

**BAB IV**  
**PERHITUNGAN RENCANA KONSTRUKSI**  
**( PROFIL CONSTRUCTION )**

*Perhitungan Profil Construction ( Rencana Konstruksi ) kapal MT. "SADEWA" berdasarkan Peraturan Biro Klasifikasi Indonesia Volume II, " Rules for Hull " tahun 2006.*

**A. PERKIRAAN BEBAN.**

**A. 1. Beban Geladak Cuaca ( Load and Weather Decks ). Sec. 4. B. 1. 1**

Yang dianggap sebagai geladak cuaca adalah semua geladak yang bebas kecuali geladak yang tidak efektif yang terletak dibelakang 0,15 L dari garis tegak haluan ( FP ). Beban geladak cuaca dapat dihitung berdasarkan rumus sbb :

$$P_D = P_o \frac{20.T}{(10+z-T).H} \times C_D \quad (\text{kN} / \text{m}^2)$$

Dimana :

$$P_o = \text{Basic Eksternal dynamic Load}$$

$$P_o = 2,1 \cdot (C_b + 0,7) \cdot C_o \cdot C_L \cdot f \cdot C_{RW} \quad (\text{kN} / \text{m}^2)$$

$$C_b = \text{Coeficien blok} \\ = 0,72$$

$$C_o = 10,75 - \left( \frac{300-L}{100} \right)^{1,5} \quad \text{untuk } 90 \leq L \leq 300 \text{ m.}$$

$$= 10,75 - \left( \frac{300-105,54}{100} \right)^{1,5}$$

$$= 10,75 - 2,71$$

$$= 8,04$$

$$C_L = 1,0 \quad \text{untuk } L \geq 90 \text{ m.}$$

$$f = \text{Probability factor}$$

$$f_1 = 1,0 \quad \text{untuk tebal plat geladak cuaca}$$

$$f_2 = 0,75 \quad \text{untuk main frame, stiffener dan,deck beam}$$

$$f_3 = 0,6 \quad \text{untuk SG, CG, CDG, Web Frame, Stringger, Grillage}$$

$$C_{RW} = 1,0 \quad \text{untuk pelayaran nasional}$$

$$P_O = 2,1 \cdot (C_b + 0,7) \cdot C_o \cdot C_L \cdot f \cdot C_{RW}$$

Jadi

untuk plat geladak cuaca ( $P_{O1}$ )

$$\begin{aligned} P_{O1} &= 2,1 \cdot (C_b + 0,7) \cdot C_o \cdot C_L \cdot f \cdot C_{RW} \\ &= 2,1 \cdot (0,72 + 0,7) \cdot 8,04 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \\ P_{O1} &= 23,975 \text{ kN / m}^2 \end{aligned}$$

untuk Main Frame, Deck Beam ( $P_{O2}$ )

$$\begin{aligned} P_{O2} &= 2,1 \cdot (C_b + 0,7) \cdot C_o \cdot C_L \cdot f \cdot C_{RW} \\ &= 2,1 \cdot (0,72 + 0,7) \cdot 8,04 \cdot 1 \cdot 0,75 \cdot 1 \\ P_{O2} &= 17,981 \text{ kN / m}^2 \end{aligned}$$

untuk Web Frame, Strong Beam, Girder, Stringger, dan Grillage ( $P_{O3}$ )

$$\begin{aligned} P_{O2} &= 2,1 \cdot (C_b + 0,7) \cdot C_o \cdot C_L \cdot f \cdot C_{RW} \\ P_{O3} &= 2,1 \cdot (0,72 + 0,7) \cdot 8,04 \cdot 1 \cdot 0,6 \cdot 1 \\ &= 14,385 \text{ kN / m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} z &= \text{Jarak vertikal pusat beban terhadap garis dasar ( base line )} \\ &= H \\ &= 8,10 \text{ m.} \end{aligned}$$

$C_d, C_F$  = Faktor distribusi sesuai tabel. 4.1 :

	RANGE	Faktor $C_D$	Faktor $C_F$
A	$0 \leq \frac{x}{L} \leq 0,2$	$1,2 - \frac{x}{L}$	$1,0 + \frac{5}{C_b} \left( 0,2 - \frac{x}{L} \right)$
M	$0,2 \leq \frac{x}{L} \leq 0,7$	1,0	1,0
F	$0,7 \leq \frac{x}{L} \leq 1,$	$1,0 + \frac{c}{3} \left( \frac{x}{L} - 0,7 \right)$	$1,0 + \frac{20}{C_b} \left( \frac{x}{L} - 0,7 \right)^2$

