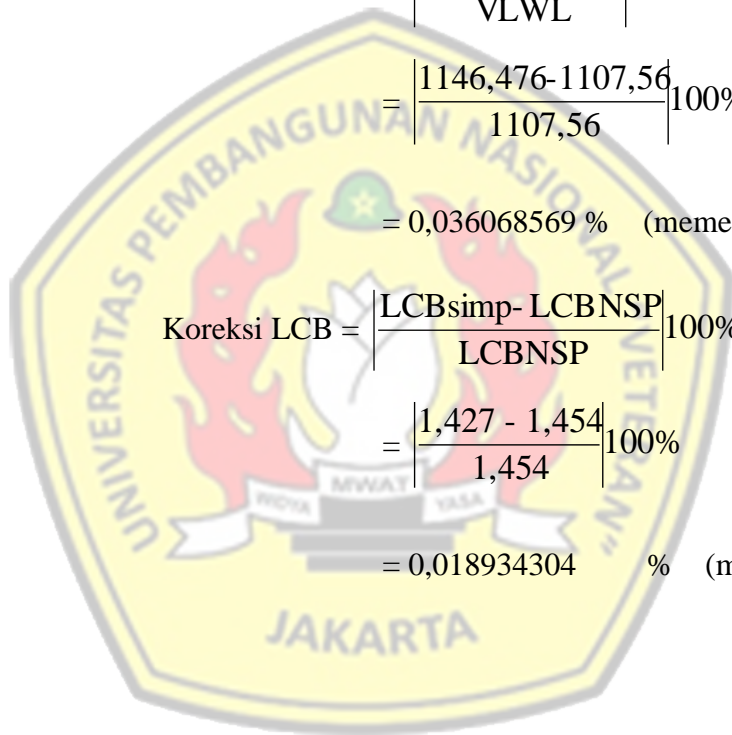
➤ LCB NSP

$$\begin{aligned} \text{LCB}_{\text{NSP}} &= 3\% \times \text{LDisplacement} \\ &= 3\% \times 48,485 \\ &= 1,45455 \quad \text{m} \end{aligned}$$

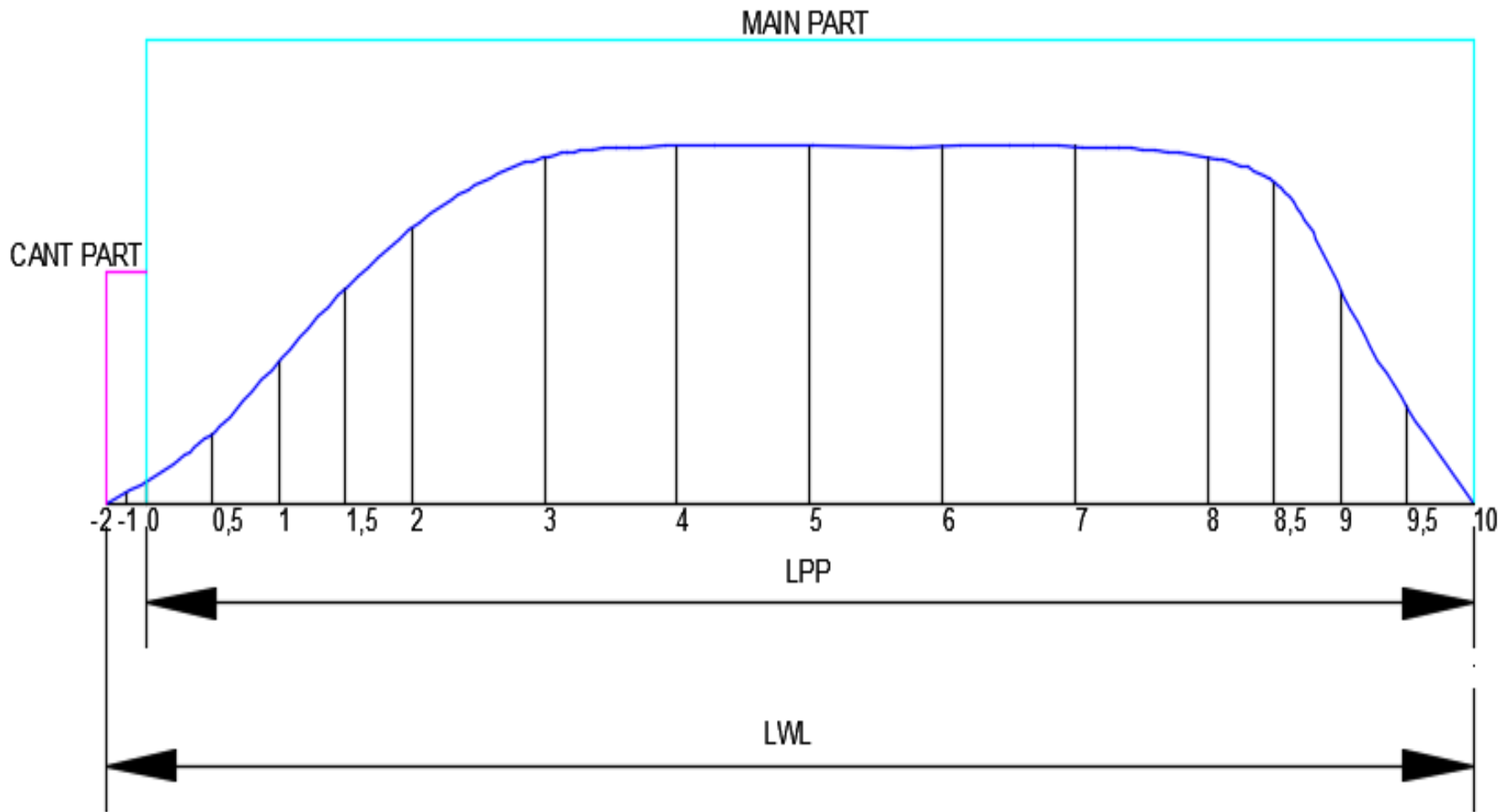
➤ Koreksi Volume & LCB

$$\begin{aligned} \text{Koreksi Volume} &= \left| \frac{V_{\text{simp}} - VL_{\text{WL}}}{VL_{\text{WL}}} \right| 100\% \\ &= \left| \frac{1146,476 - 1107,56}{1107,56} \right| 100\% \\ &= 0,036068569 \quad \% \quad (\text{memenuhi}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Koreksi LCB} &= \left| \frac{\text{LCB}_{\text{simp}} - \text{LCB}_{\text{NSP}}}{\text{LCB}_{\text{NSP}}} \right| 100\% \\ &= \left| \frac{1,427 - 1,454}{1,454} \right| 100\% \\ &= 0,018934304 \quad \% \quad (\text{memenuhi}) \end{aligned}$$







Gambar.3 Curva Section Area

### V.1.2 Pembuatan Body Plan

Setelah perhitungan dan penggambaran kurva prismatic, maka untuk selanjutnya direncanakan pembuatan body plan kapal sebagai awal untuk membuat rencana garis. Langkah – langkah pembuatan body plan adalah sebagai berikut :

#### 1) Perhitungan Besar Jari – Jari Bilga (*Radius of Bilga*)

Dalam menghitung jari – jari bilga digunakan dengan menggunakan rumus pendekatan Harald Phoels (*Lecture On Ship Design and Ship Teory, 1979*)

$$\begin{aligned}
 R &= \sqrt{\frac{B \times T(1 - C_m)}{0,4292}} \\
 &= \sqrt{\frac{13,36 \times 2,53(1 - 0,970)}{0,4292}} \\
 &= 1,54 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Dimana :  $C_m$  = Koeffisien Midship

$B$  = Lebar Kapal

$T$  = Draff Kapal

## 2) Perhitungan Tinggi Rise Of Floor

Tinggi rise of floor kapal rancangan didapat berdasarkan tinggi kapal pembeding.

Berdasarkan pertimbangan perancang tinggi rise of floor kapal rancangan ditetapkan sebesar = 500 mm.

## 3) Perhitungan Luas Garis Air ( $A_{wl}$ )

Setelah perhitungan dan pembuatan *Curve Sectional Area* (CSA) selesai, dilanjutkan dengan pemeriksaan luas bidang garis air pada sarat maksimum ( $A_{wl}$ ), dimana luas bidang garis air tersebut adalah :

$$\begin{aligned} A_{wl} &= L_{wl} \times B \times C_w \\ &= 49,20 \times 13,36 \times 0,960 \\ &= 631,019 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Dengan pertolongan sudut masuk (*Angle of Entrance*) yang merupakan fungsi dari  $C_{pf}$  (Koeffisien Prismatic Depan) dari grafik No.50 Ikeda Masaharu untuk kapal niaga (*Marchant Ship*) dengan *Form of Frames Type V*, didapat sudut masuk untuk  $\frac{1}{2} \alpha_E = 15^\circ$ , Kemudian dapat dibuat suatu bentuk garis air sepanjang garis air ( $L_{wl}$ ) kapal dan Luasnya dihitung dengan cara simpson.

Hasil  $A_{wl}$  dan  $C_w$  Perhitungan ini harus dibandingkan baik dengan  $A_{wl}$  maupun  $C_w$  Perencanaan dengan  $A_{wl}$  dan  $C_w$  telah memenuhi persyaratan yang diijinkan, maka untuk selanjutnya dilakukan penggambaran body plan untuk kapal yang direncanakan tersebut

Tabel.7 Luas Garis Air

TABEL A/2T

Station	A	2T	A/2T
-2	0,000	5,060	0,000
-1	1,639	5,060	0,324
0	3,279	5,060	0,648
0,5	6,557	5,060	1,296
1	13,115	5,060	2,592
1,5	21,311	5,060	4,212
2	29,180	5,060	5,767
3	31,803	5,060	6,285
4	32,787	5,060	6,480
5	32,787	5,060	6,480
6	32,787	5,060	6,480
7	32,787	5,060	6,480
8	31,803	5,060	6,285
8,5	29,508	5,060	5,832
9	19,672	5,060	3,888
9,5	9,836	5,060	1,944
10	0,000	5,060	0,000

TABEL AW (B/2)

Station	B/2	SIMPSON	F.LUAS
-2	4,443	0,3	1,3329
-1	4,623	1,2	5,5476
0	4,802	1,3	6,2426
0,5	5,382	2	10,764
1	5,903	1	5,903
1,5	6,333	2	12,666
2	6,636	1,5	9,954
3	6,680	2	13,36
4	6,680	4	26,72
5	6,680	2	13,36
6	6,680	4	26,72
7	6,680	2	13,36
8	6,680	1,5	10,02
8,5	6,345	2	12,69
9	5,648	1	5,648
9,5	4,695	2	9,39
10	3,608	0,5	1,804
		$\Sigma$	178,602

$$L_{pp} = 47,77 \text{ m}$$

$$h = \frac{L_{pp}}{10}$$

$$= \frac{47,77}{10}$$

$$= 4,777$$

➤ AW Simpson

$$Lu_{simp} = \frac{1}{3} \times h \times \Sigma$$

$$= \frac{1}{3} \times 4,777 \times 178,602$$

$$= 284,393 \text{ m}^2$$

$$\begin{aligned}
 \text{AWSimp} &= 2 \times \text{LuasSimp} \\
 &= 2 \times 284,393 \\
 &= 568,787 \quad \text{m}^2
 \end{aligned}$$

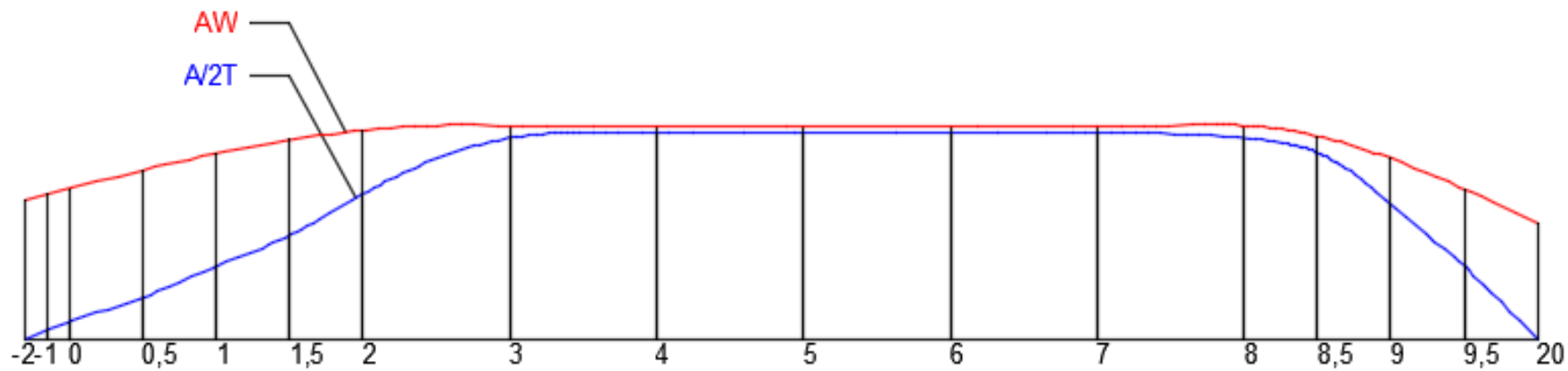
➤ AW

$$\begin{aligned}
 \text{AW} &= \text{LWL} \times \text{B} \times \text{CW} \\
 &= 49,92 \times 13,36 \times 0,96 \\
 &= 631,01952 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

➤ Koreksi AW

$$\begin{aligned}
 \text{Koreksi AW} &= \left| \frac{\text{AWSimp} - \text{AW}}{\text{AW}} \right| 100\% \\
 &= \left| \frac{568,787 - 631,01952}{631,01952} \right| 100\% \\
 &= 0,098622873\% \quad (\text{memenuhi})
 \end{aligned}$$

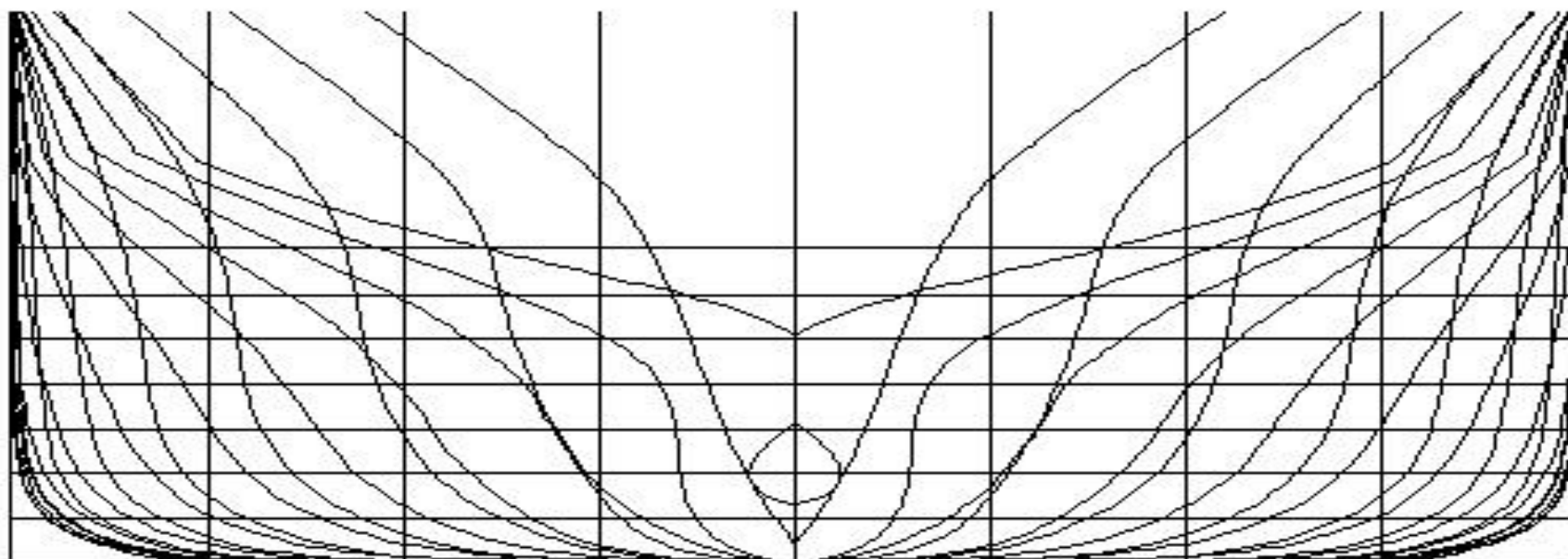




Gambar.4 Area Water Line

Setelah semua data – data untuk pembuatan Body Plan kapal telah selesai dilakukan, seperti Kurva Prismatik (CSA), luasan bidang garis air serta jari – jari Bilga, maka dilanjutkan dengan penggambaran Body Plan seperti yang terdapat dalam Ikeda Masaharu. Adapun langkah – langkah pembuatan body plan adalah sebagai berikut :

- a. Membuat empat persegi panjang dengan sisi mendatar adalah lebar kapal dan sisi vertikal adalah tinggi sarat air kapal.
- b. Pada sarat air maksimum ditengah kapal, ditarik garis diagonal dengan sudut sembarang ke arah setengah lebar kapal, dalam penggambaran ini ditentukan besar sudutnya =  $45^\circ$
- c. Pada setengah lebar kapal ditentukan titik dengan menggunakan rumus  $\frac{B \times Cm}{2}$  , Kemudian pada garis diagonal ditentukan panjang maksimum garis tersebut dengan mengambil tinggi maksimum dari kurva prismatik (untuk section 5), kemudian dihubungkan antara kedua titik tersebut.
- d. Untuk section berikutnya, pada garis diagonal diambil dari kurva prismatik untuk tiap – tiap section dan dibuat sejajar dengan section 5 dan ditarik tegak lurus bidang setengah lebar kapal.
- e. Setelah semua garis pembagi untuk setiap section selesai dilakukan, dilanjutkan dengan mengukur panjang setiap section dari luas bidang garis air. Dengan menggunakan planimeter dan gambar kapal pembanding dilakukan *zero setting*



Gambar.5 Body Plan



### V.1.3 Rencana Garis

Setelah pembentukan Body Plan kapal telah selesai dilakukan, maka dilanjutkan dengan penggambaran rencana garis kapal. Adapun perhitungan – perhitungan yang dilakukan untuk menggambarkan rencana garis (Line Plan) adalah sebagai berikut :

#### 1) Menentukan Sheer

Sheer untuk kapal yang akan dirancang, penulis mempertimbangkan untuk mengikuti sheer kapal pemanding dengan ketinggian 600 mm.

#### 2) Menentukan Tinggi Camber

$$\begin{aligned} \text{Camber} &= \frac{1}{50} \times B \\ &= \frac{1}{50} \times 13,36 \\ &= 0,267 \text{ m} \end{aligned}$$

#### 3) Rencana Linggi Buritan

Rencana Kemudi :

##### ➤ Luas Daun Kemudi ( $A_{\text{rudder}}$ )

Menurut Det Norske Varitas 1974 Dalam Soekarsono N.A., 1995

$$\begin{aligned} A_{\text{rudder}} &= \frac{T \times L_{pp}}{100} \times \left[ 1 + 25 \left( \frac{B}{LPP} \right)^2 \right] \\ &= \frac{2,53 \times 47,77}{100} \times \left[ 1 + 25 \left( \frac{13,36}{47,77} \right)^2 \right] \\ &= 3,564 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

➤ Tinggi Daun Kemudi

$$\begin{aligned} H_{\text{rudder}} &= (0,6 - 0,7) \times T \\ &= 0,7 \times 2,53 \\ &= 1,77 \text{ m} \end{aligned}$$

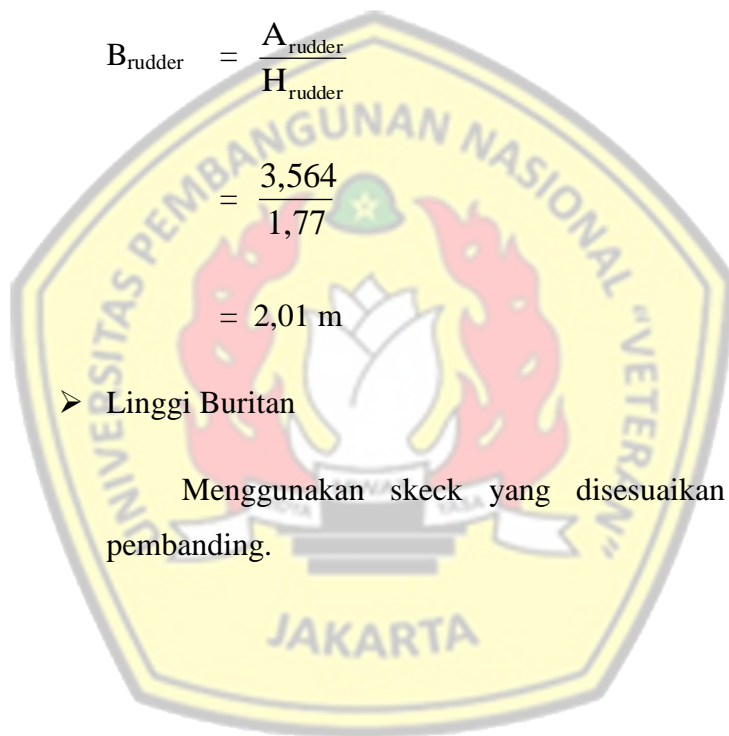
$$H_{\text{rudder}} = 4 \text{ m}$$

➤ Lebar Daun Kemudi

$$\begin{aligned} B_{\text{rudder}} &= \frac{A_{\text{rudder}}}{H_{\text{rudder}}} \\ &= \frac{3,564}{1,77} \\ &= 2,01 \text{ m} \end{aligned}$$

➤ Linggi Buritan

Menggunakan skeck yang disesuaikan dengan kapal pemanding.



#### V.1.4 Perhitungan Hidrostatik Kapal

Kurva hidrostatik merupakan karakteristik dari sebuah kapal yang diperlukan dalam mendisain, membangun dan pengoperasian kapal tersebut. Diagram hidrostatik ini menunjukkan karakter yang menyangkut kemampuan apung serta berbagai parameter dalam berbagai kondisi pada kapal tersebut. Adapun kurva – kurva yang digambarkan dalam diagram tersebut adalah meliputi :

- Luasan pada tiap – tiap garis air
- Kurva displasemen
- Titik tekan pada tiap luasan garis air
- Kurva koefisien – koefisien kapal
- Momen inersia memanjang pada setiap luasan garis air
- Momen inersia melintang pada setiap luasan garis air
- $KM_T$  , Metacentra melintang diatas garis dasar
- $KM_L$  , Metacentra memanjang diatas garis dasar

Untuk Memudahkan Pembacaan, maka tiap kurva yang bersangkutan diberikan petunjuk serta skala ukuran antara gambar yang sesungguhnya dan juga untuk mempersingkat waktu pengerjaan, perhitungan tiap – tiap kurva telah dimasukan kedalam tabel – tabel.

## HIDROSTATIC CALCULATION OF MAIN PART

Tabel.8 Hidrostatic Calculation Of Main Part \*1

NO Ord	M L n	S M S	0 m WL – 1,0 m WL							1,0 m WL										
			0 m WL		0,45 m WL			0,9 m WL		Function of Area $\sum YS^1$	$\sum (YS^1) S$	Moment $\sum (YS^1) Sn$	Cubes of Ordinates $Y^3$	Function of Cubes $Y^3.s$	Fucion for CG OF WP $YSn$	Fucion of Moment $(Ysn).n$	Half Girth g	Product g.s		
			$S^1 = 1$		$S^1 = 4$			$S^1 = 1$												
			$Y = YS^1$	YS	Y	$Y = YS^1$	YS	$Y = YS^1$	YS											
AP	-5	0,5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000		
0,5	-4,5	2	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000		
1	-4	1	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	2,025	2,025	2,025	2,025	0,000	8,304	8,304	-8,100	32,400	2,750	2,750	
1,5	-3,5	2	0,000	0,000	4,675	18,700	9,350	6,325	12,650	25,025	50,050	-175,175	253,036	506,071	-44,275	154,963	6,600	13,200		
2	-3	1,5	0,000	0,000	5,875	23,500	8,813	6,575	9,863	30,075	45,113	-135,338	284,241	426,362	-29,588	88,763	6,800	10,200		
3	-2	4	0,000	0,000	5,875	23,500	23,500	6,575	26,300	30,075	120,300	-240,600	284,241	1136,965	-52,600	105,200	6,800	27,200		
4	-1	2	0,000	0,000	5,875	23,500	11,750	6,575	13,150	30,075	60,150	-60,150	284,241	568,483	-13,150	13,150	6,800	13,600		
5	0	4	0,000	0,000	5,875	23,500	23,500	6,575	26,300	30,075	120,300	0,000	284,241	1136,965	0,000	0,000	6,800	27,200		
6	1	2	0,000	0,000	5,875	23,500	11,750	6,575	13,150	30,075	60,150	60,150	284,241	568,483	13,150	13,150	6,800	13,600		
7	2	4	0,000	0,000	5,875	23,500	23,500	6,575	26,300	30,075	120,300	240,600	284,241	1136,965	52,600	105,200	6,800	27,200		
8	3	1,5	0,000	0,000	5,600	22,400	8,400	6,325	9,488	28,725	43,088	129,263	253,036	379,553	28,463	85,388	6,600	9,900		
8,5	3,5	2	0,000	0,000	4,575	18,300	9,150	5,875	11,750	24,175	48,350	169,225	202,779	405,559	41,125	143,938	6,100	12,200		
9	4	1	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	4,125	4,125	4,125	4,125	16,500	70,189	70,189	16,500	66,000	4,700	4,700		
9,5	4,5	2	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000		
FP	5	0,5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	
Function of WL $\sum YS$			0,000		129,713			155,100 (4)		673,950 (1)		-3,625 (3)		6343,900 (5)		4,125 (6)		826,150 (7)		161,750 (8)
S . M . (S)			1,000		4,000			1,000												
$\sum (YS^1) S$			0,000		518,850			158,225		673,950 (1)										
M . L (n <sup>1</sup> )			-1,000		0,000			1,000												
$\sum (YS^1) Sn$			0,000		0,000			158,225		155,100 (2)										

Tabel.9 Hidrostatic Calculation Of Main Part \*2

NO. Ord	M L n	S M S	1,0 m WL – 1,50 m WL								1,50 m WL								
			0,9 m WL		1,25 m WL			1,35 m WL			Function of Area $\sum YS^1$	$\sum (YS^1) S$	Moment $\sum (YS^1) S_n$	Cubes of Ordinates $Y^3$	Function of Cubes $Y^3.s$	Fucion for CG OF WP $YS_n$	Fucion of Moment $(Ys_n).n$	Half Girth g	Product g.s
			$S^1 = 1$		$S^1 = 4$			$S^1 = 1$											
			$Y = YS^1$	YS	Y	$Y = YS^1$	YS	$Y = YS^1$	YS										
AP	-5	0,5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
0,5	-4,5	2	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1	-4	1	2,025	2,025	3,675	14,700	3,675	5,475	5,475	22,200	22,200	-88,800	164,117	164,117	-21,900	87,600	0,000	0,000	0,000
1,5	-3,5	2	6,325	12,650	6,475	25,900	12,950	6,700	13,400	38,925	77,850	-272,475	300,763	601,526	-46,900	164,150	6,530	6,530	6,530
2	-3	1,5	6,575	9,863	6,675	26,700	10,013	6,825	10,238	40,100	60,150	-180,450	317,913	476,869	-30,713	92,138	7,200	14,400	14,400
3	-2	4	6,575	26,300	6,675	26,700	26,700	6,825	27,300	40,100	160,400	-320,800	317,913	1271,651	-54,600	109,200	7,300	10,950	10,950
4	-1	2	6,575	13,150	6,675	26,700	13,350	6,825	13,650	40,100	80,200	-80,200	317,913	635,826	-13,650	13,650	7,300	29,200	29,200
5	0	4	6,575	26,300	6,675	26,700	26,700	6,825	27,300	40,100	160,400	0,000	317,913	1271,651	0,000	0,000	7,300	14,600	14,600
6	1	2	6,575	13,150	6,675	26,700	13,350	6,825	13,650	40,100	80,200	80,200	317,913	635,826	13,650	13,650	7,300	29,200	29,200
7	2	4	6,575	26,300	6,675	26,700	26,700	6,825	27,300	40,100	160,400	320,800	317,913	1271,651	54,600	109,200	7,300	14,600	14,600
8	3	1,5	6,325	9,488	6,475	25,900	9,713	6,575	9,863	38,800	58,200	174,600	284,241	426,362	29,588	88,763	7,300	29,200	29,200
8,5	3,5	2	5,875	11,750	6,075	24,300	12,150	6,225	12,450	36,400	72,800	254,800	241,223	482,445	43,575	152,513	7,300	10,950	10,950
9	4	1	4,125	4,125	4,775	19,100	4,775	5,475	5,475	28,700	28,700	114,800	164,117	164,117	21,900	87,600	7,050	14,100	14,100
9,5	4,5	2	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	3,375	6,750	3,375	6,750	30,375	38,443	76,887	30,375	136,688	6,650	6,650	6,650
FP	5	0,5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	6,150	12,300	12,300
Function of WL $\sum YS$			158,225		163,200			176,225 (4)			987,250 (1)	33,975 (3)	7910,839 (5)	27,050 (6)	1078,213 (7)		178,525 (8)		
S . M . (S)			1,000		4,000			1,000											
$\sum (YS^1) S$			158,225		652,800			176,225			987,250 (1)								
M . L (n <sup>1</sup> )			-1,000		0,000			1,000											
$\sum (YS^1) S_n$			-158,225		0,000			176,225			18,000 (2)								

Tabel.10 Hidrostatic Calculation Of Main Part \*3

NO. Ord	M L n	S M S	1,50 m WL – 2,00 m WL							2,00 m WL											
			1,35 m WL		1,57 m WL			1,8 m WL		Function of Area $\sum YS^1$	$\sum (YS^1) S$	Moment $\sum (YS^1) S_n$	Cubes of Ordinates $Y^3$	Function of Cubes $Y^3.s$	Function for CG OF WP $YS_n$	Function of Moment $(Ys_n).n$	Half Girth g	Product g.s			
			$S^1 = 1$		$S^1 = 4$			$S^1 = 1$													
			$Y = YS^1$	YS	Y	$Y = YS^1$	YS	$Y = YS^1$	YS												
AP	-5	0,5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000			
0,5	-4,5	2	0,000	0,000	0,775	3,100	1,550	3,475	6,950	6,575	13,150	-59,175	41,963	83,926	-31,275	140,738	5,100	10,200			
1	-4	1	5,475	5,475	6,075	24,300	6,075	6,550	6,550	36,325	36,325	-145,300	281,011	281,011	-26,200	104,800	7,500	7,500			
1,5	-3,5	2	6,700	13,400	6,775	27,100	13,550	6,875	13,750	40,675	81,350	-284,725	324,951	649,902	-48,125	168,438	7,650	15,300			
2	-3	1,5	6,825	10,238	6,875	27,500	10,313	6,875	10,313	41,200	61,800	-185,400	324,951	487,427	-30,938	92,813	7,800	11,700			
3	-2	4	6,825	27,300	6,875	27,500	27,500	6,875	27,500	41,200	164,800	-329,600	324,951	1299,805	-55,000	110,000	7,800	31,200			
4	-1	2	6,825	13,650	6,875	27,500	13,750	6,875	13,750	41,200	82,400	-82,400	324,951	649,902	-13,750	13,750	7,800	15,600			
5	0	4	6,825	27,300	6,875	27,500	27,500	6,875	27,500	41,200	164,800	0,000	324,951	1299,805	0,000	0,000	7,800	31,200			
6	1	2	6,825	13,650	6,875	27,500	13,750	6,875	13,750	41,200	82,400	82,400	324,951	649,902	13,750	13,750	7,750	15,500			
7	2	4	6,825	27,300	6,875	27,500	27,500	6,875	27,500	41,200	164,800	329,600	324,951	1299,805	55,000	110,000	7,750	31,000			
8	3	1,5	6,575	9,863	6,625	26,500	9,938	6,725	10,088	39,800	59,700	179,100	304,142	456,213	30,263	90,788	7,500	11,250			
8,5	3,5	2	6,225	12,450	6,275	25,100	12,550	6,425	12,850	37,750	75,500	264,250	265,228	530,456	44,975	157,413	7,100	14,200			
9	4	1	5,475	5,475	5,575	22,300	5,575	5,825	5,825	33,600	33,600	134,400	197,646	197,646	23,300	93,200	6,750	6,750			
9,5	4,5	2	3,375	6,750	2,175	8,700	4,350	4,125	8,250	16,200	32,400	145,800	70,189	140,379	37,125	167,063	5,700	11,400			
FP	5	0,5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000			
Function of WL $\sum YS$			176,225		177,525			188,200 (4)		1074,525 (1)		50,075 (3)		8487,548 (5)		-0,875 (6)		1290,875 (7)		212,800 (8)	
S . M . (S)			1,000		4,000			1,000													
$\sum (YS^1) S$			176,225		700,100			188,200		1074,525 (1)											
M . L (n <sup>1</sup> )			-1,000		0,000			1,000													
$\sum (YS^1) S_n$			-176,225		0,000			188,200		11,975 (2)											

Tabel.11 Hidrostatic Calculation Of Main Part \*4

NO. Ord	M L n	S M S	2,00 m WL – 2,53 m WL							2,53 m WL											
			1,8 m WL		2,02 m WL			2,61 m WL		Function of Area $\sum YS^1$	$\sum (YS^1) S$	Moment $\sum (YS^1) S_n$	Cubes of Ordinates $Y^3$	Function of Cubes $Y^3.s$	Function for CG OF WP $YS_n$	Function of Moment $(YS_n).n$	Half Girth g	Product g.s			
			$S^1 = 1$		$S^1 = 4$			$S^1 = 1$													
			$Y = YS^1$	YS	Y	$Y = YS^1$	YS	$Y = YS^1$	YS												
AP	-5	0,5	0,000	0,000	2,375	9,500	1,188	4,275	2,138	13,775	6,888	-34,438	78,128	39,064	-10,688	53,438	6,300	3,150			
0,5	-4,5	2	3,475	6,950	4,975	19,900	9,950	5,925	11,850	29,300	58,600	-263,700	208,001	416,002	-53,325	239,963	7,100	14,200			
1	-4	1	6,550	6,550	6,675	26,700	6,675	6,775	6,775	40,025	40,025	-160,100	310,977	310,977	-27,100	108,400	8,000	8,000			
1,5	-3,5	2	6,875	13,750	6,875	27,500	13,750	6,875	13,750	41,250	82,500	-288,750	324,951	649,902	-48,125	168,438	8,100	16,200			
2	-3	1,5	6,875	10,313	6,875	27,500	10,313	6,875	10,313	41,250	61,875	-185,625	324,951	487,427	-30,938	92,813	8,250	12,375			
3	-2	4	6,875	27,500	6,875	27,500	27,500	6,875	27,500	41,250	165,000	-330,000	324,951	1299,805	-55,000	110,000	8,250	33,000			
4	-1	2	6,875	13,750	6,875	27,500	13,750	6,875	13,750	41,250	82,500	-82,500	324,951	649,902	-13,750	13,750	8,250	16,500			
5	0	4	6,875	27,500	6,875	27,500	27,500	6,875	27,500	41,250	165,000	0,000	324,951	1299,805	0,000	0,000	8,250	33,000			
6	1	2	6,875	13,750	6,875	27,500	13,750	6,875	13,750	41,250	82,500	82,500	324,951	649,902	13,750	13,750	8,200	16,400			
7	2	4	6,875	27,500	6,875	27,500	27,500	6,875	27,500	41,250	165,000	330,000	324,951	1299,805	55,000	110,000	8,200	32,800			
8	3	1,5	6,725	10,088	6,775	27,100	10,163	6,775	10,163	40,600	60,900	182,700	310,977	466,465	30,488	91,463	7,600	11,400			
8,5	3,5	2	6,425	12,850	6,475	25,900	12,950	6,525	13,050	38,850	77,700	271,950	277,806	555,612	45,675	159,863	7,200	14,400			
9	4	1	5,825	5,825	5,925	23,700	5,925	5,975	5,975	35,500	35,500	142,000	213,311	213,311	23,900	95,600	6,600	6,600			
9,5	4,5	2	4,125	8,250	4,675	18,700	9,350	4,975	9,950	27,800	55,600	250,200	123,134	246,269	44,775	201,488	0,000	0,000			
FP	5	0,5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000			
Function of WL $\sum YS$					193,950			197,650 (4)		1161,650 (1)		-87,325 (3)		9075,697 (5)		-25,650 (6)		1488,650 (7)		233,225 (8)	
S . M . (S)			1,000		4,000			1,000													
$\sum (YS^1) S$			188,200		775,800			197,650		1161,650 (1)											
M . L (n <sup>1</sup> )			-1,000		0,000			1,000													
$\sum (YS^1) S_n$			-188,200		0,000			197,650		9,450 (2)											

Lpp = 47,770 m	B = 13,360 m	T = 2,530 m	Lwl = 49,200 m				
Draft 0 = 0,000 m	Draft 1 = 1,000 m	Draft 2 = 1,500 m	Draft 3 = 2,000 m	Draft 4 = 2,530 m			
$\alpha = 4,715$ m	Lw = 39,350 m	Lwl 2 = 41,550 m	Lwl 3 = 44,850 m	Lwl 4 = 49,200 m			
<hr/>							
*1			*2				
(1) 688,575	0-KB = 0,000 m		(1) 987,200	0-KB = 0,553 m			
(2) 158,225	VOlo = 0,000 m <sup>3</sup>		(2) 18,000	Volo = 270,954 m <sup>3</sup>			
(3) -3,625	MSAo = 0,000 m <sup>2</sup>		(3) 33,975	MSAo = 9,210 m <sup>2</sup>			
(4) 158,225	DIFWSA = 0,000 m <sup>2</sup>		(4) 176,225	DIFWSA = 424,324 m <sup>2</sup>			
(5) 6721,233	DIFSH = 0,000 Ton		(5) 7910,839	DIFSH = 6,0289 Ton			
(6) 4,125			(6) 27,050				
(7) 826,150			(7) 1078,213				
(8) 161,750			(8) 178,525				
(9) 30,700			(9) 40,850				
Lwl = 39,350 m	B = 13,360 m	Draft = 1,000 m	Lwl = 41,550 m	B = 13,360 m	Draft = 1,500 m		
$\alpha = 3,935$ m	$\beta = 0,45$ m		$\alpha = 4,165$ m	$\beta = 0,23$ m			
VOLUME = $2 \times 1/3 \times 1/3 \times \alpha \times \beta \times (1)$	=	270,954 m <sup>3</sup>	VOLUME = $2 \times 1/3 \times 1/3 \times \alpha \times \beta \times (1)$	=	205,595 m <sup>3</sup>		
DISPLACEMENT = 1.025 x VOLUME	=	277,728 Ton	DISPLACEMENT = 1.025 x VOLUME	=	210,735 Ton		
KB = (0-KB) + (2) x $\beta$ / (1)	=	0,553 m	KB = (0-KB) + (2) x $\beta$ / (1)	=	1,129 m		
OB = (3) x $\alpha$ / (1)	=	-0,021 m	OB = (3) x $\alpha$ / (1)	=	0,143 m		
WPA = $2 \times 1/3 \times \alpha \times (4)$	=	415,077 m <sup>2</sup>	WPA = $2 \times 1/3 \times \alpha \times (4)$	=	489,318 m <sup>2</sup>		
CW = WPA / LWL X b	=	0,733	CW = WPA / LWL X b	=	0,839		
MSA = $2 \times 1/3 \times \beta \times (9)$	=	9,210 m <sup>2</sup>	MSA = $2 \times 1/3 \times \beta \times (9)$	=	6,128 m <sup>2</sup>		
MSA 0 mWL ~ mWL = MSAo + MSAa	=	9,210 m <sup>2</sup>	MSA 0 mWL ~ mWL = MSAo + MSAa	=	15,338 m <sup>2</sup>		
CO = MSA / B X d	=	0,689	CO = MSA / B X d	=	0,306		
VOLUME = 0 ~ 1 mWL = VOlo + VOLA	=	270,954 m <sup>3</sup>	VOLUME = 0 ~ 1 mWL = VOlo + VOLA	=	476,549 m <sup>3</sup>		
CB = VOLUME / LWL x B x d	=	0,515	CB = VOLUME / LWL x B x d	=	0,572		
$l_1 = 2 \times 1/3 \times 1/3 \times \alpha \times (5)$	=	5877,345 m <sup>4</sup>	$l_1 = 2 \times 1/3 \times 1/3 \times \alpha \times (5)$	=	7321,921 m <sup>4</sup>		
TBM = $l_1$ / VOLUME	=	21,691 m	TBM = $l_1$ / VOLUME	=	15,364 m		
OF = (6) x $\alpha$ / (4)	=	0,103 m	OF = (6) x $\alpha$ / (4)	=	0,639 m		
$(6)^2 / (4)$	=	0,108	$(6)^2 / (4)$	=	4,152		
$l_L ((7) - (6)^2 / (4)) \times 2/3 \times \alpha^3$	=	33554,079 m <sup>4</sup>	$l_L ((7) - (6)^2 / (4)) \times 2/3 \times \alpha^3$	=	51734,763 m <sup>4</sup>		
LBM = $l_L$ VOLUME	=	123,837 m	LBM = $l_L$ VOLUME	=	108,561 m		
WSA = $2 \times 1/3 \times \alpha \times (8)$	=	424,324 m <sup>2</sup>	WSA = $2 \times 1/3 \times \alpha \times (8)$	=	495,704 m <sup>2</sup>		
DIFFERENCE OF WSA	=	0,000 m <sup>2</sup>	DIFFERENCE OF WSA	=	424,324 m <sup>2</sup>		
WSA 0 m WL ~ 1 m WL	=	424,324 m <sup>2</sup>	WSA 0 m WL ~ 1,5 mWL	=	71,380 m <sup>2</sup>		
SHELL DISPLACEMENT = 1,025 / 1,000 x 0,014 x	=	6,089 Ton	SHELL DISPLACEMENT = 1,025 / 1,000 x 0,014 x	=	1,024 Ton		
DIFFERENCE OF SHELL DISPLACEMENT	=	0,000 Ton	DIFFERENCE OF SHELL DISPLACEMENT	=	6,089 Ton		
TOTAL SHELL DISPLACEMENT	=	6,089 Ton	TOTAL SHELL DISPLACEMENT	=	7,113 Ton		



Lpp = 47,770 m	B = 13,360 m	T = 2,530 m	Lwl = 49,200 m				
Draft 0 = 0,000 m	Draft 1 = 1,000 m	Draft 2 = 1,500 m	Draft 3 = 2,000 m	Draft 4 = 2,530 m			
$\alpha = 4,715$ m	Lw = 39,350 m	Lwl 2 = 41,550 m	Lwl 3 = 44,850 m	Lwl 4 = 49,200 m			
*3				*4			
(1) 688,575	0-KB = 1,129 m	(1) 987,200	0-KB = 1,578 m				
(2) 158,225	VOlo = 476,549 m <sup>3</sup>	(2) 18,000	VOlo = 717,511 m <sup>3</sup>				
(3) -3,625	MSAo = 15,338 m <sup>2</sup>	(3) 33,975	MSAo = 21,630 m <sup>2</sup>				
(4) 158,225	DIFWSA = 71,380 m <sup>2</sup>	(4) 176,225	DIFWSA = 564,892 m <sup>2</sup>				
(5) 6721,233	DIFSH = 7,113 Ton	(5) 7910,839	DIFSH = 15,220 Ton				
(6) 4,125		(6) 27,050					
(7) 826,150		(7) 1078,213					
(8) 161,750		(8) 178,525					
(9) 30,700		(9) 40,850					
Lwl = 44,850 m	B = 13,360 m	Draft = 2,000 m	Lwl = 49,200 m	B = 13,360 m	Draft = 2,530 M		
$\alpha = 4,485$ m	$\beta = 0,225$ m		$\alpha = 2,530$ m	$\beta = 0,225$ m			
VOLUME = $2 \times 1/3 \times 1/3 \times \alpha \times \beta \times (1)$	= 240,962 m <sup>3</sup>	VOLUME = $2 \times 1/3 \times 1/3 \times \alpha \times \beta \times (1)$	= 273,859 m <sup>3</sup>				
DISPLACEMENT = $1.025 \times$ VOLUME	= 246,986 Ton	DISPLACEMENT = $1.025 \times$ VOLUME	= 280,705 Ton				
KB = $(0-KB) + (2) \times \beta / (1)$	= 1,578 m	KB = $(0-KB) + (2) \times \beta / (1)$	= 2,027 M				
OB = $(3) \times \alpha / (1)$	= 0,209 m	OB = $(3) \times \alpha / (1)$	= -0,354 M				
WPA = $2 \times 1/3 \times \alpha \times (4)$	= 562,718 m <sup>2</sup>	WPA = $2 \times 1/3 \times \alpha \times (4)$	= 621,280 m <sup>2</sup>				
CW = WPA / LWL X b	= 0,896	CW = WPA / LWL X b	= 0,941				
MSA = $2 \times 1/3 \times \beta \times (9)$	= 6,293 m <sup>2</sup>	MSA = $2 \times 1/3 \times \beta \times (9)$	= 6,300 m <sup>2</sup>				
MSA 0 mWL ~ mWL = MSAo + MSAa	= 21,630 m <sup>2</sup>	MSA 0 mWL ~ mWL = MSAo + MSAa	= 27,930 m <sup>2</sup>				
CO = MSA / B X d	= 0,235	CO = MSA / B X d	= 0,186				
VOLUME = $0 \sim 1$ mWL = VOlo + VOLa	= 717,511 m <sup>3</sup>	VOLUME = $0 \sim 1$ mWL = VOlo + VOLa	= 991,370 m <sup>3</sup>				
CB = VOLUME / LWL x B x d	= 0,598	CB = VOLUME / LWL x B x d	= 0,596				
$l_1 = 2 \times 1/3 \times 1/3 \times \alpha \times (5)$	= 8459,257 m <sup>4</sup>	$l_1 = 2 \times 1/3 \times 1/3 \times \alpha \times (5)$	= 9509,314 m <sup>4</sup>				
TBM = $l_1 /$ VOLUME	= 11,790 m	TBM = $l_1 /$ VOLUME	= 9,952 M				
OF = $(6) \times \alpha / (4)$	= -0,021 m	OF = $(6) \times \alpha / (4)$	= -0,612 M				
$(6)^2 / (4) =$	= 0,004	$(6)^2 / (4) =$	= 3,329				
$l_L ((7) - (6)^2 / (4)) \times 2/3 \times \alpha^3$	= 77638,816 m <sup>4</sup>	$l_L ((7) - (6)^2 / (4)) \times 2/3 \times \alpha^3$	= 103794,474 m <sup>4</sup>				
LBM = $l_L$ VOLUME	= 108,206 m	LBM = $l_L$ VOLUME	= 104,698 M				
WSA = $2 \times 1/3 \times \alpha \times (8)$	= 636,272 m <sup>2</sup>	WSA = $2 \times 1/3 \times \alpha \times (8)$	= 733,104 m <sup>2</sup>				
DIFFERENCE OF WSA	= 71,380 m <sup>2</sup>	DIFFERENCE OF WSA	= 564,892 m <sup>2</sup>				
WSA 0 m WL ~ 2 m WL	= 564,892 m <sup>2</sup>	WSA 0 m WL ~ 2,3 m WL	= 168,212 m <sup>2</sup>				
SHELL DISPLACEMENT = $1,025 / 1,000 \times 0,014 \times$	= 8,106 Ton	SHELL DISPLACEMENT = $1,025 / 1,000 \times 0,014 \times$	= 2,414 Ton				
DIFFERENCE OF SHELL DISPLACEMENT	= 7,113 Ton	DIFFERENCE OF SHELL DISPLACEMENT	= 15,220 Ton				
TOTAL SHELL DISPLACEMENT	= 15,220 Ton	TOTAL SHELL DISPLACEMENT	= 17,633 Ton				