- a. Beban Geladak Cuaca untuk daerah Buritan kapal ( A )  $0 \leq x/L \leq 0,2$  :

$$\begin{aligned}C_D &= 1,2 - x/L \\ &= 1,2 - 0,1 \\ &= 1,1\end{aligned}$$

$$P_D = P_o \frac{20.T}{(10+z-T).H} x C_D$$

1. Untuk menghitung plat Geladak

$$\begin{aligned}P_{D1} &= 23,975 x \frac{20 \cdot 7,00}{(10+8,10-7,00) \cdot 8,10} x 1,1 \\ &= 23,975 x 1,557 x 1,1 \\ &= 41,065 \text{ kN / m}^2\end{aligned}$$

2. Untuk menghitung Deck Beam, Stiffener

$$\begin{aligned}P_{D2} &= 17,981 x \frac{20 \cdot 7,00}{(10+8,10-7,00) \cdot 8,10} x 1,1 \\ &= 17,981 x 1,557 x 1,1 \\ &= 30,796 \text{ kN / m}^2\end{aligned}$$

3. Untuk menghitung CDG, SDG, STR B.

$$\begin{aligned}P_{D3} &= 14,385 x \frac{20 \cdot 7,00}{(10+8,10-7,00) \cdot 8,10} x 1,1 \\ &= 14,385 x 1,557 x 1,1 \\ &= 24,637 \text{ kN / m}^2\end{aligned}$$

- b. Beban Geladak Cuaca untuk daerah Tengah kapal ( M )  $0,2 \leq x/L \leq 0,7$  :

$$C_D = 1,0$$

$$P_D = P_o \frac{20.T}{(10+z-T).H} x C_D$$

4. Untuk menghitung plat Geladak

$$\begin{aligned}P_{D1} &= 23,975 x \frac{20 \cdot 7,00}{(10+8,10-7,00) \cdot 8,10} x 1,0 \\ &= 23,975 x 1,557 x 1,0 \\ &= 37,329 \text{ kN / m}^2\end{aligned}$$

5. Untuk menghitung Deck Beam, Stiffener

$$\begin{aligned}P_{D2} &= 17,981 \times \frac{20 \cdot 7,00}{(10+8,10-7,00) \cdot 8,10} \times 1,0 \\&= 17,981 \times 1,557 \times 1,0 \\&= 27,996 \text{ kN / m}^2\end{aligned}$$

6. Untuk menghitung CDG, SDG, STR B.

$$\begin{aligned}P_{D3} &= 14,385 \times \frac{20 \cdot 7,00}{(10+8,10-7,00) \cdot 8,10} \times 1,0 \\&= 14,385 \times 1,557 \times 1,0 \\&= 22,397 \text{ kN / m}^2\end{aligned}$$

- c. Beban Geladak Cuaca untuk daerah Haluan kapal ( F )  $0,7 \leq x/L \leq 1,0$  :

$$C_D = 1,0 + c / 3 \times (x / L - 0,7)$$

Dimana :

$$\begin{aligned}c &= 0,15L - 10 \\&= 0,15 \cdot 105,54 - 10 \\&= 5,831\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}C_D &= 1,0 + (5,831 / 3) \times (0,92 - 0,7) \\&= 1,0 + 1,944 \times 0,22 \\&= 1,428\end{aligned}$$

$$P_D = P_o \frac{20.T}{(10+z-T).H} \times C_D$$

1. Untuk menghitung plat Geladak

$$\begin{aligned}P_{D1} &= 23,975 \times \frac{20 \cdot 7,00}{(10+8,10-7,00) \cdot 8,10} \times 1,428 \\&= 23,975 \times 1,557 \times 1,428 \\&= 53,306 \text{ kN / m}^2\end{aligned}$$

2. Untuk menghitung Deck Beam, Stiffener

$$\begin{aligned}P_{D2} &= 17,981 \times \frac{20 \cdot 7,00}{(10+8,10-7,00) \cdot 8,10} \times 1,428 \\&= 17,981 \times 1,557 \times 1,428 \\&= 39,979 \text{ kN / m}^2\end{aligned}$$

3. Untuk menghitung CDG, SDG

$$\begin{aligned} P_{D3} &= 14,385 \times \frac{20 \cdot 7,00}{(10+8,10-7,00) \cdot 8,10} \times 1,428 \\ &= 14,385 \times 1,557 \times 1,428 \\ &= 31,984 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

**A. 2. Beban Geladak pada bangunan atas (Superstructures decks) dan rumah geladak (deck houses) Sec. 4. B. 5**

Besarnya beban pada Bangunan atas dan rumah geladak dapat dihitung dengan rumus sbb :

$$P_{DA} = P_D \cdot n$$

Dimana :

$P_{DA}$  = Beban geladak pada buritan

$$P_{D1} = 41,065 \text{ kN/m}^2$$

$$P_{D2} = 30,796 \text{ kN/m}^2$$

$$P_{D3} = 24,637 \text{ kN/m}^2$$

$$n = 1 - \frac{z-H}{10}$$

= 1 , untuk forecastle deck

$z$  = Jarak vertikal pusat beban terhadap garis dasar.