## HAYASE'S FORMULA

$$m = 2/5 h$$

$$n = 2/5 l$$

## 1) Sectional Area Dan V.C.B.AT Station AP

Half Breadth	S.M	Product
4,400	1	4,400
1,700	4	6,800
0.000	1	0,000
	$\Sigma_1 =$	11,200

$$h = 0.5$$

$$\text{Area} = 2 \times \frac{1}{3} \times \frac{h}{2} \times \Sigma_1$$

$$= 2 \times \frac{1}{3} \times \frac{0,5}{2} \times 11,200$$

$$= 0.515 \text{ m}^2$$

$$\text{V.C.B. Below WL} = \frac{2}{5} \times h$$

$$= \frac{2}{5} \times 0,5$$

$$= 0.060 \text{ m}$$

## 2) Sectional Area Dan V.C.B.AT Station Midship Cant Part

Half Breadth	S.M	Product
4,400	1	4,400
1,800	4	7,200
0.000	1	0,000
	$\Sigma_1 =$	11,600

$$I = 0,25$$

$$\begin{aligned}
 \text{Area} &= 2 \times \frac{1}{3} \times \frac{I}{2} \times \Sigma 1 \\
 &= 2 \times \frac{1}{3} \times \frac{0,25}{2} \times 11,600 \\
 &= 0,967 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{V.C.B. Below WL} &= \frac{2}{5} \times I \\
 &= \frac{2}{5} \times 0,25 \\
 &= 0,100 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Number Of Ordinates	To 2,53 WL			
	Half Girth (g)	Simpsons Multiplier (s)	Product (g.s)	
AP	6,300	1	6,300	k = Length of Cant Part = 0,000
Midship C	4,400	4	17,600	
After End	0,000	1	0,000	
		$\Sigma_1 =$	23,900	t = Plate Thickness of Cant Part = 0,014
2 x 1/3 x k/2		= 0,000	x	
Wetted Surface Area		0	m <sup>2</sup>	
1,025/1.000 x t		= 0,014	x	
Shell Displacement		0,000	Ton	

3) Total Value For Main Shell Displacement

a. Watted Surface Area Dan Shell Displacement

	Wetted Surface Area			Shell Displacement		
	Main Part	Cant Part	Total (m <sup>2</sup> )	Main Part	Cant Part	Total (Ton)
To 6,12W	168,212	0	0,000	17,633	0,000	0,000

## b. Centre Difloatation Dan Water Plane Area

At 2,53 WL			
	OF	Water Plane Area	Product
Main Part	-0,612	621,280	-380,153947
Cant Part	23,575	0,000	
		$\Sigma_1 =$ 621,280	$\Sigma_2 =$ -380,153947
Water Plane Area (Including Cant Part) $\Sigma_1 =$ 621,280 m <sup>2</sup>			
Centre of Floatation (Including Cant Part) $\Sigma_2 / \Sigma_1 =$ -0,612 M			

c. Logitudinal Meta Centre Terhadap Centere Of Boyancy  
Logitudinal Moment Of Inersia

Longitudinal Moment of Inertia of Main Part	= (1)	51734,763
Longitudinal Moment of Inertia of Cant Part	= (2)	0,000
Corrected Midship <sub>F</sub>	-0,612	
Midship <sub>FP</sub>	-0,612	
(Midship <sub>F</sub> - Miship <sub>FP</sub> )	0,000	
(Midship <sub>F</sub> - Miship <sub>FP</sub> ) <sup>2</sup>	0,000	
Water Plane Area of Main Part (A <sub>WP</sub> )	671,380	
A <sub>WP</sub> (Mids <sub>F</sub> - Mids <sub>FP</sub> ) <sup>2</sup>	(3)	0,0000
Midship <sub>PC</sub>	23,575	
Correction Midship <sub>F</sub>	-0,612	
(Midship <sub>FC</sub> - Midship <sub>F</sub> )	24,187	
(Midship <sub>FC</sub> - Midship <sub>F</sub> ) <sup>2</sup>	585,006	
Water Plane Area of Cant Part (A <sub>wc</sub> )	0,000	
A <sub>wc</sub> (Midship <sub>FC</sub> - Midship <sub>F</sub> ) <sup>2</sup>	(4)	0,000
Corrected Longitudinal Moment of Inertia I <sub>L</sub>	= (1) + (2) + (3) + (4)	51734,763
L.B.M	= I <sub>L</sub> / Volume = I <sub>L</sub> / ( Vol <sub>P</sub>	= 52,185 M
Vol <sub>P</sub>	= 991,370	
Vol <sub>C</sub>	= 0,000	

$$I_L = I_L(1) + I_L(2) + A_{WP} (Mids_F - Mids_{FP})^2(3) + A_{wc}(Midship_{FC} - Midship_F)^2(4)$$

$$L.B.M = \frac{I_L}{Volume}$$

d. Logitudinal Meta Centre Terhadap Centre Of Boyancy Transverse  
Moment Of Inersia

$$I_T = I_{TP} + I_{TC}$$

$$T.B.M = I_T / \text{Volume}$$

Transverse Moment of Inertia of Main Part : $I_{TP}$	9509,314
Transverse Moment of Inertia of Cant Part : $I_{TC}$	0,000
Corrected Transverse Moment of Inertia : $I_T$	9509,314
$TBM = I_T / \text{Volume} = I_T (\text{Vol } p) = 6.332 \text{ m}$	

Number of ordinates	Displacement			L.C.B		V.C.B		
	Sectional Area	Simpsons Multiplier	Product	Lever From AP	Function of Longitudinal	V.C.B Below WL	Function of Vertikal Moment	
AP	1,867	1	1,867	0	0,000	0,200	0,373	k = Length of Cant Part = 0,000 m  Lpp = 47,770 m
Midship c	0,967	4	3,867	-1	-3,867	0,100	0,387	
AFT END	0,000	1	0,000	-2	0,000	0,000	0,000	
		$\Sigma_1 =$	5,733	$\Sigma_2 =$	-3,867	$\Sigma_3 =$	0,760	
	$1/3 \times k/2 \times 1,025$	=	0,000	X	$\Sigma_1 / \Sigma_1 =$	-0,674	VCB Below =	2,250 WL
	$\Delta$ Cant Part	=	0,000	Ton	$k/2 =$	$\frac{0,000}{0,000} \times$	KBc =	$6,12 - \Sigma_3 / \Sigma_1$
							=	2,167 m
	Vol. Cant Part	=	0,000		$Lpp / 2 =$	$\frac{24,145}{24,145} +$		
			1,025		Mids Bc =	<u>24,145</u> m		
			0,000					
			$m^3$					

Number of Ordinates	Water Plane Area			Ofc		$I_{lc}$	$I_{lc}$		
	Half Breadth of WL (b1)	Simpsons Multiplier (S)	Product Nc1 = b1.S	Lever form AP (Lc1)	Mc1 = Nc1 . Lc1	Oc1 Nc1 . Lc1	$b1^3$	Simpson's Multiplier (S)	$b1^3 . S$
AP	4,400	1	4,400	0	0,000	0,000	85,184	1	85,184
Midship c	4,400	4	17,600	-1	-17,600	17,600	85,184	4	85,184
AFT END	0,000	1	0,000	-2	0,000	0,000	0,000	1	0,000
		$\Sigma_1 =$	22,000	$\Sigma_2 =$	-17,600	17,600	$= \Sigma_3$	$\Sigma_4 =$	425,930
	$1/3 \times k/2 \times 2$	=	0,000	X	$\Sigma_1 / \Sigma_1 =$	-0,800	$\Sigma_2^2 / \Sigma_1 =$	14,080	$2 \times 1/3 \times 1/3 \times k / 2$
	W.P.Ac	=	0,000	$m^2$	$k/2 =$	$\frac{0,000}{0,000} \times$	$\Sigma_3 - \Sigma_2^2 / \Sigma_3 =$	3,350	$= \frac{0,000 \times}{0,000 m^4}$
							$\times 1/3 \times (k/2)^3 =$	$\frac{0,000}{0,000} \times$	
					$Lpp / 2 =$	$\frac{23,885}{23,885} +$	$I_{LC} =$	$\frac{0,000}{0,000} m^4$	
					Mids Bc =	23,885 m			

## e. Moulded Displacement dan Centre Of Boyancy

	Moulded Displacement (Ton)	VERTICAL		HORIZONTAL	
		K.B. (m)	Moment	Midship B (m)	Moment
TO 1,00 WL					
0 WL ~ 1 WL	277,278 (1)	0,553 A	153,696 (2)	-0,021 b	-5,753 (3)

$$a) \text{ K.B.} = (2) / (1) = 0.553 \text{ m}$$

$$b) \text{ [ids.B]} = (3) / (1) = -0,021 \text{ m}$$

TO 1,50 WL					
	(1)	A	(2)	b	(3)
0 WL ~ 1 WL	277,728	0,553	153,696	-0,021	-5,753
1 WL ~ 2 WL	210,735	1,129	237,941	0,143	51,623
TOTAL	488,463 (4)		391,637 (5)		28,352 (6)

$$c) \text{ K.B.} = (5) / (4) = 0,803 \text{ m}$$

$$d) \text{ [ids.B]} = (6) / (4) = 0,038 \text{ m}$$

TO 2,00 WL					
	(4)	C	(5)	d	(6)
1 WL ~ 2 WL	488,463	0,803	391,637	-0,021	28,352
2 WL ~ 4 WL	246,986	1,578	389,623	0,143	51,623
TOTAL	735,449 (7)		391,637 (8)		79,974 (9)

$$e) \text{ K.B.} = (8) / (7) = 1,062 \text{ m}$$

$$f) \text{ [ids.B]} = (9) / (7) = 0,109 \text{ m}$$

TO 2,53 WL					
	(7)	E	(8)	f	(9)
2 WL ~ 4 WL	735,449	1,062	391,637	0,109	79,974
4 WL ~ 6 WL	280,705	2,027	568,542	-0,354	-99,494
CANT PART	0,000	2,167	0,000	23,575	0,000
TOTAL	1016,155 (10)		1350,202 (11)		-19,520 (12)

$$g) \text{ K.B.} = (11) / (10) = 1,329 \text{ m}$$

$$h) \text{ [ids.B]} = (12) / (10) = -0,019$$

Tabel.12 Result Of Hydrostatic Calculation

WATER PLANE MULTIPLIER = 2/3 X 4.0667				MIDSHIP SECTION			
Water Lines	Function of Water Line	Water Plane Area (W.P.A)	Water Plane Coefficient (C <sub>w</sub> =WPA/Lwl x B)	TPC = WPA x 1,0125/1,000	Midship Section Area (M.S.A)	Midship Coefficient C <sub>mids</sub> = A <sub>mids</sub> /Bx	Water Lines
1,00	158,225	415,077	0,753	4,255	9,310	0,731	1,00
1,50	176,225	489,318	0,839	5,016	15,338	0,812	1,50
2,00	188,200	562,718	0,896	5,768	21,630	0,858	2,00
2,53	197,650	621,280	0,941	6,368	27,930	0,887	2,53

Water Lines	KB (m)	TBM (m)	TKM (KB + TBM) (m)	Midship B (m)	Midship F (m)	LBM (m)	LKM (LBM + KB) (m)	Water Lines
1,00	0,553	21,691	22,345	-0,021	0,103	133,837	124,390	1,00
1,50	0,802	15,364	16,166	0,058	0,639	108,561	109,363	1,50
2,00	1,062	11,790	12,852	0,109	-0,021	108,206	109,268	2,00
2,53	1,329	9,592	10,921	-0,940	-0,612	104,698	106,027	2,53

Water Lines	Displacement Moulded (Ton)	Block Coefficient C <sub>b</sub>	C <sub>p</sub> = C <sub>b</sub> / C <sub>m</sub>	WSA (m <sup>2</sup> )	Shell Displacement (Ton)	Displacement (Ton)	Water Lines
1,00	277,728	0,546	0,748	424,324	6,089	283,817	1,00
1,50	488,463	0,605	0,746	495,704	7,113	495,576	1,50
2,00	735,449	0,635	0,740	636,272	15,220	750,669	2,00
2,53	1084,812	0,667	0,753	514,773	17,633	1.102,442	2,53

Water Lines	Moment To Charge Trim One Centimetre = $\frac{LBM \times \Delta}{Lpp \times 100}$	Displacement Due To Trim One Centimetre DOT = Midship F x (TPC / Lpp)	Water Lines
1,00	7,454	0,009	1,00
1,50	11,410	0,068	1,50
2,00	17,227	-0,003	2,00
2,53	21,058	-0,083	2,53



### V.1.5 Perhitungan Kurva Bonjean

Kurva bonjean adalah kurva yang dibentuk dari luasan tiap - tiap ordinat garis air yang terbenam pada kondisi sarat air yang telah ditentukan dan diteruskan sampai ke bangunan atas (Super Structure) kapal. Kegunaan kurva bonjean tersebut dapat digunakan untuk perencanaan, seperti :

- Perhitungan peluncuran kapal
- Perhitungan rencana kapasitas dan lain sebagainya

Pada kurva bonjean juga digambarkan bentuk dari ceruk haluan dan ceruk buritan kapal.



Tabel. 13 Ceruk Haluan Kapal

Number of Ordinates	0 m WL ~ 1,00 m WL		1,00 m WL ~ 1,50 m WL			1,50 m WL ~ 2,00 m WL			2,00 m WL ~ 2,53 m WL		
	$y = 2 \times 1/3 \times \beta \times 0.333$		$y = 2 \times 1/3 \times \beta \times 0.150$			$y = 2 \times 1/3 \times \beta \times 0.150$			$y = 2 \times 1/3 \times \beta \times 0.150$		
	FUCTION OF AREA (F)	AREA (Fxy)	FUCTION OF AREA (F)	AREA (Fxy)	TOTAL AREA 0 m ~ 1,5 m WL	FUCTION OF AREA (F)	AREA (Fxy)	TOTAL AREA 0 m ~ 2,0 m WL	FUCTION OF AREA (F)	AREA (Fxy)	TOTAL AREA 0 m ~ 2,53 m WL
AP	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	13,775	2,160	2,610
0.5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	6,575	1,080	1,080	29,300	4,508	5,888
1	2,025	0,645	22,200	3,443	4,088	36,325	5,561	9,649	40,025	6,116	15,765
1.5	25,025	7,695	38,925	5,951	13,646	40,675	6,214	19,860	41,250	6,300	26,160
2	30,075	9,210	40,100	6,128	15,338	41,200	6,293	21,630	41,250	6,300	27,930
3	30,075	9,210	40,100	6,128	15,338	41,200	6,293	21,630	41,250	6,300	27,930
4	30,075	9,210	40,100	6,128	15,338	41,200	6,293	21,630	41,250	6,300	27,930
5	30,075	9,210	40,100	6,128	15,338	41,200	6,293	21,630	41,250	6,300	27,930
6	30,075	9,210	40,100	6,128	15,338	41,200	6,293	21,630	41,250	6,300	27,930
7	30,075	9,210	40,100	6,128	15,338	41,200	6,293	21,630	41,250	6,300	27,930
8	28,725	9,210	38,800	5,933	14,738	39,800	6,083	20,820	40,600	6,203	27,025
8.5	24,175	9,210	36,400	5,573	13,013	37,750	5,775	18,988	38,850	5,940	24,728
9	4,125	5,693	28,700	4,418	9,210	33,600	5,153	10,845	35,500	5,438	16,283
9.5	0,000	0,21	3,375	0,375	2,525	16,200	2,543	3,068	27,800	4,283	7,350
FP	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	$\beta =$	0.45	$\beta =$	0.23		$\beta =$	0.23		$\beta =$	0.23	

Tabel. 14 Ceruk Buritan Kapal

Number Of Ordinates	2,53 m WL ~ Uper Deck								AREA 0 – 2,53 m WL	TOTAL AREA 0 – UPER DECK
	S = 1	S = 4		S = 1	$\Sigma Y \cdot S$	H (H – 3,2 m)	$2/3 \times h/2$	AREA ( $2/3 \times h/2 \times \Sigma \cdot Y \cdot S$ )		
	$Y_1 = Y_1 \cdot S$	$Y_2$	$Y_2 \cdot S$	$Y_3 = Y_3 \cdot S$						
AP	4,400	5,900	23,600	6,350	34,350	1,100	0,637	12,595	2,160	14,755
0.5	6,050	6,600	26,400	6,750	39,200	1,100	0,637	14,373	5,588	19,961
1	6,700	6,600	27,800	6,875	41,700	1,100	0,637	15,290	15,765	31,055
1.5	6,875	6,950	28,000	6,875	42,000	1,100	0,637	15,400	26,160	41,560
2	6,875	6,700	28,000	6,875	42,000	1,100	0,637	15,400	27,930	43,330
3	6,875	6,875	28,000	6,875	42,000	1,100	0,637	15,400	27,930	43,330
4	6,875	6,875	28,000	6,875	42,000	1,100	0,637	15,400	27,930	43,330
5	6,875	6,875	28,000	6,875	42,000	1,100	0,637	15,400	27,930	43,330
6	6,875	6,875	28,000	6,875	42,000	1,100	0,637	15,400	27,930	43,330
7	6,875	6,875	28,000	6,875	42,000	1,100	0,637	15,400	27,930	43,330
8	6,700	6,700	28,000	6,875	41,900	1,100	0,637	15,363	27,023	43,386
8.5	6,650	6,700	26,800	6,750	40,200	1,100	0,637	14,740	24,728	39,468
9	6,100	6,200	24,800	6,300	37,200	1,100	0,637	13,640	16,283	29,923
9.5	5,100	5,350	21,400	5,550	32,050	1,100	0,637	11,752	7,350	19,102
FP	0,000	4,000	16,000	4,600	20,600	1,100	0,637	0,000	0,000	7,553

## V.2. Perhitungan Daya Mesin Dan Pemilihan Alat Propulsi Kapal

### a. Hambatan Kapal

Kapal yang berlayar diibaratkan seperti sebuah benda yang bergerak melalui media air dan udara, ini berarti bahwa benda itu akan mengalami gaya hambat (resistance force) dari media yang dilaluinya.

Hambatan - hambatan yang dialami sebuah kapal yang bergerak melalui air dan udara itu dapat diuraikan atas :

- Hambatan Gesek (*Frictional Resistance*)
- Hambatan Gelombang (*Wave Making Resistance*)
- Hambatan Bentuk (*Eddy Making Resistance*)
- Hambatan Udara (*Air Resistance*)
- Hambatan Tambahan (*Appendage Resistance*)

#### 1) Hambatan Gesek (*Frictional Resistance*)

Hambatan gesek ini terjadi karena adanya suatu lapisan atau volume air yang melekat pada bagian kapal yang terbentuk pada permukaan bidang basah kapal yang sedang bergerak dan biasa disebut lapisan batas (*Boundary Layer*). Di dalam daerah lapisan batas tersebut kecepatan gerak dari partikel - partikel zat cair dalam hal ini air laut, bervariasi dari 0 (nol) pada permukaan kulit kapal menjadi maksimum sama dengan besarnya kecepatan gerak aliran zat cair pada tepi dari lapisan batas tersebut. Perubahan atau variasi kecepatan partikel - partikel zat cair inilah yang mencerminkan adanya pengaruh insentif gaya - gaya viskositas pada lapisan batas yang menyebabkan timbulnya tahanan gesek pada kapal tersebut.

#### 2) Hambatan Gelombang (*Wave Making Resistance*)

Kapal yang bergerak dalam air akan mengalami hambatan sehingga menimbulkan gelombang yang terbentuk akibat terjadinya variasi ke kanan air terhadap lambung kapal pada saat kapal bergerak

dengan suatu kecepatan tertentu. Ada tiga jenis gelombang yang biasanya terbentuk pada saat kapal bergerak, yaitu : gelombang haluan, gelombang melintang pada kiri dan kanan lambung kapal serta gelombang buritan.

### 3) Hambatan Bentuk (*Eddy Making Resistance*)

Partikel - partikel air yang bergerak melintasi lambung kapal akan terpecah dan membentuk volume air dimana partikel - partikel air tadi bergerak dalam suatu pusaran. Karena terjadinya pusaran ini, maka tekanan air pada buritan kapal akan berkurang dan timbullah satu gaya yang melawan arah gerak maju dari kapal. Gaya hambatan inilah yang merupakan tahanan bentuk yang dialami oleh kapal yang bergerak maju.

### 4) Hambatan Udara (*Air Resistance*)

Kapal yang berlayar, bagian atasnya (sebagian lambung dan bangunan atasnya) akan mengalami gaya hambatan dari udara. Hambatan udara ini juga terdiri dari komponen – komponen gesek dan komponen bentuk. Tekanan udara yang dialami kapal berkisar antara 2% s/d 4% dari tahanan total yang dialaminya. Untuk menghitung besarnya hambatan - hambatan kapal tersebut, dapat dipergunakan berbagai cara misalnya dengan percobaan memakai model towing tank atau dengan cara pendekatan. Yang dimaksud dengan cara pendekatan adalah cara perhitungan dengan menggunakan rumus pendekatan.

Dalam tugas merancang kapal ini, perhitungan hambatan yang digunakan adalah perhitungan yang terdapat dalam *Harvald* terjemahan *Sutomo Jusuf* (1992:95 – 134).

### 5) Hambatan Tambahan (*Appendage Resistance*)

Tahanan ini mencakup tahanan untuk korelasi model kapal. Hal ini akibat adanya pengaruh kekasaran permukaan kapal, mengingat bahwa permukaan kapal tidak akan pernah semulus permukaan model. Tahanan tambahan juga termasuk tahanan udara, anggota badan kapal dan kemudi. Komponen Tahanan Tambahan Terdiri dari : Hambatan Anggota Badan, Hambatan Kekerasan dan Hambatan Kemudi.

#### a) Diagram Guldhammer dan Harvald

Hambatan ( $R$ ) dan daya efektif ( $P_E$ ) untuk kapal dapat dihitung dengan menggunakan rumus :

$$R = C_r \times \left( \frac{1}{2} \times \rho \times V^2 \times S \right) \quad (\text{N})$$

$$P_E = R \times V_s \quad (\text{kW})$$

Dalam hal ini koefisien hambatan totalnya adalah :

$$C_T = C_R + C_F + C_A$$

Dimana :

$C_R$  = Koefisien hambatan sisa untuk bentuk kapal standar, dapat diambil dari diagram  $\frac{L}{\sqrt[3]{Vol\Delta}}$ .

$C_F$  = koefisien hambatan gesek dan dapat dihitung dengan memakai :  $C_F = \frac{0,075}{(\log_{10} Rn - 2)^2}$  atau dapat diambil dari diagram

menurut ITTC 1957 dalam *Harvald* (1992:129), dimana koefisien tahanan gesek  $C_F$  sebagai fungsi panjang kapal  $L$  dan kecepatan  $V$ . Penambahan hambatan tersebut harus dicari dengan mengalikan

penyimpangan LCB dari harga  $LCB_{standar}$  yaitu :  $\Delta LCB = LCB - LCB_{standar}$ . (dalam % L). Dengan factor  $\partial 10^3 C_R / \partial LCB$ , dari grafik koreksi koefisien hambatan sisa dalam Harvald (1992:130) dan ini hanya berlaku untuk LCB yang berada di depan  $LCB_{standar}$ . Mengenai LCB yang berada dibelakang  $LCB_{standar}$ , semua sumber yang ada mempunyai pendapat yang saling bertentangan, namun demikian karena kecenderungannya kecil maka pengabaian yang berarti. Karena kapal pada umumnya berbeda dengan standar yang ada dengan perbedaan tertentu, lebih besar maupun lebih kecil maka harus dilakukan koreksi, adapun koreksi tersebut adalah sebagai berikut :

➤ Koreksi LCB

Semua kurva ( $C_R$ ) tersebut dimaksudkan untuk kapal yang letak titik benam memanjangnya dekat dengan letak yang saat ini dipandang sebagai letak yang terbaik dan memungkinkan.

Letak (LCB) yang optimum merupakan kuantitas yang masih meragukan dan semua kepustakaan yang ada menunjukkan pendapat yang berbeda - beda sehingga memberikan gambaran yang membingungkan, namun ketergantungan hambatan kapal pada (LCB) nampak jelas pada kecepatan tinggi. Sebagai upaya untuk mengatasi kerancuan tersebut maka semua informasi yang ada dikumpulkan dan diringkas dalam diagram  $LCB_{standar}$  dianggap merupakan letak yang memberikan hambatan yang paling kecil maka letak yang lain pada prinsipnya akan memberikan hambatan yang lebih besar. Adapun nilai koreksi tersebut adalah :

$$10^3 C_R = 10^3 C_{R(standar)} + \frac{\partial 10^3 C_R}{\partial LCB} | \Delta LCB$$

➤ Koreksi B/T

Karena diagram tersebut dibuat berdasarkan ratio lebar-sarat  $B/T = 2,5$  maka harga  $C_R$  untuk kapal yang mempunyai ratio lebar sarat lebih besar atau lebih kecil dari pada harga tersebut harus dikoreksi. Berdasarkan hasil pemeriksaan materi pengujian yang ada saat ini di sarankan memakai rumus koreksi berikut ini :

$$10^3 C_R = 10^3 C_{R(BT=2,5)} + 0,16 (B/T - 2,5)$$

Hasil koreksi ini dapat mempunyai harga yang negatif atau positif.

➤ Koreksi Bentuk Penampang Melintang

Sebagaimana disebutkan sebelumnya, kurva hambatan yang diperoleh berdasarkan diagram  $L/\nabla^{1/3}$  dan ITTC-57 dalam *Harvald* (1992) dianggap berlaku untuk kapal yang mempunyai bentuk standar, yaitu penampangnya bukan benar-benar berbentuk (U) ataupun (V). Karena nya dalam menghitung daya efektif untuk perancangan awal umumnya tidak diperlukan koreksi untuk bentuk penampang badan kapal.

Jika penampang tersebut merupakan penampang (U) atau (V) yang ekstrem maka untuk harga  $10^3 C_R$  dapat dikoreksi sebagai mana berikut :

Badan Depan	Eksterem U	Eksterem V
	- 0,1	+ 0,1
Badan Belakang	Eksterem U	Eksterem V
	+ 0,1	- 0,1



Koreksi ini berlaku untuk kecepatan  $V/\sqrt{gL}$  dalam rentang 0,20 ~ 0,25. Selain itu, bentuk standar harus dipandang sebagai bentuk yang mempunyai garis yang dirancang dengan baik, jika garis perancangan tersebut harus diubah untuk menyesuaikan kebutuhan operasional kapal atau besarnya daya harus diberikan kelonggaran, maka disarankan agar  $C_R$  dinaikkan sebesar 10% dan untuk garis perancangan yang tidak optimal diberikan 20%.

➤ Koreksi Anggota Badan Kapal

Daun kemudi : Tidak ada koreksi, karena untuk standar sudah mencakup daun kemudi

Lunas Bilga (Lunas Sayap) : Tidak ada koreksi

Boss baling-baling : Untuk kapal penuh,  $C_R$  dinaikkan sebesar 3% - 5%.

Braket & poros baling-baling : Untuk bentuk kapal ramping,  $C_R$  dinaikkan sebesar 5% - 8%.

➤ Koreksi Hambatan Tambahan

Pemberian koreksi pada  $C_{FS}$  untuk kapal merupakan cara yang umum dilakukan dalam praktek dan sudah bertahun-tahun lamanya diterapkan untuk memperhitungkan pengaruh kekasaran permukaan kapal mengingat bahwa permukaan kapal tidak akan pernah semulus permukaan model.

Untuk kapal dengan  $L \leq 100$  m  $10^3 C_A = 0,40$

$L = 150$  m  $10^3 C_A = 0,20$

$$L = 200 \text{ m} \quad 10^3 C_A = 0$$

$$L = 250 \text{ m} \quad 10^3 C_A = -0,20$$

$$L \geq 300 \text{ m} \quad 10^3 C_A = -0,30$$

➤ Koreksi Anggota Badan Kapal

Koreksi pada anggota badan kapal, digunakan rumus

sebagai berikut :  $C_F = C_F \frac{S_1}{S}$

Dimana :  $S$  = Luas permukaan basah badan kapal

$S_1$  = permukaan basah badan dan anggota badan kapal

➤ Koreksi Hambatan Udara Dan Kemudi

$$\text{Koreksi hambatan udara} = 10^3 C_{AA} = 0,07$$

$$\text{Koreksi hambatan kemudi} = 10^3 C_{AS} = 0,04$$

➤ Koreksi Pelayaran Dinas

- ❖ Jalur pelayaran Atlantik Utara, ke Timur, untuk musim panas 15% dan musim dingin 20%
- ❖ Jalur pelayaran Atlantik Utara, ke Barat, untuk musim panas 20% dan musim dingin 30%
- ❖ Jalur pelayaran Pasifik, 15 – 30%
- ❖ Jalur pelayaran Atlantik Selatan dan Australia, 12 – 18%
- ❖ Jalur Pelayaran Asia Timur, 15 – 20%

## b) Data – data Kapal Rancangan

Dimensi ukuran utama kapal Ferry Ro – Ro 650 GT adalah sebagai berikut :

➤ Panjang keseluruhan kapal	(Loa)	= 55,00	m
➤ Panjang gaaris tegak	(Lpp)	= 47,77	m
➤ Panjang antara garis air	(Lwl)	= 49,20	m
➤ Lebar kapal	(B)	= 13,36	m
➤ Tinggi kapal	(H)	= 3,52	m
➤ Tinggi sarat air kapal	(T)	= 2,53	m
➤ Koeffisien block	(Cb)	= 0,666	
➤ Koeffisien tengah kapal	(Cm)	= 0,970	
➤ Koeffisien prismatic	(Cp)	= 0,676	
➤ Koeffisien garis air	(Cw)	= 0,960	
➤ Daya kuda	(BHP)	= 2x1200	Hp
➤ Kecepatan	(Vs)	= 12	knot
➤ Kecepatan Percobaan	(Vp)	= 12,96	knot
➤ Kecepatan dinas	(Vd)	= 12	knot
➤ Berat kosong Kapal	(LWT)	= 633,836	Ton
➤ Berat isi kapal	(DWT)	= 431,017	Ton
➤ Displacement kapal	(Δ)	= 1102,442	Ton
➤ Volume displacement kapal	(volΔ)	= 1075,367	m <sup>3</sup>
➤ $\sqrt{g \times L}$		= 21,647	m/s
➤ $\sqrt[3]{VOL\Delta}$		= 10,245	
➤ Ratio lebar – sarat	B/T	= 5,281	
➤ Ratio panjang - VolΔ	$L/\nabla^{1/3}$	= 4,674	
➤ Wetted surface area	s	= 648,228	m <sup>2</sup>
➤ Permukaan basah	Awl	= 101% x s = 101% x 648,228 = 654,710	m <sup>2</sup>
➤ S/s		= 1,01	
➤ Posisi titik tekan memanjang	LCB	= -0,955	
		= 0,02% dibelakang ⊗	

c) Perhitungan Hambatan Kapal Pada Kecepatan 12 Knot.

$$1) F_n = \frac{V_s}{\sqrt{g \times L}}$$

Dimana :

$$V_s = \text{Kecepatan Kapal (m/dt)}$$

$$= 12 \text{ knot} \times 0,5144 \text{ (m/dt)}$$

$$= 6,173 \text{ m/dt}$$

$$g = \text{Gaya Gravitasi Bumi (m/dt)}^2$$

$$= 9,806 \text{ m/dt}^2$$

$$L = \text{Panjang antara garis tegak (m)}$$

$$= 47,77 \text{ m}$$

Maka :

$$F_n = \frac{6,173}{\sqrt{9,806 \times 47,77}}$$

$$= 0,285$$

$$2) V_s = 12 \text{ Knot}$$

$$3) V_s = 6,173 \text{ m/dt}$$

$$4) V_s^2 = (6,173)^2$$

$$= 38,106 \text{ m}^2/\text{dt}^2$$

$$5) \frac{1}{2} \rho \cdot S \cdot V_s^2$$

Dimana :

$$\rho = \text{Masa jenis (kg dt}^2/\text{dt}^2)$$

$$= \frac{\text{Masa jenis air laut}}{\text{gravitasi}}$$

$$= \frac{1,025\text{kg/m}^3}{9,806\text{m/dt}}$$

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

S = Luas permukaan bidang basah dari Hydrostatic  
Curva

$$= 648,228 \text{ m}^2$$

$$\frac{1}{2} \rho \cdot S \cdot Vs^2 = \frac{1}{2} 104,5 \times 648,228 \times 38,106$$

$$= 1290646,905 \text{ Kg}$$

$$6) \frac{L}{\sqrt[3]{Vol\Delta}} = 4,674 \quad Fn = 0,285 \quad 10^3 C_R = 5,800$$

7) Koreksi B/T

$$B/T = 13,36/2,53$$

$$= 5,281$$

B/T > 2,50 Maka Koreksi:

$$B/T = 0,16 (B/T - 2,50)$$

$$= 0,16 (5,281 - 2,50)$$

$$= 0,445 \cdot 10^{-3}$$

## 8) Koreksi LCB

$$LCB_{\text{standar}} = 8\%$$

$$\begin{aligned}\Delta LCB &= LCB - LCB_{\text{standar}} \quad (\text{LCB dalam}\%) \\ &= 0,02\% - 8\%\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Delta LCB &= -2,48\% \\ &= 0,0480\end{aligned}$$

Maka Koreksi LCB :

$$\begin{aligned}\Delta LCB &= \frac{\gamma 10^3 C_R}{\gamma \cdot LCB} |\Delta LCB| \\ &= \frac{1,025 \times 5,800}{\gamma \cdot L1,025x - 0,955} |0,0480| \\ &= 0,012\end{aligned}$$

## 9) Garis penampang bentuk depan dan belakang

Badan Depan	Eksterem U	Eksterem V
	- 0,1	+ 0,1
Badan Belakang	Eksterem U	Eksterem V
	+ 0,1	- 0,1

Karena kurva tahanan (yang diperoleh dari Gambar 5.5.7 dan 5.5.8 dalam Harvald terjemahan *Sutomo Jusuf*, 1992) dianggap berlaku untuk yang mempunyai bentuk “standar”, yaitu penampangnya bukan yang benar-benar berbentuk U ataupun V, maka dalam menghitung daya efektif untuk perancang ini tidak diperlukan koreksi untuk bentuk penampang badan kapal (koreksi – 0).

## 10) Koreksi bentuk haluan

Koreksi bentuk haluan = 0, karena bentuk haluan kapal yang dirancang tidak menggunakan bulbous bow.

## 11) Koreksi anggota badan

$$\text{- Boss baling – baling} = 3\% - 5\%$$

$$= 3\% \times C_R$$

$$= 3\% \times 5,800$$

$$= 0,174$$

$$\text{- Shaft Bracket} = 5\% - 8\%$$

$$= 5\% \times C_R$$

$$= 5\% \times 5,800$$

$$= 0,290$$

$$\text{- Lunas Bilga} = 0\% \text{ (tidak ada koreksi)}$$

$$\text{- Daun Kemudi} = 0\% \text{ (tidak ada koreksi)}$$

12) Resultan  $10^3 C_R$ 

$$10^3 C_R = (6) + (7) + (8) + (9) + (10) + (11)$$

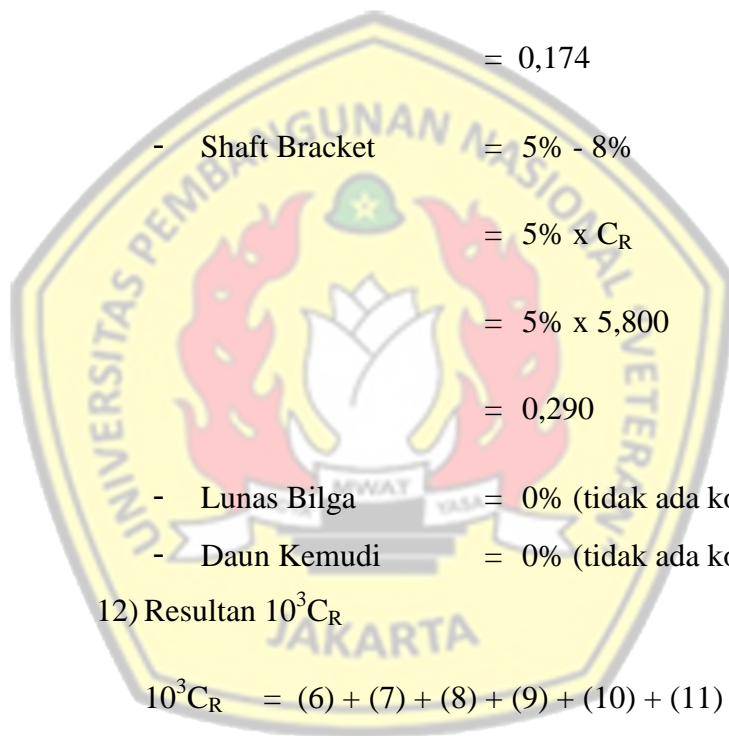
$$= 5,800 + 0,445 + 0,012 + 0 + 0 + (0,174 + 0,290)$$

$$= 6,721$$

$$13) 10^6 R_n = 10^{-6} \frac{V \times L}{v}$$

$$= 10^{-6} \frac{6,173 \times 47,77}{1,188 \times 10^6}$$

$$= 248,219$$



14)  $10^3 C_F$  dari gambar 5.5.14 Menurut ITTC-1957 dalam *Harvald* 1992.

$$L = 47,77 \text{ m} \quad V = 6,0 \quad \text{m/dt}^2 \quad 10^3 C_F = 1,860$$

$$L = 47,77 \text{ m} \quad V = 8,0 \quad \text{m/dt}^2 \quad 10^3 C_F = 1,800$$

$$L = 47,77 \text{ m} \quad V = 6,173 \quad \text{m/dt}^2 \quad 10^3 C_F = \dots\dots$$

$$10^3 C_F = 1,860 + \left[ \frac{6,173 - 6,0}{8,0 - 6,0} \right] (1,800 - 1,860)$$

$$= 1,874$$

$$15) 10^3 C_F = \frac{S^1}{S} 10^3 C_F$$

$$= 1,01 \times 1,855$$

$$= 1,874$$

16)  $10^3 C_A$  (Hambatan Tambahan)

$$\text{Unntuk } L \leq 100 \text{ m} \quad 10^3 C_A = 0,4$$

$$C_A = 0,4 \times 10^3$$

17)  $10^3 C_{AA} = 0,07$  (Untuk hambatan udara)

18)  $10^3 C_{AS} = 0,04$  (Untuk hambatan kemudi)

19) Kelonggaran dinas (see margin)

Kelonggaran dinas rata-rata untuk pelayaran dinas untuk daya efektif pada jalur pelayaran Asia Timur 15 - 20%.

20)  $10^3 C_T$  (Koefisien hambatan total)

$$10^3 C_T = (12) + (15) + (16) + (17) + (18)$$

$$= 6,721 + 1,874 + 0,4 + 0,07 + 0,04$$

$$= 9,105$$



21)  $R_T$  (Hambatan Total)

$$\begin{aligned} R_T &= C_T \left( \frac{1}{2} \rho \cdot S \cdot V_s^2 \right) \\ &= 9,105 \cdot 10^3 \times 1290646,905 \\ &= 11751,341 \text{ Kg} \\ &= 11,751 \text{ Ton} \end{aligned}$$

22) EHP (*Efektif Horse Power*)

$$\begin{aligned} \text{EHP} &= \frac{V_s \times R_T}{75} \\ &= \frac{6,173 \times 11751,341}{75} \\ &= 967,214 \end{aligned}$$

23) BHP (*Brake Horse Power*)

$$\text{BHP} = \frac{\text{EHP}}{P_c}$$

$$\text{Dimanna } P_c = \eta_H \times \eta_\pi \times \eta_{p0}$$

Faktor arus ikut (W) menurut taylor

$$\begin{aligned} W &= -0,20 + (0,55 \times C_b) \\ &= -0,20 + (0,55 \times 0,666) \\ &= 0,167 \end{aligned}$$

Faktor pengisapan (t) untuk twin screw = 0,200

$$\eta_H = \frac{1 - t}{1 - w} = \frac{1 - 0,200}{1 - 0,167} = 0,96$$

$$\eta_H = \text{Efisiensi lambung kapal} = 0,96$$

$$\eta_{rr} = \text{Efisiensi Rotary relative} = 1,00$$

$$\eta_{po} = \text{Efisiensi baling-baling} = 0,60$$

$$\text{BHP} = \frac{967,214}{0,960 \times 1,00 \times 0,600}$$

$$= 1679,191$$

$$\text{NCR} = \text{BHP} + (23\% \times \text{BHP})$$

$$= 1679,191 + (23\% \times 1679,191)$$

$$= 2065,405 \text{ HP}$$

$$\text{MCR} = 2065,405 / 0,9$$

$$= 2294,894 \text{ HP}$$

$$= 2294,894 \text{ HP} \times 0,736 \text{ KW}$$

$$= 1689,042 \text{ KW}$$

Untuk mendapatkan Hp yang sesuai diambil menjadi :

$$\text{MCR} = 2400 \text{ HP}$$

$$= 1764 \text{ KW}$$

Karena menggunakan dua mesin induk maka :

$$\text{MCR} = 2 \times 1200 \text{ HP}$$

$$= 2 \times 882 \text{ KW}$$

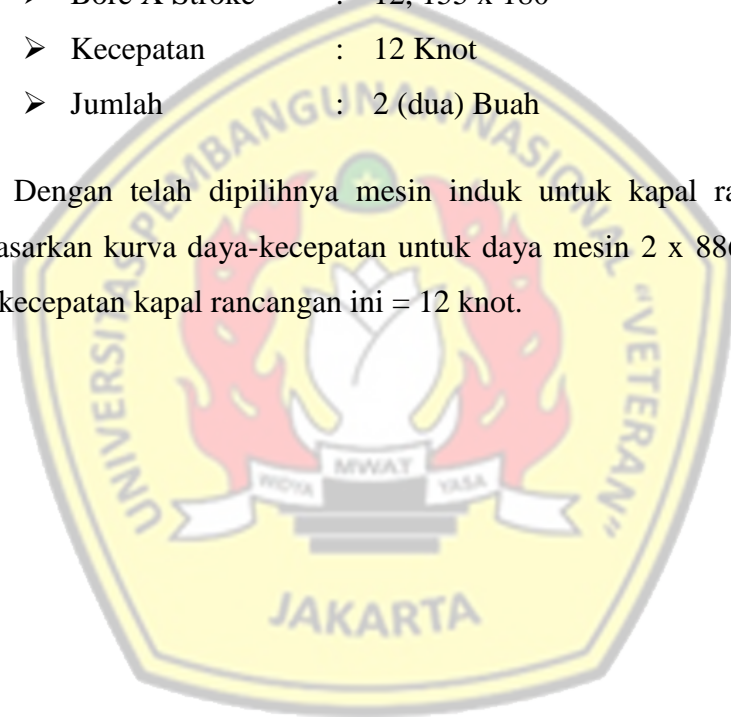
Tabel. 15 Perhitungan Daya Mesin Pada Lima Kecepatan

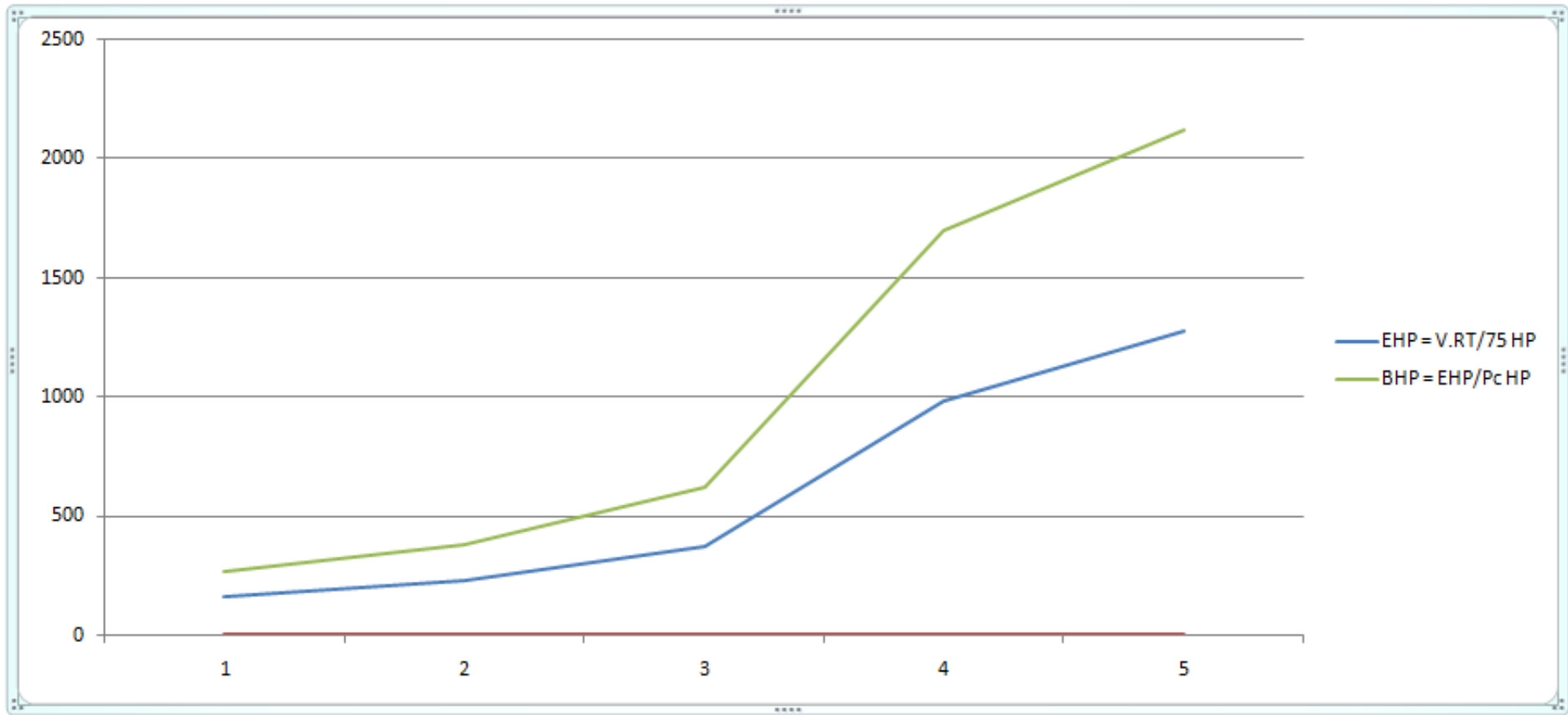
No	Rumus	Satuan / Sumber Rumus	Kecepatan - Knots				
			9	10	11	12	13
1	$F_n = V / g \times L$		0,215	0,239	0,263	0,284	0,311
2	V	Knots	9	10	11	12	13
3	V	m/dt	4,629	5,144	5,658	6,173	6,687
4	$V^2$	$m^2/dt$	21,428	26,461	32,013	38,106	44,719
5	$1/2 \cdot \rho \cdot S \cdot V^2$	Kg	576291,390	711650,480	860967,700	1306117,274	1202686,900
6	$10^3 C_R (L / V^{1/3})$	Gbr. 5.5.7 – 5.5.8	1,400	1,600	2,600	5,800	8,200
7	Koreksi B / T	5.5.17	0,596	0,596	0,596	0,443	0,596
8	Koreksi LCB	Gbr. 5.5.15 – 5.5.16	0,00014	0,0023	0,006	0,013	0,023
9	Koreksi Grs. Penampang	5.5.20	0	0	0	0	0
10	Koreksi Haluan	5.5.21	0	0	0	0	0
11	Koreksi Anggota Badan	5.5.22	0,112	0,128	0,208	0,464	0,656
12	Resultan $10^3 C_R$	6+7+8+9+10+11	2,108	2,326	3,410	6,720	9,475
13	$10^{-6} R_n$	$10^{-6} V \times L / v$	183,523	203,941	224,319	250,921	265,116
14	$10^3 C_F$ ITTC 57	Gbr. 5.5.14	1,929	1,842	1,817	1,855	1,878
15	$10^3 C_F^1$	S1 / S x (14)	1,948	1,860	1,835	1,874	1,897
16	$10^3 C_A$	5.5.23	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
17	$10^3 C_{AA}$	5.5.26	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07
18	$10^3 C_{AS}$	5.5.27	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
19	$10^3 C_T = C_R + C_F + C_A + C_{AA} + C_{AS}$	12+15+16+17+18	4,566	4,697	5,6755	9,104	11,882
20	$R_T = C_T (5)$	Kg	2631,597	3342,423	4954,792	11890,891	14290,061
21	$EHP = V \cdot R_T / 75$	HP	162,422	229,246	373,789	978,700	1274,140
22	PC		0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
23	$BHP = EHP / P_c$	HP	270,704	382,076	622,982	1699,132	2123,567
24	$NCR = BHP + (23\% \times BHP)$	HP	332,965	469,954	766,268	2089,932	2611,987
25	$MCR = NCR / 0,9$	HP	369,962	522,171	851,409	2322,147	2902,208

Dari table hasil perhitungan hambatan dengan menggunakan metode Har-vald, maka dapat ditentukan besarnya daya mesin yang digunakan untuk kapal rancangan. Dimana besarnya daya mesin dan dimensi mesin yang dipilih adalah sebagai berikut :

- Merk : Yanmar
- Tipe : 12AYM - WST
- Daya : 1200 HP / 886 KW
- Putaran Mesin : 1850 Rpm
- Bore X Stroke : 12, 155 x 180
- Kecepatan : 12 Knot
- Jumlah : 2 (dua) Buah

Dengan telah dipilihnya mesin induk untuk kapal rancangan, maka berdasarkan kurva daya-kecepatan untuk daya mesin 2 x 886 kW (2 x 1200 HP) kecepatan kapal rancangan ini = 12 knot.