$$z_1 = H + 2,2 = 10,3 \text{ m.}$$

$$z_2 = H + 2,2 + 2,2 = 12,5 \text{ m.}$$

$$z_3 = H + 2,2 + 2,2 + 2,2 = 14,7 \text{ m.}$$

$$z_4 = H + 2,2 + 2,2 + 2,2 + 2,2 = 16,9 \text{ m.}$$

$$z_5 = H + 2,2 = 10,3 \text{ m.}$$

a. Beban geladak bangunan atas pada Geladak Kimbul (Poop Deck)

$$n = 1 - \frac{10,3-8,10}{10}$$

$$= 1 - 0,22$$

$$= 0,78$$

1. untuk menghitung plat geladak

$$\begin{aligned} P_{DA1} &= 41,065 \cdot 0,78 \\ &= 32,030 \text{ kN / m}^2 \end{aligned}$$

2. untuk menghitung deck beam

$$\begin{aligned} P_{DA2} &= 30,796 \cdot 0,78 \\ &= 24,021 \text{ kN / m}^2 \end{aligned}$$

3. untuk menghitung CDG, SDG,dan strong beam

$$\begin{aligned} P_{DA3} &= 24,637 \cdot 0,78 \\ &= 19,217 \text{ kN / m}^2 \end{aligned}$$

- b. Beban geladak rumah geladak pada Geladak Sekoci (boat deck)

$$\begin{aligned} n &= 1 - \frac{12,5 - 8,10}{10} \\ &= 1 - 0,44 \\ &= 0,56 \end{aligned}$$

1. untuk menghitung plat geladak

$$\begin{aligned} P_{DA1} &= 41,065 \cdot 0,56 \\ &= 22,996 \text{ kN / m}^2 \end{aligned}$$

2. untuk menghitung deck beam

$$\begin{aligned} P_{DA2} &= 30,796 \cdot 0,56 \\ &= 17,246 \text{ kN / m}^2 \end{aligned}$$

3. untuk menghitung CDG, SDG,dan strong beam

$$\begin{aligned} P_{DA3} &= 24,637 \cdot 0,56 \\ &= 13,797 \text{ kN / m}^2 \end{aligned}$$

- c. Beban geladak rumah geladak pada geldak kemudi (Navigation deck)

$$\begin{aligned} n &= 1 - \frac{14,70 - 8,10}{10} \\ &= 1 - 0,66 \\ &= 0,34 \approx n_{\min} = 0,5 \end{aligned}$$

1. untuk menghitung plat geladak

$$\begin{aligned} P_{DA1} &= 41,065 \cdot 0,5 \\ &= 20,528 \text{ kN / m}^2 \end{aligned}$$

2. untuk menghitung deck beam

$$\begin{aligned} P_{DA2} &= 30,796 \cdot 0,5 \\ &= 15,398 \text{ kN / m}^2 \end{aligned}$$

3. untuk menghitung CDG, SDG,dan strong beam

$$\begin{aligned} P_{DA3} &= 24,637 \cdot 0,5 \\ &= 12,319 \text{ kN / m}^2 \end{aligned}$$

- d. Beban geladak rumah geladak pada geladak kompas (Compass Deck)

$$\begin{aligned} n &= 1 - \frac{16,90 - 8,10}{10} \\ &= 1 - 0,88 \\ &= 0,12 \approx n_{\min} = 0,5 \end{aligned}$$

1. untuk menghitung plat geladak

$$\begin{aligned} P_{DA1} &= 41,065 \cdot 0,5 \\ &= 20,528 \text{ kN / m}^2 \end{aligned}$$

2. untuk menghitung deck beam

$$\begin{aligned} P_{DA2} &= 30,796 \cdot 0,5 \\ &= 15,398 \text{ kN / m}^2 \end{aligned}$$

3. untuk menghitung CDG, SDG,dan strong beam

$$\begin{aligned} P_{DA3} &= 24,637 \cdot 0,5 \\ &= 12,319 \text{ kN / m}^2 \end{aligned}$$

- e. Beban geladak bangunan atas pada geladak akil (Forecastle Deck)

$$\begin{aligned} n &= 1,0 \\ P_{D1} &= 53,306 \text{ kN / m}^2 \\ P_{D2} &= 39,979 \text{ kN / m}^2 \\ P_{D3} &= 31,984 \text{ kN / m}^2 \end{aligned}$$

1. untuk menghitung plat geladak

$$\begin{aligned} P_{DA1} &= 53,306 \cdot 1,0 \\ &= 53,306 \text{ kN / m}^2 \end{aligned}$$

2. untuk menghitung deck beam

$$\begin{aligned} P_{DA2} &= 39,979 \cdot 1,0 \\ &= 39,979 \text{ kN / m}^2 \end{aligned}$$

3. untuk menghitung CDG, SDG, dan strong beam

$$\begin{aligned} P_{DA3} &= 31,984 \cdot 1,0 \\ &= 31,984 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

**A. 3. Beban Sisi Kapal ( Load on Ship's Side ). Sec. 4. B. 2. 1**

A.3. 1 Beban sisi kapal dibawah garis air Sec. 4. B. 2. 1. 1

$$P_S = 10 (T - z) + P_o \cdot C_F (1 + z/T) \text{ kN/m}^2$$

Dimana :

$$P_{o1} = 23,975 \text{ kN/m}^2 \text{ ( untuk plat )}$$

$$P_{o2} = 17,981 \text{ kN/m}^2 \text{ ( untuk stiffener, main frame, deck beam )}$$

$$P_{o3} = 14,385 \text{ kN/m}^2 \text{ ( untuk web frame, stringer, girder )}$$

$$z = \text{ Jarak vertikal pusat beban terhadap garis dasar}$$

$$= 1/3 T$$

$$= 1/3 \cdot 7,00$$

$$= 2,333 \text{ m.}$$

a. Beban Sisi untuk daerah Buritan kapal ( A )  $0 \leq x/L \leq 0,2$  :

$$C_{F1} = 1,0 + \frac{5}{Cb} \left( 0,2 - \frac{x}{L} \right)$$

$$= 1,0 + \frac{5}{0,72} (0,2 - 0,1)$$

$$= 1,0 + 6,944 \cdot (0,1)$$

$$= 1,694$$

$$P_S = 10 (T - z) + P_o \cdot C_F (1 + z/T) \text{ kN/m}^2$$

1. untuk plat sisi

$$P_{S1} = 10 (7,00 - 2,333) + 23,975 \cdot 1,694 (1 + 2,333/7,00)$$

$$= 10 \cdot 4,667 + 23,975 \cdot 1,694 \cdot 1,333$$

$$= 100,81 \text{ kN/m}^2$$

2. untuk Main Frame

$$P_{S2} = 10 (7,00 - 2,333) + 17,981 \cdot 1,694 (1 + 2,333/7,00)$$

$$= 10 \cdot 4,667 + 17,981 \cdot 1,694 \cdot 1,333$$

$$= 87,27 \text{ kN/m}^2$$

3. untuk Web Frame dan Stringgers

$$\begin{aligned}P_{S3} &= 10 ( 7,00 - 2,333 ) + 14,385 \cdot 1,694 ( 1 + 2,333/ 7,00 ) \\&= 10 \cdot 4,667 + 14,385 \cdot 1,694 \cdot 1,333 \\&= 79,15 \text{ kN / m}^2\end{aligned}$$

b. Beban Sisi untuk daerah Tengah kapal ( M )  $0.2 \leq x/L \leq 0,7$  :

$$C_{F2} = 1,0$$

$$P_S = 10 ( T - z ) + P_o \cdot C_F ( 1 + z / T ) \quad \text{kN / m}^2$$

1. untuk plat sisi

$$\begin{aligned}P_{S1} &= 10 ( 7,00 - 2,333 ) + 23,975 \cdot 1,0 ( 1 + 2,333/ 7,00 ) \\&= 10 \cdot 4,667 + 23,975 \cdot 1,0 \cdot 1,333 \\&= 78,63 \text{ kN / m}^2\end{aligned}$$

2. untuk Side Longitudinal

$$\begin{aligned}P_{S2} &= 10 ( 7,00 - 2,333 ) + 17,981 \cdot 1,0 ( 1 + 2,333/ 7,00 ) \\&= 10 \cdot 4,667 + 17,981 \cdot 1,0 \cdot 1,333 \\&= 70,64 \text{ kN / m}^2\end{aligned}$$

3. untuk Vertical Web Stiffener dan Transverse stringgers

$$\begin{aligned}P_{S3} &= 10 ( 7,00 - 2,333 ) + 14,385 \cdot 1,0 ( 1 + 2,333/ 7,00 ) \\&= 10 \cdot 4,667 + 14,385 \cdot 1,0 \cdot 1,333 \\&= 65,84 \text{ kN / m}^2\end{aligned}$$

c. Beban Sisi untuk daerah Haluan kapal ( F )  $0,7 \leq x/L \leq 1,0$  :

$$\begin{aligned}C_{F3} &= 1,0 + \frac{20}{Cb} \left( \frac{x}{L} - 0,7 \right)^2 \\&= 1,0 + \frac{20}{0,72} ( 0,92 - 0,7 )^2 \\&= 1,0 + 27,778 \cdot ( 0,22 )^2 \\&= 2,344\end{aligned}$$

1. untuk plat sisi

$$\begin{aligned}P_{S1} &= 10 ( 7,00 - 2,333 ) + 23,975 \cdot 2,344 ( 1 + 2,333/ 7,00 ) \\&= 10 \cdot 4,667 + 23,975 \cdot 2,344 \cdot 1,333 \\&= 121,58 \text{ kN / m}^2\end{aligned}$$