Gambar.6 Kurva Daya Kecepatan

b. Penentuan Ukuran Utama Baling – Baling Kapal

Baling-baling adalah suatu alat penggerak kapal yang dapat menghasilkan daya dorong yang melebihi hambatan total kapal, sehingga kapal dapat bergerak dengan kecepatan yang direncanakan. Sebagai alat penggerak kapal, kondisi kerja baling-baling dipengaruhi oleh beberapa factor seperti : hubungan kerjanya dengan lambung kapal, pengaruh kavitasi, bentuk dan ukuran geometris baling-baling tersebut.

Kapal yang sedang berlayar merupakan suatu benda yang bergerak di air dan udara. Pada saat kapal bergerak maka dengan sendirinya kapal tersebut akan mengalami gaya lawan (Resisting Force) dari media yang dilaluinya. Gaya yang menahan tersebut harus diatasi penghasil gaya dorong. Mekanisme demikian adalah baling-baling. Baling-baling ini menghasilkan gaya dorong searah dengan gerakan kapal. Gaya dorong iniditimbulkan dari gaya angkat (lift) yang timbul pada semua again yang bergerak.

Sistem propulsi yang terdiri dari propulsi (baling-baling kapal), mesin penggerak dan badan kapal (hull) harus dirancang yang paling efisien, jumlah energi yang diperlukan untuk gaya dorong kapal harus sekecil mungkin. Dengan kata lain, semua elemen dalam dari sistim propulsi harus saling secocok mungkin. Sementara itu, kapal harus mempunyai kemampuan oleh gerak dan ujuk kerja yang baik.

Adapun beberapa hal yang berpengaruh terhadap perencanaan baling-baling kapal adalah antara lain :

- Diameter baling – baling optimun
- Thrust hourse power
- Putaran baling – baling
- Jumlah daun baling – baling
- Efek kavitasi terhadap baling – baling
- Kekuatan baling – baling

## 1) Perencanaan Baling – Baling Kapal

Perencanaan Penentuan dimensi baling – baling akan sangat menentukan terhadap hasil kerja kapal yang direncanakan. Adapun perencanaan baling baling tersebut adalah :

## a) Faktor Arus Ikut (w)

Menurut Taylor

$$\begin{aligned} W &= -0,20 + (0,55 \times C_b) \\ &= -0,20 + (0,55 \times 0,666) \\ &= 0,167 \end{aligned}$$

## b) Penentuan Angka Sorong

$$\begin{aligned} S &= \frac{RT}{(1-t)} \\ &= \frac{11751,341}{(1-0,167)} \\ &= 14107,252 \text{ Kg} \end{aligned}$$

## c) Kecepatan Air Masuk Ke Baling – Baling (ve)

$$\begin{aligned} V_e &= (1 - w) \times V_s \text{ (m/dt)} \\ &= (1 - 0,167) \times 6,173 \\ &= 5,142 \text{ (m/dt)} \end{aligned}$$

## d) Diameter Baling – Baling Tentative (D)

$$\begin{aligned} D &= 0,7 \times T \\ &= 0,7 \times 2,53 \\ &= 1,771 \text{ m} \end{aligned}$$

e) Advance Speed of Propeller ( $V_a$ )

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

Dimana :

$V_a$  = Advance speed of propeller

$V_s$  = Ship speed (knot)

$w$  = Faktor arus ikut

$$V_a = (1 - 0,167) \times 12$$

$$= 10,2 \text{ Knot}$$

f) Jumlah Putaran Baling – Baling ( $N$ )

$$\text{Rpm Mesin} = 1850$$

$$\text{Red. Gear} = 12,55 \times 180$$

$$\text{Putaran Baling – Baling} = 311$$

$$N = 311 \times 0,99$$

$$= 891 \text{ Rpm}$$

$$N = 14,85 \text{ Rps}$$

g) Penentuan Jumlah Daun Baling – Baling ( $Z$ )

- Bila harga koefisien  $K'd \leq 2$  atau  $K'n \geq 1,0$  ; maka disarankan memilih jumlah daun  $Z = 3$
- Bila harga Koefisien  $K'd \leq 2$  atau  $K'n \leq 1,0$  ; maka disarankan memilih jumlah daun  $Z = 4$



Untuk kapal dirancang :

$$\begin{aligned}
 K'd &= D \times v_e \times \sqrt{\frac{\rho}{S}} \\
 &= 1,827 \times 5,142 \times \sqrt{\frac{104,5}{14107,252}} \\
 &= 2,759 \text{ m} \\
 &= 2,80 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 K'n &= \frac{v_e}{\sqrt{n}} \times \sqrt{\frac{\rho}{S}} \\
 &= \frac{5,142}{\sqrt{14,85}} \times \sqrt{\frac{104,5}{14107,252}} \\
 &= 0,114
 \end{aligned}$$

Karena  $K'd \leq 2$  dan  $K'n \leq 1$ , maka dipilih baling – baling berdaun 4 untuk kapal rancangan

h) Penentuan Harga Delivery Horse Power (DHP)

a) Letak kamar mesin

Kamar mesin dibelakang, koreksi =  $\pm 3\%$

b) Koreksi daya ke metric

$$\text{Koreksi Hp ke Metric} = \frac{75}{76}$$

c) Koreksi air tawar ke air laut

$$\text{Sebesar} = \frac{1,000}{1,025}$$

$$\text{DHP} = \text{BHP} - \text{Koreksi}$$

Dimana : BHP = 1200 HP

$$= (1200 - 3\% \cdot 1200) \times \frac{75}{76} \times \frac{1,000}{1,025}$$

$$= 1121,295 \text{ HP}$$

i) Diameter Optimum, Pitch Ratio Dan Propeller Efficiency

a) Koeffisien baling – baling

$$B_p = \frac{N \times P^{0,5}}{V_a^{2,5}}$$

Dimana :

N = Putaran baling – baling

$$= 1850 \text{ Rpm}$$

V<sub>a</sub> = 10,2 Knot

P = Tenaga ditempat baling – baling melekat

$$= 1121,295$$

$$B_P = \frac{1850 \times (1121,295)^{0,5}}{(10,2)^{2,5}}$$

$$= 86,43$$

Dari diagram B<sub>p</sub> – δ, untuk nilai B<sub>p</sub> = 86,43 dapat diperoleh Advanced Coefficient (δ) pada beberapa tingkat pembebanan, yaitu :

$$\text{Untuk Series B4 – 40 ; } \quad \delta = 380$$

Dalam perencanaan baling – baling ganda (*Twin Screw*) (δ) ini dikoreksi sebesar 2%, maka :

Untuk series B4 – 40 ;  $\delta_K = 380 - 2\% = 379,48$

b) Diameter optimum ( $D_O$ )

$$\begin{aligned} D_O &= \frac{\delta_k \times V_a}{N} \\ &= \frac{380 \times 10,2}{1850} \\ &= 4,95 \end{aligned}$$

Untuk Series B4 – 40 ;  $D_O = 4,95 \text{ Feet} / 3,28 = 1,51 \text{ m}$

c) Pich ratio ( $H_O/D$ )

Dari harga ( $\delta$ ) yang telah dikoreksi, dapat diperoleh harga Pich ratio ( $H_O/D$ ) pada diagram BP –  $\delta$  sesuai dengan pembebanan :

Untuk Series B4 – 40 ;  $H_O/D = 0,470$

d) Propeller efficiency

Dari diagram BP –  $\delta$  juga dapat diperoleh untuk efficiency baling – baling kapal yaitu :

Untuk series B4 – 40 ;  $\eta_p = 46,60\%$

## 2) Perhitungan Kavitas

Untuk mengatasi atau mengurangi resiko kerusakan pada baling-baling akibat kavitas, maka perlu dirancang bentuk dan dimensi baling - baling yang sesuai atau baling-baling bebas kavitasi.

Oleh karena itu untuk menentukan diameter baling - baling yang optimal, bebas kavitas, serta mempunyai efisiensi yang cukup

baik, maka harus diadakan perhitungan - perhitungan untuk penentuan diameter baling - baling.

Kavitasi sendiri terjadi karena gejala menguapnya zat cair yang sedang mengalir, karena berkurangnya suatu tekanan sampai di bawah tekanan uap jenuhnya dimana ini berlangsung saat zat cair mengalir di daerah baling - baling kapal. Bila baling - baling ini mengalami kavitasi maka akan menimbulkan suara berisik dan getaran pada baling - baling yang mengurangi unjuk kerjanya secara optimum.

a) Tekanan Baling – Baling

$$\begin{aligned} P - e &= 14,45 + 0,45 H \\ &= 14,45 + (0,45 \times 1,00) \\ &= 14,90 \text{ Kg/m}^2 \end{aligned}$$

b) Disc Area Of The Screw

$$\begin{aligned} F &= \frac{\pi}{4} \times D^2 \\ &= \frac{3,14}{4} \times (1,287)^2 \\ &= 2,62 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

c) Develoved Bleade Area

$$\begin{aligned} F_a &= 0,40 \times F \\ &= 0,40 \times 2,62 \\ &= 1,048 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\frac{F_p}{F_a} = 1,067 - 0,229 H_0/D$$

Dengan  $H_0/D = 0,470$

$$\frac{F_p}{F_a} = 1,067 - (0,229 \times 0,470)$$

$$= 0,890$$

Projected area of the blades

$$F_p = 0,890 \times 0,888$$

$$= 0,692$$

$$d) Q = \frac{P \times 75 \times 60}{2 \times \pi \times N}$$

$$= \frac{1121,295 \times 75 \times 60}{2 \times 3,14 \times 1850}$$

$$= 434,311 \text{ Kg/m}$$

$$e) \text{ SHP} = \frac{2 \times \pi \times Q \times n}{75}$$

$$= \frac{2 \times 3,14 \times 434,311 \times 14,85}{75}$$

$$= 540,040 \text{ HP}$$

$$f) T = \frac{\text{SHP} \times 0,45 \times 1,03 \times 75}{v_a}$$

$$= \frac{540,04 \times 0,45 \times 1,03 \times 75}{10,2}$$

$$= 1840,504$$

$$g) F_c = \frac{T}{F_p} = \frac{1}{\frac{1}{2} \times \rho \times V^2}$$

$$\begin{aligned} V^2 &= V_a^2 + (\pi \times n \times 0,7 \times D)^2 \\ &= (10,2)^2 + (3,14 \times 14,85 \times 0,7 \times 1,575)^2 \\ &= 2746,871 \end{aligned}$$

$$F_c = \frac{1840,504}{0,692} = \frac{1}{\frac{1}{2} \times 104,5 \times 2746,871} = 0,031$$

h) Cavitation Number

$$f_o = \frac{P - e}{qt}$$

$$P - e = 14,900$$

$$qt = \left[ \frac{V_a}{7,12} \right]^2 + \left[ \frac{N \times D}{329} \right]^2$$

$$= \left[ \frac{10,2}{7,12} \right]^2 + \left[ \frac{1850 \times 1,827}{329} \right]^2$$

$$= 107,595$$

$$f_o = \frac{14,900}{107,595}$$

$$= 0,138$$

c. Pemilihan Baling – Baling

Spesifikasi baling – baling yang dipilih untuk penggerak kapal rancangan ini adalah sebagai berikut :

- Tipe baling – baling berada pada : B4 – 40
- Diameter baling – baling :  $D = 1,575 \text{ m}$
- Pitch ratio baling – baling :  $H_0/D = 0,470$
- Blade area ratio baling – baling :  $F_p/F_a = 0,888$
- Effisiensi baling – baling :  $\eta_p = 0,466$
- Jumlah daun baling – baling :  $Z = 4 \text{ Buah}$

### V.3 Rencana Umum

a. Penentuan Letak Sekat

1) Sekat Tubrukan (*Collisin Bulkheads*)

Posisi sekat tubrukan tidak boleh kurang dari 0,05 Lpp dan tidak boleh lebih dari 0,08 Lpp dari Fp

$$\begin{aligned} 0,05 \text{ Lpp} &= 0,05 \times 47,77 \\ &= 2,388 \text{ m} \end{aligned}$$

2) Sekat Buritan (*After Peak Bulkheads*)

Diletakan sekurang – kurangnya 3 kali jarak gading dari ujung depan Boss, maka ditetapkan 2,6 m dari AP.

3) Jarak Gading (*Frame Spacing*)

$$\begin{aligned} FS &= 0,48 + \frac{L_{pp}}{500} \\ &= 0,48 + \frac{47,77}{500} \\ &= 575 \text{ mm} \end{aligned}$$

## b. Susunan Anak Buah Kapal

- Master / Nahkoda : 1 Orang
- Deck Departement :
  - Chief Officer ; 1 Orang
  - Quarter Master : 4 Orang
  - Sea Man : 4 Orang

Jumlah : 9 Orang

## ➤ Engine Departement :

- Chief Officer : 1 Orang
- Electric : 2 Orang
- Engine Crew : 3 Orang

Jumlah : 6 Orang

## ➤ Catering Departement :

- Chief Cook : 1 Orang
- Assistance Cook : 1 Orang
- Steward : 2 Orang
- Boys : 2 Orang

Jumlah : 6 Orang

Jumlah keseluruhan anak buah kapal : 22 Orang

## c. Perlengkapan Dan Peralatan Deck

## 1) Jangkar Dan Peralatannya

## a. Jangkar

$$\text{Angka Petunjuk (Z)} = \sqrt[3]{\Delta} + 2 \times h \times B \times \frac{A}{10}$$

Dimana :

$\Delta$  = Displacement

= 1102,442



$h$  = Tinggi efektif diukur dari garis muat sampai puncak teratas rumah rantai geladak.

$$h = f + h'$$

Dimana :  $f$  = Tinggi lambung timbul ( $H - T$ )

$$= 3,52 - 2,53$$

$$= 1,00 \text{ m}$$

$$\approx 1,0 \text{ m}$$

$H'$  = Tinggi dari uppermost continuous deck sampai ke puncak rumah geladak = 9,8 m.

$$H = 1,0 + 9,8$$

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

$B$  = Lebar kapal

$$= 13,36 \text{ m}$$

$$A = 649,3 \text{ m}^2$$

$$Z = \sqrt[3]{1102,442 + 2 \times 10,8 \times 13,36 + \frac{699,3}{10}}$$

$$= 368,837$$

Dari angka  $Z$  tersebut diatas ditentukan jangkar yang digunakan berdasarkan tabel 18.2 BKI 1996.

Jumlah jangkar tongkat = 3 buah

Berat tiap jangkar = 1440 kg

## b. Rantai Jangkar

$$\text{Diameter rantai} = 34 \text{ mm}$$

$$\text{Panjang total} = 412,5 \text{ m}$$

## c. Tali Temali

$$\text{Panjang} = 180 \text{ m}$$

$$\text{Beban putus} = 275 \text{ KN}$$

## d. Tali Tambat

$$\text{Jumlah} = 4 \text{ buah}$$

$$\text{Panjang} = 140 \text{ m}$$

$$\text{Beban putus} = 110 \text{ KN}$$

## 2) Bak Penyimpanan Rantai Jangkar (Chain Locker)

Dalam buku sistem dan perlengkapan kapal karangan Soekarno N. A. (1995 : 38), perhitungan volume chain locker adalah sebagai berikut :

$$S_m = d^2$$

Dimana :

$S_m$  = Volume chain locker untuk panjang rantai jangkar 100 fathoms (183 m) dalam  $m^3$

$D$  = diameter rantai dalam in

$$= 34 \text{ mm} \times 0,0394 \text{ in}$$

$$= 1,339 \text{ in}$$

$$S_m = (1,339)^2$$

$$= 1,793 \text{ m}^3$$

Panjang total rantai jangkar = 412,5 m

Jadi volume chain locker yang diperuntukan :

$$\begin{aligned}
 V &= \frac{\text{PanjangTotalRantaiJangkar}}{183} \times d \\
 &= \frac{412,5}{183} \times 1,339 \\
 &= 3,018 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

### 3) Mesin Jangkar Dan Mesin Tambat

#### a. Mesin Jangkar

Tipe : Electro Hydraulic

Lokasi : Haluan

Jumlah : 2 Buah

Jumlah roda rantai : 2 Buah

Jumlah Drum Penggulung Tali : 4 Buah

Mesin jangkar harus mampu mengangkat 2 buah jangkar dan 80 meter rantai pada kecepatan yang ditetapkan.

Tiap roda rantai jangkar dan drum penggulung harus dipasangkan alat pengerem (*hand brake*) dan kopleng yang dioperasikan dengan tangan.

#### b. Mesin Tambat

Tipe : Elektro Hydraulic

Lokasi : Buritan

Jumlah : 1 Buah

Jumlah drum penggulung tali : 2 Buah

Tiap drum harus dilengkapi dengan kopling dan rem (*Hand Brake*) yang dioperasikan dengan tangan.

4) Ventilasi Diruang Muat

a. Ventilasi Alam

Ventilasi alam harus disediakan untuk ruang muat sebagai berikut :

Kepala alat ventilasi tipe jamur atau tipe dinding dengan alat penutup secara manual.

b. Ventilasi Mekanis

Ventilasi mekanis tipe dapat berputar balik harus disediakan untuk ruang muat dan tiap sistim ventilasi mekanis harus terdiri dari : Kipas (aliran aksial dengan kepala ventilasi dan saluran, yang dipasang sebagaimana mestinya.

d. Akomodasi

Akomodasi pada kapal yang direncanakan adalah sebagai berikut :

- 1) Ruangan Umum (ruang makan Perwira, ABK)
- 2) Ruang pribadi
- 3) Ruang saniter
- 4) Ruang navigasi
- 5) Comissary space (dapur, pantri)
- 6) Ruang binatu
- 7) Gudang
- 8) Tangga dan lain – lain.

e. Mesin Kemudi dan instrumen Nautis

1) Mesin Kemudi

a. Mesin Kemudi

Jumlah : 1 Set

Tipe : Electro Hydraulic, trunk piston tipe

## b. Pompa

Jumlah : 2 set

Tipe : Vane

## c. Motor

Jumlah : 2 set

Mesin kemudi harus dipasang didalam ruang mesin kemudi dan dilengkapi 2 (dua) unit pompa hydraulic yang dapat bekerja sendiri dan tidak saling berkaitan. Kedua pompa mempunyai kapasitas yang sama dan mampu menggerakkan daun kemudi dari posisi  $35^{\circ}$  pada salah satu sisinke sisi lain  $30^{\circ}$  dalam waktu 28 detik saat kapal melaju pada kecepatan yang ditentukan.

## 2) Instrumen Nautis

Instrumen nautis harus sesuai dengan ketentuan dan peraturan yang berlaku dan standar yang ditentukan pabrik, adapun instrumen nautis yang dipakai adalah sebagai berikut :

a. Kompas Magnit (*Magnetic Compass*)

- 1 (satu) standar kompas magnit yang dilengkapi dengan alat baringan antara lain 1 (satu) shadow pin, 1 (satu) azimuth mirror, 1 (satu) course magnifer dan 1 (satu) azimuth circle
- 1 (setu) Spare bowl.

## b. Intrument Lainnya

- 1 (satu) Sextant
- 1 (satu) Prismatic Binoculars
- 1 (satu) Chronometer
- 1 (satu) Radio Clock di ruang radio
- 1 (satu) Stop Watch
- 1 (satu) Thermometer air laut  $5^{\circ}\text{C}$  sampai  $60^{\circ}\text{C}$

- 1 (satu) Thermometer atmosfir 20°C sampai 60°C
- 1 (satu) Clinometer, tipe jam di ruang kemudi
- 1 (satu) Clinometer, tipe pendulum 300 mm di ruang mesin
- 2 (dua) Mistar sejajar
- 2 (dua) Jangka semat
- 8 (delapan) pemberat peta
- 2 (dua) Hand Lead, 3,2 kg
- 1 (satu) Deep sea lead, 12,7 kg
- 1 (satu) barometer
- 1 (satu) set radar
- 1 (satu) set Echo Sounder dan 1 (satu) set Anemometer

c. Bendera Dan Buku Isyarat

- 1 (satu) International signal flag set, 0,86 x 0,71 m
- 1 (satu) Ships name flag set, 0,86 x 0,71 m
- 1 (satu) Blue peter, 0,86 x 0,71 m
- 1 (satu) Quarantine flag, 0,86 x 0,71 m
- 1 (satu) Pilot flag, 0,86 x 0,71 m
- 1 (satu) National flag, 1,20 x 1,80 m dan 0,90 x 1,20 m
- 1 (satu) Signal code book
- 1 (satu) Register book
- 1 (satu) Tide table, domestic issue and foreign issue each
- 1 (satu) Nautical almanac
- 1 (satu) Daftar ilmu pelayaran
- 1 (satu) Daftar Ilmu Pelayaran
- 1 (satu) set peta laut

d. Isyarat Dan Komunikasi

- a) Tabung Suara
- b) Seruling
- c) Instrumen Isyarat

- 1 (satu) lonceng diameter 300 mm pada haluan, terbuat dari perunggu.
  - 1 (satu) Gong diameter 400 mm dilengkapi dengan pemukul
  - 2 (dua) Megaphone, dari kuningan
  - 3 (tiga) Bola hitam diameter 600 mm
  - 1 (satu) Kerucut hitam diameter 600 mm
- d) Telepon VHF
- e) Radio Detected Finder (RDF)
- f) Sistem Komunikasi Satelit
- g) Search and Rescue Transponder
- h) Lampu navigasi dan lampu isyarat

Menurut Internasional *Convention for the Safety Of Life At Sea* (SOLAS) 1974, adalah sebagai berikut :

- Lampu Tiang (Masthead Light)

Lampu berwarna putih yang ditempatkan di atas sumbu tengah muka dan belakang kapal yang memperlihatkan cahaya yang tidak terputus meliputi busur cakrawala  $225^{\circ}$  dipasang sedemikian rupa sehingga memperlihatkan cahaya dari lurus ke muka sampai  $225^{\circ}$  lebih ke belakang dari arah melintang pada setiap sisi kapal. Daya tampak dari lampu tiang harus dapat dilihat pada jarak minimum 6 mil.

- Lampu Lambung (Side Light)

Lampu hijau di lambung kanan dan merah di lambung kiri masing-masing memperlihatkan cahaya yang tidak terputus meliputi busur cakrawala sebesar  $122,5^{\circ}$  dan di pasang sedemikian rupa sehingga memperlihatkan cahaya dari lurus ke muka  $22,5^{\circ}$  lebih

ke belakang dari arah melintang pada sisi masing-masing. Daya tampak dari lampu lambung harus dapat dilihat pada jarak minimum 3 mil.

- Lampu Buritan (Stern Light)

Lampu yang ditempatkan sedekat mungkin yang dapat dilaksanakan di buritan memperlihatkan cahaya yang tidak terputus meliputi busur cakrawala dari  $135^{\circ}$  dan dipasang sedemikian rupa hingga memperlihatkan cahaya  $67,5^{\circ}$  dari lurus ke belakang pada masing-masing sisi kapal. Daya tampak dari lampu buritan harus dilihat pada jarak minimum 3 mil.

- Lampu Keliling

Sebuah lampu yang memperlihatkan cahaya yang tidak terputus-putus meliputi busur cakrawala dari  $360^{\circ}$ . Daya tampak dari lampu keliling harus dapat dilihat pada jarak minimum 3 mil.

f. Alat – Alat Keselamatan Pelayaran

Kapal ini harus dilengkapi dengan peralatan keselamatan yang diperlukan untuk memenuhi peraturan keselamatan jiwa di laut yang berlaku untuk kapal dengan 300 orang penumpang dan 22 orang ABK. Alat keselamatan ini harus dilengkapi dengan sertifikat yang berlaku.

1) Rakit Penolong (ILR)

19 (sembilan Belas) buah ILR dengan kapasitas 25 orang dan memenuhi persyaratan SOLAS.



## 2) Gelang Pelampung

6 (enam) buah dari tipe yang diakui dan dibubuhi nama kapal. 2 (dua) buah diantaranya dilengkapi dengan lampu baterey.

## 3) Baju Penolong

- Baju Penolong Untuk Dewasa : 322 Buah
- Baju Penolong Untuk Anak – Anak : 30 Buah

## 4) Peralatan Pelempar

1 (satu) set pelempar tali otomatis dan 2 (dua) buah alat buang dengan bandul

## 5) Peralatan MARPOL

1 (satu) set Oily Water Separator

## 6) Resque Boat 3,8 m

2 (dua) unit dengan out board kapasitas 12 (dua belas) orang engine 35 HP. Resque Boat dilengkapi dengan dewi – dewi yang digerakkan dengan winch tangan.

Alat keselamatan lainnya harus dilengkapi sesuai dengan ketentuan yang berlaku

## g. Pemadam Kebakaran

Kapal harus dilengkapi dengan perlengkapan pemadam kebakaran sesuai dengan persyaratan, yang antara lain terdiri dari :

- 1) Pada geladak kendaraan 2 (dua) buah hidran lengkap dengan selang dan nozel penyemprot yang dapat mencapai seluruh ruangan geladak kendaraan dan 2 (dua) buah fire extinguisher tipe ABC @ 9 liter, 2 (dua) buah kotak pasir dengan skop dan kapak
- 2) Pada ruang mesin 1 (satu) buah hidran lengkap dengan selang dan nozel penyemprot air, 1 (satu) buah portable fire extinguisher tipe

- ABC @ 9 liter dan 1 (satu) buah portable fire extinguisher power type
- 3) Ruang penumpang dan awak kapal 1 (satu) buah hidran lengkap dengan selang dan nozel penyemprot air dan 3 (tiga) buah portable fire extinguisher tipe ABC @ 9 Liter
  - 4) 1 (satu) buah hidran di geladak anjungan
  - 5) Dirumah kemudi 1 (satu) buah portable fire extinguisher tipe ABC @ 9 liter dan 1 (satu) buah @ 4 Liter untuk pemadam kebakaran listrik.
  - 6) Di ruang ruang (dapur, mess, mushola dan lain sebagainya) dipasang perlengkapan pemadam kebakaran sesuai kebutuhan atau persyaratan yang berlaku.

Diatas sistim pemadam kebakaran harus dilengkapi dengan peralatan – peralatan lain sesuai persyaratan pemadam kebakaran.

#### **V.4 Tonage Dan Lambung Timbul**

##### **A. Pengertian Tonage**

Kapal dalam fungsinya sebagai alat angkut yang dipergunakan dalam kegiatan ekonomi, maka kapal tersebut tentulah dikenakan pajak - pajak serta memerlukan biaya sehubungan dengan kegiatannya itu. Dapat dimaklumi, bahwa makin besar sebuah kapal, akan makin besar pula pajak serta ongkos - ongkos yang harus dikeluarkannya. Sebagaimana diketahui, pertambahan besar kapal itu sangat bervariasi baik terhadap panjang, lebar maupun tingginya.

Besarnya panjang kapal atau bahkan panjang dan lebar sekalipun, belum dapat dipakai sebagai pedoman untuk menunjukkan besarnya kapal. Sebab ukuran besarnya kapal adalah persoalan kapasitas muat (carrying capacity). Oleh karena itu dalam menentukan pajak, berlaku suatu pedoman bahwa besarnya pajak yang dikenakan pada sebuah kapal haruslah sebanding dengan kemampuan kapal tersebut untuk memberikan penghasilan (potensial earning capacity). Atas dasar

pemikiran ini. Karena tonnage kapal dianggap dapat menggambarkan potensial earning capacity sebuah kapal, maka besar pajak - pajak yang dikenakan pada suatu kapal dapat didasarkan atas besarnya tonnagenya.

Dapat disimpulkan guna tonnage adalah :

- 1) Untuk menunjukkan ukuran besarnya kapal, yaitu kapasitas muatnya.
- 2) Bagi pemerintah adalah untuk dasar pegangan dalam memungut pajak diantaranya adalah pajak pelabuhan sebagai imbalan atas pelayanan yang telah diterima oleh kapal itu.
- 3) Bagi pemilik kapal adalah untuk memperkirakan pendapatan maupun pengeluaran (pajak - pajak dan ongkos - ongkos) yang harus dikeluarkan pada kala waktu tertentu.
- 4) Tonnage dipergunakan pula sebagai batasan - batasan terhadap berlakunya syarat - syarat keselamatan kapal ataupun beberapa syarat lain.
- 5) Di galangan kapal, tonnage banyak digunakan sebagai pedoman dalam menetapkan tariff docking dan reparasi kapal.

Untuk pengukuran tonnage dipakai register tonnage. Ada 2 macam pengukuran register tonnage yang dikenal, yaitu :

- 1) GRT (Gross Register Tonnage) atau BRT (Bruto Register Tonnage)
- 2) NRT (Netto Register Tonnage)

Tonnage adalah suatu besaran volume, karena itu satuannya adalah satuan volume dimana 1 RT (stuan register) menunjukkan suatu ruangan sebesar 100 Cubic feet atau  $\frac{1}{0,353}$  m<sup>3</sup> atau sama dengan 2,8328 m<sup>3</sup>.

Untuk menghitung besarnya Gross Register Tonnage dan Netto Register Tonnage kapal dipakai peraturan International Convention On Tonnage Measurement Of Ship 1969, dimana Gross Tonnage (BRT) dari sebuah kapal ditentukan dengan rumus sebagai berikut :

$$GT = K_1 \times V$$

Dimana :

$V$  = Volume total dari semua ruangan tertutup dalam kapal ( $m^3$ ).

$$K_1 = 0,2 + 0,02 \text{ Log } V$$

Sedangkan Net Tonnage dari sebuah kapal ditentukan dengan

rumus sebagai berikut :  $NT = K_2 \times V_c \times \left( \frac{4 \times T}{5 \times H} \right)^2$

Dimana :  $V_c$  = Volume total dari ruang muat dalam  $m^3$ .

$$K_2 = 0,2 + 0,002 \text{ Log } V_c$$

$$H = \text{Tinggi kapal (m)}$$

$$T = \text{Sarat kapal (m)}$$

#### B. Perhitungan Gross Tonnage (GRT)

Ruangan-ruangan yang termasuk dalam perhitungan muatan uuntuk mendapatkan volume Gross Tonnage adalah :

- Ruang - ruangan di bawah Tonnage deck.
- Ruang - ruangan yang berada diantara poop deck dan tonnage deck.
- Ruang - ruangan pada upper deck yang mempunyai cara penutupan yang permanen, yang dapat dipergunakan untuk muatan, gudang, akomodasi penumpang atau awak kapal.
- Ruang - ruangan tertutup, sebagai ruang palka.
  - 1) Ruang dibawah Tonnage Deck

Adalah seluruh ruangan yang tertutup kulit kapal dibawah tonnage deck, dimana yang dimaksud dengan tonnage deck adalah ruangan yang diukur sampai dengan upper deck.

Perhitungan volume dibawah tonnage deck :

- a. Volume Main Part
- b. Volume Cant Part :
  - a) Volume Cant Part Dibelakang AP
  - b) Volume Cant Part Didepan FP
- a. Volume Main Part

No. Ordinat	Luas (m <sup>2</sup> )	Faktor Simsons	Hasil
AP	19,292	0,5	9,646
0,5	27,142	2	54,284
1	29,452	1	29,452
1,5	28,313	2	56,626
2	36,386	1,5	54,579
3	37,556	4	150,224
4	37,746	2	75,492
5	37,830	4	151,320
6	37,208	2	74,416
7	34,916	4	139,664
8	36,613	1,5	54,919
8,5	19,820	2	39,640
9	12,470	1	12,470
9,5	9,117	2	18,234
FP	0,752	0,5	0,394
$\Sigma =$			976,261

$$h = \frac{Lpp}{\text{Ordinat}}$$

$$= \frac{47,77}{10}$$

$$= 4,78 \text{ m}$$

$$\text{Volume} = \frac{1}{3} \times h \times \Sigma$$

$$= \frac{1}{3} \times 4,78 \times 976,261$$

$$= 1555,509 \text{ m}^3$$

## b. Volume Cant Part

## a) Volume cant part dibelakang AP

No. Ordinat	Luas (m <sup>2</sup> )	Faktor Simsons	Hasil
AP	19,292	1	19,292
PP	17,215	4	68,860
FP	0,000	1	0,000
$\Sigma =$			88,152

$$h = \frac{1,10}{2}$$

$$= 0,55 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume} &= \frac{1}{3} \times h \times \Sigma \\ &= \frac{1}{3} \times 0,55 \times 88,152 \\ &= 16,161 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

## b) Volume cant part didepan FP

No. Ordinat	Luas (m <sup>2</sup> )	Faktor Simsons	Hasil
FP	0,752	1	0,752
A	0,394	4	1,576
B	0,000	1	0,000
$\Sigma =$			2,326

$$h = \frac{1,10}{2}$$

$$= 0,55 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume} &= \frac{1}{3} \times h \times \Sigma \\ &= \frac{1}{3} \times 0,55 \times 2,326 \\ &= 0,426 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume total dibawah Tonnage Deck} &= 1555,509 + 16,161 + \\ & \quad 0,426 \\ &= 1572,096 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

2) Ruangan diatas Tonnage Deck

Volume ruangan diatas Tonnage Deck terdiri dari :

a. Volume ruangan Main Deck	=	740,60 m <sup>3</sup>
b. Volume ruangan Bridge Deck	=	281,75 m <sup>3</sup>
c. Volume ruangan Navigation Bridge Deck	=	48,30 m <sup>3</sup>
Total volume ruangan tertutup diatas geladak utama	=	<u>1070,65 m<sup>3</sup></u>

Ruangan – ruangan tersebut dikurangi dengan ruangan – ruangan seperti :

a. Pelampung	=	95,56 m <sup>3</sup>
b. Cerobong Asap	=	41,16 m <sup>3</sup>
c. Air Cuci	=	52,90 m <sup>3</sup>
d. Wc / Kamar Mandi	=	75,45 m <sup>3</sup>
e. Ruang Kemudi	=	68,07 m <sup>3</sup>
f. Tangga - Tangga	=	35,00 m <sup>3</sup>
Total	=	<u>368,14 m<sup>3</sup></u>

Jadi total volume ruangan tertutup diatas geladak

$$= 1070,65 - 368,14$$

$$= 702,51 \text{ m}^3$$

Volume total dari semua ruangan tertutup dalam kapal

$$= 1572,096 + 702,51$$

$$= 2274,61 \text{ m}^3$$

Gross Tonage Kapal adalah :

$$GT = K_1 \times V$$

Dimana :

V = Volume Total dari semua ruangan tertutup dalam kapal

$$\begin{aligned} K_1 &= 0,2 + 0,02 \log V \\ &= 0,2 + 0,02 \log 2274,61 \\ &= 0,267 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} GT &= 0,276 \times 2274,61 \\ &= 607,321 \text{ RT} \end{aligned}$$

### C. Perhitungan Nett Tonage (NRT)

Nett Tonage (NRT) seluruh kapal ditentukan dengan rumus sebagai

berikut : 
$$NT = K_2 \times V_c \times \left( \frac{4 \times T}{3 \times H} \right)^2$$

Dimana :  $V_c = \text{Volume ruang muat kapal} = 2274,61$

$$\begin{aligned} K_2 &= 0,2 + 0,002 \log V_c \\ &= 0,2067 \end{aligned}$$

$$T = 2,53$$

$$H = 3,52$$

$$\begin{aligned} NT &= 0,2067 \times 2274,61 \times \left( \frac{4 \times 2,53}{3 \times 3,52} \right)^2 \\ &= 431,798 \text{ RT} \end{aligned}$$



#### D. Perhitungan Lambung Timbul

Lambung timbul adalah jarak vertikal yang diukur pada tengah kapal kearah bawah dari sisi atas geladak lambung timbul hingga sisi atas garis muat (*Menurut Peraturan garis Muat Indonesia, Bab IV, Pasal 18, hal. 8*).

Perhitungan lambung timbul menurut Konvensi Lambung Timbul 1966 (ILLC 1966) ini berlaku untuk kapal niaga yang berlayar di perairan Internasional baik di laut maupun perairan samudera, kecuali untuk kapal - kapal yang tersebut di bawah ini :

- 1) Kapal perang
- 2) Kapal yang panjangnya  $L < 24$  m
- 3) Kapal yang kurang dari 150 gross ton
- 4) Kapal pesiar (Yachts)
- 5) Kapal penangkap ikan
- 6) Kapal Penyusur pantai untuk jarak dekat
- 7) Kapal yang berlayar di danau - danau dan sungai - sungai.

*International Convention on Load Line* 1966, membedakan 2 (dua) tipe kapal, yaitu :

- Kapal Tipe A

yaitu kapal - kapal tangki minyak yang memiliki muatan dengan lubang masuk yang kecil dan kedap air dengan penutup baja atau material yang aquivalent.

Sifat-sifat khas dari kapal tipe A, adalah :

1. geladak cuaca yang sangat aman
2. kapal mempunyai keselamatan yang tinggi terhadap kebocoran, karena permeability dari ruang muatan pada waktu penuh adalah kecil.

➤ Kapal Tipe B

yaitu kapal-kapal yang bukan tipe A, umpamanya kapal penumpang penyebrangan dan lain sebagainya. Khusus untuk kapal-kapal tipe B, konvensi memberikan variasi-variasi yang tergantung dari konstruksi penutup palkah (portable dari kayu atau baja, kededapan airnya dengan terpal dan batten atau dengan gasket dan alat penjepit), perlindungan awak kapal, freeing ports.

1) Ukuran yang dipakai

a. Panjang Kapal

Untuk ukuran panjang kapal adalah perhitungan lambung timbul (*Minimum Summer Freeboard*) adalah diambil sama dengan 96 % dari panjang total, diukur pada garis air dengan sarat 85% dari tinggi geladak. Pada kapal yang direncanakan dengan lunas yang miring, maka garis air dimana panjang ini diukur adalah sejajar dengan garis air perencanaan (*Design Water Line*).  $LWL = 49,20 \text{ m}$

b. Lebar kapal (Breadth)

Lebar kapal (B) = 13,36 m

c. Tinggi Kapal (Depth)

Tinggi kapal (H) = 3,52 m

d. Sarat air kapal

Sarat air untuk perhitungan lambung timbul adalah  $0,85 \times H$  jadi :

$$\begin{aligned} T_1 &= 0,85 \times 3,52 \\ &= 3,00 \end{aligned}$$

- 2) Lambung Timbul Untuk Kapal Penumpang Penyebrangan Ferry Ro-Ro (Kapal Tipe B).

Dari tabel lambung timbul minimum untuk kapal – kapal tipe B dengan panjang ( $L_{pp}$ ) = 47,77 m, maka didapat lambung timbul minimum ( $F_s$ ) = 432 m.

- 3) Koreksi Untuk Koefisien Block ( $C_b$ )

$$\begin{aligned} C_b &= \frac{Vol\Delta}{L_{pp} \times B \times T_1} \\ &= \frac{1102,442}{47,77 \times 13,36 \times 3,00} \\ &= 0,666 \end{aligned}$$

Harga  $C_b$  rancangan adalah 0,666 sedangkan koreksi berlaku untuk kapal yang memiliki  $C_b > 0,666$ . maka tidak perlu dikoreksi lagi.

- 4) Koreksi Untuk Tinggi Kapal (D)

$$\text{Moulded Depth (H)} = 3690 \text{ mm}$$

$$\text{Deck Stringer (e)} = 7 \text{ mm}$$

(e) diambil dari perhitungan menurut BKI Section 7, 1996 Untuk Deck Plating pada sistem melintang ;

$$\begin{aligned} e &= (4,5 + 0,05 \times L_{pp}) \sqrt{K} \\ &= (4,5 + 0,05 \times 47,77) \sqrt{1} \\ &= 6,886 \end{aligned}$$

e ditetapkan menjadi = 7 mm

$$\begin{aligned}\text{Jadi } D &= H + e + e_1 \\ &= 3690 + 7 + 0 \\ &= 3697 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\frac{L_{pp}}{15} &= \frac{47,77}{15} \\ &= 3,18 \text{ m} \\ &= 3180 \text{ mm}\end{aligned}$$

Karna  $D > \frac{L_{pp}}{15}$ , maka lambung timbul ditambahkan dengan  $(D -$

$$\frac{L_{pp}}{15}) \times R, \text{ dimana : Untuk } LPP < 120 \text{ m ; } R = 77,840$$

Koreksi penambahan lambung timbul untuk (H) ;

$$\begin{aligned}H &= (3697 - 3180) \times 77,84 \\ &= + 17,129 \text{ mm}\end{aligned}$$

5) Koreksi Untuk Bangunan Atas

$$\text{Panjang Bridge Deck} = 21 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi Bangunan Atas (h)} = 2,3 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi Standar Bangunan Atas (h}_{st}) = 2,3 \text{ m}$$

Ordinat	Panjang Rata-Rata (s) (m)	Tinggi Sebenarnya (h) (m)	Tinggi Standar (h <sub>st</sub> ) (m)	h/h <sub>st</sub>	Panjang Efektif (E) (m)
Bridge Deck	21	2,3	2,3	1	30
$\Sigma S =$	21			$\Sigma E =$	30

$$\begin{aligned}\frac{\Sigma S}{2.LPP} &= \frac{21}{2 \times 47,77} \\ &= 0,219\end{aligned}$$

$$\frac{\Sigma E}{LPP} = \frac{30}{47,77}$$

$$= 0,628$$

$E/Lpp = 0,61 < 1$ , maka persentase reduksi untuk bangunan atas:

$$E/Lpp = 0,60 ; \text{ persentase reduksinya} = 52,0 \%$$

$$E/Lpp = 0,70 ; \text{ persentase reduksinya} = 63,0 \%$$

$$E/Lpp = 0,61 ; \text{ persentase reduksinya} = 64,1 \%$$

Jadi untuk  $E/Lpp = 0,641$

Koreksi pengurangan lambung timbul untuk bangunan atas adalah =  $64,10\% \times (432) = 276,912 \text{ m}$

6) Koreksi Untuk Sheer

Karna tinggi bangunan atas ( $h$ ) lebih besar dari ( $h_{st}$ ), maka perbedaan  $Z = h - h_{st}$  sebagai penambahan tinggi ordinat – ordinat sheer dikalikan dengan faktor sebagai berikut :

$$Ap \text{ dan } Fp = Z$$

$$= 2,5 - 2,3$$

$$= 0,2$$

$$1/6 \text{ dari AP dan FP} = 0,444 \times Z$$

$$= 0,444 \times 0,2$$

$$= 0,0888$$

$$1/3 \text{ dari AP dan FP} = 0,111 \times Z$$

$$= 0,111 \times 0,2$$

$$= 0,0222$$

Midship ( $\otimes$ ) = 0

Karena sheer kapal berbeda dengan sheer standart, maka ordinat bagian depan dan belakang masing-masing dikalikan dengan factor dan hasilnya dijumlahkan terpisah untuk bagian depan dan belakang.

$$\begin{aligned} - \text{Bagian belakang (AP)} \sum_0 AH &= 0 \times (L_{pp}/3 + 10) \\ &= 0 \times (47,77/3 + 10) \\ &= 0 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} - \text{Bagian depan (FP)} \sum_0 FH &= 0 \times (L_{LP}/3 + 10) \\ &= 0 \times (47,77/3 + 10) \\ &= 0 \end{aligned}$$

Perhitungan simpson sheer

Posisi	1	2	3	4	5	6	7
	Ordinat	Z	1 + 2	FS	3 x 4	$\sum_0 AH, FH$	$\sum_0 AH, \sum_0 AH$
AP	0	0,200	0,200	1	0,200	$\sum AH =$ 0,530	$\sum_0 AH = 0$
1/6 L	0	0,066	0,088	3	0,204		
1/3 L	0	0,022	0,022	3	0,066		
$\otimes$	0	0,000	0,000	1	0,000		
$\otimes$	0	0,000	0,000	1	0,000		
1/3 L	0	0,022	0,022	3	0,066	$\sum FH =$ 0,530	$\sum_0 FH = 0$
1/6 L	0	0,088	0,088	3	0,264		
FP	0	0,200	0,000	1	0,200		

Perbedaan antara hasil jumlah untuk sheer kapal dikurangi jumlah sheer standart dan tinggi adalah :

$$\frac{\sum AH - \sum_0 AH}{8} = \frac{0,530 - 0}{8} = 0,066 \text{ mm}$$

$$\frac{\sum FH - \sum_0 FH}{8} = \frac{0,530 - 0}{8} = 0,066 \text{ mm}$$

Untuk poop dan forecastle dengan  $h > h_{st}$ , maka sheer credit ditentukan sebagai berikut :  $S = \frac{Y}{3} \cdot \frac{L'}{L}$

dimana :

$S$  = Sheer credit yaitu faktor yang akan ditampakkan terhadap sheer.

$Y$  =  $h - h_{st}$

$L'$  = Panjang poop atau forecastle (m)

$L$  = Panjang kapal =  $L_{pp}$  (m)

$$S_{AH} = \frac{Y \cdot L'}{3 \cdot L}$$

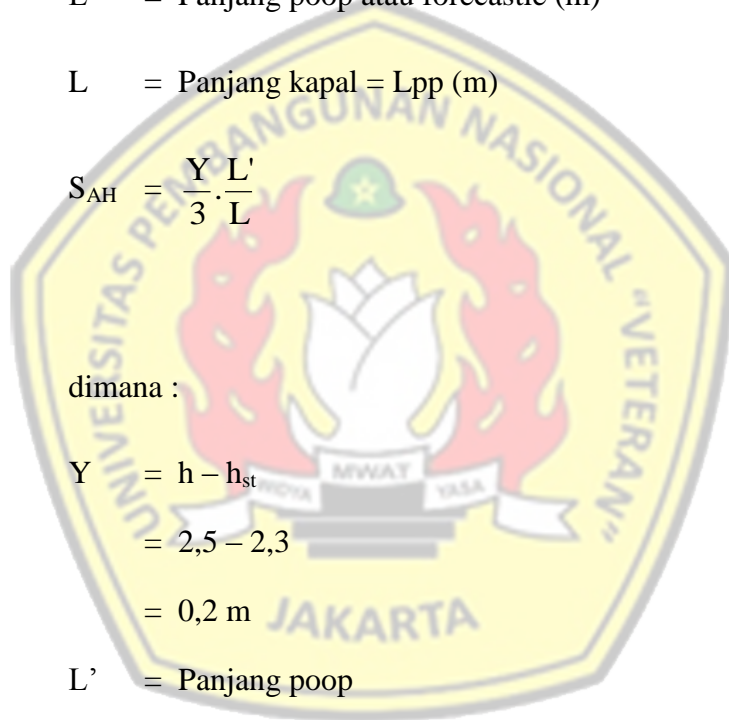
dimana :

$$\begin{aligned} Y &= h - h_{st} \\ &= 2,5 - 2,3 \\ &= 0,2 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} L' &= \text{Panjang poop} \\ &= 8 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} L &= \text{panjang kapal} \\ &= 47,77 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S_{AH} &= \frac{0,2}{3} \cdot \frac{8}{47,77} \\ &= 0,01 \text{ m} \\ &= 10 \text{ mm} \end{aligned}$$



$$S_{FH} = \frac{Y}{3} \cdot \frac{L'}{L}$$

dimana :

$$Y = 0,2 \text{ m}$$

$$L' = \text{Panjang Forecastle}$$

$$= 21 \text{ m}$$

$$L = \text{Panjang kapal}$$

$$= 47,77 \text{ m}$$

$$S_{FH} = \frac{0,1}{3} \cdot \frac{21}{47,77}$$

$$= 0,028 \text{ m}$$

$$= 28 \text{ mm}$$

$$T_{AH} = S_{AH} + \frac{\Sigma AH - \Sigma_0 AH}{8}$$

$$= 0,01 + (0,066)$$

$$= 0,076 \text{ mm}$$

$$T_{FH} = S_{FH} + \frac{\Sigma FH - \Sigma_0 FH}{8}$$

$$= 28 + (0,066)$$

$$= 28,066 \text{ mm}$$

Karena  $T_{AH} < 0$  dan  $T_{FH} > 0$

Maka :



$$\begin{aligned}\sigma &= \frac{T_{AH} + T_{FH}}{2} \\ &= \frac{(0,076) + (28,066)}{2} \\ &= 28,142 \text{ mm}\end{aligned}$$

∴ Koreksi pengurangan lambung timbul untuk sheer :

$$\begin{aligned}&= \sigma \left( 0,75 - \frac{S}{2 \times L_{pp}} \right) \\ &= 28,142 \times \left( 0,75 - \frac{21}{2 \times 47,77} \right) \\ &= 15,00 \text{ mm}\end{aligned}$$

7) Lambung Timbul Minimum Musim Panas (Summer Freebord)

1. $F_s$	= +	432,000	mm
2. Koreksi Tinggi (H)	= +	17,129	mm
3. Koreksi Bangunan Atas	= +	276,912	mm
4. Koreksi Sheer	= -	15,000	mm

---


$$F_{SO} = + 711,041 \text{ mm}$$

8) Koreksi Untuk Haluan Minimum (*Minimum Bow Height*)

Untuk  $L_{pp} < 250 \text{ m}$

$$H_{\min} = 56 \times L_{pp} \times \left(1 - \frac{L_{pp}}{500}\right) \cdot \left(\frac{1,36}{C_b + 0,68}\right)$$

$$= 56 \times 47,77 \times \left(1 - \frac{47,77}{500}\right) \times \left(\frac{1,36}{0,666 + 0,68}\right)$$

$$H_{\min} = 244,470 \text{ mm}$$

Tinggi Haluan kapal didapat dari :

$$F_{SO} = + 711,041 \text{ mm}$$

$$\text{Sheer pada haluan} = + 1400,000 \text{ mm}$$

$$\underline{\text{Tinggi Forecastle} = + 2300,000 \text{ mm}}$$

$$H = + 4411,041 \text{ mm}$$

Karena didapat  $H > H_{\min}$  maka tetap dipakai  $F_{SO} = 711,041 \text{ mm}$

9) Pemeriksaan Daya Apung Setelah Kebocoran

Kapal ini telah memenuhi syarat dari kapal cargo dimana masih dapat mengatasi bila 1 (satu) tangki kosong mengalami kebocoran.

Jadi  $F_{SO}$  tetap = 711,041 mm

10) Koreksi Untuk Garis Geladak (Deck Line)

Tidak ada koreksi, karena  $D_2 = D$ , jadi  $S = F_{SO}$

11) Sarat Air Kapal Maksimum Untuk Musim Panas (*Summer Load Line*)

$$d = D - S$$

dimana:

$$D = 3690 \text{ mm}$$

$$S = FSO$$

$$= 711,041 \text{ mm}$$

$$d = 3690 - 711,041$$

$$= 2978,959 \text{ mm}$$

- 12) Letak Lambung Timbul Untuk Tropical Load Line dan Winter Load Line

$$T = S - \left( \frac{1}{48} \times d \right) [\text{mm}]$$

$$= 711,041 - \left( \frac{1}{48} \times 2978,959 \right)$$

$$= 648,979 \text{ mm}$$

$$W = S + \left( \frac{1}{48} \times d \right) [\text{mm}]$$

$$= 711,041 + \left( \frac{1}{48} \times 2978,959 \right)$$

$$= 773,103 \text{ mm}$$

- 13) Letak Lambung Timbul Untuk Winter North Atlantic Load Line

$$\text{Untuk } L_{pp} = 47,77 < 100 \text{ m ; } WNA = W + 50 \text{ mm}$$

Maka :

$$WNA = 773,103 + 50$$

$$= 823,103 \text{ mm}$$

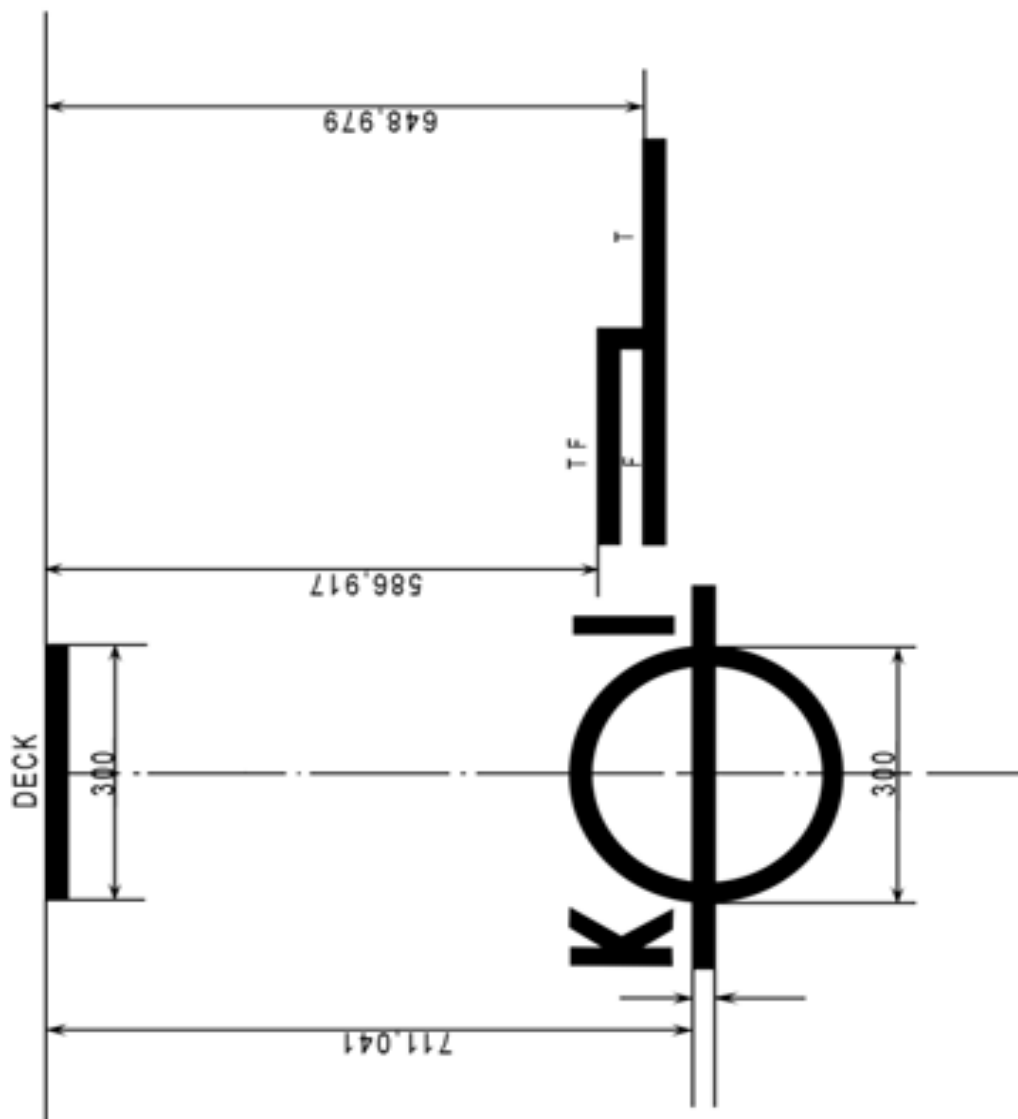
- 14) Letak Lambung Timbul Untuk Tropical Freshwater Load Line dan Freshwater Load Line

$$\begin{aligned}
 TF &= T - \left( \frac{1}{48} \times d \right) [\text{mm}] \\
 &= 648,979 - \left( \frac{1}{48} \times 2978,959 \right) \\
 &= 586,917 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 F &= S - \left( \frac{1}{48} \times d \right) [\text{mm}] \\
 &= 711,041 + \left( \frac{1}{48} \times 2978,959 \right) \\
 &= 648,979 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

- 15) Hasil Perhitungan Lambung Timbul

S (Summer Load Line)	= 711,041	mm
T (Tropical Load Line)	= 648,979	mm
W (Winter Load Line)	= 773,103	mm
WNA (Winter North Atlantic Load Line)	= 823,103	mm
TF (Tropical Freshwater Load Line)	= 586,917	mm
F (Freshwater Load Line)	= 648,979	mm



Gambar. 7: Lambung Timbul

## V.5 Perhitungan Ruang Muat

### A. Kapasitas Ruang Muat

Perhitungan kapasitas ruang muat, berguna untuk mengetahui besarnya volume setiap ruang muat, agar dapat diketahui beberapa besarnya volume muatan yang dapat diangkut oleh masing-masing ruang muat dan berapa besar total muatannya.

Untuk mendapatkan volume bersih setiap ruang muat, besarnya volume ruangan yang dihitung sampai dengan tinggi kapal dikurangi dengan volume double bottom dan volume konstruksi masing-masing cargo hold.

Adapun perhitungan volume masing-masing cargo hold adalah sebagai berikut :

#### 1) Tangki Ballas No.1

Frame	Luas (m <sup>2</sup> )	Faktor Simpson	Hasil
78	18,186	1	18,186
79	18,186	4	72,744
80	17,985	2	35,970
81	17,418	4	69,672
82	17,120	1	17,120
$\Sigma_1 =$			213,692
83	16,590	1	16,590
84	15,913	4	63,652
85	15,375	1	15,375
$\Sigma_2 =$			95,617

$$\begin{aligned}
 \text{Volume}_1 &= \frac{1}{3} \times h \times \Sigma_1 \times 2 \\
 &= \frac{1}{3} \times 0,5 \times 213,692 \times 2 \\
 &= 71,230 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Volume}_2 &= \frac{1}{3} \times h \times \Sigma_2 \times 2 \\
 &= \frac{1}{3} \times 0,5 \times 95,617 \times 2 \\
 &= 31,872 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Volume Total} &= \text{Volume}_1 + \text{Volume}_2 \\
 &= 71,230 + 31,872 \\
 &= 63,744 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Berat} &= 63,744 \times 1,025 \\
 &= 65,337 \text{ Ton}
 \end{aligned}$$

## 2) Tangki Ballas No.2

Frame	Luas (m2)	Faktor Simpson	Hasil
5	9,630	1	9,630
6	9,810	4	39,240
7	11,445	1	11,445
$\Sigma 1 =$			60,315
8	12,765	1	12,765
9	13,665	4	54,664
10	15,300	1	15,300
$\Sigma 2 =$			82,729

$$\begin{aligned}
 \text{Volume}_1 &= \frac{1}{3} \times h \times \Sigma_1 \times 2 \\
 &= \frac{1}{3} \times 0,5 \times 60,315 \times 2 \\
 &= 20,105 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Volume}_2 &= \frac{1}{3} \times h \times \Sigma_2 \times 2 \\
 &= \frac{1}{3} \times 0,5 \times 82,729 \times 2 \\
 &= 27,576 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

$$\text{Volume Total} = \text{Volume}_1 + \text{Volume}_2$$

$$= 20,105 + 27,576$$

$$= 47,681 \text{ m}^3$$

$$\text{Berat} = 47,681 \times 1,025$$

$$= 48,873 \text{ Ton}$$

### 3) Tangki Ceruk Haluan

Frame	Luas (m <sup>2</sup> )	Faktor Simpson	Hasil
85	15,375	1	15,375
86	12,740	4	50,460
87	11,833	2	23,666
88	10,695	4	42,780
89	9,415	2	18,830
90	8,500	4	34,000
91	7,470	1	7,470
$\Sigma_1 =$			193,081
92	6,400	1	6,400
93	5,244	4	30,976
94	4,923	1	4,923
$\Sigma_2 =$			32,299

$$\text{Volume}_1 = \frac{1}{3} \times h \times \Sigma_1 \times 2$$

$$= \frac{1}{3} \times 0,5 \times 193,081 \times 2$$

$$= 64,360 \text{ m}^3$$

$$\text{Volume}_2 = \frac{1}{3} \times h \times \Sigma_2 \times 2$$

$$= \frac{1}{3} \times 0,5 \times 32,299 \times 2$$

$$= 10,766 \text{ m}^3$$



$$\text{Volume Total} = \text{Volume}_1 + \text{Volume}_2$$

$$= 64,360 + 10,766$$

$$= 75,126 \text{ m}^3$$

$$\text{Berat} = 75,126 \times 1,025$$

$$= 77,004 \text{ Ton}$$

4) Tangki Kosong No,1

Frame	Luas (m <sup>2</sup> )	Faktor Simpson	Hasil
54	13,000	1	13,000
55	13,000	4	52,000
56	13,000	2	26,000
57	13,000	4	52,000
58	13,000	2	26,000
59	13,000	4	52,000
60	13,000	2	26,000
61	13,000	4	52,000
62	13,000	2	26,000
63	13,000	4	52,000
64	13,000	2	26,000
65	13,000	4	52,000
66	13,000	1	13,000
$\Sigma_1 =$			468,000
67	13,000	1	13,000
68	13,000	4	52,000
69	13,000	2	26,000
70	13,000	4	52,000
71	13,000	2	26,000
72	13,000	4	52,000
73	12,000	2	24,000
74	12,000	4	28,000
75	12,000	2	24,000
76	12,000	4	28,000
77	12,000	1	12,000
$\Sigma_2 =$			377,000

$$\text{Volume}_1 = \frac{1}{3} \times h \times \Sigma_1 \times 2$$

$$= \frac{1}{3} \times 0,5 \times 468,000 \times 2$$

$$= 156,000 \text{ m}^3$$

$$\begin{aligned}
 \text{Volume}_2 &= \frac{1}{3} \times h \times \Sigma_2 \times 2 \\
 &= \frac{1}{3} \times 0,5 \times 377,000 \times 2 \\
 &= 125,667 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Volume Total} &= \text{Volume}_1 + \text{Volume}_2 \\
 &= 156,000 + 125,667 \\
 &= 281,667 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Berat} &= 281,667 \times 1,025 \\
 &= 288,708 \text{ Ton}
 \end{aligned}$$

## 5) Tangki Kosong No 2

Frame	Luas (m <sup>2</sup> )	Faktor Simpson	Hasil
34	13,000	1	13,000
35	13,000	4	52,000
36	13,000	2	26,000
37	13,000	4	52,000
38	13,000	2	26,000
39	13,000	4	52,000
40	13,000	2	26,000
41	13,000	4	52,000
42	13,000	2	26,000
43	13,000	4	52,000
44	13,000	2	26,000
45	13,000	4	52,000
46	13,000	2	26,000
47	13,000	4	52,000
48	13,000	2	26,000
49	13,000	4	52,000
50	13,000	2	26,000
51	13,000	4	52,000
52	13,000	2	26,000
53	13,000	4	52,000
54	13,000	1	13,000
$\Sigma_2 =$			780,000

$$\begin{aligned}
 \text{Volume}_1 &= \frac{1}{3} \times h \times \Sigma_1 \times 2 \\
 &= \frac{1}{3} \times 0,5 \times 780,000 \times 2 \\
 &= 260,000 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

## 6) Tangki Air Tawar

Frame	Luas (m <sup>2</sup> )	Faktor Simpson	Hasil
56	5,000	1	5,000
57	5,000	4	20,000
58	5,000	2	10,000
59	5,000	4	20,000
60	5,000	2	10,000
61	5,000	4	20,000
62	5,000	2	10,000
63	5,000	4	20,000
64	5,000	2	10,000
65	5,000	4	20,000
66	5,000	1	5,000
$\Sigma_1 =$			150,000
67	5,000	1	5,000
68	5,000	4	20,000
69	5,000	2	10,000
70	5,000	4	20,000
71	5,000	2	10,000
72	5,000	4	20,000
73	5,000	2	10,000
74	5,000	4	20,000
75	4,600	2	9,200
76	4,600	4	18,400
78	4,600	1	4,600
$\Sigma_2 =$			147,20

$$\begin{aligned}
 \text{Volume}_1 &= \frac{1}{3} \times h \times \Sigma_1 \times 2 \\
 &= \frac{1}{3} \times 0,5 \times 150,000 \times 2 \\
 &= 25,000 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Volume}_2 &= \frac{1}{3} \times h \times \Sigma_2 \times 2 \\
 &= \frac{1}{3} \times 0,5 \times 147,20 \times 2 \\
 &= 24,533 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Volume Total} &= \text{Volume}_1 + \text{Volume}_2 \\
 &= 25,000 + 24,533 \\
 &= 49,533 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

## 7) Tangki Bahan Bakar

Frame	Luas (m <sup>2</sup> )	Faktor Simpson	Hasil
34	5,000	1	5,000
35	5,000	4	20,000
36	5,000	2	10,000
37	5,000	4	20,000
38	5,000	2	10,000
39	5,000	4	20,000
40	5,000	2	10,000
41	5,000	4	20,000
42	5,000	2	10,000
43	5,000	4	20,000
44	5,000	2	10,000
45	5,000	4	20,000
46	5,000	2	10,000
47	5,000	4	20,000
48	5,000	2	10,000
49	5,000	4	20,000
50	5,000	2	10,000
51	5,000	4	20,000
52	5,000	2	10,000
53	5,000	4	20,000
54	5,000	2	10,000
55	5,000	4	20,000
56	5,000	1	5,000
		$\Sigma_2 =$	300,000

$$\begin{aligned}
 \text{Volume}_1 &= \frac{1}{3} \times h \times \Sigma_1 \times 2 \\
 &= \frac{1}{3} \times 0,5 \times 300 \times 2 \\
 &= 50 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

## V.6 Stabilitas Kapal Dan Trim

Untuk dapat menjamin keselamatan kapal di dalam pelayarannya antara lain kapal harus mempunyai keseimbangan yang stabil atau stabilitas yang baik. Dengan kata lain bahwa kapal harus mampu melawan semua gaya-gaya luar yang menyebabkan kemiringan kapal, sehingga kapal dapat kembali pada kedudukan semula.

Untuk memenuhi ketentuan tersebut pada ukuran utama kapal yang dirancang memerlukan perhitungan-perhitungan stabilitas. Adapun ukuran utama kapal dalam perhitungan stabilitas sebagaimana telah diutarakan pada bab sebelumnya adalah sebagai berikut :

$$L_{pp} = 47,77 \text{ m}$$

$$L_{wl} = 49,20 \text{ m}$$

$$B = 13,36 \text{ m}$$

$$H = 3,53 \text{ m}$$

$$T = 2,52 \text{ m}$$

Stabilitas suatu kapal sangat dipengaruhi oleh kedudukan tiga buah titik yang memegang peranan penting, yaitu :

- 1) Titik berat kapal (G)
- 2) Titik gaya tekan ke atas dari volume air yang dipindahkan oleh bagian badan kapal yang terbenam dalam air (B).
- 3) Titik Metacenter (M).

Untuk penilaian stabilitas kapal. Maka sedikitnya ada 4 faktor yang harus diperhatikan yaitu :

- 1) Besar  $\overline{GM}$  yang terjadi
- 2) Bentuk lengan stabilitas statis
- 3) Besar lengan stabilitas dinamis

- 4) Besar harga sudut dimana kapal tidak mempunyai momen pembalik dan juga dengan  $\phi$  Deck ( $\phi$  Deck ditentukan oleh tinggi rendahnya Freeboard).

#### A. Perhitungan Kurva Stabilitas

Kurva silang adalah kumpulan kurva yang menunjukkan besarnya lengan penegak (momen Koppel) pada berbagai sudut kemiringan kapal dengan beberapa kondisi displasemen ( $\Delta$ ).

Perhitungan kurva silang ini menggunakan perhitungan dari metode A.N. Krylof, yaitu dengan menentukan harga GZ atau  $LC = NB \sin \phi$ . Untuk mendapatkan harga  $LC = NB \sin \phi$  untuk sudut-sudut kemiringan pada metode ini didasarkan pada displasemen yang tetap (konstan). Maka untuk setiap sudut oleng yang digambar harus dikoreksi garis air nya, sehingga garis air pada setiap sudut oleng mempunyai displasemen yang sama.

Untuk menggambarkan garis air tersebut terdapat dua cara, dimana cara salah satunya adalah ; Untuk membuat garis air pada sudut oleng ( $d\phi$ ) yang sebenarnya, mula-mula kita lukis air Bantu pada kemiringan ( $d\phi$ ) yaitu garis air  $W_1'L_1'$ . Garis air  $W_1'L_1'$  ini memotong garis air  $W_0L_0$  menurut sumbu memanjang kapal yang melalui titik berat (F) dari garis air  $W_0L_0$ .

Selanjutnya dapat dilukiskan garis air pada kemiringan ( $d\phi$ ) yang sebenarnya yaitu  $W_1L_1$ , dimana garis air ini sejajar garis  $W_1'L_1'$  pada jarak (t) Jadi Displasemen kapal di bawah garis air  $W_1L_1$  adalah sama dengan displasemen kapal di bawah garis air  $W_0L_0$ .

Maka didapat volume lapisan diantara  $W_1'L_1'$  dan  $W_1L_1$ :

$$\nabla(W_1L_1 - W_1'L_1') = t \times A_w$$

Dimana : t = Tebal lapisan antara  $W_1L_1$  dengan  $W_1'L_1'$

$A_w = \text{luas garis air}$

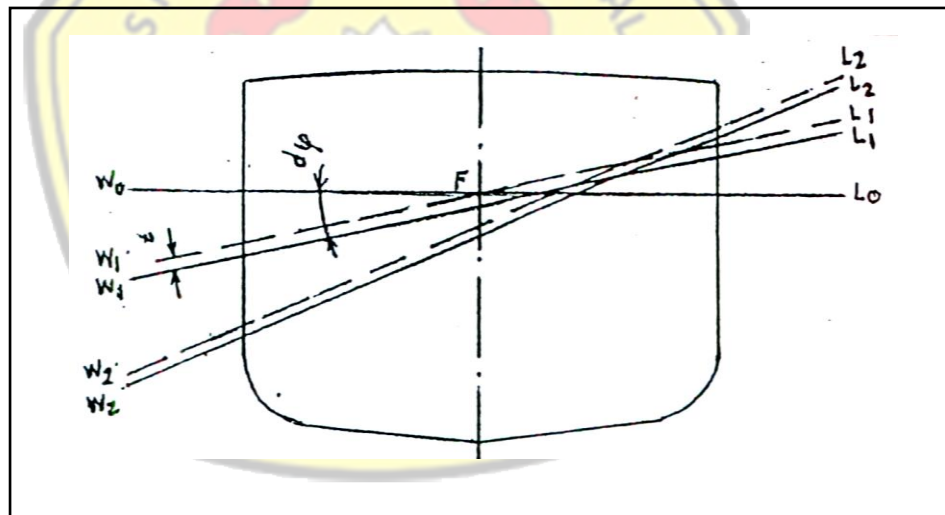
Dan Volume lapisan antara  $W_1L_1$  dan  $W_1'L_1'$  adalah sama dengan selisih volume baji masuk dan baji keluar yaitu  $= V_1 - V_2$ .

$V_1 = \text{Volume baji yang masuk ke dalam air}$

$V_2 = \text{Volume baji yang keluar dari air}$

$$\text{Jadi : } t \times A_w = V_1 - V_2 - t = \frac{V_1 - V_2}{A_w}$$

Langkah diatas dilakukan berulang-ulang pada kondisi sudut yang berbeda untuk mencari letak titik berat bidang garis air pada kondisi sudut tertentu tersebut.



Gambar.8 Garis Air Bantu dan garis air sebenarnya

## B. Langkah Pembuatan Kurva Silang

Untuk melakukan penggambaran kurva silang mengikuti langkah urutan-urutan sebagai berikut :

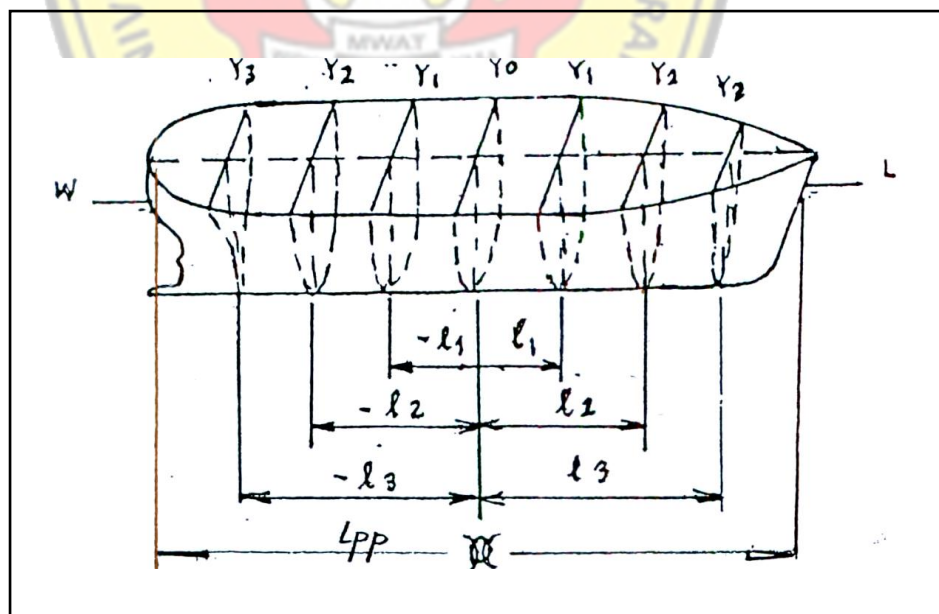
Panjang kapal ( $L_{pp}$ ) dibagi dalam beberapa penampang melintang menurut *Metode Tchebycheff*, yaitu 7 station. Dimana jarak station pembagi tersebut terhadap midship adalah :

$$\pm \ell_1 = 0,16195 L_{pp}$$

$$\pm \ell_2 = 0,26485 L_{pp}$$

$$\pm \ell_3 = 0,44195 L_{pp}$$

Menurut pembagian tersebut tiap-tiap penampang melintang digambar secara utuh dalam satu gambar *Body Plan*. Seperti biasanya penampang melintang kapal yang terletak di depan tengah kapal digambar dengan garis terputus-putus sedangkan penampang melintang yang terletak di belakang tengah kapal digambarkan dengan garis secara penuh.

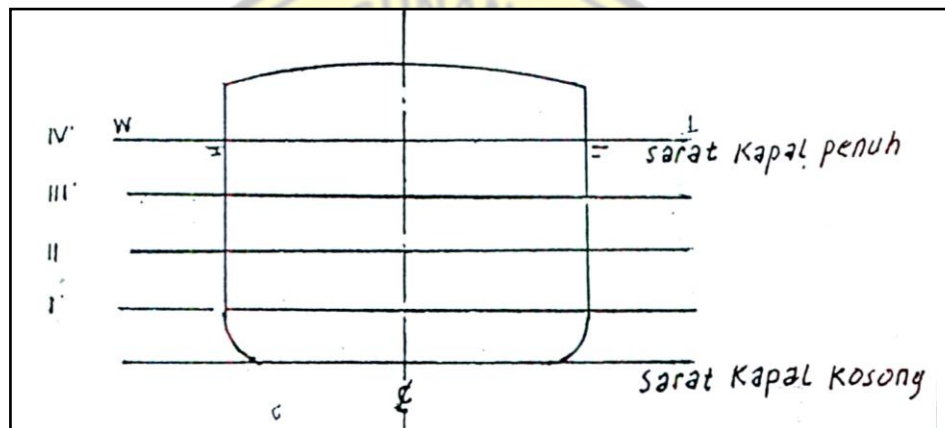


Gambar.9 Pembagian tujuh station menurut Tchebycheff



Untuk Pembuatan diagram lengan stabilitas bentuk dengan ordinat sama dengan  $LC = NB \sin \varphi$ , maka paling sedikit dibutuhkan empat keadaan displasemen. Displasemen ini dapat dipilih pada sarat kapal muatan penuh, sarat pada saat kapal kosong serta dua sarat lagi terletak diantara kedua sarat tersebut. Untuk perhitungan kurva silang pada tugas ini ditetapkan displasemen pada :

- 1) Kondisi I, yaitu pada sarat kapal dengan muatan kosong.
- 2) Kondisi II, yaitu pada sarat kapal dengan 50% muatan
- 3) Kondisi III, yaitu pada sarat kapal dengan 75% muatan
- 4) Kondisi IV, yaitu pada sarat kapal dengan muatan penuh.



Gambar.10 Penentuan empat keadaan sarat kapal

Sudut oleng yang ditinjau meliputi :  $0^+$ ,  $10^{\circ}$ ,  $20^{\circ}$ ,  $30^{\circ}$ ,  $40^{\circ}$ ,  $50^{\circ}$ ,  $60^{\circ}$ ,  $70^{\circ}$ ,  $80^{\circ}$  dan  $90^{\circ}$ .

Untuk menentukan titik berat berat garis air yang merupakan sumbu putar dan harga ( $BM\varphi$ ) untuk suatu keadaan tertentu menggunakan tabel (A). pada tabel ini dilakukan perhitungan-perhitungan sebagai berikut :

$$1) \text{ Luas garis Air } (A_w) - A_w = \int_{-\frac{1}{2}}^{\frac{1}{2}} (Y_a + Y_b) d\varphi$$

$$\text{Tertulis I} = \Sigma Y_a + \Sigma Y_b$$

$$2) \text{ Momen Statis } (M_x) - M_x = \int_{-\frac{1}{2}}^{\frac{1}{2}} (Y a^2 + Y b^2) d\varphi$$

$$\text{Tertulis II} = \Sigma Y a^2 + \Sigma Y b^2$$

$$3) \text{ Momen Inersia } (I_x) - I_x = \frac{1}{3} \int_0^1 (Y a^3 + Y b^3) d\varphi$$

$$\text{Tertulis III} = \Sigma Y a^3 + \Sigma Y b^3$$

$$4) \text{ Titik berat garis air } (e) - e = \frac{M_x}{A_w} = \frac{\frac{1}{2} \Sigma (Y a^2 - Y b^2)}{\Sigma (Y a + Y b)}$$

$$\text{Tertulis IV} = e = \frac{1}{2} \cdot \frac{\text{(II)}}{\text{(I)}}$$

$$5) \text{ Momen Inersia garis air dihitung pada } (I_x) = \frac{1}{3} \times \frac{L_{pp}}{n} \times \text{(III)}$$

Dimana :  $L_{pp}$  = Panjang kapal

$n$  = Jumlah ordinat (7 buah)

$$\text{Tertulis V} = I_x = \frac{1}{3} \times \frac{L_{pp}}{n} \times \text{(III)}$$

6) Kalau sumbu  $I_x$  tidak melalui titik berat dari garis air, maka harga  $I_x$  harus dikoreksi :  $I_{KOR} = A_w \times e^2$

$$\text{Dimana : } A_w = \left( \frac{L_{pp}}{n} \right) \times \text{(I)}$$

$e$  = Jarak titik berat ke sumbu perhitungan  $I_x$

$$\text{Tertulis VI} = I_{KOR} = \frac{L_{pp}}{n} \times \text{(I)} \times \text{(IV)}^2$$

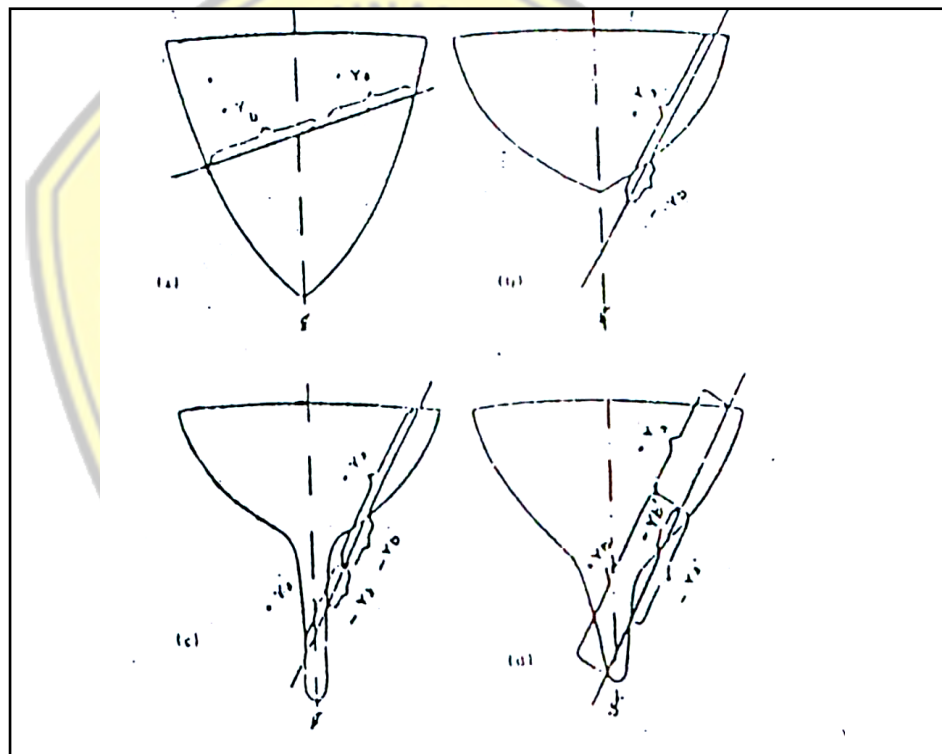
$$7) I_{XO} = I_x - I_{KOR}$$

$$\text{Tertulis VII} = I_{XO} = \text{(V)} - \text{(VI)}$$

$$8) \quad BM\phi = \frac{I_{x0}}{\text{Volume}}$$

$$\text{Tertulis VIII} = BM\phi = \frac{\text{VII}}{\text{Volume}}$$

Setelah menggunakan tabel (A), maka sekarang secara mengukur (Ya) dan (Yb); pertama kita gambarkan garis air Bantu  $W_1'L_1'$  yang membentuk sudut  $10^\circ$  dengan  $W_0L_0$  pada titik 0. Dari titik 0 ini dilakkan pengukuran harga (Ya) dan (Yb) untuk setiap ordinat dan memasukkannya dalam tabel (A) untuk sudut  $10^\circ$ . untuk kapal dalam kondisi tegak harga (e) adalah 0.



Gambar.11 Contoh-contoh cara pembacaan Ya; Yb; Ya' dan Yb'



Tarik garis  $W_1L_1$  melalui  $b$  sejajar garis air  $W_1'L_1'$  dan ukuran  $OC$ . Sama dengan  $(e)$ , dan tarik  $OC$  tegak lurus  $W_1'L_1'$  sehingga memotong  $W_1L_1$  di  $j$ ). Tarik garis Bantu  $W_2'L_2'$  melalui  $O$  membentuk sudut  $10^\circ$  dengan garis air  $W_1L_1$ . hal tersebut diulangi sampai pada sudut  $90^\circ$ .

Setelah  $(BM\phi)$  didapat dari hasil perhitungan pada tabel (A), maka hasil  $(BM\phi)$  dimasukkan ke dalam tabel (B) untuk menghitung  $(LC)$  dan koordinat metacentre)

#### Keterangan Tabel (B)

Kolom I : sudut  $\phi = 0^\circ, 10^\circ, 20^\circ, 30^\circ, 40^\circ, 50^\circ, 60^\circ, 70^\circ, 80^\circ, 90^\circ$ .

Kolom II : harga  $(BM\phi)$  didapat dari tabel (A)

Kolom III :  $\text{Cos } \phi = \text{Cos } 0^\circ = 0,000$

$$\text{Cos } 10^\circ = 0,9848$$

$$\text{Cos } 20^\circ = 0,9397$$

$$\text{Cos } 30^\circ = 0,8660$$

dan seterusnya

Kolom IV :  $BM\phi \text{ Cos}\phi = \text{II} \times \text{III}$

Kolom V : Integral  $BM\phi \text{ Cos}\phi$  di integralkan, yaitu dimana

$$\phi = 10^\circ \quad a + b + c = d$$

$$\phi = 20^\circ \quad c + d + e = f$$

$$\phi = 30^\circ \quad e + f + g = h$$

dan seterusnya

$$\begin{aligned} \text{Kolom VI} & : \sin 0^\circ = 0,000 \\ & \sin 10^\circ = 0,1736 \\ & \sin 20^\circ = 0,3420 \\ & \sin 30^\circ = 0,5000 \\ & \text{dan seterusnya} \end{aligned}$$

$$\text{Kolom VII} : BM_\varphi \sin \varphi = II \times VI$$

$$\text{Kolom VIII} : \text{Integral } BM_\varphi \sin \varphi, \text{ seperti pada kolom V.}$$

$$\text{Kolom IX} : Y_\varphi = d\varphi/2 \times \text{kolom V}$$

$$1^\circ = 0,01745 \text{ rad}$$

$$\text{Bila } d\varphi = 10^\circ \text{ maka } d\varphi = 0,1745 \text{ rad}$$

$$d\varphi/2 = 0,1745 / 2 = 0,08725$$

$$Y_\varphi = 0,08725 \times \text{kolom V}$$

$$\text{Kolom X} : Z_\varphi - Z_C = 0,08725 \times \text{kolom VIII}$$

$$\text{Kolom XI} : Y_\varphi \cos \varphi = \text{kolom IX} \times \text{kolom III}$$

$$\text{Kolom XII} : (Z_\varphi - Z_C) \sin \varphi = \text{kolom X} \times \text{kolom VI}$$

$$\begin{aligned} \text{Kolom XIII} : LC = NB \sin \varphi = BR = BT + TR \\ = Y_\varphi \cos \varphi + (Z_\varphi - Z_C) \sin \varphi \\ = \text{kolom xi} + \text{kolom XII} \end{aligned}$$

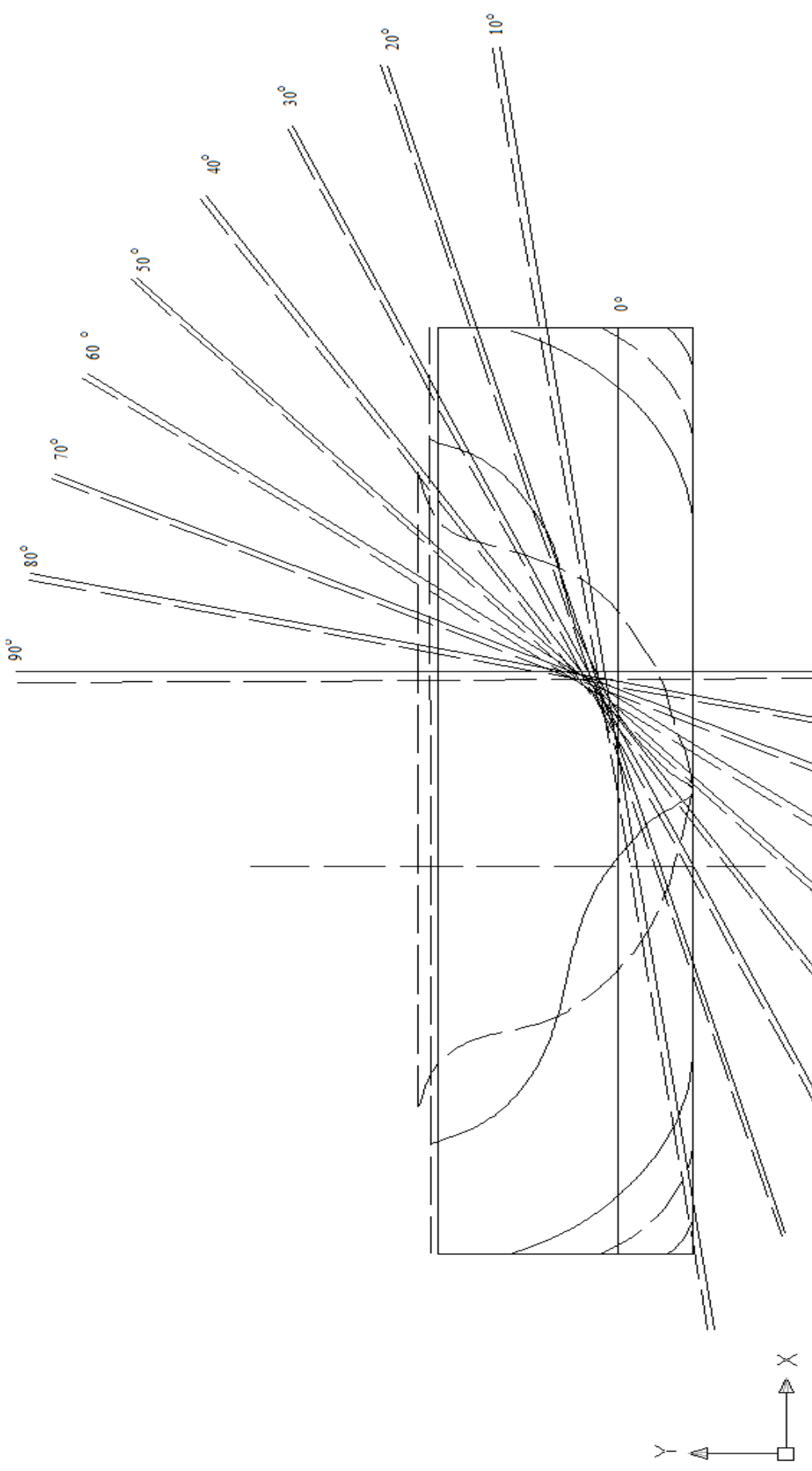
$$\text{Kolom XIV} : Y_m = Y_\varphi - B_m \varphi \sin \varphi$$

$$Y_m = \text{kolom IX} - \text{kolom XII}$$

$$\text{Kolom XV} : Z_M - Z_C = (Z_\varphi - Z_C) + BM_\varphi \cos \varphi$$

$$= \text{kolom X} + \text{kolom IV}$$

Harga LC dari kolom XIII, digunakan untuk menggambar diagram lengan stabilitas bentuk.