2. untuk main frame

$$\begin{aligned} P_{S2} &= 10 ( 7,00 - 2,333 ) + 17,981 \cdot 2,344 ( 1 + 2,333 / 7,00 ) \\ &= 10 \cdot 4,667 + 17,981 \cdot 2,344 \cdot 1,333 \\ &= 102,85 \text{ kN / m}^2 \end{aligned}$$

3. untuk web frame dan stringgers

$$\begin{aligned} P_{S3} &= 10 ( 6,46 - 2,153 ) + 14,50 \cdot 2,326 ( 1 + 2,153 / 6,46 ) \\ &= 10 \cdot 4,307 + 14,50 \cdot 2,326 \cdot 1,33 \\ &= 91,62 \text{ kN / m}^2 \end{aligned}$$

A. 3. 2 Beban sisi kapal diatas garis air

Sec. 4. B. 2. 1. 2

$$P_s = P_o \cdot C_f \left( \frac{20}{10 + z - T} \right)$$

Dimana :

$$P_{o1} = 23,975 \text{ kN / m}^2 \quad (\text{untuk plat geladak dan geladak cuaca})$$

$$\begin{aligned} z &= T + \left( \frac{H - T}{2} \right) \\ &= 7,00 + \left( \frac{8,10 - 7,00}{2} \right) \\ &= 7,00 + 0,55 \\ &= 7,55 \text{ m.} \end{aligned}$$

$$C_{f1} = 1,694 \text{ , untuk daerah buritan kapal}$$

$$C_{f2} = 1,0 \text{ , untuk daerah Tengah Kapal}$$

$$C_{f3} = 2,344 \text{ , untuk daerah Haluan kapal}$$

a. Beban Sisi diatas garis air untuk daerah Buritan kapal ( A )  $0 < x/L < 0,2$  :

$$P_s = P_o \cdot C_f \left( \frac{20}{10 + z - T} \right)$$

1. untuk plat sisi

$$\begin{aligned} P_{S1} &= 23,975 \cdot 1,694 \cdot \left( \frac{20}{10 + 7,55 - 7,00} \right) \\ &= 23,975 \cdot 1,694 \cdot 1,896 \\ &= 76,99 \text{ kN / m}^2 \end{aligned}$$

b. Beban Sisi diatas garis air untuk daerah Tengah kapal ( M )  $0,2 \leq x/L \leq 0,7$  :

1. untuk plat sisi

$$\begin{aligned} P_{S1} &= 23,975 \cdot 1,0 \cdot \left( \frac{20}{10+7,55-7,00} \right) \\ &= 23,975 \cdot 1,0 \cdot 1,896 \\ &= 45,45 \text{ kN / m}^2 \end{aligned}$$

c. Beban Sisi diatas garis air untuk daerah Haluan kapal ( H )  $0,7 \leq x/L \leq 1,0$  :

1. untuk plat sisi

$$\begin{aligned} P_{S1} &= 23,975 \cdot 2,344 \cdot \left( \frac{20}{10+7,55-7,00} \right) \\ &= 23,975 \cdot 2,344 \cdot 1,896 \\ &= 106,54 \text{ kN / m}^2 \end{aligned}$$

**A. 4. Beban sisi kapal diatas garis air muat pada bangunan atas (superstruktur decks) dan rumah geladak (deck houses)**

Besarnya Beban Sisi pada bangunan atas dan rumah geladak dapat dihitung dengan rumus sbb :

$$P_s = P_o \times C_f \times \left[ \frac{20}{10 + Z - T} \right]$$

$$P_{o1} = 24,174 \text{ kN / m}^2 \quad (\text{untuk plat kulit dan geladak cuaca})$$

$$P_{o2} = 18,130 \text{ kN / m}^2 \quad (\text{untuk main frame dan deck beam})$$

$$P_{o3} = 14,50 \text{ kN / m}^2 \quad (\text{untuk gading besar})$$

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

$$H = 8,15 \text{ m}$$

$$z = \text{Jarak vertikal pusat beban terhadap garis dasar.}$$

$$z_1 = H + 1,1 = 9,20 \text{ m.}$$

$$z_2 = Z_1 + 2,2 = 11,40 \text{ m.}$$

$$z_3 = Z_2 + 2,2 = 13,60 \text{ m.}$$

$$z_4 = Z_3 + 2,2 = 15,80 \text{ m.}$$

a. Beban sisi pada Geladak Kimbul (Poop Deck)

1. untuk menghitung plat sisi

dimana :

$$Z_1 = 9,20 \text{ m}$$

$$C_{f1} = 1,694, \text{ untuk daerah buritan kapal}$$

$$P_{O1} = 23,975 \text{ kN / m}^2$$

Sehingga :

$$\begin{aligned} P_s &= P_{O1} \times C_{f1} \times \left[ \frac{20}{10 + Z - T} \right] \\ &= 23,975 \times 1,694 \times \left[ \frac{20}{10 + 9,20 - 7,00} \right] \\ &= 66,580 \text{ kN / m}^2 \end{aligned}$$