Gambar.14 Kondisi Muatan I

**TABEL A - KONDISI I**

T	=	1,30 m	Jumlah Station (n)	=	7	T	=	1,30 m	Jumlah Station (n)	=	7
Lpp	=	47,77 m	L = Lpp / n	=	6,73 m	Lpp	=	47,77 m	L = Lpp / n	=	6,73 m
Δ	=	583,30 Ton				Δ	=	583,30 Ton			
Volume	=	568,98 m <sup>3</sup>				Volume	=	568,98 m <sup>3</sup>			

No. Section	φ = 0°						No. Section	φ = 10°					
	Ya	Yb	Ya <sup>2</sup>	Yb <sup>2</sup>	Ya <sup>3</sup>	Yb <sup>3</sup>		Ya	Yb	Ya <sup>2</sup>	Yb <sup>2</sup>	Ya <sup>3</sup>	Yb <sup>3</sup>
3	3,70	3,70	13,69	13,69	30,65	30,65	3	5,50	1,65	30,25	2,72	166,38	4,49
2	6,90	6,90	47,61	47,61	328,61	328,61	2	7,10	4,80	30,41	23,04	357,91	110,59
1	6,80	6,80	46,24	46,24	314,43	314,43	1	7,10	4,80	30,41	23,04	357,91	110,59
0	6,80	6,80	46,24	46,24	314,43	314,43	0	7,10	4,80	30,41	23,04	357,91	110,59
-1	6,80	6,80	46,24	46,24	314,43	314,43	-1	7,10	4,80	30,41	23,04	357,91	110,59
-2	6,90	6,90	47,61	47,61	328,51	328,51	-2	7,10	4,80	30,41	23,04	357,91	110,59
-3	3,70	3,70	13,69	13,69	30,65	30,65	-3	6,35	0,00	40,32	0,00	256,05	0,00
Σ	41,60	41,60	261,32	261,32	1701,62	1701,62	Σ	47,35	25,65	322,62	117,92	2211,98	557,45
I	Σ Ya + Σ Yb		=	83,20			I	Σ Ya + Σ Yb		=	73,00		
II	Σ Ya <sup>2</sup> - Σ Yb <sup>2</sup>		=	0,00			II	Σ Ya <sup>2</sup> - Σ Yb <sup>2</sup>		=	204,700		
III	Σ Ya <sup>3</sup> + Σ Yb <sup>3</sup>		=	3403,24			III	Σ Ya <sup>3</sup> + Σ Yb <sup>3</sup>		=	2769,43		
IV	e = (II) / 2 (I)		=	0,000	e/2 =	0.00	IV	e = (II) / 2 (I)		=	1,40	e/2 =	0.70
V	I <sub>X</sub> = 1/3 x L x (III)		=	7632,98			V	I <sub>X</sub> = 1/3 x L x (III)		=	6211,44		
VI	I <sub>KOR</sub> = L . (I) . (IV) <sup>2</sup>		=	0,00			VI	I <sub>KOR</sub> = L . (I) . (IV) <sup>2</sup>		=	965,55		
VII	I <sub>XO</sub> = (V) - (VI)		=	7632,98			VII	I <sub>XO</sub> = (V) - (VI)		=	5245,88		
VIII	BMφ = (VII) / Volum		=	13,42			VIII	BMφ = (VII) / Volum		=	0,22		



T = 1,30 m  
 Lpp = 47,77 m  
 $\Delta$  = 583,30 Ton  
 Volume = 568,98 m<sup>3</sup>

Jumlah Station (n) = 7  
 L = Lpp / n = 6,73 m

T = 1,30 m  
 Lpp = 47,77 m  
 $\Delta$  = 583,30 Ton  
 Volume = 568,98 m<sup>3</sup>

Jumlah Station (n) = 7  
 L = Lpp / n = 6,73 m

No. Section	$\varphi = 20^0$					
	Ya	Yb	Ya <sup>2</sup>	Yb <sup>2</sup>	Ya <sup>3</sup>	Yb <sup>3</sup>
3	2,90	1,30	8,41	1,69	24,39	2,20
2	2,90	3,30	8,41	10,89	24,39	35,94
1	2,90	3,30	8,41	10,89	24,39	35,94
0	2,90	3,30	8,41	10,89	24,39	35,94
-1	2,90	3,30	8,41	10,89	24,39	35,94
-2	2,90	3,30	8,41	10,89	24,39	35,94
-3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
$\Sigma$	17,40	17,80	50,46	56,14	146,33	181,88
I	$\Sigma Ya + \Sigma Yb$	=	35,20			
II	$\Sigma Ya^2 - \Sigma Yb^2$	=	-5,00			
III	$\Sigma Ya^3 + \Sigma Yb^3$	=	328,22			
IV	$e = (II) / 2 (I)$	=	-0,06	e/2 =	-0,04	
V	$I_x = 1/3 \times L \times (III)$	=	736,14			
VI	$I_{KOR} = L \cdot (I) \cdot (IV)^2$	=	1,34			
VII	$I_{XO} = (V) - (VI)$	=	734,60			
VIII	$BM_\varphi = (VII) / \text{Volum}$	=	1,29			

No. Section	$\varphi = 30^0$					
	Ya	Yb	Ya <sup>2</sup>	Yb <sup>2</sup>	Ya <sup>3</sup>	Yb <sup>3</sup>
3	2,00	0,90	4,00	0,81	8,00	0,73
2	2,00	2,35	4,00	3,52	8,00	12,98
1	2,00	2,35	4,00	3,52	8,00	12,98
0	2,00	2,35	4,00	3,52	8,00	12,98
-1	2,00	2,35	4,00	3,52	8,00	12,98
-2	2,00	2,35	4,00	3,52	8,00	12,98
-3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
$\Sigma$	12,00	12,65	24,00	24,42	48,00	65,62
I	$\Sigma Ya + \Sigma Yb$	=	24,65			
II	$\Sigma Ya^2 - \Sigma Yb^2$	=	-0,42			
III	$\Sigma Ya^3 + \Sigma Yb^3$	=	89,62			
IV	$e = (II) / 2 (I)$	=	41,09	e/2 =	-0,04	
V	$I_x = 1/3 \times L \times (III)$	=	254,83			
VI	$I_{KOR} = L \cdot (I) \cdot (IV)^2$	=	0,33			
VII	$I_{XO} = (V) - (VI)$	=	253,50			
VIII	$BM_\varphi = (VII) / \text{Volum}$	=	0,45			

T = 1,30 M  
 Lpp = 47,77 M  
 Δ = 583,30 Ton  
 Volume = 568,98 m<sup>3</sup>

Jumlah Station (n) = 7  
 L = Lpp / n = 6,73 m

T = 1,30 m  
 Lpp = 47,77 m  
 Δ = 583,30 Ton  
 Volume = 568,98 m<sup>3</sup>

Jumlah Station (n) = 7  
 L = Lpp / n = 6,73 m

No. Section	φ = 40°					
	Ya	Yb	Ya <sup>2</sup>	Yb <sup>2</sup>	Ya <sup>3</sup>	Yb <sup>3</sup>
3	0,00	0,85,	0,00	0,72	0,00	0,61
2	1,40	2,10	1,96	4,41	2,74	9,26
1	1,40	2,10	1,96	4,41	2,74	9,26
0	1,40	2,10	1,96	4,41	2,74	9,26
-1	1,40	2,10	1,96	4,41	2,74	9,26
-2	1,40	2,10	1,96	4,41	2,74	9,26
-3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Σ	7,00	11,35	9,80	22,77	13,72	46,90
I	Σ Ya + Σ Yb	=	18,35			
II	Σ Ya <sup>2</sup> - Σ Yb <sup>2</sup>	=	-12,97			
III	Σ Ya <sup>3</sup> + Σ Yb <sup>3</sup>	=	60,64			
IV	e = (II) / 2 (I)	=	-0,35	e/2 =	-0,18	
V	I <sub>X</sub> = 1/3 x L x (III)	=	136,00			
VI	I <sub>KOR</sub> = L . (I) . (IV) <sup>2</sup>	=	15,43			
VII	I <sub>XO</sub> = (V) - (VI)	=	120,38			
VIII	BMφ = (VII) / Volum	=	0,41			

No. Section	φ = 50°					
	Ya	Yb	Ya <sup>2</sup>	Yb <sup>2</sup>	Ya <sup>3</sup>	Yb <sup>3</sup>
3	0,00	0,85	0,00	0,72	0,00	0,61
2	1,00	1,95	1,00	3,80	1,00	7,41
1	1,00	1,95	1,00	3,80	1,00	7,41
0	1,00	1,95	1,00	3,80	1,00	7,41
-1	1,00	1,95	1,00	3,80	1,00	7,41
-2	1,00	1,95	1,00	3,80	1,00	7,41
-3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Σ	5,00	10,60	5,00	12,74	5,00	37,69
I	Σ Ya + Σ Yb	=	15,60			
II	Σ Ya <sup>2</sup> - Σ Yb <sup>2</sup>	=	-14,74			
III	Σ Ya <sup>3</sup> + Σ Yb <sup>3</sup>	=	42,69			
IV	e = (II) / 2 (I)	=	-0,47	e/2 =	-0,24	
V	I <sub>X</sub> = 1/3 x L x (III)	=	95,74			
VI	I <sub>KOR</sub> = L . (I) . (IV) <sup>2</sup>	=	23,41			
VII	I <sub>XO</sub> = (V) - (VI)	=	72,33			
VIII	BMφ = (VII) / Volum	=	0,13			

T = 1,30 m  
 Lpp = 47,77 m  
 $\Delta$  = 583,30 Ton  
 Volume = 568,98 m<sup>3</sup>

Jumlah Station (n) = 7  
 L = Lpp / n = 6,73 m

T = 1,30 m  
 Lpp = 47,77 m  
 $\Delta$  = 583,30 Ton  
 Volume = 568,98 m<sup>3</sup>

Jumlah Station (n) = 7  
 L = Lpp / n = 6,73 m

No. Section	$\phi = 60^0$					
	Ya	Yb	Ya <sup>2</sup>	Yb <sup>2</sup>	Ya <sup>3</sup>	Yb <sup>3</sup>
3	0,00	0,80	0,00	0,64	0,00	0,51
2	2,00	1,90	4,00	3,61	8,00	6,81
1	2,00	1,90	4,00	3,61	8,00	6,81
0	2,00	1,90	4,00	3,61	8,00	6,81
-1	2,00	1,90	4,00	3,61	8,00	6,81
-2	2,00	1,90	4,00	3,61	8,00	6,81
-3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
$\Sigma$	10,00	10,30	20,00	18,69	40,00	34,81
I	$\Sigma Ya + \Sigma Yb$	=	20,30			
II	$\Sigma Ya^2 - \Sigma Yb^2$	=	1,31			
III	$\Sigma Ya^3 + \Sigma Yb^3$	=	74,81			
IV	$e = (II) / 2 (I)$	=	0,03	$e/2 =$	0,02	
V	$I_x = 1/3 \times L \times (III)$	=	167,78			
VI	$I_{KOR} = L \cdot (I) \cdot (IV)^2$	=	0,14			
VII	$I_{XO} = (V) - (VI)$	=	167,44			
VIII	$BM\phi = (VII) / \text{Volum}$	=	0,29			

No. Section	$\phi = 70^0$					
	Ya	Yb	Ya <sup>2</sup>	Yb <sup>2</sup>	Ya <sup>3</sup>	Yb <sup>3</sup>
3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2	1,70	1,90	2,89	3,61	4,91	6,86
1	1,70	1,90	2,89	3,61	4,91	6,86
0	1,70	1,90	2,89	3,61	4,91	6,86
-1	1,70	1,90	2,89	3,61	4,91	6,86
-2	1,70	1,90	2,89	3,61	4,91	6,86
-3	0,00	0,50	0,00	0,25	0,00	0,13
$\Sigma$	8,50	10,00	14,45	18,20	24,57	34,42
I	$\Sigma Ya + \Sigma Yb$	=	18,50			
II	$\Sigma Ya^2 - \Sigma Yb^2$	=	-0,85			
III	$\Sigma Ya^3 + \Sigma Yb^3$	=	56,99			
IV	$e = (II) / 2 (I)$	=	-0,10	$e/2 =$	-0,05	
V	$I_x = 1/3 \times L \times (III)$	=	132,29			
VI	$I_{KOR} = L \cdot (I) \cdot (IV)^2$	=	1,25			
VII	$I_{XO} = (V) - (VI)$	=	130,95			
VIII	$BM\phi = (VII) / \text{Volum}$	=	0,23			

T = 1,30 m  
 Lpp = 47,77 m  
 Δ = 583,30 Ton  
 Volume = 568,98 m<sup>3</sup>

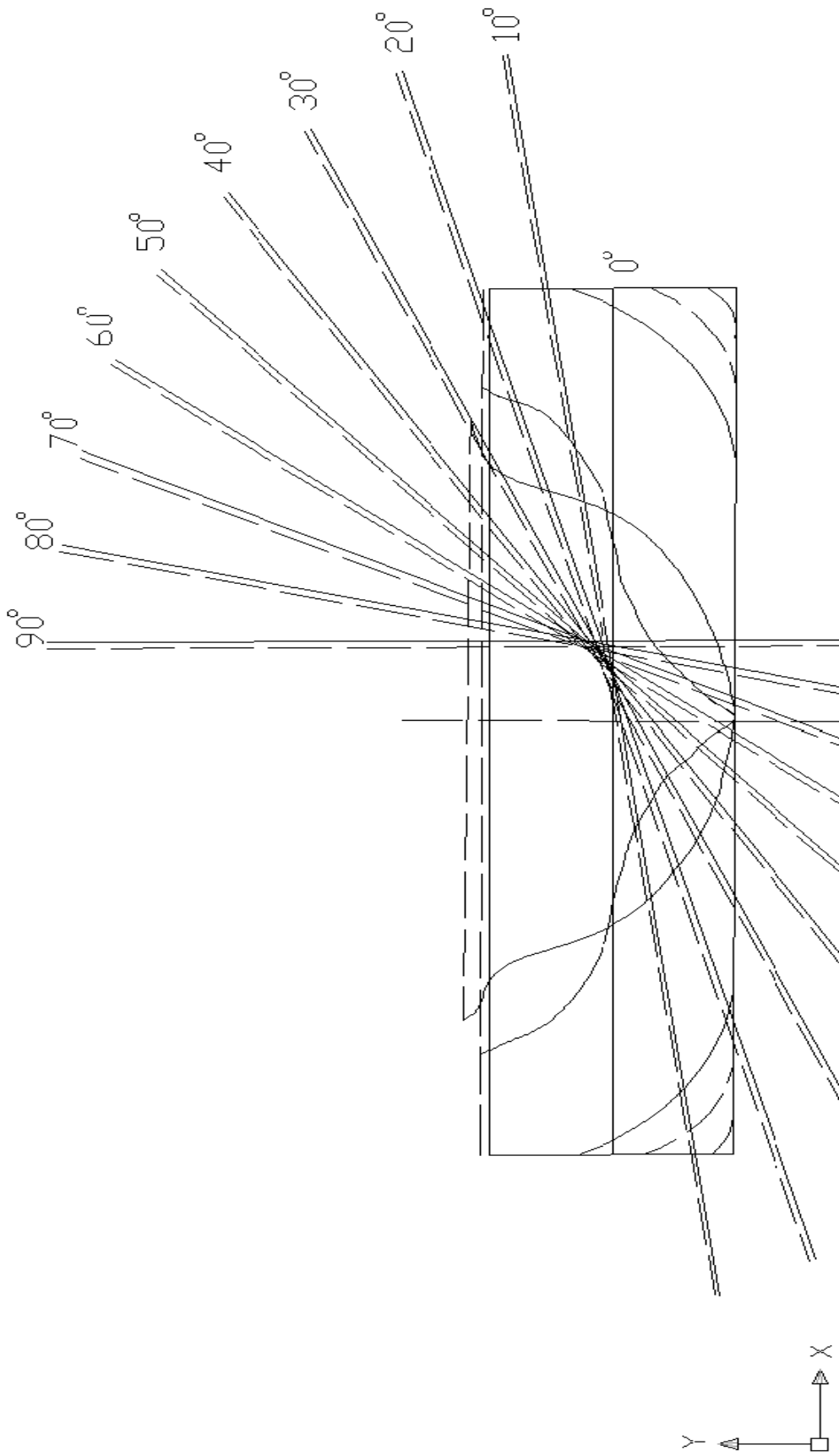
Jumlah Station (n) = 7  
 L = Lpp / n = 6,73 m

T = 1,30 M  
 Lpp = 47,77 M  
 Δ = 583,30 Ton  
 Volume = 568,98 m<sup>3</sup>

Jumlah Station (n) = 7  
 L = Lpp / n = 6,73 m  
 Δ = 583,30 Ton  
 Volume = 568,98 m<sup>3</sup>

No. Section	φ = 80°					
	Ya	Yb	Ya <sup>2</sup>	Yb <sup>2</sup>	Ya <sup>3</sup>	Yb <sup>3</sup>
3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2	1,20	2,10	1,44	4,41	1,73	0,26
1	1,20	2,10	1,44	4,41	1,73	9,26
0	1,20	2,10	1,44	4,41	1,73	9,26
-1	1,20	2,10	1,44	4,41	1,73	9,26
-2	1,20	2,10	1,44	4,41	1,73	9,26
-3	0,90	0,00	0,81	0,00	0,73	0,00
Σ	6,90	10,50	8,01	22,05	9,37	46,31
I	Σ Ya + Σ Yb		=	17,40		
II	Σ Ya <sup>2</sup> - Σ Yb <sup>2</sup>		=	-14,04		
III	Σ Ya <sup>3</sup> + Σ Yb <sup>3</sup>		=	55,67		
IV	e = (II) / 2 (I)		=	-0,40	e/2 =	-0,20
V	Ix = 1/3 x L x (III)		=	124,87		
VI	IKOR = L . (I) . (IV) <sup>2</sup>		=	19,06		
VII	IXO = (V) - (VI)		=	105,81		
VIII	BMφ = (VII) / Volum		=	0,19		

No. Section	φ = 90°					
	Ya	Yb	Ya <sup>2</sup>	Yb <sup>2</sup>	Ya <sup>3</sup>	Yb <sup>3</sup>
3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2	0,90	2,35	0,81	3,52	0,73	12,98
1	0,90	2,35	0,81	3,52	0,73	12,98
0	0,90	2,35	0,81	3,52	0,73	12,98
-1	0,90	2,35	0,81	3,52	0,73	12,98
-2	0,90	2,35	0,81	3,52	0,73	12,98
-3	1,20	0,00	0,81	0,00	1,73	0,00
Σ	5,70	11,75	1,44	27,61	5,37	64,89
I	Σ Ya + Σ Yb		=	17,45		
II	Σ Ya <sup>2</sup> - Σ Yb <sup>2</sup>		=	-22,12		
III	Σ Ya <sup>3</sup> + Σ Yb <sup>3</sup>		=	70,26		
IV	e = (II) / 2 (I)		=	-0,63	e/2 =	-0,32
V	Ix = 1/3 x L x (III)		=	157,59		
VI	IKOR = L . (I) . (IV) <sup>2</sup>		=	47,18		
VII	IXO = (V) - (VI)		=	110,41		
VIII	BMφ = (VII) / Volum		=	0,19		



Gambar 15 Kondisi Muatan II

**TABEL A - KONDISI II**

T	=	1,60 m	Jumlah Station (n)	=	7	T	=	1,60 M	Jumlah Station (n)	=	7
Lpp	=	47,77 m	L = Lpp / n	=	6,73 m	Lpp	=	47,77 M	L = Lpp / n	=	6,73 m
Δ	=	730,40 Ton				Δ	=	730,40 Ton			
Volume	=	712,59 m <sup>3</sup>				Volume	=	712,59 m <sup>3</sup>			

No. Section	φ = 0 <sup>0</sup>						No. Section	φ = 10 <sup>0</sup>					
	Ya	Yb	Ya <sup>2</sup>	Yb <sup>2</sup>	Ya <sup>3</sup>	Yb <sup>3</sup>		Ya	Yb	Ya <sup>2</sup>	Yb <sup>2</sup>	Ya <sup>3</sup>	Yb <sup>3</sup>
3	4,50	4,50	20,25	20,25	91,13	91,13	3	3,80	2,80	14,44	7,84	54,87	21,95
2	6,95	6,95	48,30	48,30	335,70	335,70	2	7,10	6,10	50,41	37,21	357,91	226,98
1	6,90	6,90	47,61	47,61	328,51	328,51	1	7,10	6,10	50,41	37,21	357,91	226,98
0	6,90	6,90	47,61	47,61	328,51	328,51	0	7,10	6,10	50,41	37,21	357,91	226,98
-1	6,95	6,95	48,30	48,30	335,70	335,70	-1	7,10	6,15	50,41	37,82	357,91	226,98
-2	6,95	6,95	48,30	48,30	335,70	335,70	-2	7,10	6,15	50,41	37,82	357,91	226,98
-3	4,30	4,30	18,49	18,49	79,51	79,51	-3	3,80	1,65	14,44	2,72	54,87	4,49
Σ	43,45	43,45	278,87	278,87	1834,76	1834,76	Σ	43,10	35,05	280,93	197,84	1899,30	1172,60
I	Σ Ya + Σ Yb		=	86,90			I	Σ Ya + Σ Yb		=	78,15		
II	Σ Ya <sup>2</sup> - Σ Yb <sup>2</sup>		=	0,00			II	Σ Ya <sup>2</sup> - Σ Yb <sup>2</sup>		=	83,09		
III	Σ Ya <sup>3</sup> + Σ Yb <sup>3</sup>		=	3669,51			III	Σ Ya <sup>3</sup> + Σ Yb <sup>3</sup>		=	1071,90		
IV	e = (II) / 2 (I)		=	0,00	e/2 =	0,00	IV	e = (II) / 2 (I)		=	0,53	e/2 =	0,27
V	I <sub>X</sub> = 1/3 x L x (III)		=	8230,30			V	I <sub>X</sub> = 1/3 x L x (III)		=	1889,84		
VI	I <sub>KOR</sub> = L . (I) . (IV) <sup>2</sup>		=	0,00			VI	I <sub>KOR</sub> = L . (I) . (IV) <sup>2</sup>		=	148,61		
VII	I <sub>XO</sub> = (V) - (VI)		=	8230,30			VII	I <sub>XO</sub> = (V) - (VI)		=	1741,23		
VIII	BMφ = (VII) / Volum		=	11,55			VIII	BMφ = (VII) / Volum		=	9,46		

T = 1,60 m  
 Lpp = 47,77 m  
 $\Delta$  = 730,40 Ton  
 Volume = 712,59 m<sup>3</sup>

Jumlah Station (n) = 7  
 L = Lpp / n = 6,73 m

T = 1,60 M  
 Lpp = 47,77 M  
 $\Delta$  = 730,40 Ton  
 Volume = 712,59 m<sup>3</sup>

Jumlah Station (n) = 7  
 L = Lpp / n = 6,73 m

No. Section	$\varphi = 20^0$					
	Ya	Yb	Ya <sup>2</sup>	Yb <sup>2</sup>	Ya <sup>3</sup>	Yb <sup>3</sup>
3	1,80	2,20	3,24	4,84	5,83	10,65
2	5,10	4,10	26,01	16,81	132,65	68,92
1	5,10	4,10	26,01	16,81	132,65	68,92
0	5,10	4,10	26,01	16,81	132,65	68,92
-1	5,10	4,10	26,01	16,81	132,65	68,92
-2	5,10	4,10	26,01	16,81	132,65	68,92
-3	5,10	4,10	26,01	1,21	132,65	1,33
$\Sigma$	32,40	23,80	159,30	90,10	801,74	356,98
I	$\Sigma Ya + \Sigma Yb$		=	36,20		
II	$\Sigma Ya^2 - \Sigma Yb^2$		=	69,20		
III	$\Sigma Ya^3 + \Sigma Yb^3$		=	1138,32		
IV	$e = (II) / 2 (I)$		=	0,62	$e/2 =$	0,31
V	$I_X = 1/3 \times L \times (III)$		=	2597,95		
VI	$I_{KOR} = L \cdot (I) \cdot (IV)^2$		=	143,33		
VII	$I_{XO} = (V) - (VI)$		=	2454,62		
VIII	$BM\varphi = (VII) / \text{Volum}$		=	7,11		

No. Section	$\varphi = 30^0$					
	Ya	Yb	Ya <sup>2</sup>	Yb <sup>2</sup>	Ya <sup>3</sup>	Yb <sup>3</sup>
3	3,20	2,00	10,24	4,00	32,77	8,00
2	3,20	3,40	10,24	11,56	32,77	39,30
1	3,20	3,40	10,24	11,56	32,77	39,30
0	3,20	3,40	10,24	11,56	32,77	39,30
-1	3,20	3,40	10,24	11,56	32,77	39,30
-2	3,20	3,40	10,24	11,56	32,77	39,30
-3	3,20	0,00	10,24	0,00	32,77	39,30
$\Sigma$	22,40	19,00	71,68	61,80	229,38	0,00
I	$\Sigma Ya + \Sigma Yb$		=	41,40		
II	$\Sigma Ya^2 - \Sigma Yb^2$		=	9,88		
III	$\Sigma Ya^3 + \Sigma Yb^3$		=	433,90		
IV	$e = (II) / 2 (I)$		=	0,12	$e/2 =$	0,06
V	$I_X = 1/3 \times L \times (III)$		=	273,17		
VI	$I_{KOR} = L \cdot (I) \cdot (IV)^2$		=	3,97		
VII	$I_{XO} = (V) - (VI)$		=	269,20		
VIII	$BM\varphi = (VII) / \text{Volum}$		=	2,81		

T = 1,60 m  
 Lpp = 47,77 m  
 Δ = 730,40 Ton  
 Volume = 712,59 m<sup>3</sup>

Jumlah Station (n) = 7  
 L = Lpp / n = 6,73 m

T = 1,60 M  
 Lpp = 47,77 M  
 Δ = 730,40 Ton  
 Volume = 712,59 m<sup>3</sup>

Jumlah Station (n) = 7  
 L = Lpp / n = 6,73 m

No. Section	φ = 40°					
	Ya	Yb	Ya <sup>2</sup>	Yb <sup>2</sup>	Ya <sup>3</sup>	Yb <sup>3</sup>
3	2,40	1,70	5,76	2,80	13,82	4,91
2	2,40	2,85	5,76	8,12	13,82	23,15
1	2,40	2,85	5,76	8,12	13,82	23,15
0	2,40	2,85	5,76	8,12	13,82	23,15
-1	2,40	2,85	5,76	8,12	13,82	23,15
-2	2,40	2,85	5,76	8,12	13,82	23,15
-3	2,40	0,00	5,76	0,00	13,82	0,00
Σ	16,80	15,95	40,32	43,50	96,77	120,66
I	Σ Ya + Σ Yb	=	32,77			
II	Σ Ya <sup>2</sup> - Σ Yb <sup>2</sup>	=	-3,18			
III	Σ Ya <sup>3</sup> + Σ Yb <sup>3</sup>	=	217,43			
IV	e = (II) / 2 (I)	=	-0,05	e/2 =	-0,02	
V	I <sub>X</sub> = 1/3 x L x (III)	=	487,66			
VI	I <sub>KOR</sub> = L . (I) . (IV) <sup>2</sup>	=	0,52			
VII	I <sub>XO</sub> = (V) - (VI)	=	287,14			
VIII	BMφ = (VII) / Volum	=	0,68			

No. Section	φ = 50°					
	Ya	Yb	Ya <sup>2</sup>	Yb <sup>2</sup>	Ya <sup>3</sup>	Yb <sup>3</sup>
3	1,70	0,00	2,89	0,00	4,91	0,00
2	1,70	2,80	2,89	7,84	4,91	21,95
1	1,70	2,80	2,89	7,84	4,91	21,95
0	1,70	2,80	2,89	7,84	4,91	21,95
-1	1,70	2,80	2,89	7,84	4,91	21,95
-2	1,70	2,80	2,89	7,84	4,91	21,95
-3	1,70	0,00	2,89	0,00	4,91	0,00
Σ	11,90	14,00	20,23	39,20	34,39	109,26
I	Σ Ya + Σ Yb	=	25,90			
II	Σ Ya <sup>2</sup> - Σ Yb <sup>2</sup>	=	-18,97			
III	Σ Ya <sup>3</sup> + Σ Yb <sup>3</sup>	=	144,15			
IV	e = (II) / 2 (I)	=	-0,37	e/2 =	-0,18	
V	I <sub>X</sub> = 1/3 x L x (III)	=	323,31			
VI	I <sub>KOR</sub> = L . (I) . (IV) <sup>2</sup>	=	23,37			
VII	I <sub>XO</sub> = (V) - (VI)	=	299,94			
VIII	BMφ = (VII) / Volum	=	0,42			



T = 1,60 m  
 Lpp = 47,77 m  
 $\Delta$  = 730,40 Ton  
 Volume = 712,59 m<sup>3</sup>

Jumlah Station (n) = 7  
 L = Lpp / n = 6,73 m

T = 1,60 M  
 Lpp = 47,77 M  
 $\Delta$  = 730,40 Ton  
 Volume = 712,59 m<sup>3</sup>

Jumlah Station (n) = 7  
 L = Lpp / n = 6,73 m

No. Section	$\varphi = 60^0$					
	Ya	Yb	Ya <sup>2</sup>	Yb <sup>2</sup>	Ya <sup>3</sup>	Yb <sup>3</sup>
3	1,15	0,00	1,32	0,00	1,52	0,00
2	1,15	2,70	1,32	7,29	1,52	19,68
1	1,15	2,70	1,32	7,29	1,52	19,68
0	1,15	2,70	1,32	7,29	1,52	19,68
-1	1,15	2,70	1,32	7,29	1,52	19,68
-2	1,15	2,70	1,32	7,29	1,52	19,68
-3	1,15	0,00	1,32	0,00	1,52	0,00
$\Sigma$	8,05	13,50	9,26	36,45	10,65	98,42
I	$\Sigma Ya + \Sigma Yb$	=	21,55			
II	$\Sigma Ya^2 - \Sigma Yb^2$	=	-27,19			
III	$\Sigma Ya^3 + \Sigma Yb^3$	=	109,06			
IV	$e = (II) / 2 (I)$	=	-0,63	$e/2 =$	-0,32	
V	$I_X = 1/3 \times L \times (III)$	=	244,61			
VI	$I_{KOR} = L \cdot (I) \cdot (IV)^2$	=	57,72			
VII	$I_{XO} = (V) - (VI)$	=	186,89			
VIII	$BM\varphi = (VII) / \text{Volum}$	=	0,26			

No. Section	$\varphi = 70^0$					
	Ya	Yb	Ya <sup>2</sup>	Yb <sup>2</sup>	Ya <sup>3</sup>	Yb <sup>3</sup>
3	0,55	0,00	0,30	0,00	0,17	0,00
2	0,55	2,90	0,30	8,41	0,17	24,39
1	0,55	2,90	0,30	8,41	0,17	24,39
0	0,55	2,90	0,30	8,41	0,17	24,39
-1	0,55	2,90	0,30	8,41	0,17	24,39
-2	0,55	2,90	0,30	8,41	0,17	24,39
-3	0,55	0,00	0,30	0,00	0,17	0,00
$\Sigma$	3,85	14,50	2,12	42,05	1,16	121,95
I	$\Sigma Ya + \Sigma Yb$	=	18,35			
II	$\Sigma Ya^2 - \Sigma Yb^2$	=	-39,93			
III	$\Sigma Ya^3 + \Sigma Yb^3$	=	123,11			
IV	$e = (II) / 2 (I)$	=	-1,09	$e/2 =$	-0,34	
V	$I_X = 1/3 \times L \times (III)$	=	776,12			
VI	$I_{KOR} = L \cdot (I) \cdot (IV)^2$	=	146,18			
VII	$I_{XO} = (V) - (VI)$	=	129,94			
VIII	$BM\varphi = (VII) / \text{Volum}$	=	0,18			

T = 1,60 m  
 Lpp = 47,77 m  
 Δ = 730,40 Ton  
 Volume = 712,59 m<sup>3</sup>

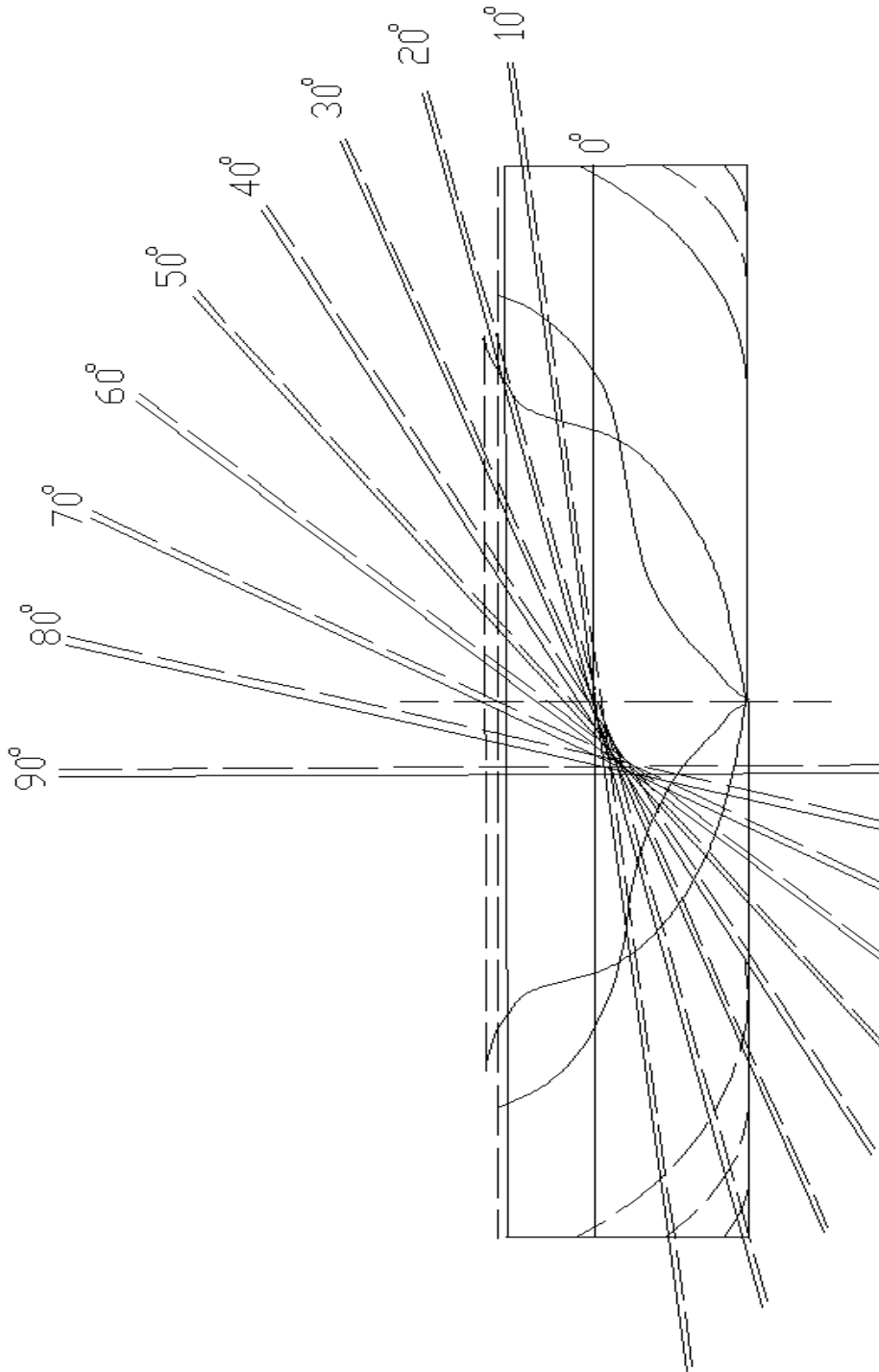
Jumlah Station (n) = 7  
 L = Lpp / n = 6,73 m

T = 1,60 M  
 Lpp = 47,77 M  
 Δ = 730,40 Ton  
 Volume = 712,59 m<sup>3</sup>

Jumlah Station (n) = 7  
 L = Lpp / n = 6,73 m

No. Section	φ = 80°					
	Ya	Yb	Ya <sup>2</sup>	Yb <sup>2</sup>	Ya <sup>3</sup>	Yb <sup>3</sup>
3	0,00	3,70	0,00	13,69	0,00	50,65
2	0,00	3,70	0,00	13,69	0,00	50,65
1	0,00	3,70	0,00	13,69	0,00	50,65
0	0,00	3,70	0,00	13,69	0,00	50,65
-1	0,00	3,70	0,00	13,69	0,00	50,65
-2	0,00	3,70	0,00	13,69	0,00	50,65
-3	0,00	3,70	0,00	13,69	0,00	50,65
Σ	0,00	25,90	0,00	95,83	0,00	254,57
I	Σ Ya + Σ Yb	=	25,90			
II	Σ Ya <sup>2</sup> - Σ Yb <sup>2</sup>	=	-95,83			
III	Σ Ya <sup>3</sup> + Σ Yb <sup>3</sup>	=	354,57			
IV	e = (II) / 2 (I)	=	-1,25	e/2 =	-0,93	
V	I <sub>X</sub> = 1/3 x L x (III)	=	795,25			
VI	I <sub>KOR</sub> = L . (I) . (IV) <sup>2</sup>	=	596,44			
VII	I <sub>XO</sub> = (V) - (VI)	=	198,81			
VIII	BMφ = (VII) / Volum	=	0,28			

No. Section	φ = 90°					
	Ya	Yb	Ya <sup>2</sup>	Yb <sup>2</sup>	Ya <sup>3</sup>	Yb <sup>3</sup>
3	0,00	4,40	0,00	19,36	0,00	85,18
2	0,00	4,40	0,00	19,36	0,00	85,18
1	0,00	4,40	0,00	19,36	0,00	85,18
0	0,00	4,40	0,00	19,36	0,00	85,18
-1	0,00	4,40	0,00	19,36	0,00	85,18
-2	0,00	4,40	0,00	19,36	0,00	85,18
-3	0,00	4,40	0,00	19,36	0,00	85,18
Σ	0,00	30,80	0,00	135,52	0,00	596,29
I	Σ Ya + Σ Yb	=	30,80			
II	Σ Ya <sup>2</sup> - Σ Yb <sup>2</sup>	=	-135,52			
III	Σ Ya <sup>3</sup> + Σ Yb <sup>3</sup>	=	595,29			
IV	e = (II) / 2 (I)	=	-2,20	e/2 =	-0,30	
V	I <sub>X</sub> = 1/3 x L x (III)	=	1335,29			
VI	I <sub>KOR</sub> = L . (I) . (IV) <sup>2</sup>	=	1003,04			
VII	I <sub>XO</sub> = (V) - (VI)	=	334,35			
VIII	BMφ = (VII) / Volum	=	0,47			



Gambar.16 Kondisi Muatan III

**TABEL A - KONDISI III**

T = 1,80 m  
 Lpp = 47,77 m  
 Δ = 822,40 Ton  
 Volume = 802,34 m<sup>3</sup>

Jumlah Station (n) = 7  
 L = Lpp / n = 6,73 m

T = 1,80 M  
 Lpp = 47,77 M  
 Δ = 822,40 Ton  
 Volume = 802,34 m<sup>3</sup>

Jumlah Station (n) = 7  
 L = Lpp / n = 6,73 m

No. Section	φ = 0°					
	Ya	Yb	Ya <sup>2</sup>	Yb <sup>2</sup>	Ya <sup>3</sup>	Yb <sup>3</sup>
3	4,85	4,85	23,52	23,52	114,08	114,08
2	7,00	7,00	49,00	49,00	343,00	343,00
1	7,00	7,00	49,00	49,00	343,00	343,00
0	7,00	7,00	49,00	49,00	343,00	343,00
-1	7,00	7,00	49,00	49,00	343,00	343,00
-2	7,00	7,00	49,00	49,00	343,00	343,00
-3	5,30	5,30	28,09	28,09	148,88	148,88
Σ	45,15	45,15	296,91	296,91	1977,96	1977,96
I	Σ Ya + Σ Yb		=	90,30		
II	Σ Ya <sup>2</sup> - Σ Yb <sup>2</sup>		=	0,00		
III	Σ Ya <sup>3</sup> + Σ Yb <sup>3</sup>		=	3955,92		
IV	e = (II) / 2 (I)		=	0,00	e/2 =	0,00
V	Ix = 1/3 x L x (III)		=	8872,57		
VI	IKOR = L . (I) . (IV) <sup>2</sup>		=	0,00		
VII	IXO = (V) - (VI)		=	8872,57		
VIII	BMφ = (VII) / Volum		=	11,06		

No. Section	φ = 10°					
	Ya	Yb	Ya <sup>2</sup>	Yb <sup>2</sup>	Ya <sup>3</sup>	Yb <sup>3</sup>
3	2,70	3,40	7,29	11,56	19,68	39,30
2	7,10	6,45	50,41	41,60	357,91	268,34
1	7,10	6,45	50,41	41,60	357,91	268,34
0	7,10	6,45	50,41	41,60	357,91	268,34
-1	7,10	6,45	50,41	41,60	357,91	268,34
-2	7,10	6,45	50,41	42,90	357,91	268,34
-3	2,70	2,60	7,29	6,29	19,68	17,58
Σ	40,90	38,35	266,63	227,63	1829,92	1411,24
I	Σ Ya + Σ Yb		=	79,25		
II	Σ Ya <sup>2</sup> - Σ Yb <sup>2</sup>		=	29,00		
III	Σ Ya <sup>3</sup> + Σ Yb <sup>3</sup>		=	3240,16		
IV	e = (II) / 2 (I)		=	0,25	e/2 =	0,12
V	Ix = 1/3 x L x (III)		=	7267,21		
VI	IKOR = L . (I) . (IV) <sup>2</sup>		=	22,28		
VII	IXO = (V) - (VI)		=	7234,93		
VIII	BMφ = (VII) / Volum		=	9,02		

T = 1,80 m  
 Lpp = 47,77 m  
 Δ = 822,40 Ton  
 Volume = 802,34 m<sup>3</sup>

Jumlah Station (n) = 7  
 L = Lpp / n = 6,73 m

T = 1,80 M  
 Lpp = 47,77 M  
 Δ = 822,40 Ton  
 Volume = 802,34 m<sup>3</sup>

Jumlah Station (n) = 7  
 L = Lpp / n = 6,73 m

No. Section	φ = 20°					
	Ya	Yb	Ya <sup>2</sup>	Yb <sup>2</sup>	Ya <sup>3</sup>	Yb <sup>3</sup>
3	1,25	2,50	1,56	6,25	1,95	15,63
2	4,65	4,40	21,62	19,36	100,54	85,48
1	4,65	4,40	21,62	19,36	100,54	85,48
0	4,65	4,40	21,62	19,36	100,54	85,48
-1	4,65	4,40	21,62	19,36	100,54	85,48
-2	4,65	4,40	21,62	19,36	100,54	85,48
-3	1,25	1,55	1,56	2,40	1,975	3,72
Σ	25,75	26,05	111,24	105,45	506,63	445,27
I	Σ Ya + Σ Yb		=	51,80		
II	Σ Ya <sup>2</sup> - Σ Yb <sup>2</sup>		=	3,79		
III	Σ Ya <sup>3</sup> + Σ Yb <sup>3</sup>		=	951,90		
IV	e = (II) / 2 (I)		=	0,06	e/2 =	0,03
V	Ix = 1/3 x L x (III)		=	2134,97		
VI	IKOR = L . (I) . (IV) <sup>2</sup>		=	1,09		
VII	IXO = (V) - (VI)		=	2133,885		
VIII	BMφ = (VII) / Volum		=	2,66		

No. Section	φ = 30°					
	Ya	Yb	Ya <sup>2</sup>	Yb <sup>2</sup>	Ya <sup>3</sup>	Yb <sup>3</sup>
3	0,90	1,95	0,64	0,80	0,51	7,41
2	3,10	3,40	9,61	11,36	29,79	39,30
1	3,10	3,40	9,61	11,36	29,79	39,30
0	3,10	3,40	9,61	11,36	29,79	39,30
-1	3,10	3,40	9,61	11,36	29,79	39,30
-2	3,10	3,40	9,61	11,36	29,79	39,30
-3	3,10	1,20	9,61	0,44	29,79	1,73
Σ	19,40	20,15	58,30	64,04	179,28	205,66
I	Σ Ya + Σ Yb		=	39,55		
II	Σ Ya <sup>2</sup> - Σ Yb <sup>2</sup>		=	-1,74		
III	Σ Ya <sup>3</sup> + Σ Yb <sup>3</sup>		=	384,92		
IV	e = (II) / 2 (I)		=	-0,06	e/2 =	-0,03
V	Ix = 1/3 x L x (III)		=	862,32		
VI	IKOR = L . (I) . (IV) <sup>2</sup>		=	0,96		
VII	IXO = (V) - (VI)		=	863,37		
VIII	BMφ = (VII) / Volum		=	1,07		

T = 1,80 m  
 Lpp = 47,77 m  
 Δ = 822,40 Ton  
 Volume = 802,34 m<sup>3</sup>

Jumlah Station (n) = 7  
 L = Lpp / n = 6,73 m

T = 1,80 M  
 Lpp = 47,77 M  
 Δ = 822,40 Ton  
 Volume = 802,34 m<sup>3</sup>

Jumlah Station (n) = 7  
 L = Lpp / n = 6,73 m

No. Section	φ = 40°					
	Ya	Yb	Ya <sup>2</sup>	Yb <sup>2</sup>	Ya <sup>3</sup>	Yb <sup>3</sup>
3	0,30	1,80	0,25	3,24	0,13	5,83
2	2,30	1,80	5,29	3,24	12,17	5,83
1	2,30	1,80	5,29	3,24	12,17	5,83
0	2,30	1,80	5,29	3,24	12,17	5,83
-1	2,30	1,80	5,29	3,24	12,17	5,83
-2	2,30	1,80	5,29	3,24	12,17	5,83
-3	2,30	1,10	5,29	1,21	12,17	1,33
Σ	14,30	11,90	31,99	20,65	73,13	36,32
I	Σ Ya + Σ Yb	=	26,20			
II	Σ Ya <sup>2</sup> - Σ Yb <sup>2</sup>	=	11,34			
III	Σ Ya <sup>3</sup> + Σ Yb <sup>3</sup>	=	109,45			
IV	e = (II) / 2 (I)	=	0,22	e/2 =	0,11	
V	I <sub>X</sub> = 1/3 x L x (III)	=	245,48			
VI	I <sub>KOR</sub> = L . (I) . (IV) <sup>2</sup>	=	8,26			
VII	I <sub>XO</sub> = (V) - (VI)	=	237,22			
VIII	BMφ = (VII) / Volum	=	0,30			

No. Section	φ = 50°					
	Ya	Yb	Ya <sup>2</sup>	Yb <sup>2</sup>	Ya <sup>3</sup>	Yb <sup>3</sup>
3	0,30	1,65	0,08	2,72	0,03	4,49
2	1,80	2,65	3,24	7,02	5,83	18,61
1	1,80	2,65	3,24	7,02	5,83	18,61
0	1,80	2,65	3,24	7,02	5,83	18,61
-1	1,80	2,65	3,24	7,02	5,83	18,61
-2	1,80	2,65	3,24	7,02	5,83	18,61
-3	1,80	2,65	3,24	7,02	5,83	18,61
Σ	11,10	17,55	19,33	44,86	35,02	116,15
I	Σ Ya + Σ Yb	=	22,65			
II	Σ Ya <sup>2</sup> - Σ Yb <sup>2</sup>	=	-25,33			
III	Σ Ya <sup>3</sup> + Σ Yb <sup>3</sup>	=	151,77			
IV	e = (II) / 2 (I)	=	-0,44	e/2 =	-0,22	
V	I <sub>X</sub> = 1/3 x L x (III)	=	330,05			
VI	I <sub>KOR</sub> = L . (I) . (IV) <sup>2</sup>	=	37,66			
VII	I <sub>XO</sub> = (V) - (VI)	=	301,309			
VIII	BMφ = (VII) / Volum	=	0,38			

T = 1,80 m  
 Lpp = 47,77 m  
 Δ = 822,40 Ton  
 Volume = 802,34 m<sup>3</sup>

Jumlah Station (n) = 7  
 L = Lpp / n = 6,73 m

T = 1,80 M  
 Lpp = 47,77 M  
 Δ = 822,40 Ton  
 Volume = 802,34 m<sup>3</sup>

Jumlah Station (n) = 7  
 L = Lpp / n = 6,73 m  
 Δ = 822,40 Ton  
 Volume = 802,34 m<sup>3</sup>

No. Section	φ = 60°					
	Ya	Yb	Ya <sup>2</sup>	Yb <sup>2</sup>	Ya <sup>3</sup>	Yb <sup>3</sup>
3	0,00	1,90	0,00	3,61	0,00	6,86
2	1,10	2,85	1,21	8,12	1,33	23,15
1	1,10	2,85	1,21	8,12	1,33	23,15
0	1,10	2,85	1,21	8,12	1,33	23,15
-1	1,10	2,85	1,21	8,12	1,33	23,15
-2	1,10	2,85	1,21	8,12	1,33	23,15
-3	1,10	1,35	1,21	1,82	1,33	2,46
Σ	6,60	17,50	7,26	46,05	7,99	125,07
I	Σ Ya + Σ Yb		=	24,10		
II	Σ Ya <sup>2</sup> - Σ Yb <sup>2</sup>		=	-36,29		
III	Σ Ya <sup>3</sup> + Σ Yb <sup>3</sup>		=	133,05		
IV	e = (II) / 2 (I)		=	-0,80	e/2 =	-0,44
V	Ix = 1/3 x L x (III)		=	298,41		
VI	IKOR = L . (I) . (IV) <sup>2</sup>		=	105,00		
VII	IXO = (V) - (VI)		=	193,42		
VIII	BMφ = (VII) / Volum		=	0,24		

No. Section	φ = 70°					
	Ya	Yb	Ya <sup>2</sup>	Yb <sup>2</sup>	Ya <sup>3</sup>	Yb <sup>3</sup>
3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2	0,30	3,25	0,09	10,36	0,03	34,33
1	0,30	3,25	0,09	10,36	0,03	34,33
0	0,30	3,25	0,09	10,36	0,03	34,33
-1	0,30	3,25	0,09	10,36	0,03	34,33
-2	0,30	3,25	0,09	10,36	0,03	34,33
-3	0,30	0,00	0,09	0,00	0,03	0,00
Σ	1,80	16,25	0,34	52,81	0,16	171,64
I	Σ Ya + Σ Yb		=	11,05		
II	Σ Ya <sup>2</sup> - Σ Yb <sup>2</sup>		=	-52,27		
III	Σ Ya <sup>3</sup> + Σ Yb <sup>3</sup>		=	171,80		
IV	e = (II) / 2 (I)		=	-1,45	e/2 =	-0,72
V	Ix = 1/3 x L x (III)		=	385,33		
VI	IKOR = L . (I) . (IV) <sup>2</sup>		=	254,64		
VII	IXO = (V) - (VI)		=	130,69		
VIII	BMφ = (VII) / Volum		=	0,16		

T = 1,80 m  
 Lpp = 47,77 m  
 $\Delta$  = 822,40 Ton  
 Volume = 802,34 m<sup>3</sup>

Jumlah Station (n) = 7  
 L = Lpp / n = 6,73 m

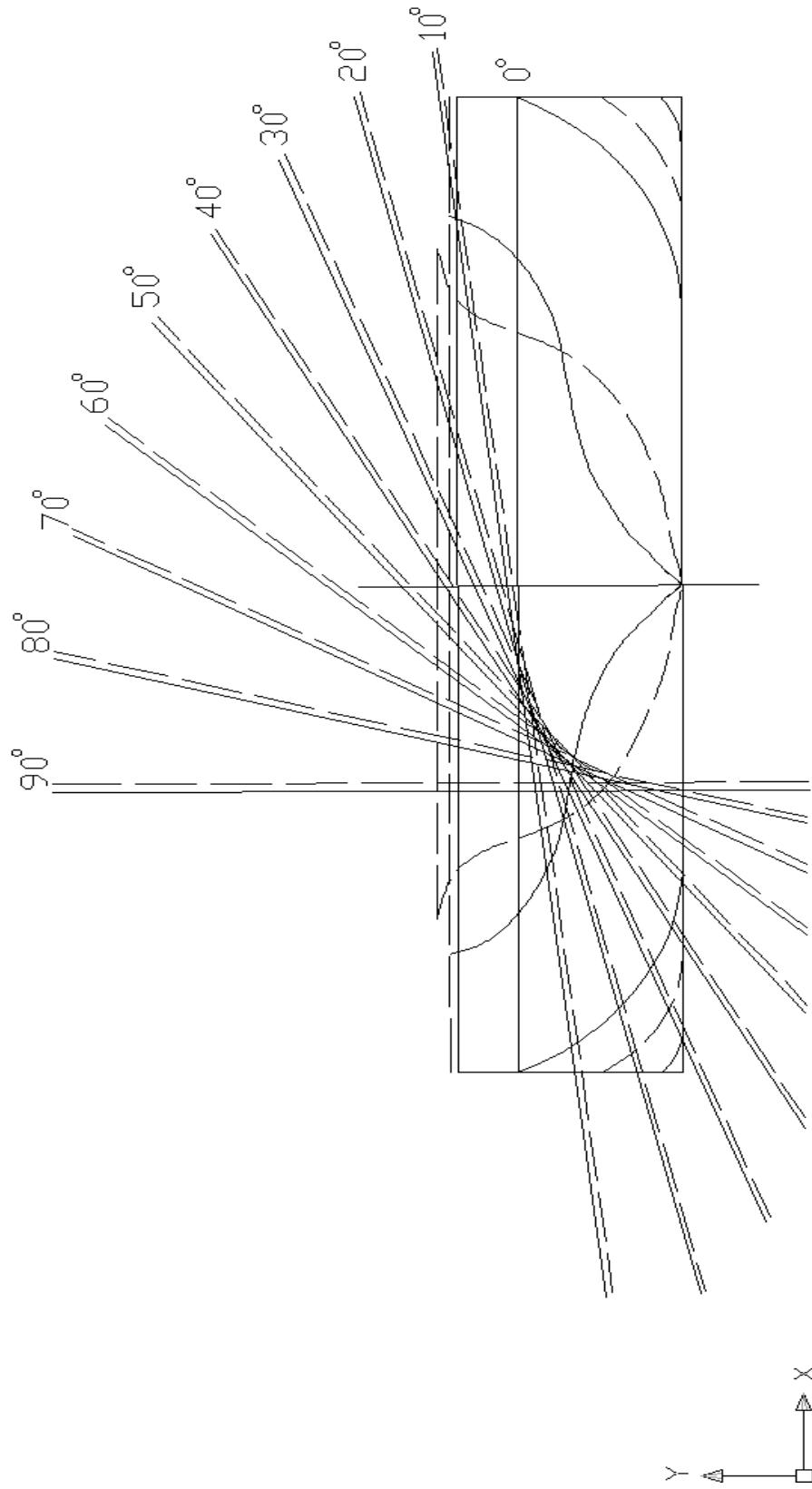
T = 1,80 M  
 Lpp = 47,77 M  
 $\Delta$  = 822,40 Ton  
 Volume = 802,34 m<sup>3</sup>