2. untuk menghitung frame

dimana :

$$Z_1 = 9,20 \text{ m}$$

$$C_{f1} = 1,694, \text{ untuk daerah buritan kapal}$$

$$P_{O2} = 17,981 \text{ kN / m}^2$$

Sehingga :

$$\begin{aligned} P_s &= P_{O2} \times C_{f1} \times \left[ \frac{20}{10 + Z - T} \right] \\ &= 17,981 \times 1,694 \times \left[ \frac{20}{10 + 9,20 - 7,00} \right] \\ &= 49,934 \text{ kN / m}^2 \end{aligned}$$

3. untuk menghitung web frame :

dimana :

$$Z_1 = 9,20 \text{ m}$$

$$C_{f1} = 1,694, \text{ untuk daerah buritan kapal}$$

$$P_{O3} = 14,385 \text{ kN / m}^2$$

Sehingga :

$$\begin{aligned} P_s &= P_{O3} \times C_{f1} \times \left[ \frac{20}{10 + Z - T} \right] \\ &= 14,385 \times 1,694 \times \left[ \frac{20}{10 + 9,20 - 7,00} \right] = 39,948 \text{ kN / m}^2 \end{aligned}$$

b. Beban sisi pada Geladak Sekoci (boat deck)

1. untuk menghitung plat sisi

dimana :

$$Z_2 = 11,40 \text{ m}$$

$$C_{f1} = 1,694 \text{ , untuk daerah buritan kapal}$$

$$P_{o1} = 23,975 \text{ kN / m}^2$$

Sehingga :

$$\begin{aligned} P_s &= P_{o1} \times C_{f1} \times \left[ \frac{20}{10 + Z - T} \right] \\ &= 23,975 \times 1,694 \times \left[ \frac{20}{10 + 11,40 - 7,00} \right] \\ &= 56,408 \text{ kN / m}^2 \end{aligned}$$

2. untuk menghitung frame

dimana :

$$Z_1 = 11,40 \text{ m}$$

$$C_{f1} = 1,694 \text{ , untuk daerah buritan kapal}$$

$$P_{o2} = 17,981 \text{ kN / m}^2$$

Sehingga :

$$\begin{aligned} P_s &= P_{o2} \times C_{f1} \times \left[ \frac{20}{10 + Z - T} \right] \\ &= 17,981 \times 1,694 \times \left[ \frac{20}{10 + 11,40 - 7,00} \right] \\ &= 42,305 \text{ kN / m}^2 \end{aligned}$$

3. untuk menghitung web frame :

dimana :

$$Z_1 = 11,40 \text{ m}$$

$$C_{f1} = 1,694 \text{ , untuk daerah buritan kapal}$$

$$P_{o3} = 14,385 \text{ kN / m}^2$$

Sehingga :

$$P_s = P_{o3} \times C_{f1} \times \left[ \frac{20}{10 + Z - T} \right]$$

$$\begin{aligned} &= 14,385 \times 1,694 \times \left[ \frac{20}{10 + 11,40 - 7,00} \right] \\ &= 33,845 \text{ kN / m}^2 \end{aligned}$$

c. Beban sisi pada geldak kemudi (Navigation deck)

1. untuk menghitung plat sisi

dimana :

$$Z_3 = 13,60 \text{ m}$$

$$C_{f1} = 1,694 \text{ , untuk daerah buritan kapal}$$

$$P_{o1} = 23,975 \text{ kN / m}^2$$

Sehingga :

$$\begin{aligned} P_s &= P_{o1} \times C_{f1} \times \left[ \frac{20}{10 + Z - T} \right] \\ &= 23,975 \times 1,694 \times \left[ \frac{20}{10 + 13,60 - 7,00} \right] \\ &= 48,932 \text{ kN / m}^2 \end{aligned}$$

2. untuk menghitung frame

dimana :

$$Z_1 = 13,60 \text{ m}$$

$$C_{f1} = 1,694 \text{ , untuk daerah buritan kapal}$$

$$P_{o2} = 17,981 \text{ kN / m}^2$$

Sehingga :

$$\begin{aligned} P_s &= P_{o2} \times C_{f1} \times \left[ \frac{20}{10 + Z - T} \right] \\ &= 17,981 \times 1,694 \times \left[ \frac{20}{10 + 13,60 - 7,00} \right] \\ &= 36,699 \text{ kN / m}^2 \end{aligned}$$

3. untuk menghitung web frame :

dimana :

$$Z_1 = 13,60 \text{ m}$$

$$C_{f1} = 1,694 \text{ , untuk daerah buritan kapal}$$

$$P_{O3} = 14,385 \text{ kN / m}^2$$

Sehingga :

$$\begin{aligned} P_s &= P_{O3} \times C_{f1} \times \left[ \frac{20}{10 + Z - T} \right] \\ &= 14,385 \times 1,694 \times \left[ \frac{20}{10 + 13,60 - 7,00} \right] \\ &= 29,359 \text{ kN / m}^2 \end{aligned}$$

d. Beban sisi pada geladak kompas (Compass Deck)