Jumlah Station (n) = 7  
 L = Lpp / n = 6,73 m  
 $\Delta$  = 822,40 Ton  
 Volume = 802,34 m<sup>3</sup>

No. Section	$\varphi = 80^0$					
	Ya	Yb	Ya <sup>2</sup>	Yb <sup>2</sup>	Ya <sup>3</sup>	Yb <sup>3</sup>
3	0,00	4,30	0,00	18,49	0,00	79,51
2	0,00	4,30	0,00	18,49	0,00	79,51
1	0,00	4,30	0,00	18,49	0,00	79,51
0	0,00	4,30	0,00	18,49	0,00	79,51
-1	0,00	4,30	0,00	18,49	0,00	79,51
-2	0,00	4,30	0,00	18,49	0,00	79,51
-3	0,00	4,30	0,00	18,49	0,00	79,51
$\Sigma$	0,00	30,10	0,00	129,43	0,00	556,55
I	$\Sigma Ya + \Sigma Yb$	=	30,10			
II	$\Sigma Ya^2 - \Sigma Yb^2$	=	-129,43			
III	$\Sigma Ya^3 + \Sigma Yb^3$	=	556,55			
IV	$e = (II) / 2 (I)$	=	-2,15	$e/2 =$	-1,08	
V	$I_X = 1/3 \times L \times (III)$	=	1248,26			
VI	$I_{KOR} = L \cdot (I) \cdot (IV)^2$	=	936,19			
VII	$I_{XO} = (V) - (VI)$	=	312,06			
VIII	$BM\varphi = (VII) / \text{Volum}$	=	0,39			

No. Section	$\varphi = 90^0$					
	Ya	Yb	Ya <sup>2</sup>	Yb <sup>2</sup>	Ya <sup>3</sup>	Yb <sup>3</sup>
3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2	0,00	5,85	0,00	24,22	0,00	200,20
1	0,00	5,85	0,00	24,22	0,00	200,20
0	0,00	5,85	0,00	24,22	0,00	200,20
-1	0,00	5,85	0,00	24,22	0,00	200,20
-2	0,00	5,85	0,00	24,22	0,00	200,20
-3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
$\Sigma$	0,00	29,25	0,00	121,11	0,00	1001,00
I	$\Sigma Ya + \Sigma Yb$	=	29,25			
II	$\Sigma Ya^2 - \Sigma Yb^2$	=	-171,11			
III	$\Sigma Ya^3 + \Sigma Yb^3$	=	1001,01			
IV	$e = (II) / 2 (I)$	=	-2,93	$e/2 =$	-0,83	
V	$I_X = 1/3 \times L \times (III)$	=	2245,12			
VI	$I_{KOR} = L \cdot (I) \cdot (IV)^2$	=	1663,84			
VII	$I_{XO} = (V) - (VI)$	=	561,28			
VIII	$BM\varphi = (VII) / \text{Volum}$	=	0,70			





Gambar.17 Kondisi Muatan IV

**TABEL A - KONDISI IV**

T	=	2,53 m	Jumlah Station (n)	=	7	T	=	2,53 M	Jumlah Station (n)	=	7
Lpp	=	47,77 m	L = Lpp / n	=	6,73 m	Lpp	=	47,77 M	L = Lpp / n	=	6,73 m
Δ	=	1102,442 Ton				Δ	=	1102,442 Ton			
Volume	=	1075,367 m <sup>3</sup>				Volume	=	1075,367 m <sup>3</sup>			

No. Section	φ = 0 <sup>0</sup>						No. Section	φ = 10 <sup>0</sup>					
	Ya	Yb	Ya <sup>2</sup>	Yb <sup>2</sup>	Ya <sup>3</sup>	Yb <sup>3</sup>		Ya	Yb	Ya <sup>2</sup>	Yb <sup>2</sup>	Ya <sup>3</sup>	Yb <sup>3</sup>
3	5,40	5,40	29,16	29,16	157,45	157,46	3	6,45	4,40	41,60	19,36	268,34	85,15
2	7,00	7,00	49,00	49,00	343,00	343,00	2	6,45	6,85	41,60	46,93	268,34	321,43
1	7,00	7,00	49,00	49,00	343,00	343,00	1	6,45	6,80	41,60	46,24	268,34	312,43
0	7,00	7,00	49,00	49,00	343,00	343,00	0	6,45	6,80	41,60	46,24	268,34	314,43
-1	7,00	7,00	49,00	49,00	343,00	343,00	-1	6,45	6,90	41,60	47,61	268,34	328,51
-2	7,00	7,00	49,00	49,00	343,00	343,00	-2	6,45	6,95	41,60	48,30	268,34	335,70
-3	7,00	7,00	49,00	49,00	343,00	343,00	-3	6,45	4,15	41,60	47,22	268,34	71,47
Σ	47,40	47,40	323,16	323,16	2215,46	2215,46	Σ	45,15	42,85	291,22	271,90	1878,35	1771,15
I	Σ Ya + Σ Yb		=	94,80			I	Σ Ya + Σ Yb		=	88,00		
II	Σ Ya <sup>2</sup> - Σ Yb <sup>2</sup>		=	0,00			II	Σ Ya <sup>2</sup> - Σ Yb <sup>2</sup>		=	89,32		
III	Σ Ya <sup>3</sup> + Σ Yb <sup>3</sup>		=	4430,93			III	Σ Ya <sup>3</sup> + Σ Yb <sup>3</sup>		=	364,50		
IV	e = (II) / 2 (I)		=	0,00	e/2 =	0,00	IV	e = (II) / 2 (I)		=	0,11	e/2 =	0,05
V	I <sub>X</sub> = 1/3 x L x (III)		=	9937,93			V	I <sub>X</sub> = 1/3 x L x (III)		=	8185,32		
VI	I <sub>KOR</sub> = L . (I) . (IV) <sup>2</sup>		=	0,00			VI	I <sub>KOR</sub> = L . (I) . (IV) <sup>2</sup>		=	7,14		
VII	I <sub>XO</sub> = (V) - (VI)		=	9937,93			VII	I <sub>XO</sub> = (V) - (VI)		=	8178,18		
VIII	BMφ = (VII) / Volum		=	11,12			VIII	BMφ = (VII) / Volum		=	9,15		

T = 2,53 m  
 Lpp = 47,77 m  
 $\Delta$  = 1102,442 Ton  
 Volume = 1075,367 m<sup>3</sup>

Jumlah Station (n) = 7  
 L = Lpp / n = 6,73 m

T = 2,53 M  
 Lpp = 47,77 M  
 $\Delta$  = 1102,442 Ton  
 Volume = 1075,367 m<sup>3</sup>

Jumlah Station (n) = 7  
 L = Lpp / n = 6,73 m

No. Section	$\phi = 20^0$					
	Ya	Yb	Ya <sup>2</sup>	Yb <sup>2</sup>	Ya <sup>3</sup>	Yb <sup>3</sup>
3	3,20	3,30	10,24	10,89	32,77	33,94
2	3,20	5,50	10,24	30,25	32,77	166,38
1	3,20	5,50	10,24	30,25	32,77	166,38
0	3,20	5,50	10,24	30,25	32,77	166,38
-1	3,20	5,50	10,24	30,25	32,77	166,38
-2	3,20	5,50	10,24	30,25	32,77	166,38
-3	3,20	2,70	10,24	7,29	32,77	19,68
$\Sigma$	22,40	33,50	71,68	169,43	329,328	887,50
I	$\Sigma Ya + \Sigma Yb$		=	55,90		
II	$\Sigma Ya^2 - \Sigma Yb^2$		=	-97,55		
III	$\Sigma Ya^3 + \Sigma Yb^3$		=	1116,87		
IV	$e = (II) / 2 (I)$		=	-0,67	$e/2 =$	-0,44
V	$I_x = 1/3 \times L \times (III)$		=	2504,98		
VI	$I_{KOR} = L \cdot (I) \cdot (IV)^2$		=	287,53		
VII	$I_{XO} = (V) - (VI)$		=	2217,45		
VIII	$BM\phi = (VII) / \text{Volum}$		=	2,46		

No. Section	$\phi = 10^0$					
	Ya	Yb	Ya <sup>2</sup>	Yb <sup>2</sup>	Ya <sup>3</sup>	Yb <sup>3</sup>
3	1,80	3,10	3,24	0,61	5,83	29,79
2	1,80	4,50	3,24	20,25	5,83	91,13
1	1,80	4,50	3,24	20,25	5,83	91,13
0	1,80	4,50	3,24	20,25	5,83	91,13
-1	1,80	4,50	3,24	20,25	5,83	91,13
-2	1,80	4,50	3,24	20,25	5,83	91,13
-3	1,80	2,40	3,24	5,76	5,83	13,82
$\Sigma$	12,80	28,00	22,68	116,52	47,82	499,24
I	$\Sigma Ya + \Sigma Yb$		=	40,60		
II	$\Sigma Ya^2 - \Sigma Yb^2$		=	-93,94		
III	$\Sigma Ya^3 + \Sigma Yb^3$		=	540,06		
IV	$e = (II) / 2 (I)$		=	-1,16	$e/2 =$	-0,58
V	$I_x = 1/3 \times L \times (III)$		=	1211,29		
VI	$I_{KOR} = L \cdot (I) \cdot (IV)^2$		=	365,63		
VII	$I_{XO} = (V) - (VI)$		=	345,66		
VIII	$BM\phi = (VII) / \text{Volum}$		=	0,95		

T = 2,53 m  
 Lpp = 47,77 m  
 $\Delta$  = 1102,442 Ton  
 Volume = 1075,367 m<sup>3</sup>

Jumlah Station (n) = 7  
 L = Lpp / n = 6,73 m

T = 2,53 M  
 Lpp = 47,77 M  
 $\Delta$  = 1102,442 Ton  
 Volume = 1075,367 m<sup>3</sup>

Jumlah Station (n) = 7  
 L = Lpp / n = 6,73 m

No. Section	$\varphi = 40^0$					
	Ya	Yb	Ya <sup>2</sup>	Yb <sup>2</sup>	Ya <sup>3</sup>	Yb <sup>3</sup>
3	1,20	2,75	1,44	7,56	1,73	20,80
2	1,20	3,90	1,44	15,21	1,73	59,32
1	1,20	3,90	1,44	15,21	1,73	59,32
0	1,20	3,90	1,44	15,21	1,73	59,32
-1	1,20	3,90	1,44	15,21	1,73	59,32
-2	1,20	3,90	1,44	15,21	1,73	59,32
-3	1,20	2,15	1,44	15,21	1,73	9,94
$\Sigma$	8,40	24,40	10,08	4,62	12,10	327,33
I	$\Sigma Ya + \Sigma Yb$	=	32,80			
II	$\Sigma Ya^2 - \Sigma Yb^2$	=	-78,16			
III	$\Sigma Ya^3 + \Sigma Yb^3$	=	339,43			
IV	$e = (II) / 2 (I)$	=	-1,19	$e/2 =$	-0,60	
V	$I_X = 1/3 \times L \times (III)$	=	761,28			
VI	$I_{KOR} = L \cdot (I) \cdot (IV)^2$	=	313,26			
VII	$I_{XO} = (V) - (VI)$	=	448,03			
VIII	$BM\varphi = (VII) / \text{Volum}$	=	0,50			

No. Section	$\varphi = 50^0$					
	Ya	Yb	Ya <sup>2</sup>	Yb <sup>2</sup>	Ya <sup>3</sup>	Yb <sup>3</sup>
3	0,60	0,00	0,36	0,00	0,22	0,00
2	0,60	3,80	0,36	14,44	0,22	54,87
1	0,60	3,80	0,36	14,44	0,22	54,87
0	0,60	3,80	0,36	14,44	0,22	54,87
-1	0,60	3,80	0,36	14,44	0,22	54,87
-2	0,60	3,80	0,36	14,44	0,22	54,87
-3	0,60	0,00	0,36	0,00	0,22	0,00
$\Sigma$	4,20	19,00	2,52	72,20	1,51	274,36
I	$\Sigma Ya + \Sigma Yb$	=	23,20			
II	$\Sigma Ya^2 - \Sigma Yb^2$	=	-89,68			
III	$\Sigma Ya^3 + \Sigma Yb^3$	=	275,07			
IV	$e = (II) / 2 (I)$	=	-1,50	$e/2 =$	-0,75	
V	$I_X = 1/3 \times L \times (III)$	=	618,74			
VI	$I_{KOR} = L \cdot (I) \cdot (IV)^2$	=	352,04			
VII	$I_{XO} = (V) - (VI)$	=	256,20			
VIII	$BM\varphi = (VII) / \text{Volum}$	=	0,30			

T = 2,53 m  
 Lpp = 47,77 m  
 $\Delta$  = 1102,442 Ton  
 Volume = 1075,367 m<sup>3</sup>

Jumlah Station (n) = 7  
 L = Lpp / n = 6,73 m

T = 2,53 M  
 Lpp = 47,77 M  
 $\Delta$  = 1102,442 Ton  
 Volume = 1075,367 m<sup>3</sup>

Jumlah Station (n) = 7  
 L = Lpp / n = 6,73 m

No. Section	$\phi = 60^0$					
	Ya	Yb	Ya <sup>2</sup>	Yb <sup>2</sup>	Ya <sup>3</sup>	Yb <sup>3</sup>
3	2,90	0,00	8,41	0,00	24,39	0,00
2	3,90	3,90	15,21	15,21	39,32	59,32
1	3,90	3,90	15,21	15,21	39,32	59,32
0	3,90	3,90	15,21	15,21	39,32	59,32
-1	3,90	3,90	15,21	15,21	39,32	59,32
-2	3,90	3,90	15,21	15,21	39,32	59,32
-3	2,40	0,00	5,76	0,00	13,82	0,00
$\Sigma$	24,80	19,50	90,22	76,05	334,81	296,00
I	$\Sigma Ya + \Sigma Yb$		=	44,30		
II	$\Sigma Ya^2 - \Sigma Yb^2$		=	14,17		
III	$\Sigma Ya^3 + \Sigma Yb^3$		=	631,40		
IV	$e = (II) / 2 (I)$		=	0,16	$e/2 =$	0,08
V	$I_X = 1/3 \times L \times (III)$		=	1416,15		
VI	$I_{KOR} = L \cdot (I) \cdot (IV)^2$		=	7,62		
VII	$I_{XO} = (V) - (VI)$		=	1408,52		
VIII	$BM\phi = (VII) / \text{Volum}$		=	1,58		

No. Section	$\phi = 70^0$					
	Ya	Yb	Ya <sup>2</sup>	Yb <sup>2</sup>	Ya <sup>3</sup>	Yb <sup>3</sup>
3	3,00	0,00	0,00	0,00	27,00	0,00
2	3,50	3,70	12,25	13,69	42,88	50,65
1	3,50	3,70	12,25	13,69	42,88	50,65
0	3,50	3,70	12,25	13,69	42,88	50,65
-1	3,50	3,70	12,25	13,69	42,88	50,65
-2	3,50	3,70	12,25	13,69	42,88	50,65
-3	2,50	0,00	6,25	0,00	13,63	0,00
$\Sigma$	23,00	18,30	76,50	83,45	257,00	253,57
I	$\Sigma Ya + \Sigma Yb$		=	41,30		
II	$\Sigma Ya^2 - \Sigma Yb^2$		=	3,05		
III	$\Sigma Ya^3 + \Sigma Yb^3$		=	510,27		
IV	$e = (II) / 2 (I)$		=	0,10	$e/2 =$	0,05
V	$I_X = 1/3 \times L \times (III)$		=	1141,45		
VI	$I_{KOR} = L \cdot (I) \cdot (IV)^2$		=	2,63		
VII	$I_{XO} = (V) - (VI)$		=	1141,82		
VIII	$BM\phi = (VII) / \text{Volum}$		=	1,28		

T = 2,53 m  
 Lpp = 47,77 m  
 $\Delta$  = 1102,442 Ton  
 Volume = 1075,367 m<sup>3</sup>

Jumlah Station (n) = 7  
 L = Lpp / n = 6,73 m

T = 2,53 M  
 Lpp = 47,77 M  
 $\Delta$  = 1102,442 Ton  
 Volume = 1075,367 m<sup>3</sup>

Jumlah Station (n) = 7  
 L = Lpp / n = 6,73 m

No. Section	$\varphi = 80^0$					
	Ya	Yb	Ya <sup>2</sup>	Yb <sup>2</sup>	Ya <sup>3</sup>	Yb <sup>3</sup>
3	2,85	0,00	6,12	0,00	23,15	0,00
2	3,70	3,70	13,69	13,69	50,65	50,65
1	3,70	3,70	13,69	13,69	50,65	50,65
0	3,70	3,70	13,69	13,69	50,65	50,65
-1	3,70	3,70	13,69	13,69	50,65	50,65
-2	3,70	3,70	13,69	13,69	50,65	50,65
-3	2,50	0,00	6,25	0,00	15,63	0,00
$\Sigma$	20,85	18,50	82,82	68,45	292,04	253,27
I	$\Sigma Ya + \Sigma Yb$	=	42,35			
II	$\Sigma Ya^2 - \Sigma Yb^2$	=	14,37			
III	$\Sigma Ya^3 + \Sigma Yb^3$	=	545,30			
IV	$e = (II) / 2 (I)$	=	0,17	$e/2 =$	0,08	
V	$I_X = 1/3 \times L \times (III)$	=	1223,04			
VI	$I_{KOR} = L \cdot (I) \cdot (IV)^2$	=	8,20			
VII	$I_{XO} = (V) - (VI)$	=	1214,83			
VIII	$BM\varphi = (VII) / \text{Volum}$	=	1,36			

No. Section	$\varphi = 90^0$					
	Ya	Yb	Ya <sup>2</sup>	Yb <sup>2</sup>	Ya <sup>3</sup>	Yb <sup>3</sup>
3	3,10	0,00	0,61	0,00	29,78	0,00
2	4,00	4,00	16,00	16,00	64,00	64,00
1	4,00	4,00	16,00	16,00	64,00	64,00
0	4,00	4,00	16,00	16,00	64,00	64,00
-1	4,00	4,00	16,00	16,00	64,00	64,00
-2	4,00	4,00	16,00	16,00	64,00	64,00
-3	4,00	0,00	16,00	0,00	64,00	0,00
$\Sigma$	27,10	20,00	105,01	80,00	413,79	320,00
I	$\Sigma Ya + \Sigma Yb$	=	47,10			
II	$\Sigma Ya^2 - \Sigma Yb^2$	=	25,61			
III	$\Sigma Ya^3 + \Sigma Yb^3$	=	723,79			
IV	$e = (II) / 2 (I)$	=	0,27	$e/2 =$	0,14	
V	$I_X = 1/3 \times L \times (III)$	=	1615,79			
VI	$I_{KOR} = L \cdot (I) \cdot (IV)^2$	=	03,42			
VII	$I_{XO} = (V) - (VI)$	=	1612,36			
VIII	$BM\varphi = (VII) / \text{Volum}$	=	1,82			

### KONDISI I

$$\begin{aligned}
 T &= 1.30 \text{ m} \\
 \Delta &= 583,30 \text{ Ton} \\
 \text{Volume} &= 568,98 \text{ m}^3 \\
 d \varphi &= 10^0 \\
 &= 0.175 \text{ rad} \\
 d \varphi / 2 &= 0.087
 \end{aligned}$$

$\varphi$	BM $\varphi$	Cos $\varphi$	BM $\varphi$ Cos $\varphi$ II x III	Integral BM $\varphi$ Cos $\varphi$	Sin $\varphi$	BM $\varphi$ Cos $\varphi$ II x III	Integral BM $\varphi$ Cos $\varphi$	Koordinator Titik B		Y $\varphi$ Cos $\varphi$ = IX x III	(Y $\varphi$ -Zc) Sin $\varphi$ = X x VI	Lc = XI + XII	Koordinator Titik M	
								Y $\varphi$ = (d $\varphi$ /2) x V IX	Z $\varphi$ - Zc = (d $\varphi$ .2) x VIII X				Ym = IX - VII XIV	Zm - Zc = X + IV XV
I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XIII	XIV	XV
0	13,415	1,000	13,415	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	13,415
10	9,220	0,985	9,082	22,497	0,174	1,604	1,604	1,957	0,140	1,928	0,024	1,953	0,353	9,221
20	1,291	0,940	1,214	32,792	0,342	0,442	3,650	2,853	0,318	2,582	0,109	2,790	2,411	1,531
30	0,446	0,866	0,386	34,392	0,500	0,223	4,314	2,902	0,375	2,591	0,188	2,779	2,269	0,761
40	0,410	0,766	0,314	35,091	0,643	0,263	4,801	3,053	0,418	2,339	0,269	2,607	2,790	0,731
50	0,127	0,643	0,082	35,467	0,766	0,097	5,161	3,067	0,449	1,985	0,344	2,329	2,990	0,533
60	0,295	0,500	0,147	35,716	0,866	0,255	5,514	3,107	0,480	1,554	0,415	1,969	2,852	0,627
70	0,230	0,342	0,079	35,942	0,940	0,216	5,905	3,127	0,521	1,069	0,489	1,559	2,911	0,599
80	0,186	0,174	0,032	36,053	0,985	0,183	6,385	3,137	0,555	0,546	0,347	1,093	2,953	0,588
90	0,194	0,000	0,000	36,085	1,000	0,194	6,762	3,139	0,588	0,000	0,588	0,588	2,945	0,588

## KONDISI II

$$\begin{aligned}
 T &= 1.60 \text{ m} \\
 \Delta &= 730.40 \text{ Ton} \\
 \text{Volume} &= 712.59 \text{ m}^3 \\
 d\varphi &= 10^0 \\
 &= 0.175 \text{ rad} \\
 d\varphi / 2 &= 0.087
 \end{aligned}$$

$\varphi$	BM $\varphi$	Cos $\varphi$	BM $\varphi$ Cos $\varphi$ II x III	Integral BM $\varphi$ Cos $\varphi$	Sin $\varphi$	BM $\varphi$ Cos $\varphi$ II x III	Integral BM $\varphi$ Cos $\varphi$	Koordinator Titik B		Y $\varphi$ Cos $\varphi$ = IX x III	(Y $\varphi$ -Zc) Sin $\varphi$ = X x VI	Lc = XI + XII	Koordinator Titik M	
								Y $\varphi$ = (d $\varphi$ / 2) x V	Z $\varphi$ - Zc = (d $\varphi$ .2) x VIII				Ym = IX - VII	Zm - Zc = X + IV
I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XIII	XIV	XV
0	11,550	1,000	11,550	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	11,550
10	9,460	0,985	9,318	20,868	0,174	1,646	1,646	1,816	0,143	1,788	0,025	1,813	0,169	9,462
20	7,110	0,940	6,583	36,870	0,342	2,432	5,724	3,208	0,498	3,015	0,170	3,186	0,776	7,181
30	2,807	0,866	2,431	45,964	0,500	1,404	9,559	4,001	0,832	3,465	0,416	3,880	2,597	3,263
40	0,684	0,766	0,324	48,939	0,543	0,440	11,402	4,258	0,992	3,261	0,638	3,899	3,818	1,516
50	0,421	0,643	0,271	49,733	0,766	0,322	12,164	4,327	1,038	2,782	0,811	3,593	4,004	1,329
60	0,262	0,500	0,131	50,135	0,866	0,277	12,714	4,362	1,106	2,181	0,958	3,130	4,135	1,237
70	0,182	0,342	0,062	50,329	0,940	0,171	13,112	4,379	1,141	1,497	1,072	2,570	4,207	1,203
80	0,279	0,174	0,049	50,440	0,965	0,275	13,359	4,388	1,180	0,764	1,162	1,925	4,113	1,228
90	0,469	0,000	0,000	50,488	1,000	0,469	14,303	4,392	1,244	0,000	1,244	1,244	3,923	1,244



### KONDISI III

$$\begin{aligned}
 T &= 1,80 \text{ m} \\
 \Delta &= 822,40 \text{ Ton} \\
 \text{Volume} &= 802,34 \text{ m}^3 \\
 d \varphi &= 10^0 \\
 &= 0,175 \text{ rad} \\
 d \varphi / 2 &= 0,087
 \end{aligned}$$

$\varphi$	BM $\varphi$	Cos $\varphi$	BM $\varphi$ Cos $\varphi$ II x III	Integral BM $\varphi$ Cos $\varphi$	Sin $\varphi$	BM $\varphi$ Cos $\varphi$ II x III	Integral BM $\varphi$ Cos $\varphi$	Koordinator Titik B		Y $\varphi$ Cos $\varphi$ = IX x III	(Y $\varphi$ -Zc) Sin $\varphi$ = X x VI	Lc = XI + XII	Koordinator Titik M	
								Y $\varphi$ = (d $\varphi$ /2) x V	Z $\varphi$ - Zc = (d $\varphi$ .2) x VIII				Ym = IX - VII	Zm - Zc = X + IV
I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XIII	XIV	XV
0	11,058	1,000	11,058	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	11,058
10	9,017	0,985	8,882	19,940	0,174	1,369	1,369	1,735	0,137	1,709	0,024	1,733	0,166	9,019
20	2,660	0,940	2,500	31,322	0,342	0,910	4,048	2,725	0,352	2,562	0,120	2,682	1,813	2,852
30	1,075	0,866	0,931	34,752	0,500	0,537	5,495	3,024	0,478	2,618	0,239	2,857	2,486	1,409
40	0,296	0,766	0,226	35,910	0,643	0,190	6,222	3,124	0,341	2,393	0,348	2,741	2,943	0,768
50	0,376	0,643	0,343	36,378	0,766	0,288	6,700	3,165	0,583	2,035	0,446	2,482	2,877	0,824
60	0,241	0,500	0,121	36,740	0,866	0,209	7,196	3,196	0,626	1,593	0,542	2,140	2,988	0,747
70	0,163	0,342	0,056	36,917	0,940	0,153	7,338	3,212	0,638	1,098	0,618	1,717	3,059	0,713
80	0,389	0,174	0,068	37,040	0,585	0,383	8,095	3,222	0,704	0,561	0,694	1,254	2,839	0,772
90	0,700	0,000	0,000	37,108	1,000	0,700	9,177	3,228	0,798	0,000	0,798	0,798	2,529	0,798

### KONDISI IV

$$\begin{aligned}
 T &= 2,53 \text{ m} \\
 \Delta &= 1102,442 \text{ Ton} \\
 \text{Volume} &= 1075,367 \text{ m}^3 \\
 d \varphi &= 10 \text{ }^{\circ} \\
 &= 0.175 \text{ rad} \\
 d \varphi / 2 &= 0.087
 \end{aligned}$$

$\varphi$	BM $\varphi$	Cos $\varphi$	BM $\varphi$ Cos $\varphi$ II x III	Integral BM $\varphi$ Cos $\varphi$	Sin $\varphi$	BM $\varphi$ Cos $\varphi$ II x III	Integral BM $\varphi$ Cos $\varphi$	Koordinator Titik B		Y $\varphi$ Cos $\varphi$ = IX x III	(Y $\varphi$ -Zc) Sin $\varphi$ = X x VI	Lc = XI + XII	Koordinator Titik M	
								Y $\varphi$ = (d $\varphi$ /2) x V IX	Z $\varphi$ - Zc = (d $\varphi$ .2) x VIII X				Ym = IX - VII XIV	Zm - Zc = X + IV XV
I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XIII	XIV	XV
0	11,121	1,00	11,121	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	11,121
10	9,151	0,985	9,014	20,135	0,174	1,392	1,392	1,752	0,139	1,725	0,024	1,750	0,159	9,153
20	2,481	0,940	2,332	31,461	0,342	0,849	4,033	2,739	0,351	2,575	0,120	2,695	1,890	2,683
30	0,946	0,866	0,819	34,633	0,500	0,473	5,355	3,013	0,466	2,609	0,233	2,842	2,340	1,285
40	0,501	0,766	0,384	35,837	0,643	0,322	6,151	3,118	0,535	2,388	0,344	2,732	2,795	0,919
50	0,298	0,643	0,192	36,412	0,766	0,229	6,702	3,168	0,583	2,037	0,447	2,484	2,939	0,775
60	1,576	0,500	0,788	37,392	0,866	1,365	8,295	3,253	0,722	1,627	0,625	2,253	1,888	1,510
70	1,278	0,342	0,437	38,617	0,940	1,201	10,861	3,360	0,945	1,149	0,888	2,037	2,159	1,382
80	1,359	0,170	0,237	39,291	0,985	1,339	13,401	3,148	1,166	0,595	1,148	1,743	2,079	1,402
90	1,815	0,000	0,000	39,538	1,000	1,815	16,555	3,349	1,440	0,000	1,440	1,440	1,623	1,440



SKALA 1 : 2500

Gambar 18 : Kurva Silang

C. Analisa stabilitas dengan menggunakan software “Hydromax”

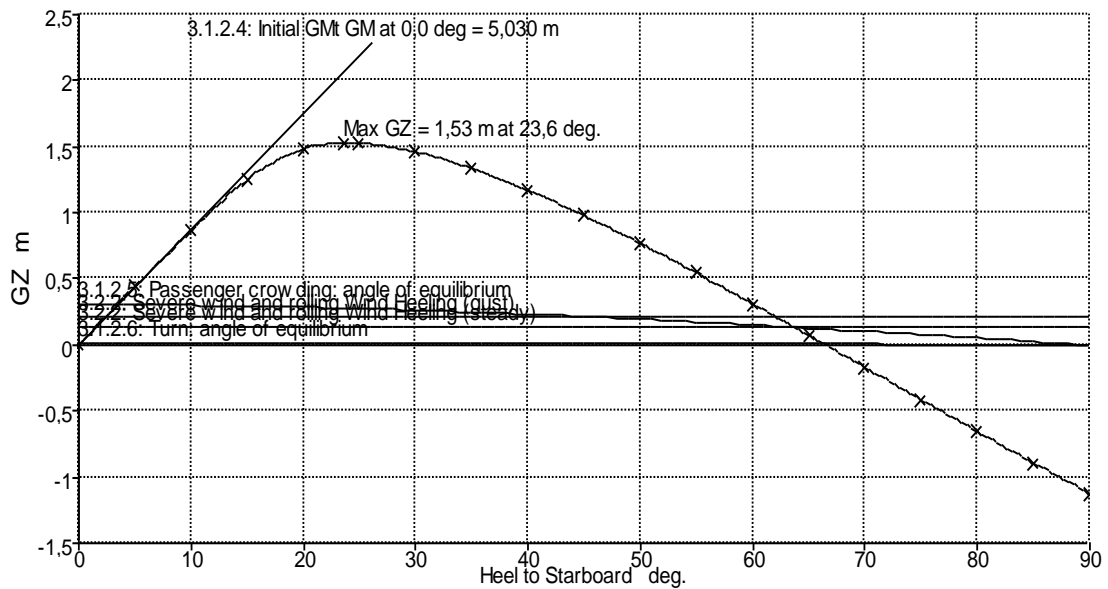
Parameter utama dalam menentukan kualitas stabilitas statis kapal adalah besarnya gaya yang bekerja untuk mengembalikan posisi kapal (lengan penegak GZ). Kurva GZ menunjukkan hubungan antara lengan penegak GZ pada berbagai variasi sudut kemiringan pada perubahan berat konstan. Dengan menggunakan *Hydromax* perhitungan stabilitas dilakukan dengan kriteria stabilitas IMO A.749 (18), *Chapter 3.1*. Analisa stabilitas dengan *software Hydromax* tercantum pada lampiran.

**Analisa stabilitas**

1. Kondisi *10 % Muatan*

Hasil analisa stabilitas kapal kondisi *10 % Muatan*

<b>Criteria IMO</b>	<b>Required</b>	<b>Actual</b>	<b>Status</b>
3.1.2.1 Area 0-30 deg	≥ 3,151 m.deg	+16,538 m.deg	pass
3.1.2.1 Area 0-40 deg	≥ 5,157 m.deg	+15,973 m.deg	pass
3.1.2.1 Area 30-40 deg	≥ 1,719 m.deg	+17,771 m.deg	pass
3.1.2.2 Max GZ@>30 deg	≥ 0,20 m.deg	+16,816 m.deg	pass
3.1.2.3 Angle of maximum GZ	≥ 25,00 deg	+103,64 deg	pass
3.1.2.4 Initial GMt heel angle	≥ 0,15 m	+55,250 m	Pass

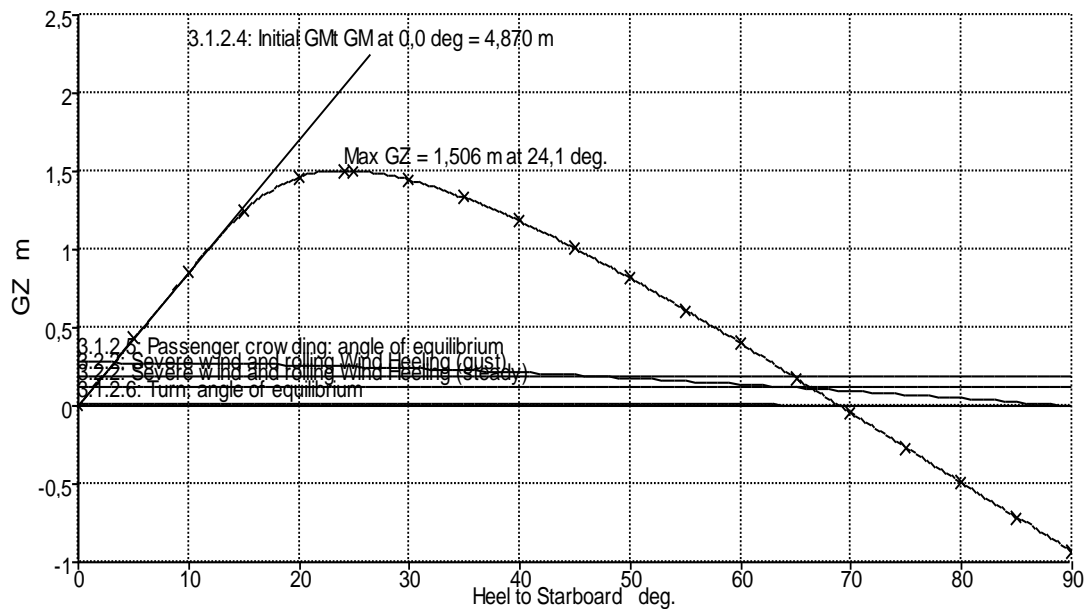


Gambar 19 : Kurva Stabilitas Kapal Kondisi I

2. Kondisi 50 % Muatan

Hasil analisa stabilitas kapal kondisi 50 % Muatan

Criteria IMO	Required	Actual	Status
3.1.2.1 Area 0-30 deg	$\geq$ 3,151 m.deg	+14,408 m.deg	pass
3.1.2.1 Area 0-40 deg	$\geq$ 5,157 m.deg	+14,663 m.deg	pass
3.1.2.1 Area 30-40 deg	$\geq$ 1,719 m.deg	+15,413 m.deg	pass
3.1.2.2 Max GZ@>30 deg	$\geq$ 0,20 m.deg	+14,600 m.deg	pass
3.1.2.3 Angle of maximum GZ	$\geq$ 25,00 deg	+92,73 deg	pass
3.1.2.4 Initial GMt heel angle	$\geq$ 0,15 m	+36,486 m	Pass

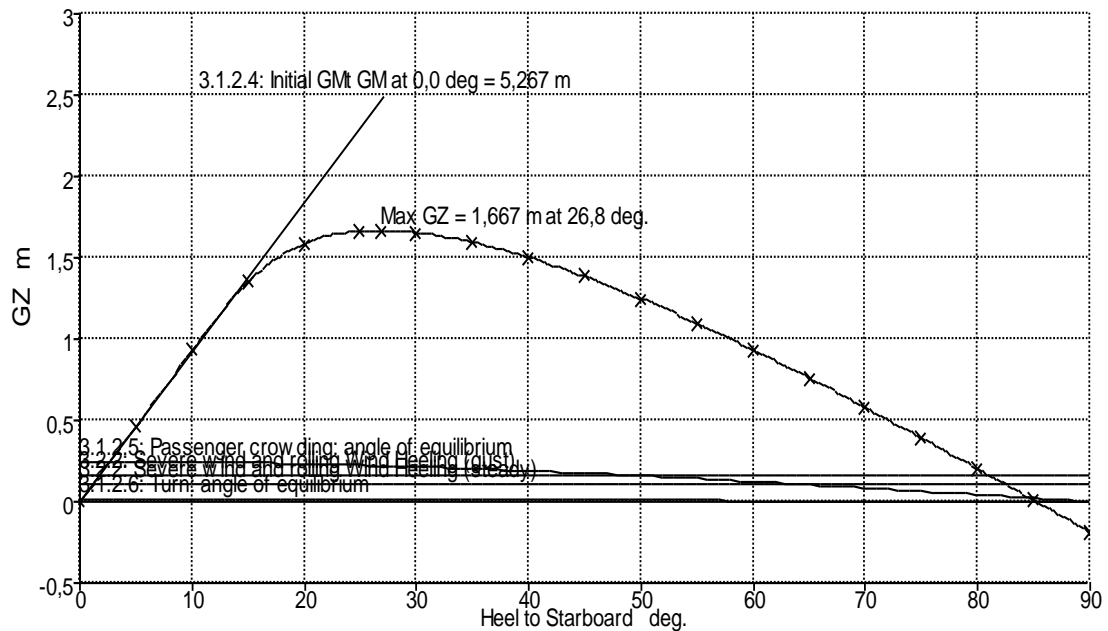


Gambar 20 : Kurva Stabilitas Kapal Kondisi II

## 3. Kondisi Kapal Penuh

Hasil analisa stabilitas kondisi *Kapal Penuh*

Criteria IMO	Required	Actual	Status
3.1.2.1 Area 0-30 deg	$\geq$ 3,151 m.deg	+13,937 m.deg	pass
3.1.2.1 Area 0-40 deg	$\geq$ 5,157 m.deg	+13,597 m.deg	pass
3.1.2.1 Area 30-40 deg	$\geq$ 1,719 m.deg	+15,412 m.deg	pass
3.1.2.2 Max GZ@>30 deg	$\geq$ 0,20 m.deg	+14,406 m.deg	pass
3.1.2.3 Angle of maximum GZ	$\geq$ 25,00 deg	+96,36 deg	pass
3.1.2.4 Initial GMt heel angle	$\geq$ 0,15 M	+44,936 M	Pass

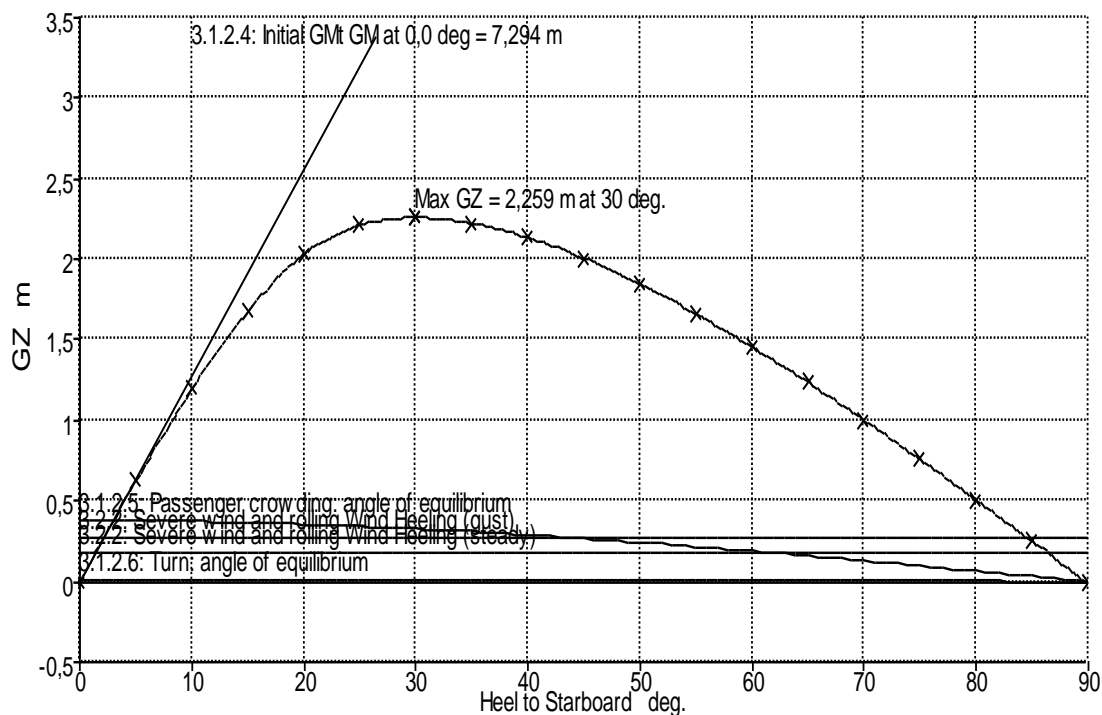


Gambar 21 : Kurva Stabilitas Kapal Kondisi III

## 4. Kondisi Kapal Kosong

Hasil analisa stabilitas kondisi *Kapal Kosong*

Criteria IMO	Required	Actual	Status
3.1.2.1 Area 0-30 deg	$\geq$ 3,151 m.deg	+12,085 m.deg	pass
3.1.2.1 Area 0-40 deg	$\geq$ 5,157 m.deg	+11,622 m.deg	pass
3.1.2.1 Area 30-40 deg	$\geq$ 1,719 m.deg	+12,879 m.deg	pass
3.1.2.2 Max GZ@>30 deg	$\geq$ 0,20 m.deg	+11,606 m.deg	pass
3.1.2.3 Angle of maximum GZ	$\geq$ 25,00 deg	+85,45 deg	pass
3.1.2.4 Initial GMt heel angle	$\geq$ 0,15 M	+39,869 m	pass



Gambar 22 : Kurva Stabilitas Kapal *Kondisi IV*

Dari hasil analisa stabilitas kondisi *full load, ballast, 75% muatan, dan 50% muatan*. Menunjukkan bahwa persyaratan stabilitas kapal memenuhi kriteria dari persyaratan IMO.

#### D. Perhitungan Trim Kapal

Trim terjadi karena garis yang menghubungkan titik berat kapal dan titik tekan ke atas dari air yang dipindahkan tidak tegak lurus pada garis air yang rata (even keel). Terutama hal ini disebabkan oleh berpindahnya titik berat kapal (G) secara memanjang. Di mana titik berat ini sangat dipengaruhi oleh pergeseran atau perpindahan muatan atau benda-benda di dalam kapal atau saat bongkar muat.

Jarak antara titik tekan air (B) dan metacentre (M) tergantung pada momen inersia bidang air terhadap sumbu melintang yang melalui titik berat (G). Besaran tersebut jauh lebih besar dari momen inersia terhadap *centre line* (CL). Besaran ini menyebabkan ( $BM_L$ ) juga besar. Ini menyebabkan metacentre arah memanjang ( $BM_L$ ) juga besar dan sulit



bagi kapal untuk tetap stabil bila terjadi kemiringan (*inklinasi*) memanjang. Tinggi metacentre arah memanjang dari garis dasar kapal adalah :

$$KML = KB + BML = KB + \frac{I_L}{V}$$

Dimana  $I_L$  adalah momen inersia arah melintang.

Kapal yang terapung pada garis air  $WoLo$  mempunyai titik berat (G) dan titik apung (B) terletak pada satu garis tegak lurus. Jika kapal diberi momen dengan memindahkan suatu berat (w) dalam suatu jarak (h) ke arah depan, maka momen yang terjadi adalah (wh), dan berat kapal akan mengalami perpindahan titik berat dari (G) ke ( $G_1$ ).

$$\text{Perpindahan tersebut adalah sebesar } GG_1 = \frac{wh}{W}$$

Maka kapal tidak lagi dalam keadaan seimbang karena terdapat momen sebesar  $WGG_1$  yang berusaha mengembalikannya. Kapal mengalami trim depan dan garis airnya menjadi  $W_1L_1$ . Pemindahan air adalah tetap dan titik apung (B) bergeser ke ( $B_1$ ) sedang titik berat kapal menjadi ( $G_1$ ).

Karena bentuk kapal adalah tidak simetris terhadap bentuk tengah kapal, maka kedua garis air tidak berpotongan di midship ( $\otimes$ ) melainkan di titik centre of floatation. Titik (F) sedemikian rupa sehingga volume  $WoFG_1 = \text{volume } WoFL_1$ . Pada sudut trim kecil (F) dapat dianggap titik berat (G) bidang air. Pada inklinasi memanjang, sudut inklinasi dapat di

$$\text{cari dengan : } \tan \theta = \frac{T}{L} = \frac{GG_1}{GM_L} = \frac{wh}{WGM_L}$$

Dimana : T = trim kapal

$$Wh = \frac{TWGM_L}{L} = \text{adalah momen penyebab trim sebesar T.}$$

Momen penyebab momen setiap satuan sarat adalah  $= \frac{WGM_L}{L}$  dikenal sebagai *moment to change trim* (MTC). Jika pada kapal akan mengalami hal-hal sebagai berikut :

- kapal akan terbenam tegak lurus ke dalam air sebesar beban yang diletakkan
- Kapal mengalami trim kearah beban tersebut akan di letakkan.

Metode ini dipakai dalam praktek menggambarkan diagram trim dari kapal rancangan. Perhitungan dilakukan untuk empat keadaan pembebanan, yaitu :

- Beban P yang ditempatkan di bagian depan
- Beban P di yang ditempatkan di bagian belakang
- Beban P di depan di keluarkan
- Beban P di belakang dikeluarkan

Perhitungan dibuat dalam bentuk table dan kemudian dapat digambarkan diagram trimnya.

Perhitungan Stabilitas dan Trim kapal sesuai persamaan berikut :

$$\overline{GM} = \overline{KM} - \overline{KG} \quad (\text{m})$$

$$\text{Trim} = \frac{\Delta \times \overline{BG}}{100 \times \text{MTC}} \quad (\text{m})$$

$$\text{Trim belakang} \quad t_b = \frac{t \times \text{LCF}}{L_{pp}} \quad (\text{m})$$

$$\text{Trim depan} \quad t_h = t - t_b \quad (\text{m})$$

$$\text{Sarat belakang} \quad T_b = T \pm t_b \quad (\text{m})$$

$$\text{Sarat depan} \quad t_h = T \pm t_h \quad (\text{m})$$

dengan :

- HBG = Jarak Centre of Bouyancy dengan Centre of Gravity
- MTC = Moment to Change Trim
- LCF = Longitudinal Centre of Floatation
- T = Sarat air

## PERHITUNGAN TRIM

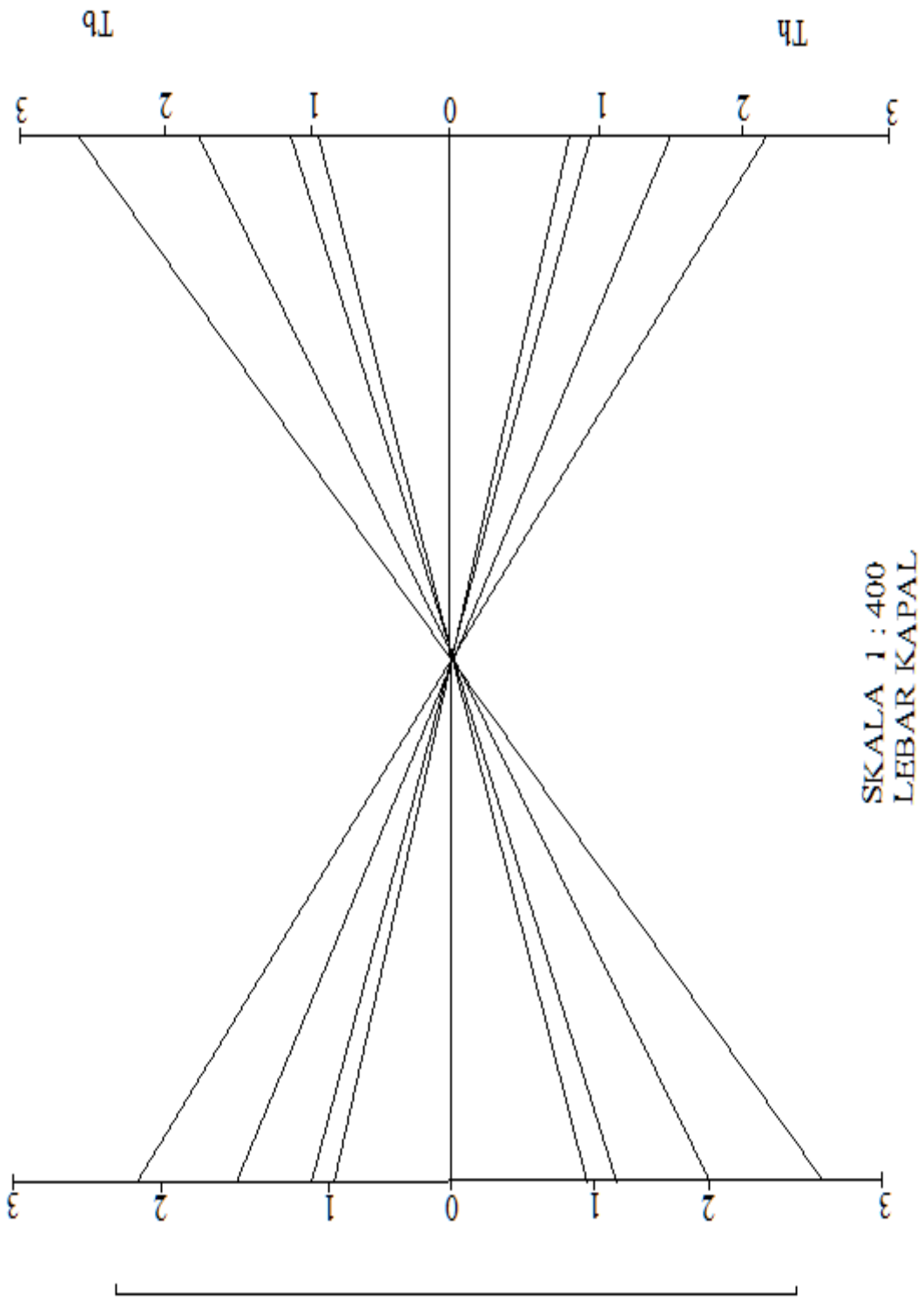
$$\text{Beban (P)} = 20.000 \text{ Ton}$$

$$\text{Lpp} = 47,77 \text{ m}$$

$$\text{Displacement (\Delta)} = 1102,442 \text{ Ton}$$

Tabel.16 Perhitungan Trim

NO.	Notasi	Satuan	Keterangan	WL 0,90	WL 1,35	WL 1,80	WL 2,61
1	T	m		0,900	1,350	1,800	2,610
2	MTC	t-m/m		101,700	148,500	229,500	248,400
3	LCB	m		-1,200	-1,050	-0,700	0,400
4	lh	m	Lpp/2 - LCB	22,350	22,500	22,850	23,950
5	Momen	t-m	P x lh	447,000	450,000	457,000	479,000
6	T	m	P x lh/MTC	4,395	3,030	1,991	1,928
7	LCG	m		2,200	1,930	1,320	0,400
8	lb	m	Lpp/2 + LCG	25,750	25,480	24,870	23,950
9	lb/Lpp			0,547	0,541	0,528	0,508
10	tb	m	t z lb/Lpp	2,403	1,639	1,051	0,981
11	th	m	t - tb	1,992	1,391	0,940	0,948
12	dT	t/m <sup>2</sup>	P/Δ x T	0,019	0,029	0,039	0,048
13	Th	m	th + dT	2,012	1,420	0,979	0,996
14	Tb	m	tb - dT	2,384	1,610	1,013	0,932
15	lb	m	Lpp/2 + LCB	24,750	24,600	24,250	23,150
16	P x lb	t-m		495,000	492,000	485,000	463,000
17	t	m	P x lb/MTC	4,867	3,313	2,113	1,864
18	tb	m	t x lb/Lpp	2,661	1,792	1,116	0,948
19	th	m	t - tb	2,206	1,521	0,997	0,916
20	Tb	m	tb + dT	2,680	1,821	1,155	0,996
21	Th	m	th - dT	2,187	1,492	0,959	0,868



Gambar.23 : Kurva Trim

## V.7 Pemeriksaan Floodable Length Kapal

Keselamatan kapal dan penumpang dalam pelayaran dinasnya merupakan masalah yang harus mendapat perhatian khusus dalam merancang kapal. Memperhatikan bahwa banyak faktor yang mengakibatkan terjadinya gangguan terhadap keselamatan tersebut, salah satunya adalah pembagian sekat kedap air (Subdivision) di bawah geladak kapal.

Dalam peraturan SOLAS disebutkan dalam pembagian sekat kedap air, yaitu setiap kapal yang mengangkut 12 (dua belas) penumpang atau lebih harus dipasang sekat kedap air (*Watertight Bulkhead*). Bila terjadi kebocoran kapal pada satu atau lebih pada ruangan yang berurutan kapal tidak tenggelam melampaui batas benam (*Margin Line*), yaitu garis yang letaknya 76 mm (3 inchi) di bawah geladak sekat (*Bulkhead deck*). Jika ada geladak kayu, maka *Margin Line* berada di bawah permukaan geladak kayu. Sedangkan geladak sekat adalah geladak teratas yang merupakan batas sekat kedap air melintang (batas kompartemen).

Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam perhitungan subdivision :

### 1. Lengkung Sekat Kedap Air (Floodable Length)

Lengkungan sekat kedap air (*Floodable Length*) adalah grafik dari panjang maksimal ruangan, dengan letak sekat melintang dari panjang kapal bila ruangan tersebut tergenang air sarat airnya akan tepat menyinggung garis batas tenggelam (*Margin Line*), dimana kapal masih tepat dapat terapung atau pada saat kapal akan tenggelam.

### 2. Koefisien Permeabilitas ( $\mu$ )

Adalah jumlah (%) dari air yang dapat masuk atau menggenangi ruangan tersebut :

$$\mu = \frac{\text{volume air yang masuk}}{\text{volume ruangan}} (\%)$$

Volume air yang menggenangi ruangan selalu lebih kecil dari volume ruangan yang sebenarnya, hal ini dapat dijelaskan, karena dalam ruangan-

ruangan tersebut ada barang yang mengurangi volume air yang masuk misalnya : muatan, mesin-mesin perlengkapan, bahkan adanya gading-gading dalam ruangan yang kosong.

### 3. Faktor Pembagi Sekat

Adalah koefisien bervariasi antara 1 ~ 0,3 yang mana digunakan untuk menentukan panjang ruangan yang diperbolehkan. Factor pembagi untuk kapal Ferry Ro-Ro adalah 1.

Untuk menghitung panjang genangan, perhitungan dilakukan dengan Metode Webster.

Data kapal Ferry Ro-Ro yang diperlukan untuk perhitungan ini adalah :

$$L_{pp} = 47,77 \text{ m}$$

$$H = 3,52 \text{ m}$$

$$T = 2,53 \text{ m}$$

$$C_b = 0,666$$

$$H' = H - ML$$

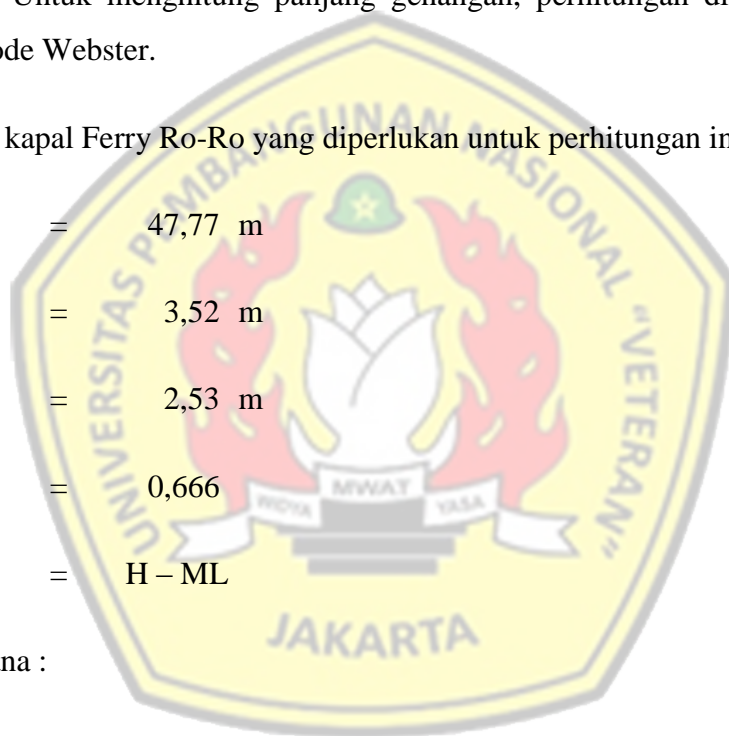
dimana :

$$H = \text{Tinggi kapal}$$

$$ML = (\text{Margin Line}) \text{ batas dalam dari Bulkhead Deck} = 76 \text{ mm} = 0,076 \text{ m}$$

$$H' = 3,52 - 0,076$$

$$H' = 3,444 \text{ m}$$



Harga Ratio untuk lambung timbul (f)

$$f = \frac{Fb}{H'}$$

dimana :

Freeboard (Fb) = 1,3 m

$$f = 1,1 / 3,444$$

$$f = 0,319$$

Panjang genangan untuk ruangan ;

$$L' = m (a + f)$$

Dimana m, a = factor perhitungan yang diperoleh dari Tabel Webster sesuai dengan Cb kapal dan prosentase panjang kapal sebagai fungsi ratio lambung timbul dan ratio sheer.

Panjang genangan untuk setiap jenis ruangan yang berbeda akan berbeda juga sebagai dengan factor permeabilitas ( $\mu$ ) untuk masing-masing jenis ruangan tersebut :

$$L' = \frac{m(a+f)}{\mu}$$

Dengan :  $\mu = 100\%$  untuk kapal kosong

$\mu = 85\%$  untuk ruang muat

$\mu = 63\%$  untuk ruang mesin

Untuk Cb = 0,666 dari table Webster dengan interpolasi didapat harga "m" dan "a" dan panjang genangan "L".

Setelah diperoleh nilai “L”, selanjutnya akan didapat panjang genangan untuk tiap jenis ruangan (L’) dan akhirnya dapat digambarkan “*Floodable Length Curve*”.

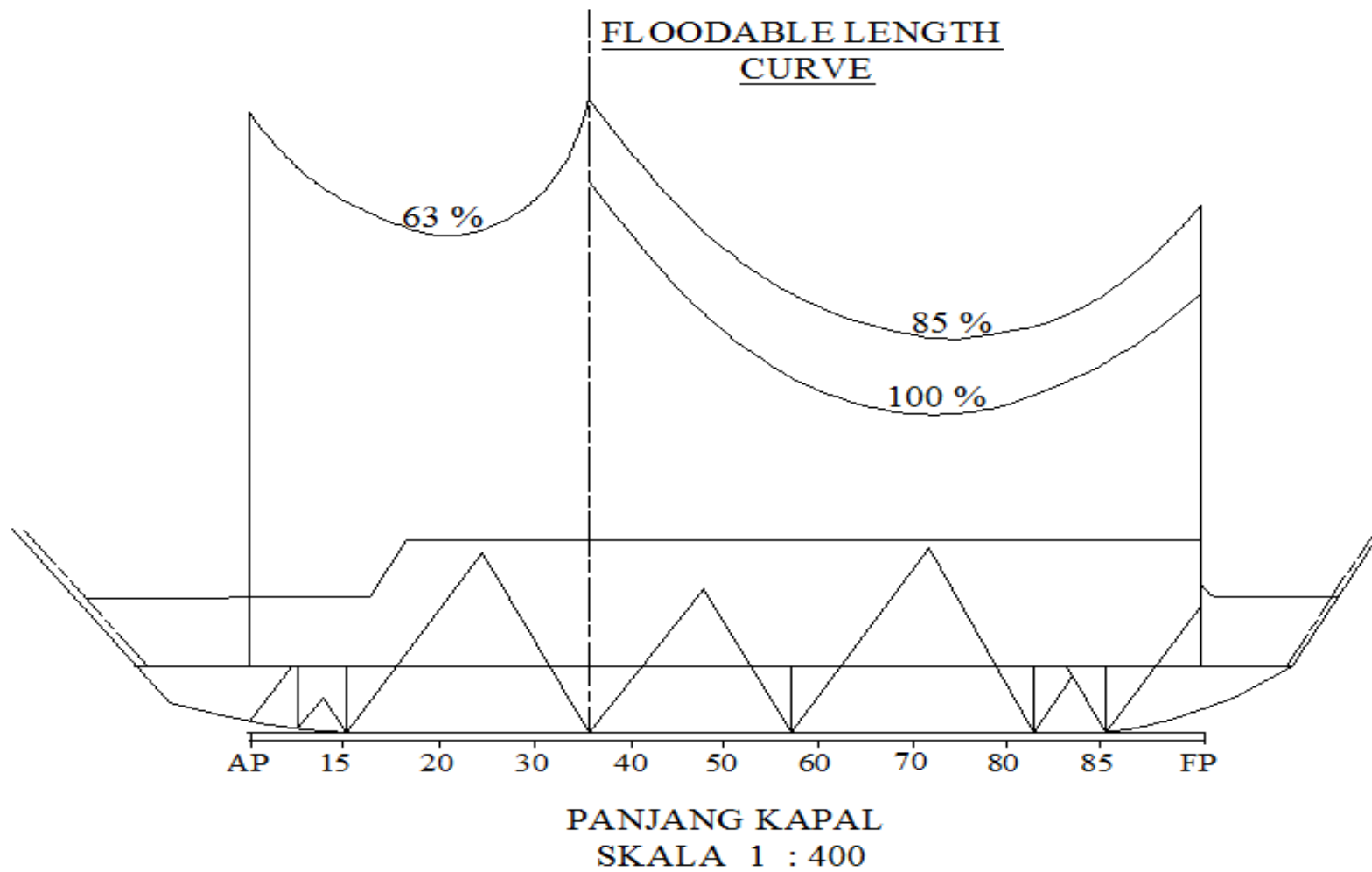
Tabel.17 Webster Untuk Faktor “m”, “a” Floodable Length

Cb Ordinat	0,62	0,64	0,62	0,64
	m	m	A	a
After	39,40	39,00	0,248	0,244
0,15 Lpp	54,90	53,90	0,041	0,037
0,20 Lpp	54,20	52,20	0,017	0,016
0,30 Lpp	62,80	62,10	0,004	0,006
0,40 Lpp	91,20	90,40	-0,013	-0,009
0,45 Lpp	104,30	104,30	-0,019	-0,016
0,50 Lpp	98,20	99,20	-0,015	-0,012
0,60 Lpp	69,50	70,40	0,007	0,009
0,70 Lpp	51,40	51,60	0,032	0,031
0,80 Lpp	48,40	47,80	0,078	0,069
0,85 Lpp	55,80	51,60	0,087	0,083
Fore	36,8	36,80	0,385	0,358

Tabel.18 Hasil Interpolasi Faktor “m”, “a” Cb = 0,666

Ordinat	m	A	F	L'			
				100%	85%	80%	63%
Gtb	39,20	0,246	0,335	22,775	26,794	28,468	36,150
15	54,40	0,039	0,335	20,345	23,935	25,431	32,293
20	53,70	0,016	0,335	18,848	22,174	23,560	29,917
30	62,45	0,005	0,335	21,233	24,980	26,541	33,703
40	90,80	-0,011	0,335	29,419	34,610	36,773	46,698
45	104,30	-0,017	0,335	33,167	39,020	41,458	52,646
50	98,70	-0,013	0,335	31,781	37,389	39,726	50,446
60	69,95	0,008	0,335	23,992	28,225	29,990	38,082
70	51,50	0,013	0,335	18,849	22,175	23,561	29,919
80	48,10	0,073	0,335	19,648	23,115	24,560	31,187
85	53,70	0,083	0,335	22,446	26,407	28,057	35,628
Gth	36,80	0,371	0,335	25,980	30,564	32,475	41,238





Gambar.24 Floodable Length Curve

## V.8 Kontruksi Kapal

Perhitungan konstruksi kapal berdasarkan peraturan klasifikasi dan konstruksi kapal dari Biro Klasifikasi Indonesia (BKI) Volume II, 2006. Adapun perhitungan konstruksi ini, adalah sebagai berikut :

### Principal Dimension

- Loa : 55,00 m
- Lpp : 47,77 m
- H : 3,52 m
- T : 2,53 m
- Cb : 0,666

#### a. Double Bottom

Tinggi Centre Girder (Vol. II BKI 2006 : 8.3)

$$\begin{aligned} h &= 350 + 45 \times B \\ &= 350 + 45 \times 13,36 \\ &= 987 \text{ mm} \end{aligned}$$

Ditetapkan menjadi : 1000 mm

#### b. Jarak Gading

Menurut BKI '01 jarak gading normal antara 0,2 L dari FP sampai sekat ceruk buritan adalah = 600 mm. Di depan sekat tubrukan dan di belakang sekat ceruk buritan jarak gading tidak boleh melebihi 600 mm

Rumus :

$$a_0 = \frac{L_{pp}}{500} + 0,48$$

$$\begin{aligned}
 a_0 &= \frac{47,77}{500} + 0,48 \\
 &= \frac{47,77}{500} + 0,48 \\
 &= 0,096 + 0,48 \\
 &= 0,58 \text{ m} \\
 &= 580 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

c. Perhitungan Beban Rancangan (sesuai BKI bab 4. B-1.1 table 4.1)

a. Beban (luar) alas kapal :

Rumus :

$$P_B = 10 T + P_0 \times c_F$$

Keterangan :

$c_F$  = Faktor distribusi 1,0

$P_0$  = Basic eksternal dinamik (beban luar dasar dinamik)

$$P_0 = 2,1 (C_B + 0,7) \times C_0 \times C_L \times f \times C_{LW} \quad (\text{KN/m}^2)$$

$C_0$  = koefisien gelombang

$$C_0 = \frac{L_{pp}}{25} + 4,1 \quad (\text{untuk panjang kapal} < 90 \text{ m})$$

$$= \frac{47,77}{25} + 4,1$$

$$= 1,91 + 4,1$$

$$= 6,01$$

$$C_L = \sqrt{\frac{L_{pp}}{90}}$$

$$= \sqrt{\frac{47,77}{90}} = \sqrt{0,5307} = 0,728$$

f = Probability Factor (factor peluang)

f = 1,0 untuk panel plat lambung luar  
(sel, plat kulit, gelagak cuaca)

f = 0,75 untuk bagian penguat sekunder lambung luar  
(gading – gading, balok geladak)

f = 0,6 untuk penumpu dan sisi penumpu lambung luar  
(gading besar, serta dengan sisi isi)

$C_{LW}$  = Koefisien daerah pelayaran

$C_{LW}$  = 1,00 untuk pelayaran tidak terbatas

$C_{LW}$  = 0,9 untuk pelayaran daerah (P) (samudera terbatas)

$C_{LW}$  = 0,75 untuk pelayaran daerah (L) (lokal)

$C_{LW}$  = 0,60 untuk pelayaran daerah (T) (tenang)

$$P_0 = 2,1 (C_B + 0,7) \times C_0 \times C_L \times f \times C_{LW}$$

$$= 2,1 (0,66 + 0,7) \times 6,01 \times 0,728 \times 1,0 \times 0,75$$

$$= 2,1 (1,36) \times 6,01 \times 0,728 \times 1,0 \times 0,75$$

$$= 9,372 \text{ KN/m}^2$$

$$P_B = 10 T + P_0 \times c_F$$

$$P_B = (10 \times 2,53) + (9,372 \times 1,0)$$

$$= 25,3 + 9,372$$

$$= 34,672 \text{ KN/m}^2$$

b. Beban (luar) pada sisi kapal (BKI Bab 4 B.2.1.2)

Untuk elemen yang pusat beratnya dibawah garis muat :

$$\text{Rumus : } P_s = 10 (T - z) + P_0 \times c_F \left(1 + \frac{z}{T}\right)$$

$z$  = Jarak vertical pusat beban konstruksi diatas garis dasar

$$z = \frac{1}{3} \times T$$

$$z = \frac{1}{3} \times 2,53$$

$$z = 0,843 \text{ m.}$$

$$\begin{aligned} P_s &= 10 (2,53 - 0,843) + 9,372 \times 1,0 \left(1 + \frac{0,843}{2,53}\right) \\ &= 10 (1,687) + 9,372 \times 1,0 (1,3332) \\ &= 16,87 + 12,495 \\ &= 29,364 \text{ KN/m}^2 \end{aligned}$$

Untuk elemen yang pusat bebannya tertitik di atas garis muat :

$$\text{Rumus : } P_s = P_0 \times c_F \left(\frac{20}{10 + z - T}\right)$$

$$P_s = 9,372 \times 1,0 \left(\frac{20}{10 + 0,843 - 2,53}\right)$$

$$P_s = 9,372 \times 1,0 \left(\frac{20}{8,313}\right)$$

$$P_s = 9,372 \times 1,0 (2,406)$$

$$P_s = 22,549 \text{ KN/m}^2$$

c. Beban pada geladak cuaca

Rumus : (BKI Bab 4 B.1.1)

$$P_D = P_0 \times \left( \frac{20zT}{(10+z-T)H} \right)^{C_D}$$

$C_D$  = Faktor distribusi sesuai table 4.1 (tengah kapal = 1,0)

$$P_D = 9,372 \times \left( \frac{20 \times 2,53}{(10 + 0,843 - 2,53) \times 3,52} \right)^{1,0}$$

$$P_D = 9,372 \times \left( \frac{50,6}{(29,262)} \right)^{1,0}$$

$$P_D = 9,372 \times 1,729$$

$$P_D = 16,204 \text{ KN/m}^2$$

Catatan :  $P_D \text{ min} = 0,7 P_0$

$$= 0,7 \times 9,372$$

$$= 6,560 \text{ KN/m}^2$$

d. Tebal Plat Alas (BKI Bab 6 B.1.1)

Untuk kapal yang panjang  $L < 90 \text{ m}$

Rumus :

$$tb_1 = 1,9 \cdot nf \cdot a \sqrt{P_B \cdot k} + tk$$

$Tk$  = Margin korosi, sesuai bab 3 K.1 (BKI tahun 2004)

$tk$  =  $\rightarrow$  2,5

$k$  = Faktor bahan (0,91) sesuai bab 2 B.221 (BKI tahun 2004)

$$a = \text{Jarak gading} = 0,58$$

$$nf = 1,0 \text{ (untuk sisi gading melintang)}$$

$$= 0,83 \text{ (untuk sisi gading memanjang)}$$

$$tb_1 = 1,9 \times nf \times a \times \sqrt{P_B \cdot k} + tk$$

$$tb_1 = 1,9 \times 1,0 \times 0,58 \times \sqrt{34,6720,91} + 2,5$$

$$tb_1 = 6,189 + 2,5$$

$$tb_1 = 8,689 \text{ mm} \approx 9 \text{ mm}$$

e. Tebal Plat Sisi (BKI Bab 6 C 1.1)

Rumus :

$$t_{s1} = 1,9 \cdot nf \cdot a \cdot \sqrt{P_S \cdot k} + Tk$$

$$t_{s1} = 1,9 \times 1,0 \times 0,58 \times \sqrt{22,549 \times 0,91} + 3$$

$$t_{s1} = 4,991 + 3$$

$$t_{s1} = 7,991 \text{ mm} \approx 8 \text{ mm}$$

f. Lebar Plat Lunas (BKI Bab 6 B 5.1)

Rumus :

$$b = 800 + 5 (L_{pp})$$

$$b = 800 + 5 (47,77)$$

$$b = 800 + 238,85$$

$$b = 1038,85 \text{ mm} \approx 11 \text{ mm}$$

- g. Tebal plat lunas (BKI Bab 6 B 5.1)

Rumus :

$$t_{tk} = tb + 2,0$$

$$t_{tk} = 9,0 + 2,0$$

$$t_{tk} = 11 \text{ mm}$$

- h. Tinggi Penumpu Tengah (Center Girder) (Sesuai BKI, Bab 8 B.2.2.2)

Rumus :

$$h = 350 + 45 \cdot B$$

$$h = 350 + 45 \cdot B$$

$$h = 350 + 45 \cdot 13,36$$

$$h = 350 + 601,2$$

$$h = 951,2 \text{ mm} \approx 1000 \text{ mm}$$

Ket : h min = 600 mm

ha = Tinggi penumpu yang terpasang 1000 mm

Lebar < 8 m menggunakan 2 penumpu samping (side girder)

Lebar > 10,5 m menggunakan 3 penumpu samping (side girder)

- i. Tebal Center Girder (BKI, Bab 8 B.2.2.2)

Rumus :

$$t_m = \frac{h}{ha} \left( \frac{h}{100} + 1,0 \right) \sqrt{k} \leq 120 \text{ m} \quad k = 0,91$$

$$t_m = \frac{1000}{1000} \times \left( \frac{1000}{100} + 1,0 \right) \times \sqrt{0,91}$$

$$t_m = 1,0 \times 10 \times 0,954$$

$$t_m = 9,540 \text{ mm} \approx 10 \text{ mm}$$



- j. Luas Penampang Center Girder (BKI, Bab 8 B.2.2.2)

Rumus :  $A = 0,7 L + 12$

$$A = 0,7 (47,77) + 12$$

$$A = 33,439 + 12$$

$$A = 45,439 \text{ cm}^2$$

- k. Tebal Penumpu Samping (side girder) (Sesuai BKI, Bab 8 B.3.2.1)

Paling tidak terdapat 1 penumpu samping yang harus dipasang pada kamar mesin dan demikian pula pada 0,25 L dari  $F_p$  atau paling tidak terpasang 1 penumpu samping jika jarak kedua sisi kapal terdapat sumbu tengah  $> 4,5$

Rumus :  $t = \frac{h^2}{120ha} \sqrt{k}$

$$t = \frac{951,2^2}{120(1000)} \sqrt{0,91}$$

$$t = \frac{904781,44}{120000} \times 0,954$$

$$t = \frac{863161,494}{120000}$$

$$t = 7,193 \approx 8 \text{ mm}$$

- l. Lebar Pelat Lajur Bilge (Bilge Strike) (BKI, Bab 8 B.3.2.1)

Rumus :  $b = 800 + 5 L$

$$b = 800 + 5 (47,77)$$

$$b = 800 + 238,85$$

$$b = 1038,85 \text{ mm} \approx 11 \text{ mm}$$

m. Tebal Plat Gelagak (BKI Bab 7 B.2.1)

Rumus :

$$t = c \sqrt{P \cdot (1 + a_v)k} + tk$$

Keterangan :

P = Beban (KN) untuk satu roda atau kumpulan roda

$$P = \frac{Q}{n}$$

Jika tidak ada data ditetapkan 25 KN

Q = Beban sumbu (axle load) dalam (KN)

n = Jumlah roda atau kumpulan roda = 4 – 6 buah

$a_v$  = Faktor percepatan

$$a_v = F \cdot m$$

dimana :  $F = 0,11 \frac{V_0}{\sqrt{L_{pp}}}$

$$F = 0,11 \frac{12}{\sqrt{47,77}}$$

$$F = 0,11 \frac{12}{6,912}$$

$$F = \frac{1,32}{6,912}$$

$$F = 0,191$$

keterangan :  $v_0$  = Kecepatan kapal 12 knot

$$L_{pp} = 47,77$$

$$m = 1,0$$

$$a_v = F.m$$

$$a_v = 0,191 \times 1,0$$

$$a_v = 0,191$$

$$c = 1,20 - 0,4 \frac{f}{F}$$

$$f = \frac{50.n.P}{P(\text{beban})} \quad P = \text{Tekanan spesifik (8)}$$

(sesuai BKI Bab 7. B.2.2 tabel 71)

$$f = \frac{50.6.8}{25}$$

$$f = \frac{2400}{25}$$

$$f = 96 \text{ cm}^2$$

$$f = 0,0096 \text{ m}^2$$

$$c = 1,20 - 0,4 \frac{f}{F}$$

$$c = 1,20 - 0,4 \frac{0,0096}{0,191}$$

$$c = 1,20 - 0,021$$

$$c = 1,179$$

$$t = c \sqrt{P \cdot (1 + a_v)k} + tk$$

$$t = 1,179 \sqrt{25 \cdot (1 + 0,191)0,91} + 2$$

$$t = 1,179 \sqrt{27,095} + 2$$

$$t = 1,179 \times 5,205 + 2$$

$$t = 6,137 + 2$$

$$t = 8,137 \text{ mm} \approx 9 \text{ mm}$$

keterangan : Faktor korosi (tk) = 2,0

$$= 2,5$$

$$= 3,0$$

n. Wrang Alas Tunggal (Sesuai BKI, Bab 8 A.1.2.1)

$$\text{Rumus : } W = c \times T \times a \times I^2$$

Keteranngan :

$$c = 7,5$$

$$T = 2,53 \text{ m}$$

$$a = 2 \times L + 460$$

$$= 2 \times 47,77 + 460$$

$$= 555 \text{ mm} \approx 600 \text{ mm}$$

$$I = 0,7 \times B$$

$$= 0,7 \times 13,36$$

$$= 9,35 \text{ m}$$

$$W = c \times T \times a \times I^2$$

$$W = 7,5 \times 2,53 \times 0,6 \times 9,35^2$$

$$W = 7,5 \times 2,53 \times 0,6 \times 87,422$$

$$W = 995,299 \text{ cm}^3$$

Ukuran profil yang digunakan pada wrang alas tunggal = 340 x 14 mm

o. Tebal Wrang Kedap Air (watertight floor)

Tebal dari wrang kedap air tidak boleh kurang dari yang di isyaratkan. Untuk sekat tangki menurut BKI Bab 12. B.2 bagaimana pun juga tebalnya tidak boleh kurang dari yang di isyaratkan untuk wrang plat / solid floor menurut B.2.6.2

$$t_{pf} = (t_m - 2) \sqrt{k}$$

Rumus :

$$t_{pf} = (10 - 2) \sqrt{0,91}$$

$$t_{pf} = (8) \times 0,954$$

$$t_{pf} = 7,632 \text{ mm} \approx 8 \text{ mm}$$

p. Tebal Seachest (BKI Bab 12. B.2)

Rumus :  $t = 12 \times a \sqrt{p.k} + tk$

$$t = 12 \times 0,5 \sqrt{2.0,91} + 3$$

$$t = 12 \times 0,5 \times 1,349 + 3$$

$$t = 8,094 + 3$$

$$t = 11,094 \approx 12 \text{ mm}$$

Keterangan : P = tekanan hembus keluar pada katup pengaman dalam bar, P tidak boleh kurang dari 2 bar, sesuai peraturan instalasi mesin (BKI Bab : 2)

a = Penegar antar ruang (0,5 m)

q. Gading Utama (Sesuai BKI, Bab 9 A.2.1.1)

Rumus :  $W = n \times c \times a \times 1^2 \times Ps \times cr \times k$

Keterangan :

$$\begin{aligned} n &= 0,9 - (0,0035 \times L) \\ &= 0,9 - (0,0035 \times 47,77) \end{aligned}$$

$$= 0,9 - 0,167$$

$$= 0,73$$

$$c = 1$$

$$a = 0,5 \text{ m} \quad (\text{frame space})$$

$$l = 2 \text{ m}$$

$$P_s = 22,549 \text{ KN/m}^2$$

$$c_r = 0,75$$

$$k = 1$$

$$W = n \times c \times a \times l^2 \times P_s \times c_r \times k$$

$$W = 0,75 \times 1 \times 0,5 \times 2^2 \times 22,549 \times 0,75 \times 1$$

$$W = 25,368 \text{ cm}^3$$

Ukuran profil yang digunakan pada gading utama = 75 x 50 x 5 mm

r. Gading Besar (Sesuai BKI, Bab 9 A.6.2.1)

Rumus : 
$$W = 0,8 \times e \times l^2 \times P_s \times k$$

Keterangan :

$$e = 1,5$$

$$l = 2 \text{ m}$$

$$P_s = 22,549 \text{ KN/m}^2$$

$$k = 1$$

$$W = 0,8 \times 1,5 \times 2^2 \times 22,549 \times 1$$

$$W = 108,235 \text{ cm}^3$$

Ukuran profil yang digunakan pada gading besar = 120 x 80 x 8 mm

s. Gading Samping (Sesuai BKI, Bab 9 B.4.1)

Rumus : 
$$W = 0,55 \times e \times l^2 \times P_s \times k$$

Keterangan :

$$e = 1,5$$

$$l = 2 \text{ m}$$

$$P_s = 22,549 \text{ KN/m}^2$$

$$k = 1$$

$$W = 0,55 \times 1,5 \times 2^2 \times 22,549 \times 1$$

$$W = 74,412 \text{ cm}^3$$

Ukuran profil yang digunakan gading samping = 100 x 50 x 10 mm

t. Penegar (Sesuai BKI, Bab 16 C.3.1)

Rumus : 
$$W = 3,5 \times a \times l^2 \times hA$$

Keterangan :

$$a = 0,5$$

$$l = 2 \text{ m}$$

$$hA = 2,5 + L/100$$

$$= 2,5 + 47,77/100$$

$$= 2,978$$

$$W = 3,5 \times a \times l^2 \times hA$$

$$W = 3,5 \times 0,5 \times 2^2 \times 2,978$$

$$W = 20,846 \text{ cm}^3$$

Ukuran profil yang digunakan penegar = 65 x 50 x 5 mm

u. Web Frame Kamar Mesin (Sesuai BKI, Bab 16 C.3.1)

Rumus : 
$$W = k \times 0,8 \times e \times l^2 \times P_s$$

Keterangan :

$$k = 1$$

$$e = 1,5 \text{ m (jarak gading besar)}$$

$$l = 2$$

$$P_s = 22,549 \text{ KN/m}^2$$

$$W = k \times 0,8 \times e \times l^2 \times P_s$$

$$W = 1 \times 0,8 \times 1,5 \times 2^2 \times 22,549$$

$$W = 108,235 \text{ cm}^3$$

Ukuran profil web frame dikamar mesin = 120 x 80 x 8 mm

## v. Balok Geladak (dek beam) (BKI, Bab 16 C.3.6)

$$\text{Rumus : } W = k \times 7 \times a \times l^2 \times p$$

Keterangan :

$$k = 1,0 \quad (\text{faktor bahan})$$

$$a = 0,5 \text{ m} \quad (\text{frame space})$$

$$l = 2 \quad (\text{panjang tak ditumpu})$$

$$p = \text{beban geladak} = p_0 \pm \Delta p \quad (\text{t/m}^2)$$

$\Delta p$  = Penambahan / pengurangan dalam  $\text{t/m}^2$  akibat perbedaan jarak AW dengan AWo.

$$p_0 = 0,75 + 3 \times L/1000 \quad (\text{t/m}^2) \text{ untuk } L < 200 \text{ m}$$

$$= 0,75 + 3 \times 47,77/1000$$

$$= 0,893 \text{ t/m}^2$$

$$AW_0 = 0,025 \times L - 0,75 \quad (\text{m}) \text{ untuk } L < 50 \text{ m}$$

$$= 0,025 \times 47,77 - 0,75$$

$$= 0,444 \text{ m}$$

$$AW = D - d \quad (\text{m})$$

$$= 3,52 - 2,53$$

$$= 0,99 \text{ m}$$

$AW > AW_0$  = pengurangan beban

$$\Delta p = (AW - AW_0) \times 0,08$$

$$= (0,99 - 0,444) \times 0,08$$

$$= (0,546) \times 0,08$$

$$= 0,044 \text{ t/m}^2$$

$$p = P_0 - \Delta p$$

$$= 0,893 - 0,044$$

$$= 0,849 \text{ t/m}^2$$

$$W = k \times 7 \times a \times l^2 \times p$$

$$W = 1 \times 7 \times 0,5 \times (2)^2 \times 0,849$$

$$W = 11,886 \text{ cm}^3$$

Ukuran profil balok geladak yang direncanakan = 60 x 5 mm



w. Tebal Plat Kubu – kubu (BKI, Bab 16 C.4.2)

$$\text{Rumus : } s = \sqrt{(0,75 - L/1000) \times L}$$

$$s = \sqrt{(0,75 - 47,77/1000) \times 47,77}$$

$$s = \sqrt{(0,75 - 0,0477) \times 47,77}$$

$$s = \sqrt{(0,7023) \times 47,77}$$

$$s = \sqrt{33,549}$$

$$s = 5,792 \text{ mm}$$

Tinggi bulwalk tidak boleh kurang dari 1 m, sehingga ditetapkan 1 m.

x. Perhitungan Pintu Pendarat (Ramp Doors) (Vol. II BKI 2006, Sec.6)

1) Design Load

Untuk eksternal desain :

$$\begin{aligned} P_s &= 10 ( T - Z ) + P_o \cdot c_f ( 1 + Z/T ) \\ &= 10 ( 2,53 - 0,843 ) + 9,372 \times 1,0 ( 1 + 0,843/2,53 ) \\ &= 27,575 \text{ KN / m}^2 \end{aligned}$$

2) Plating

$$\begin{aligned} t &= 1,21 \cdot a \cdot \sqrt{P} + t_k \\ &= 1,21 \times 27,575 \times 0,5 + 1,5 \\ &= 4,57 \end{aligned}$$

Ditetapkan = 8 mm

## 3) Stiffeners

$$\begin{aligned}
 W &= 0,6 \cdot P \cdot a \cdot I^2 \\
 &= 0,6 \times 27,575 \times 0,5 \times 4^2 \\
 &= 132,360 \text{ cm}^3
 \end{aligned}$$

Profil : 250 x 8

### V.9 Perhitungan Ramp Door

Dalam perhitungan kekuatan Rampdoor ini kami menggunakan prinsip mekanik, sesuai dengan beban yang dialami atau diterima oleh Rampdoor dan berat dkonstruksi itu sendiri. Untuk menaikn atau menurunkan Rampdoor digunakan “Wire Rope” yang digerakan oleh Winch :

#### A. Perhitungan berat Rampdoor

Ukuran Rampdoor : Length = 6 m

Width = 4 m

Plate = 8 mm → Deck to car Deck

Sesuai Standar Pelat → untuk 8 mm = 64 Kg/cm<sup>2</sup>

Luas Rampdoor = 6 x 4

= 24 m<sup>2</sup>

Berat Pelat = 24 x 36

= 864 Kg

= 0,864 ton

Propil yang digunakan :

Jarak propil diambil = 1m  $\longrightarrow$  dengan demikian dibutuhkan  
15 buah yaitu : 10 Profil melintang dan 5 profil memanjang.

$$\begin{aligned} V &= 10 (0,13 \cdot 0,1 + 0,15 \cdot 0,01) 4 + 5 (0,13 \cdot 0,01 + 0,15 \cdot 0,01) 9 \\ &= 0,238 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$G = V \cdot \delta = 1,85 \text{ ton} ; \quad \delta = \text{Bj. baja} = 7,8 \text{ ton/m}^3$$

#### B. Perhitungan Momen

$$q = 0,502 \text{ t/m}$$

$$p = 2,5 \text{ ton}$$

$$M_A = M_E = 0$$

$$\Sigma M_E = 0$$

$$R_A \cdot 9 - q \cdot l \cdot \frac{1}{2} - P(6,5 + 2,5) = 0$$

$$\begin{aligned} 9 R_A &= 20,33 + 22,5 \\ &= 42,83 \end{aligned}$$

$$R_A = 4,76 \text{ ton}$$

$$R_E = R_A = 4,76 \text{ ton}$$

Banding A – B

$$M_B = R_A \cdot 2,5 - qx \cdot \frac{1}{2} x$$

$$= 2,5 R_A - \frac{1}{2} qx^2$$

$$= 11,9 - \frac{0,502 \times 2,5^2}{2}$$

$$= 10,33 \text{ Ton}$$



Batang B – C

$$\begin{aligned}
 M_c &= RA \cdot 4,25 - P \cdot 2 - \frac{q \cdot x^2}{2} \\
 &= 4,25 \cdot 4,76 - 2,5 \cdot 2 - \frac{0,502 \cdot 4,25^2}{2} \\
 &= 20,23 - 5 - 4,534
 \end{aligned}$$

$$M_{\max} = M_C = 10,33 \text{ ton}$$

$$\begin{aligned}
 \sigma &= \frac{M_{\max}}{W} \\
 &= \frac{10,696 \cdot 10^5}{1180,29} \\
 &= 906,217 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

Tegangan yang terjadi pada Rampdoor masih lebih kecil dari  $\sigma$  boleh ( $\sigma_b = 1500 \text{ kg/cm}^2$ ), dengan demikian ukuran atau pemilihan seantling (profil) aman.

### C. Perhitungan Tegangan dan Ukuran Wire Rope

Prinsip keseimbangan

$$\Sigma MA = 0$$

$$R_B \cdot L - G \cdot L/2 = 0$$

$$R_B = G/2$$

$$= 4,154/2$$

$$= 2,077 \text{ ton}$$

$$T = \frac{R_B}{\sin Q} \text{ ton}$$

T = Tegangan tali

$R_B$  = Gaya reaksi dititik B

Tegangan Wire Rope pada Posisi Q = 60°

$$T = \frac{2,077}{0,866}$$

$$= 2,398 \text{ ton}$$

Prinsip kerek majemuk  $K = L/n$  atau  $T = T/n$

$$T = T/n = 2,398/2 = 1,1992$$

$$n = \text{Jumlah rol} = 2. ; T = K ; T = L$$

Untuk 2 buah wire rope  $T = T/2 = 0,5996 \text{ ton}$

$$= 599,6 \text{ kg}$$

Tegangan wire rope :

$$\sigma = \frac{P}{A} \text{ (kg / cm}^2\text{)} \quad \sigma = T \text{ (Kg/cm}^2\text{)}$$

$$A = 1/4 \cdot \pi \cdot D^2 \text{ (luas penampang wipe rope)} \quad P = G \text{ (kg)}$$

$$T = \frac{G}{0,788D^2} \text{ (Kg/cm}^2\text{)} \quad A = \text{Luas Penampang}$$

$$1,8827 D^2 = 4,154$$

$$D^2 = \frac{4,154}{1,8827} = 2,2064$$

$$D = \sqrt{2,2064} = 1,4854 \text{ cm}$$

Untuk penggunaan 2 (dua) Wire rope, Kiri dan kanan :

$$\text{Maka } d = d/2 = 0,7427 \text{ cm}$$

Tegangan wire rope pada posisi  $Q = 75^\circ$

$$T' = \frac{G/2}{\sin Q} = \frac{2,007}{0,966} = 2,150 \text{ ton} \longrightarrow \text{ untuk satu kali}$$

$$T' = T'/n = 1,075 \text{ ton}$$

Untuk dua Wire rope  $T' = 0,5375 \text{ ton}$

$$= 537,5 \text{ Kg/cm}^2$$

#### D. Perhitungan Gaya Dan Ukuran Engsel / Pintle

Pada kedudukan  $60^\circ$

Gaya yang bekerja pada engsel (K)

$$\begin{aligned} K &= G \sin 60^\circ \\ &= 4,154 \cdot 0,866 \\ &= 3,597 \text{ ton} \end{aligned}$$

Pada kedudukan  $30^\circ$

Gaya yang bekerja Pada engsel (L)

$$\begin{aligned} K' &= G \sin 30^\circ + T \cos Q \\ &= 4,154 \cdot 0,5 + 1,075 \cdot 0,25 \\ &= 2,335 \text{ Ton} \end{aligned}$$

Catatan :

G = Berat Rampdoor

K,K' = Gaya yang bekerja pada engsel

T,T' = Tegangan tali

Untuk menentukan diameter engsel diambil gaya yang terbesar (keadaan yang terkritis).

$$\sigma = D/A$$

dimana :

$$P = K = 3597 \text{ Kg}$$

A = Luas penampang engsel

$$\sigma = \text{Tegangan} = 906,27 \text{ kg/cm}^2$$

$$A = K/\sigma$$

$$\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2 = 3,969$$

$$D^2 = 5,056$$

$$D^2 = 2,248 \approx 2,248 \text{ cm}$$

Diambil  $D^2 = 2,5 \text{ cm}$

E. Besarnya momen yang bekerja

Terhadap konstruksi rancangan (stay)

L = Panjang rampdoor

G = Berat rampdoor

A,b,c = Lengan

Momen yang dialami oleh pemancang akibat perubahan sudut  $Q$  dititik A adalah besarnya momen yang berturut – turut mengecil hingga mendekati nol (0), bilamana pada saat posisi rampdoor berhimpit dengan bidang pemancang atau AB/AC.

$$\text{Kondisi : 1} \quad Q = 0^\circ$$

$$\begin{aligned} MA &= G \cdot a \text{ (t . m)} \\ &= G \cdot L/2 = 4,154 \cdot 9/2 \\ &= 18,693 \text{ tm} \end{aligned}$$

$$\text{Kondisi II} \quad Q = 30^\circ$$

$$\begin{aligned} MA &= G \cdot b \\ &= G \cdot \frac{1}{2} \cos Q = 4,154 \cdot 3,897 \\ &= 16,189 \text{ tm} \end{aligned}$$

$$\text{Kondisi III} \quad Q = 60^\circ$$

$$\begin{aligned} MA &= G \cdot c \\ &= G \cdot L/2 \cdot \cos Q = 4,154 \cdot 0,5 \\ &= 2,077 \text{ tm} \end{aligned}$$

Dengan melihat momen – momen yang semakin kecil maka konstruksi pancanganpun dibuat semakin keujung semakin kecil konstruksinya (ringan).

## V.10 Kekuatan Kapal

### a. Perhitungan Kekuatan kapal

Pada seluruh bangunan konstruksi terapung yang dipengaruhi oleh gelombang akan menerima momen lentur (bending moment). Hal ini diakibatkan oleh adanya perbedaan antara distribusi berat kapal dengan daya apung yang dialami pada seluruh bagian konstruksi tersebut.

Ketentuan besar kecilnya momen lentur diperoleh oleh karena keadaan gelombang yang melalui kapal tersebut. Keadaan kritis terjadi apabila kapal mengalami gelombang “Trochoid”, yaitu gelombang laut yang panjangnya dari puncak ke puncak sama dengan panjang kapal. Sehingga dengan demikian kapal mengalami dua keadaan, yaitu :



1) Kondisi Hogging

Apabila puncak gelombang berada di tengah kapal dan lembah gelombang berada pada haluan dan buritan. Kejadian ini terjadi pada kapal-kapal yang mempunyai kamar mesin di tengah.

2) Kondisi Sagging

Apabila puncak gelombang berada pada bagian ujung haluan dan buritan, kemudian lembah gelombang berada pada bagian tengah kapal. Kejadian ini dialami untuk kapal-kapal yang mempunyai kamar mesin di belakang.

Untuk menahan momen yang terjadi, maka kapal harus mempunyai konstruksi yang kuat. Tegangan yang terjadi akibat momen harus lebih kecil daripada tegangan yang diijinkan.

b. Langkah Pengerjaan

Untuk memulai perhitungan kekuatan memanjang pada sebuah kapal, maka yang harus diperhatikan adalah hal-hal sebagai berikut :

- 1) Karena kapal yang akan dihitung menyangkut secara keseluruhan distribusi pembebanan pada kapal itu sendiri, maka perlu diketahui berat kapalnya. Adapun perhitungan berat kapal dapat dilakukan dengan cara :
  - Perhitungan berat kapal kosong, yang dapat dihitung melalui pertolongan Bonjean Curve kapal tersebut.
  - Untuk berat bagian bangunan dihitung dengan pengukuran langsung pada bagian bangunan tersebut melalui gambar rencana umum dan gambar konstruksi, sedangkan perlengkapan kapal yang akan dimasukkan dalam pendistribusian kapal diambil yang mempunyai bobot atau berat yang dianggap besar, misalnya propeller, shaft dan lain sebagainya.
- 2) Penentuan gelombang yang akan bekerja di kapal tersebut. Gelombang ini bergantung pada ketentuan tersebut di atas, yaitu untuk kapal yang mempunyai kamar mesin yang terletak di

belakang, kondisi gelombang yang paling mempengaruhi adalah kondisi Sagging. Dengan mengetahui sistim gelombang yang akan digunakan, segera dapat dilakukan penentuan nilai displasemen yang sesuai dengan gelombang tersebut terhadap displasemen kapal itu sendiri.