1. untuk menghitung plat sisi

dimana :

$$Z_4 = 15,80 \text{ m}$$

$C_{f1} = 1,694$  , untuk daerah buritan kapal

$$P_{O1} = 23,975 \text{ kN / m}^2$$

Sehingga :

$$\begin{aligned} P_s &= P_{O1} \times C_{f1} \times \left[ \frac{20}{10 + Z - T} \right] \\ &= 23,975 \times 1,694 \times \left[ \frac{20}{10 + 15,80 - 7,00} \right] \\ &= 43,206 \text{ kN / m}^2 \end{aligned}$$

2. untuk menghitung frame

dimana :

$$Z_1 = 15,80 \text{ m}$$

$C_{f1} = 1,694$  , untuk daerah buritan kapal

$$P_{O2} = 17,981 \text{ kN / m}^2$$

Sehingga :

$$\begin{aligned} P_s &= P_{O2} \times C_{f1} \times \left[ \frac{20}{10 + Z - T} \right] \\ &= 17,981 \times 1,694 \times \left[ \frac{20}{10 + 15,80 - 7,00} \right] \\ &= 32,404 \text{ kN / m}^2 \end{aligned}$$

3. untuk menghitung web frame :

dimana :

$$Z_1 = 15,80 \text{ m}$$

$$C_{f1} = 1,694 \text{ , untuk daerah buritan kapal}$$

$$P_{O3} = 14,385 \text{ kN / m}^2$$

Sehingga :

$$\begin{aligned} P_s &= P_{O3} \times C_{f1} \times \left[ \frac{20}{10 + Z - T} \right] \\ &= 13,385 \times 1,684 \times \left[ \frac{20}{10 + 15,85 - 6,46} \right] \\ &= 25,925 \text{ kN / m}^2 \end{aligned}$$

e. Beban sisi pada geladak akil (Forecastle Deck)

1. untuk menghitung plat sisi

dimana :

$$Z_5 = Z_1 = 9,20 \text{ m}$$

$$C_{f3} = 2,344 \text{ , untuk daerah Haluan kapal}$$

$$P_{O1} = 23,975 \text{ kN / m}^2$$

Sehingga :

$$\begin{aligned} P_s &= P_{O1} \times C_{f3} \times \left[ \frac{20}{10 + Z - T} \right] \\ &= 23,975 \times 2,344 \times \left[ \frac{20}{10 + 9,20 - 7,00} \right] \\ &= 92,127 \text{ kN / m}^2 \end{aligned}$$

2. untuk menghitung frame

dimana :

$$Z_5 = Z_1 = 9,20 \text{ m}$$

$$C_{f3} = 2,344 \text{ , untuk daerah Haluan kapal}$$

$$P_{O2} = 17,981 \text{ kN / m}^2$$

Sehingga :

$$\begin{aligned} P_s &= P_{O2} \times C_{f3} \times \left[ \frac{20}{10 + Z - T} \right] \\ &= 17,981 \times 2,344 \times \left[ \frac{20}{10 + 9,20 - 7,00} \right] \\ &= 69,094 \text{ kN / m}^2 \end{aligned}$$

3. untuk menghitung web frame :

dimana :

$$Z_5 = Z_1 = 9,20 \text{ m}$$

$$C_{f3} = 2,344, \text{ untuk daerah Haluan kapal}$$

$$P_{O3} = 14,385 \text{ kN / m}^2$$

Sehingga :

$$\begin{aligned} P_s &= P_{O3} \times C_{f3} \times \left[ \frac{20}{10 + Z - T} \right] \\ &= 14,385 \times 2,344 \times \left[ \frac{20}{10 + 9,20 - 7,00} \right] \\ &= 55,276 \text{ kN / m}^2 \end{aligned}$$

#### **A. 5. Beban Alas Kapal ( Load on the Ship's Bottom ). Sec. 4. B. 3**

Besarnya beban luar pada alas kapal dapat dihitung dengan rumus sbb :

$$P_B = 10 \cdot T + P_o \cdot C_f$$

Dimana :

$$P_{O1} = 23,975 \text{ kN / m}^2 \quad (\text{ untuk plat kulit dan geladak cuaca } )$$

$$P_{O2} = 17,981 \text{ kN / m}^2 \quad (\text{ untuk frame, deck beam, dan bottom } )$$

$$P_{O3} = 14,385 \text{ kN / m}^2 \quad (\text{ untuk web frame, stringer, girder } )$$