### 1) Bentuk Lengkung Trochoid

Oleh karena rancangan kapal ini mempunyai kamar mesin di belakang kapal, maka untuk perhitungan kekuatan yang dihitung adalah dalam kondisi Sagging. Untuk bentuk lengkung trochoid atau bentuk poros gelombang pada kapal rancangan diperoleh dengan perhitungan sebagai berikut :

$$Y = H \times C$$

dimana :

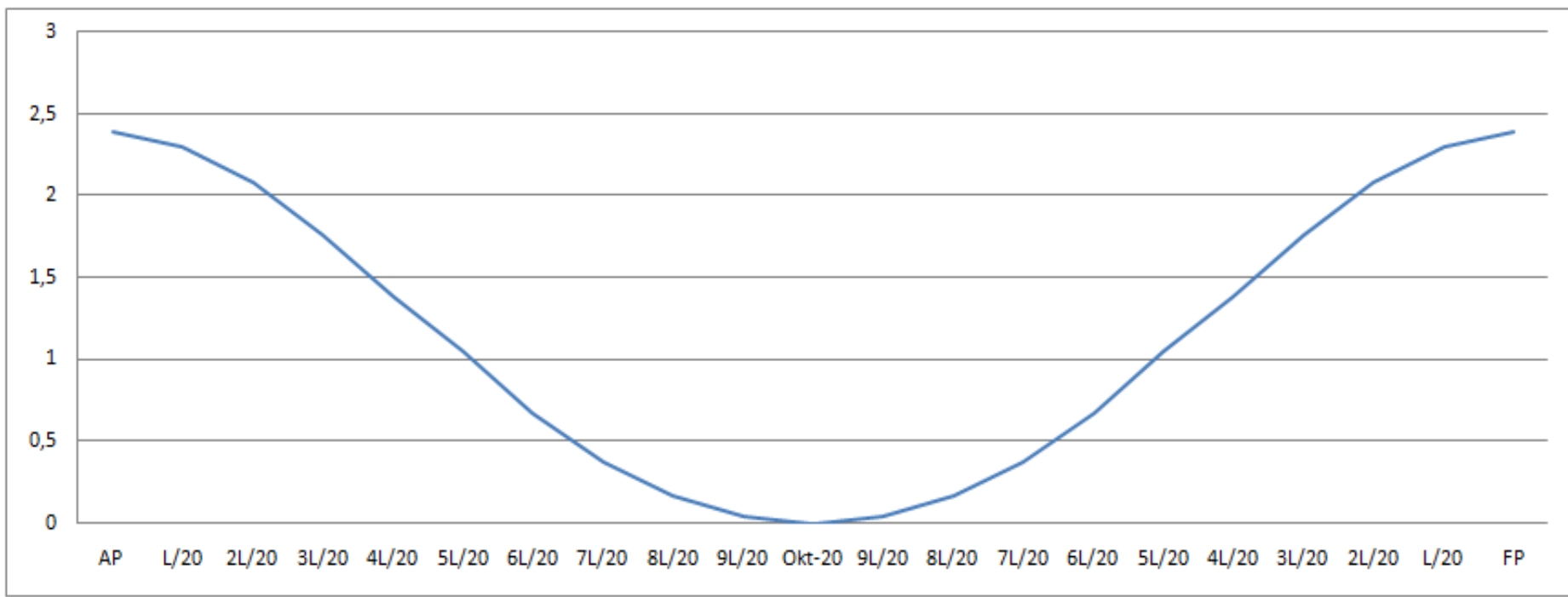
$$\begin{aligned} H &= L_{pp}/20 \\ &= 47,77/20 \\ &= 2,39 \text{ m} \end{aligned}$$

Tabel.19 C = Koefisien ( Hensche, hal. 882)

Ordinat	Faktor C	
	Kondisi Hogging	Kondisi Sagging
AP	0,000	1,000
L/20	0,019	0,960
2L/20	0,075	0,871
3L/20	0,162	0,735
4L/20	0,292	0,579
5L/20	0,428	0,422
6L/20	0,594	0,280
7L/20	0,748	0,160
8L/20	0,879	0,072
9L/20	0,968	0,018
10/20	1,000	0,000
9L/20	0,968	0,018
8L/20	0,879	0,072
7L/20	0,748	0,160
6L/20	0,594	0,280
5L/20	0,428	0,422
4L/20	0,292	0,579
3L/20	0,162	0,735
2L/20	0,075	0,871
L/20	0,019	0,960
FP	0,000	1,000

Tabel.20 Perhitungan bentuk poros gelombang pada kapal adalah :

Absis	Koefisien C	$Y = H \times C$
AP	1,000	2,390
L/20	0,960	2,294
2L/20	0,871	2,082
3L/20	0,735	1,756
4L/20	0,579	1,384
5L/20	0,422	1,056
6L/20	0,280	0,669
7L/20	0,160	0,382
8L/20	0,072	0,172
9L/20	0,018	0,043
10/20	0,000	0,000
9L/20	0,018	0,043
8L/20	0,072	0,172
7L/20	0,160	0,382
6L/20	0,280	0,669
5L/20	0,422	1,056
4L/20	0,579	1,384
3L/20	0,735	1,756
2L/20	0,871	2,082
L/20	0,960	2,294
FP	1,000	2,390



Gambar.25 Kurva Poros Gelombang Kondisi Sagging

## 2) Penentuan Tinggi Gelombang

Penentuan tinggi gelombang dicari yang mempunyai harga displasemen saa dengan displasemen kapal. Tinggi gelombang ditentukan dengan tinggi yang berbeda, kemudian dibuat sebuah kurva yang menyatakan hubungan antara tinggi gelombang dengan displasemen.

Tabel.21 Penentuan Tinggi Gelombang

Ordinat	Tinggi Poros Gelombang 1,80 m			Tinggi Poros Gelombang 1,913 m			Tinggi Poros Gelombang 2,53 m		
	Luas	F.S	Hasil	Luas	F.S	Hasil	Luas	F.S	Hasil
AP	0,15	0,5	0,075	1,5	0,5	0,75	0,2	0,5	0,1
0,5	14,5	2	29,0	16,0	2	32,0	18,0	2	36,0
1	16,0	1	16,0	18,5	1	18,5	20,0	1	20,0
1,5	16,5	2	33,0	17,5	2	35,0	18,5	2	37,0
2	23,0	1,5	34,5	23,5	1,5	35,25	25,0	1,5	37,5
3	22,0	4	88,0	23,0	4	92,0	24,5	4	98,0
4	21,5	2	43,0	22,5	2	45,0	24,0	2	48,0
5	21,5	4	86,0	23,0	4	92,0	24,5	4	48,0
6	21,0	2	42,0	22,0	2	44,0	23,5	2	47,0
7	23,5	4	94,0	23,5	4	94,0	26,5	4	106,0
8	23,0	1,5	34,5	22,0	1,5	36,0	26,0	1,5	39,0
8,5	13,5	2	27,0	14,0	2	28,0	15,0	2	30,0
9	8,0	1	8,0	8,0	1	8,0	9,0	1	9,0
9,5	4,0	2	8,0	4,5	2	9,0	5,0	2	10,0
FP	0,0	0,5	0	0,0	0,5	0	0	0,5	0,0
		$\Sigma_1 =$	543,075		$\Sigma_2 =$	569,5		$\Sigma_3 =$	615,6

$$h = L_{pp} / 10 = 47,77 / 10$$

$$= 4,78 \text{ m}$$

$$\Delta = \frac{1}{3} \times h \times \Sigma \times \gamma$$

Untuk :

$$\Delta_1 = \frac{1}{3} \times 4,78 \times 543,075 \times 1,025 \times 1,004$$

$$= 997,928 \text{ ton}$$

$$\Delta_2 = \frac{1}{3} \times 4,78 \times 569,500 \times 1,025 \times 1,004$$

$$= 1102,442 \text{ ton}$$

$$\begin{aligned}\Delta_3 &= \frac{1}{3} \times 4,78 \times 615,6 \times 1,004 \times 1,025 \\ &= 1258,464 \text{ ton}\end{aligned}$$

Tabel.22 Tinggi Poros Gelombang 1,913 m

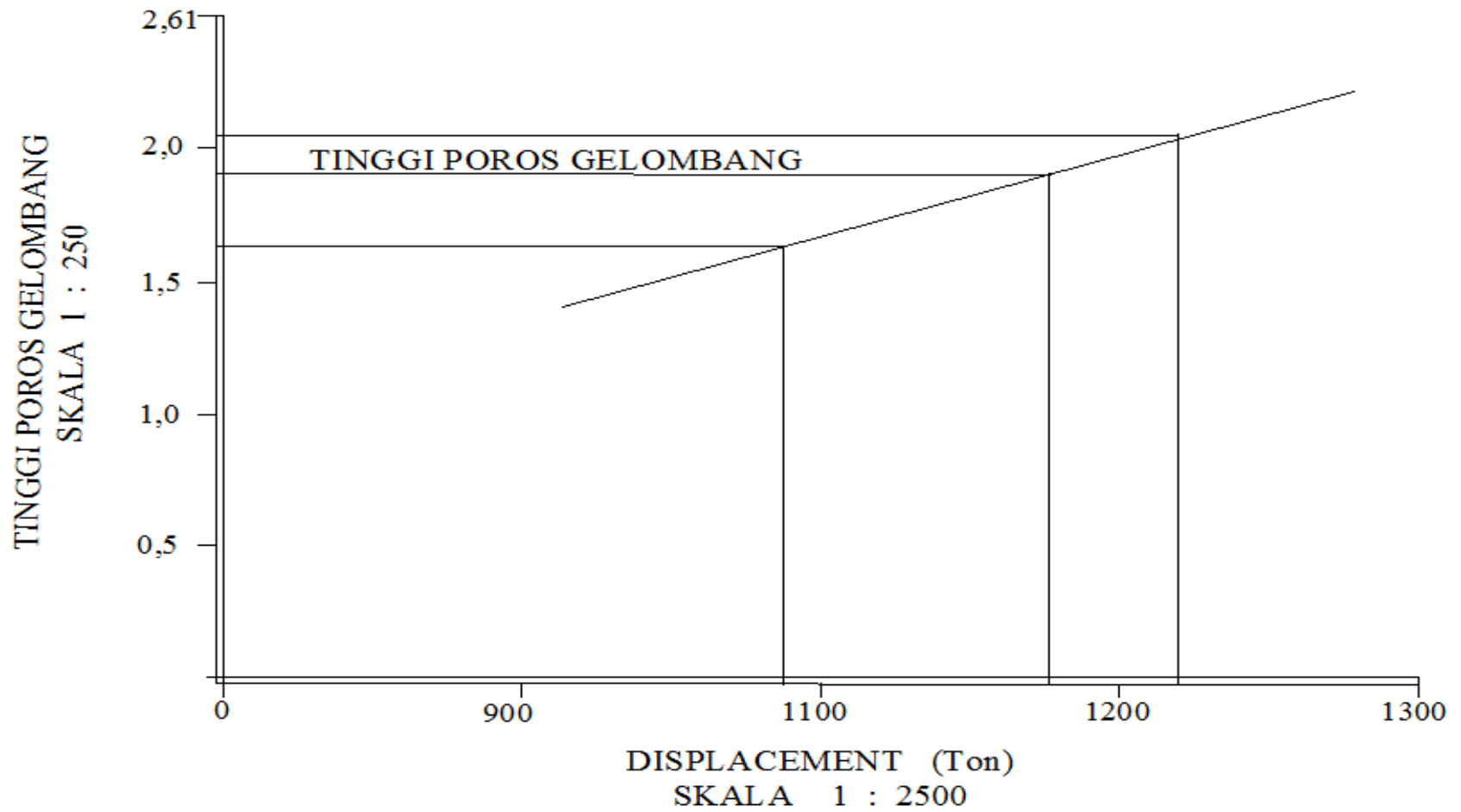
Ordinat	Luas	F.S.	Hasil
AP	1,5	0,5	0,75
0,5	16,0	2	32,0
1	18,5	1	18,5
1,5	17,5	2	35,0
2	23,5	1,5	35,25
3	23,0	4	92,0
4	22,5	2	45,0
5	23,0	4	92,0
6	22,0	2	44,0
7	23,5	4	94,0
8	22,0	1,5	36,0
8,5	14,0	2	28,0
9	8,0	1	8,0
9,5	4,5	2	9,0
FP	0,0	0,5	0
		$\Sigma =$	569,5

$$\begin{aligned}h &= L_{pp} / 10 = 47,77 / 10 \\ &= 4,78 \text{ m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Delta &= \frac{1}{3} \times h \times \Sigma \times \gamma \\ &= \frac{1}{3} \times 4,78 \times 569,500 \times 1,025 \times 1,004 \\ &= 1102,442 \text{ ton}\end{aligned}$$

Tabel.23 Kurva Daya Apung b (x)

Ordinat	Luasan	C (t/m <sup>2</sup> )	Hasil
AP	1,5	1,03	1,55
0,5	16,0	1,03	16,48
1	18,5	1,03	19,06
1,5	17,5	1,03	18,03
2	23,5	1,03	24,21
3	23,0	1,03	23,69
4	22,5	1,03	23,18
5	23,0	1,03	23,69
6	22,0	1,03	22,66
7	23,5	1,03	24,21
8	22,0	1,03	22,66
8,5	14,0	1,03	14,42
9	8,0	1,03	8,24
9,5	4,5	1,03	4,64
FP	0,0	1,03	0,00



Gambar.26 Kurva Tinggi Poros Gelombang



## 3) Kurva Berat Kapal

## a. Ordinat Berat Kapal

$$\text{Ordinat} = \frac{\text{Berat kapal kosong}}{L_{pp}} \times k$$

$$\text{Dimana : Berat kapal kosong (W}_{\text{hull}}) = 633,836 \text{ ton}$$

$$\text{Panjang kapal (L}_{pp}) = 47,77 \text{ m}$$

Koefisien standart I (Hensche) halaman 883 untuk kapal yang sedang

Ordinat	k	W <sub>HULL</sub> /L <sub>pp</sub>	Hasil k x (W <sub>HULL</sub> /L <sub>pp</sub> )
A	0,680	13,268	9,023
B	1,105	13,268	14,661
C	0,580	13,268	7,695

## b. Kurva Berat Lambung Kapal

Berat Main Deck (upper deck)

$$\text{Deck} : 659,4 \times 0,010 \times 7,86 = 51,829 \text{ Ton}$$

$$\text{Dinding} : 36,4 \times 0,008 \times 3,5 \times 7,86 = 8,019 \text{ Ton}$$

$$\underline{\text{Konstruksi Frame} + 5 \% = 2,992 \text{ Ton} +}$$

$$= 62,840 \text{ Ton}$$

Berat Navigation Deck

$$\text{Deck} : 448,0 \times 0,006 \times 7,86 = 11,004 \text{ Ton}$$

$$\text{Dinding} : 16 \times 0,006 \times 2,4 \times 7,86 = 1,265 \text{ Ton}$$

$$\underline{\text{Konstruksi Frame} + 5 \% = 0,613 \text{ Ton} +}$$

$$= 12,882 \text{ Ton}$$

## Berat Forecastle Deck

$$\text{Deck} : 74,75 \times 0,008 \times 7,86 = 4,700 \text{ Ton}$$

$$\text{Dinding} : 14 \times 0,008 \times 2,4 \times 7,86 = 2,113 \text{ Ton}$$

$$\text{Konstruksi Frame} + 5 \% = 0,341 \text{ Ton} +$$

$$= 7,154 \text{ Ton}$$

Berat Permesinan ( $W_e$ )

$$W_e = 100,384 \text{ ton}$$

Berat Kelistrikan ( $W_{ae}$ )

$$W_{ae} = 106,667 \text{ ton}$$

Berat Perlengkapan dan Akomodasi ( $W_{oa}$ )

$$W_{oa} = 163,569 \text{ ton}$$

Berat Cadangan ( $W_{or}$ )

$$W_{or} = 13,64 \text{ ton}$$

No .	Uraian	Frame (Jarak)	Panjang (m)	Berat (ton)	Ton/m
1	Upper Deck	-3 – 94	49,4	62,840	1,304
2	Navigation Deck	10 – 85	34,0	28,136	0,828
3	Forecastle Deck	16 – 80	32,0	12,882	11,403
4	Permesinan	10 – 34	12,0	106,667	11,367
5	Perlengkapan & Acc	0 – 94	48,2	163,569	2,887
6	Berat Cadangan	-3 – 94	49,4	13,64	0,283

## c. Kurva Daya Muatan (DWT)

No	Uraian	Frame (Jarak)	Panjang (m)	Berat (ton)	Ton/m
1	Fuel Oil Tank	34 – 54	10,0	56,760	4,000
2	Fresh Water	56 – 78	11,0	62,729	4,545
3	Minyak Pelumas	10 – 34	12,0	4,092	0,250
4	ABK dan Lugagge	38 – 73	17,5	2,530	0,393
5	Muatan	10 – 85	37,5	207,000	5,547
6	Penumpang	16 - 80	32,0	93,005	8,375

## d. Kurva Momen Lentur dan Gaya Lintang

Kurva  $P(x)$  adalah selisih antara Kurva berat  $q(x)$  dengan Kurva daya apung  $b(x)$ , jadi  $P(x) = q(x) - b(x)$

$$\Delta L = L_{pp}/\text{ordinat}$$

$$= 47,77/10$$

$$= 4,78 \text{ m}$$

$$(\Delta L)^2 = (4,78)^2$$

$$= 22,819 \text{ m}^2$$

$q(x)$  curve adalah kurva integral pertama beban  $P(x)$  tiap-tiap satuan panjang, maka :

$$q(x) = \int P(x) dx \text{ (ton)}$$

$M(x)$  curve adalah kurva bidang momen, yaitu :

$$M(x) = \int q(x) dx$$

$$= \int P(x) dx$$

Syarat batas :

$$q(0) = 0, \text{ dan}$$

$$M(0) = 0$$

$$q = -\frac{(\Delta Mr)}{L}$$

$$= -\frac{(\text{Akhir 7})}{L}$$

Menurut Hensche, untuk mencari x dari  $x = 1 \cos \left( \frac{(2\pi X)}{L} \right)$

#### 4) Perhitungan Modulus Penampang

Dalam Perhitungan Section modulus ini, netral axis diasumsikan dari keel kearah atas sebesar 0,5 dari tinggi kapal seluruhnya, dan pada perhitungan ini dibagi menjadi 2 (dua) bagian perhitungan dimana bagian profil yang berada diatas netral axis dan bagian profil yang berada dibawah netral axis.

Penampang pelat dan profil yang ikut dalam perhitungan kekuatan memanjang kapal ini adalah sebagai berikut :

**Di Atas Netral Axis**

N o	Nam Profile	Scantling's (mm)	Luas a (mm <sup>2</sup> )	Jarak L (mm)	Momen Area a x l (mm <sup>2</sup> x mm)	Momen Kedua a x l <sup>2</sup> (mm <sup>2</sup> x mm <sup>2</sup> )	h (mm)	h <sup>2</sup> (mm <sup>2</sup> )	I 1/12 (a x h <sup>2</sup> ) (mm <sup>2</sup> x mm <sup>2</sup> )
1	Pelat Geladak A	2 x (3500 x 6)	42000,00	2100,00	88200000,00	185220000000,00	0,00	0,00	0,00
2	Pelat Geladak B	2 x (3500 x 6)	42000,00	2100,00	88200000,00	185220000000,00	0,00	0,00	0,00
3	Pelat Geladak C	2 x (1750 x 5)	17500,00	4600,00	80500000,00	370300000000,00	0,00	0,00	0,00
4	Pelat Geladak D	2 x (1750 x 5)	17500,00	4600,00	80500000,00	370300000000,00	0,00	0,00	0,00
5	Pelat Sisi A	(100 x 100) + (100 x 8)	10800,00	2100,00	22680000,00	47628000000,00	2,20	4,84	4356,00
6	Pelat Sisi B	(100 x 100) + (100 x 8)	10800,00	2100,00	22680000,00	47628000000,00	2,20	4,84	4356,00
7	Pelat Sisi C	2 x (65 x 6) + (6 x 5)	450,00	4800,00	2160000,00	10368000000,00	1,20	1,44	54,00
8	Deck Girder A	2 x (120 x 120) + (120 x 8)	16320,00	2000,00	32640000,00	65280000000,00	1,20	1,44	1958,40
9	Deck Girder B	2 x (120 x 120) + (120 x 8)	16320,00	2000,00	32640000,00	65280000000,00	0,70	0,49	666,40
10	Deck Girder C	2 x (100 x 100) + (100 x 12)	12400,00	4500,00	55800000,00	251100000000,00	0,70	0,49	506,33
11	Deck Girder D	2 x (100 x 100) + (100 x 12)	12400,00	4500,00	55800000,00	251100000000,00	0,50	0,25	258,33
12	Deck Beam A	2 x (200 x 12) + (12 x 6)	2544,00	1800,00	4579200,00	8242560000,00	0,50	0,25	53,00
13	Deck Beam B	2 x (200 x 12) + (12 x 6)	2544,00	1800,00	4579200,00	8242560000,00	1,80	3,24	686,88
14	Deck Beam C	2 x (100 x 100) + (100 x 8)	11600,00	4400,00	51040000,00	224576000000,00	1,80	3,24	3132,00
15	Deck Beam D	2 x (100 x 100) + (100 x 8)	11600,00	4400,00	51040000,00	224576000000,00	1,00	1,00	966,67
16	Frame A	2 x (65 x 65) + (65 x 6)	5005,00	2000,00	10010000,00	20020000000,00	1,00	1,00	417,08
17	Frame B	2 x (65 x 65) + (65 x 6)	5005,00	2000,00	10010000,00	20020000000,00	2,20	4,84	2018,68
18	Frame C	2 x (60 x 60) + (60 x 6)	4320,00	4500,00	19440000,00	87480000000,00	2,20	4,84	1742,40
19	Frame D	2 x (60 x 60) + (60 x 6)	4320,00	4500,00	19440000,00	87480000000,00	1,20	1,44	518,40
		$\Sigma_7 =$	245428,00	$\Sigma_8 =$	731938400,00	2530061120000,00	0	$\Sigma_{10} =$	21690,58
		$\Sigma_{11} =$	246891,00	$\Sigma_{12} =$	1063731900,00	21690,58	$=\Sigma_{13}$		
		$\Sigma_{14} =$	492319,00	$\Sigma_{15} =$	-331793500,00	2530061141690,58	$=\Sigma_{16}$		
				$\Sigma_{17} =$	110086926642250000,00	5185376770760,36	$=\Sigma_{18}$		
				$\Sigma_{19} =$	492319,00	7715437912450,94	$=\Sigma_{20}$		
				$\Sigma_{21} =$	223608933724,37	223608933724,37	$=\Sigma_{22}$		
						7491828978726,57	$=\Sigma_{23}$		
						x2			
						14983657957453,10	$=\Sigma_{24}$		

**Keterangan :**

- |                                      |  |  |
|--------------------------------------|--|--|
| $\Sigma_7 =$ Jumlah Luasan           | $\Sigma_{13} =$ $\Sigma_{10}$            | $\Sigma_{19} =$ $\Sigma_{14}$                  |
| $\Sigma_8 =$ Jumlah Momen Area       | $\Sigma_{14} =$ $\Sigma_7 + \Sigma_{11}$ | $\Sigma_{20} =$ $\Sigma_{16} + \Sigma_{18}$    |
| $\Sigma_9 =$ Jumlah Momen Kedua      | $\Sigma_{15} =$ $\Sigma_8 - \Sigma_{12}$ | $\Sigma_{21} =$ $\Sigma_{17} + \Sigma_{19}$    |
| $\Sigma_{10} =$ Jumlah Momen Inertia | $\Sigma_{16} =$ $\Sigma_9 + \Sigma_{13}$ | $\Sigma_{22} =$ $\Sigma_{21}$                  |
| $\Sigma_{11} =$ $\Sigma_1$           | $\Sigma_{17} =$ $(\Sigma_{15})^2$        | $\Sigma_{23} =$ $\Sigma_{20} - \Sigma_{22}$    |
| $\Sigma_{12} =$ $\Sigma_2$           | $\Sigma_{18} =$ $\Sigma_6$               | $\Sigma_{24} =$ $\Sigma(2 \times \Sigma_{23})$ |

**Di Bawah Netral Axis**

No	Nam Profile	Scantling's (mm)	Luas A (mm <sup>2</sup> )	Jarak l (mm)	Momen Area a x l (mm <sup>2</sup> x mm)	Momen Kedua a x l <sup>2</sup> (mm <sup>2</sup> x mm <sup>2</sup> )	h (mm)	h <sup>2</sup> (mm <sup>2</sup> )	$\frac{l}{12} (a \times h^2)$ (mm <sup>2</sup> x mm <sup>2</sup> )
1	½ Pelat Lunas	½ x 500 x 10	2500,00	6100,00	15250000,00	93025000000,00	0,00	0,00	0,00
2	½ Penumpu Tengah	½ x 1000 x 10	5000,00	5500,00	27500000,00	151250000000,00	0,50	0,25	104,17
3	Pelat Alas	4800 x 8	52800,00	5800,00	306240000,00	1776192000000,00	0,00	0,00	0,00
4	Pelat Bilga	3200 x 8	25600,00	5400,00	138240000,00	746496000000,00	0,00	0,00	0,00
5	Pelat Sisi A	2500 x 8	22500,00	1500,00	33750000,00	50625000000,00	2,50	6,25	11718,75
6	Pelat Sisi B	2000 x 8	16000,00	4000,00	64000000,00	256000000000,00	2,50	6,25	8333,33
7	Pelat Alas Dalam	2 (350x7)	49000,00	5000,00	245000000,00	1225000000000,00	0,00	0,00	0,00
8	Pelat Geladak	2 (350x7)	49000,00	2400,00	117600000,00	282240000000,00	0,00	0,00	0,00
9	Deck Beam	(250 x 8 ) + (8 x 8)	2064,00	2700,00	5572800,00	15046560000,00	1,25	1,56	268,75
10	Deck Girder	2 (200 x 7) + (7 + 7)	1498,00	2500,00	3745000,00	9362500000,00	0,90	0,81	101,12
11	Peumpu Samping	(250 x 7) + (7 x 7)	1759,00	900,00	1619100,00	1457190000,00	1,25	1,56	234,24
12	Wrang	(1750 x 7)	12250,00	5500,00	67375000,00	370562500000,00	0,00	0,00	0,00
13	Side Girder	(700 x 8)	688,00	5500,00	37840000,00	108120000000,00	0,00	0,00	0,00
			$\Sigma_1 =$ 246891,00	$\Sigma_2 =$	566770000,00	5185376750000,00	$\Sigma_3 =$	$\Sigma_4 =$	20760,36
						20760,36	$\Sigma_5 =$		
						5185376770760,36	$\Sigma_6 =$		

**Keterangan :**

- $\Sigma_1$  = Jumlah Luasan
- $\Sigma_2$  = Jumlah Momen Area
- $\Sigma_3$  = Jumlah Momen Kedua
- $\Sigma_4$  = Jumlah Momen Inerta
- $\Sigma_5$  =  $\Sigma_4$
- $\Sigma_6$  =  $\Sigma_3 + \Sigma_5$

Ukuran Kapal : Lpp = 47,77 m ; B = 13,36 m ; H = 3,52 m ; T = 2,53 m ; Vs = 12 knot

$D_1 = 3,35$  ; y asumsi = 6,0 m

Luas seluruhnya (A)

$$\begin{aligned} A &= 492319,00 \times 2 \\ &= 984638,00 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} L &= \frac{(\sum a \times l)_{\text{atas}} - (\sum a \times l)_{\text{bawah}}}{A} \\ &= \frac{-33179350000}{984638,00} \\ &= -336,97 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Y deck = jarak dari sumbu netral axis ke upper deck

$$Y_{\text{deck}} = D_1 - (NA + 1)$$

$$\begin{aligned} Y_{\text{deck}} &= 3350 - (6000 + (-336,97)) \\ &= -1363,03 \text{ mm} \end{aligned}$$

Y bottom = jarak dari sumbu netral axis ke keal

$$Y_{\text{bottom}} = Y + 1$$

$$\begin{aligned} Y_{\text{bottom}} &= 6000 + (-336,97) \\ &= 5663,03 \text{ mm} \end{aligned}$$

Maka :

$$\begin{aligned} Z_{\text{deck}} &= I_{\text{total}} / Y_{\text{deck}} \\ &= 14983657957453,10 / -1363,03 \\ &= -10992904284,90 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

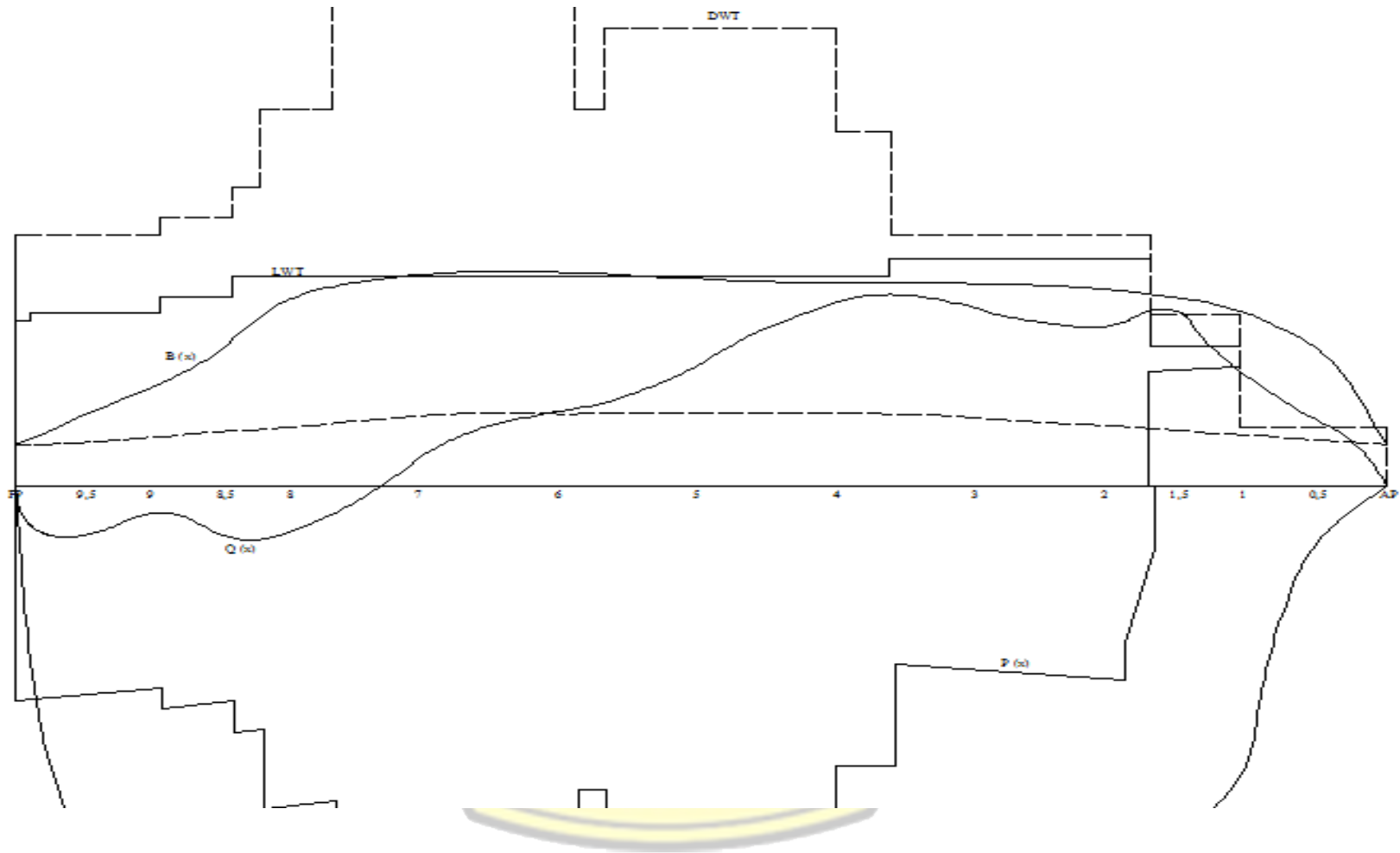
$$\begin{aligned} Z_{\text{botom}} &= I_{\text{total}} / Y_{\text{bottom}} \\ &= 14983657957453,10 / 5663,03 \\ &= 2645872977,28 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

**TABEL PERHITUNGAN MOMEN LENTUR DAN GAYA LINTANG DALAM KONDISI SAGGING**

**DENGAN KONDISI MUATAN 100%**

No. Ordinat	b(x)	q(x)	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)
			P (x) = q (x) -b (x)	P(x)	Koreksi End(2)/10 xNo.Ord	P1 (x) (2) + (3)	P (x)	QL (x) (Lpp/10x(4))	ML (x) (Lpp/10) <sup>2</sup> x (5)	Tabel 340	dQ (x) q(x) x (8)	dQ (x)	dM (x) Lpp/10x (10)	Q (x) (6)+(9)	M (x) (7) + (11)
AP	1,500	10,100	-8,600	8,600	0,000	8,600	8,600	41,529	200,545	0,000	0,000	0,000	0,000	41,529	8,600
0,5	16,000	10,100	5,900	2,700	33,309	36,009	44,609	173,887	1040,248	0,049	0,495	0,495	2,390	176,277	2,700
1	18,500	10,100	8,400	-5,700	66,617	60,917	105,526	294,168	2460,786	0,191	1,929	1,929	9,316	303,484	-5,700
1,5	17,500	20,100	-2,600	-3,100	99,926	96,826	202,351	467,573	4718,672	0,412	8,281	8,281	39,990	507,563	-3,100
2	23,500	-30,400	-53,900	-57,000	133,234	76,234	278,585	368,134	6496,391	0,691	-21,006	-21,006	-101,440	266,694	-57,000
3	23,000	-30,200	-53,200	-110,200	199,851	89,651	368,236	432,925	8586,984	1,309	-39,532	-39,532	-190,899	242,026	-110,200
4	22,500	-40,950	-63,450	-173,650	266,468	92,818	461,054	448,218	10751,429	1,809	-74,079	-74,079	-357,725	90,493	-173,650
5	23,000	-60,800	-83,800	257,450	333,085	590,535	536,689	2851,694	12515,180	2,000	-121,600	-121,600	-587,206	2264,487	257,450
6	22,000	-70,200	-92,200	-349,650	399,702	50,052	586,741	241,701	13682,355	1,809	-126,992	-126,992	-613,243	-371,542	-349,650
7	23,500	-20,250	-43,750	-443,400	466,319	22,919	609,660	110,676	14216,808	1,309	-26,507	-26,507	-128,004	-17,328	-443,400
7,5	23,000	-50,600	-73,600	-517,000	499,628	-17,372	592,288	-83,889	13811,707	0,691	-34,965	-34,965	-168,844	-252,733	-517,000
8	14,000	-30,750	-44,750	-561,750	532,936	-28,814	563,474	-139,143	13139,786	0,412	-12,669	-12,669	-61,179	-200,321	-561,750
9	8,000	-30,550	-38,550	-600,300	599,553	-0,747	562,727	-3,607	13122,367	0,191	-5,835	-5,835	-28,177	-31,785	-600,300
9,5	4,500	-30,620	-35,120	-635,420	532,862	-102,558	560,168	-495,253	13062,693	0,049	-1,500	-1,500	-7,245	-502,498	-635,420
FP	0,000	-30,750	-30,750	-666,170	666,170	0,000	560,168	0,000	13062,693	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	-666,170





Gambar.27 Bending Moment dan Shearing Force Curve

## V.11 Peluncuran

Peluncuran kapal adalah menurunkan kapal dari landasan peluncur ke air yang disebabkan oleh gaya berat kapal pada bidang miring. Pada saat kapal diluncurkan pada kapal tersebut dipasang sepatu luncur yang akan meluncur di atas jalan peluncur (*launching ways*).

Jarak antara tanah dengan dasar kapal harus cukup untuk memasang sepatu peluncur dan peralatan peluncuran lain pada tempatnya. Jarak keel di atas tanah adalah sekitar satu setengah meter sehingga tersedia tempat yang cukup untuk melakukan pemasangan sepatu peluncur dan peralatan-peralatan peluncuran tersebut.

Untuk melakukan peluncuran kapal dibedakan menjadi 2 (dua) macam cara, yaitu :

- a. Peluncuran memanjang (*end laucing*)
- b. Peluncuran melintang (*side launching*)

Pada umumnya kapal diluncurkan dengan cara peluncuran memanjang. Untuk peluncuran memanjang, buritan kapal diarahkan ke air sehingga buritan akan terkena air lebih dahulu, hal ini supaya :

- a. Tinggi belakang tidak terbentur pada landasan
- b. Pada waktu kapal menyentuh air, dapat mengurangi kecepatan peluncuran.

Sudut kemiringan peluncuran dalam hal ini kita anggap sama dengan sudut kemiringan landasan terhadap permukaan air. Sedangkan  $\text{tg } \alpha$  untuk sudut peluncuran :

$$\text{tg } \alpha = \frac{1}{24} \text{ sampai } \frac{1}{20} \quad \text{untuk kapal-kapal yang besar}$$

$$\text{tg } \alpha = \frac{1}{18} \text{ sampai } \frac{1}{16} \quad \text{untuk kapal-kapal yang sedang}$$

$$\text{tg } \alpha = \frac{1}{14} \text{ sampai } \frac{1}{12} \quad \text{untuk kapal-kapal yang kecil}$$

Untuk perhitungan peluncuran memanjang kita bagi atas beberapa phase, yaitu :

Phase I : Jarak yang ditempuh selama phase I yaitu saat kapal mulai menyentuh permukaan air.

Phase II : Dihitung mulai phase I dan berakhir pada saat kapal mulai mengapung karena adanya displasemen. Pada saat kapal mulai mengapung pada saat itu juga kapal mulai mengadakan gerak rotasi (berputar) tetapi kapal masih tetap berada pada landasan.

Phase III : Dihitung mulai dari akhir phase II yaitu pada saat kapal lepas landasan. Pada saat akhir phase ini, kapal sudah mulai terapung.

#### A. Perhitungan Peluncuran

Tabel.24 Perhitungan Displacement dari Bonjean Curve

WL	Displacement	Jarak titik tekan ke AP
1	0,000	28,060
2	3,865	28,010
3	21,970	28,368
4	66,310	28,468
5	144,020	26,166
6	404,840	26,066
7	583,420	25,160

Phase - phase Peluncuran :

Phase I

Jarak yang ditempuh dalam phase I yaitu saat kapal mulai menyentuh permukaan air adalah :

$$\begin{aligned}
 S_1 &= \frac{\text{Tinggi titik Bdi atas permukaan air}}{\text{tg } \alpha} \\
 &= \frac{1,658}{0.0831} \\
 &= 19,952 \text{ m}
 \end{aligned}$$

## Phase II

Dihitung mulai akhir phase I dan berakhir pada saat kapal mulai mengapung karena adanya displasemen. Dan pada saat itu, jumlah aljabar momen berat kapal yang diluncurkan terhadap titik A dan momen gaya apung terhadap titik A adalah sama dengan nol.

$$\gamma \cdot V \cdot a - P \cdot c = 0$$

$$\gamma \cdot V \cdot a = P \cdot c$$

Pada saat kapal mulai mengapung, pada saat itu juga kapal mulai mengadakan gerak rotasi (berputar) tetapi kapal masih tetap berada pada landasan. Dari digram peluncuran kapal terlihat bahwa pada akhir phase II jalan yang ditempuh :  $S_{1+2} = 63,8 \text{ m}$

Trim pada saat itu adalah sebesar :

$$\begin{aligned} t &= L_{pp} \times \text{tg } \alpha \\ &= 47,77 \times 0,0831 \\ &= 3,969 \text{ m} \end{aligned}$$

Trim A turun sebesar :

$$\begin{aligned} m_A &= S_{1+2} \cdot \text{tg } \beta \\ &= 63,8 \times 0,0556 \\ &= 3,668 \text{ M} \end{aligned}$$

Sarat air di depan :

$$\begin{aligned} T_F &= S_{1+2} \cdot \text{tg } \beta - f \cdot \text{tg } \alpha - (0 + e) \\ &= 3,547 - 0,499 - 3,167 \\ &= -0,119 \text{ m} \end{aligned}$$

Sarat air belakang :

$$\begin{aligned} T_A &= T_F + L_{pp} \cdot Tg \alpha \\ &= -0,119 + 3,969 \\ &= 3,850 \text{ m} \end{aligned}$$

### Phase III

Phase III dihitung mulai dari air phase ke II yaitu pada saat kapal mulai mendapat gaya apung dan berakhir pada saat kapal lepas landasan.

Pada saat akhir phase ini, kapal mulai terapung bebas dimana :

$$\Delta = P = 546,4 \text{ Ton}$$

Keadaan akhir phase ini dapat dihitung dan dibaca dari diagram volume dengan hasil sebagai berikut :

$$\text{Displasement } \Delta = 546,4 \text{ Ton}$$

$$\text{Sarat } T = 0,828 \text{ m}$$

$$\text{UTM} = 2105,8 \text{ T-m/m}$$

$$\text{Titik berat WL} = 25,310 \text{ m dari AP}$$

$$\text{Titik berat Volume} = 25,610 \text{ m dari AP}$$

$$\text{Titik berat Kapal} = 25,960 \text{ m dari AP}$$

$$\begin{aligned} \text{Trim } t &= \frac{P (\text{Titik Berat WL} - \text{Titik Berat Kapal})}{\text{UTM}} \\ &= \frac{546,4 (25,310 - 25,960)}{2105,8} \\ &= 0,169 \text{ m} \end{aligned}$$

$$t_A = \frac{\text{Jarak Titik Berat WL dari AP} \times t}{L_{pp}}$$

$$= \frac{25,310}{47,77} \times 1,056 = 0,059 \text{ m}$$

$$t_F = t - t_A$$

$$= 0,169 - 0,059 = 0,011 \text{ m}$$

$$T_A = T + t_A$$

$$= 0,83 + 0,011 = 0,841 \text{ m}$$

$$T_F = T - t_F$$

$$= 0,83 - 0,011 = 0,819 \text{ m}$$

Titik A turun setinggi :

$$m_A = (0+e) + TF + f \frac{TA - TF}{L_{pp}}$$

$$= 3,167 + 0,752 + 6,0 \times \frac{0,022}{47,77}$$

$$= 3,919 \text{ m}$$

Jarak yang ditempuh pada saat kapal mulai terapung bebas :

$$S_{\text{total}} = S_1 + S_2 + S_3$$

$$= \frac{m_A}{\text{tg}\beta} = \frac{3,919}{0,0556}$$

$$= 70,485 \text{ m}$$

Perputaran sampai awal apung bebas :

Pada akhir phase II, yaitu saat dimulainya perputaran, kapal telah menempuh jarak  $S_{1+2} = 65,50$  m dan pada saat itu displasemen = 874,258 ton

Sarat air di depan :

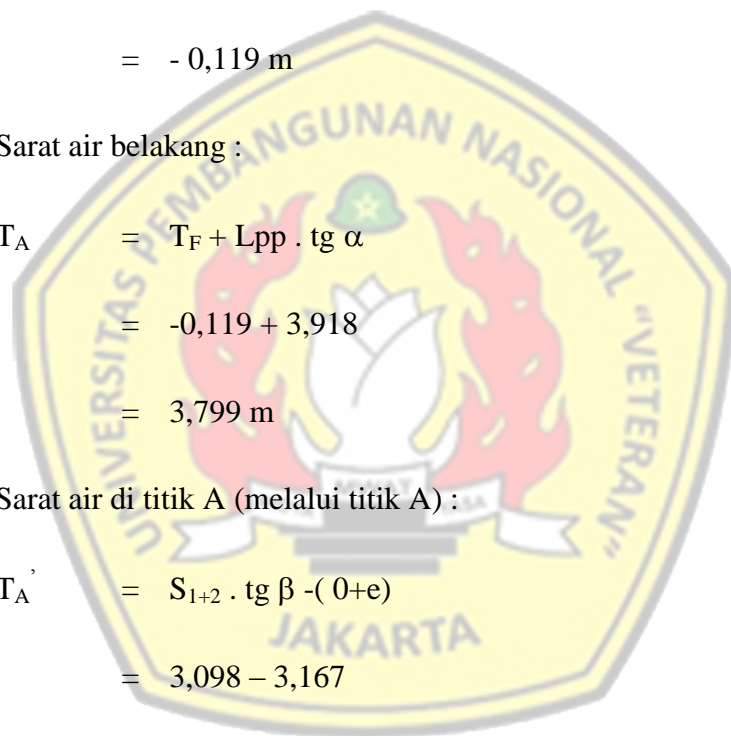
$$\begin{aligned} T_F &= S_{1+2} \cdot \text{tg } \beta - f \cdot \text{tg } \alpha - (0+e) \\ &= 3,547 - 0,499 - 3,167 \\ &= -0,119 \text{ m} \end{aligned}$$

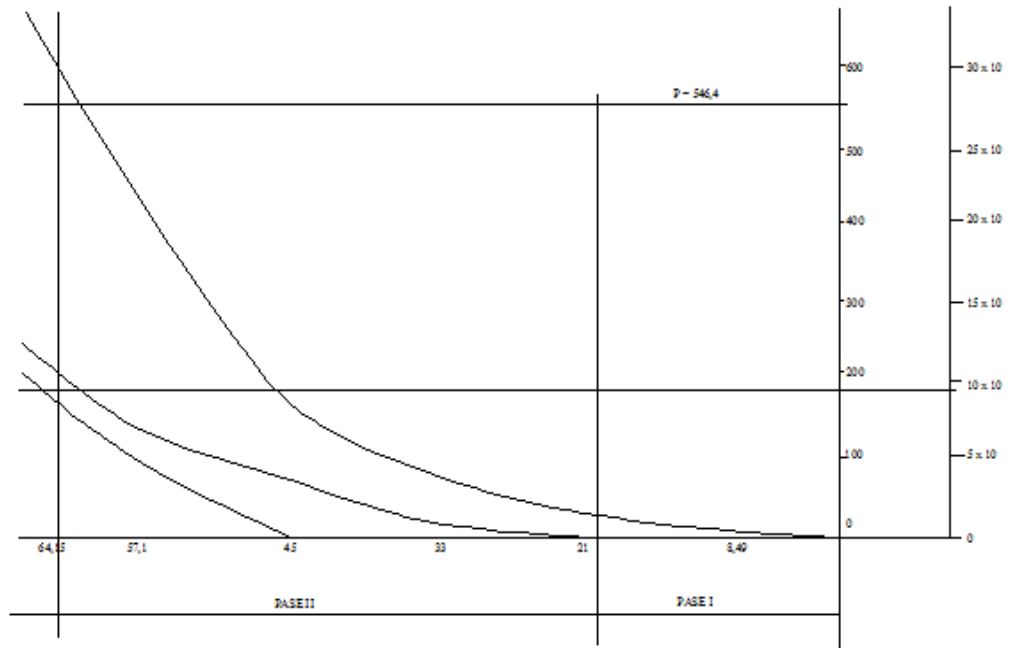
Sarat air belakang :

$$\begin{aligned} T_A &= T_F + L_{pp} \cdot \text{tg } \alpha \\ &= -0,119 + 3,918 \\ &= 3,799 \text{ m} \end{aligned}$$

Sarat air di titik A (melalui titik A) :

$$\begin{aligned} T_A' &= S_{1+2} \cdot \text{tg } \beta - (0+e) \\ &= 3,098 - 3,167 \\ &= -0,069 \text{ m} \end{aligned}$$





Gambar.28 Peluncuran