$$C_{f1} = 1,694, \quad (\text{ untuk daerah buritan kapal } )$$

$$C_{f2} = 1,0, \quad (\text{ untuk daerah Tengah Kapal } )$$

$$C_{f3} = 2,344, \quad (\text{ untuk daerah Haluan kapal } )$$

a. Beban Alas kapal untuk menghitung plat alas

$$P_B = 10 \cdot T + P_o \cdot C_f$$

- Untuk buritan kapal

$$P_{B1} = 10 \cdot T + P_{O1} \cdot C_{f1}$$

$$= 10 \cdot 7,00 + 23,975 \cdot 1,694$$

$$P_{B1} = 110,614 \text{ kN / m}^2$$

- Untuk midship kapal

$$P_{B2} = 10 \cdot T + P_{O1} \cdot Cf_2$$

$$= 10 \cdot 7,00 + 23,975 \cdot 1,0$$

$$P_{B2} = 93,975 \text{ kN / m}^2$$

- Untuk haluan kapal

$$P_{B3} = 10 \cdot T + P_{O1} \cdot Cf_3$$

$$= 10 \cdot 7,00 + 23,975 \cdot 2,344$$

$$P_{B3} = 126,197 \text{ kN / m}^2$$

b. Beban Alas untuk menghitung bottom Longitudinal

- Untuk midship kapal

$$P_{B2} = 10 \cdot T + P_{O1} \cdot Cf_3$$

$$= 10 \cdot 7,00 + 17,981 \cdot 1,0$$

$$P_{B2} = 87,981 \text{ kN / m}^2$$

A. 6. Beban Alas Dalam ( Load on Inner Bottom ). Sec. 4. C. 2. 1

Besarnya beban alas dalam dapat dihitung dengan rumus sbb :

$$P_i = 9,81 \cdot (G / V) \cdot h \cdot (1 + a_v)$$

Dimana :

$$G = \text{Berat muatan bersih}$$

$$= 6015,597 \text{ ( Dari perhitungan Rencana Umum )}$$

$$V = \text{Volume ruang muat}$$

$$= 7404,896 \text{ m}^3 \text{ ( Dari perhitungan Rencana Umum )}$$

$$h = \text{Jarak tertinggi muatan terhadap dasar ruang muat}$$

$$h = H - H_{DBRM} \quad \text{untuk buritan kamar mesin}$$

$$= 8,10 - 1,2$$

$$= 6,90 \text{ m.}$$

$$h = H - H_{DBRM} \quad \text{untuk midship dan haluan}$$

$$= 8,10 - 1,0$$

$$= 7,10 \text{ m.}$$

$$a_v = \text{Faktor Akselerasi}$$
$$= F \cdot m$$

$$F = 0,11 \frac{V_o}{\sqrt{L}}$$

$$V_o = \text{Kecepatan dinas}$$
$$= 15,0 \text{ knots}$$

Sehingga

$$F = 0,11 \cdot \frac{15,0}{\sqrt{105,54}}$$

$$= 0,161$$

$$m_o = 1,5 + F$$

$$= 1,5 + 0,161$$

$$= 1,661$$

$$m_1 = m_o - 5(m_o - 1) X/L$$

untuk buritan kapal

$$= 1,661 - 5(1,661 - 1) 0,1$$

$$= 1,331$$

$$m_2 = 1,0$$

untuk midship kapal

$$m_3 = 1 + \frac{m_o + 1}{0,3} (X/L - 0,7)$$

untuk haluan kapal

$$= 1 + \frac{1,661 + 1}{0,3} (0,92 - 0,7)$$

$$m_3 = 2,951$$

sehingga

$$a_{v1} = F \times m_1$$

untuk buritan kapal

$$= 0,161 \times 1,331$$

$$= 0,214$$

$$a_{v2} = F \times m_2$$

untuk midship kapal

$$= 0,161 \times 1,0$$

$$= 0,161$$

$$A_{v3} = F \times m_3$$

untuk haluan kapal

$$= 0,161 \times 2,95 = 0,474$$

B.2.6.4 Untuk buritan kapal :

$$\begin{aligned} P_i &= 9,81 \cdot (G / V) \cdot h \cdot (1 + a_{v1}) \\ &= 9,81 \cdot (6015,597 / 7404,896) \cdot 6,90 \cdot (1 + 0,214) \\ &= 66,738 \text{ kN / m}^2 \end{aligned}$$

B.2.6.5 Untuk midship kapal :

$$\begin{aligned} P_i &= 9,81 \cdot (G / V) \cdot h \cdot (1 + a_{v2}) \\ &= 9,81 \cdot (6015,597 / 7404,896) \cdot 6,90 \cdot (1 + 0,161) \\ &= 63,821 \text{ kN / m}^2 \end{aligned}$$

B.2.6.6 Untuk haluan kapal :

$$\begin{aligned} P_i &= 9,81 \cdot (G / V) \cdot h \cdot (1 + a_{v3}) \\ &= 9,81 \cdot (6015,597 / 7404,896) \cdot 6,90 \cdot (1 + 0,474) \\ &= 81,053 \text{ kN / m}^2 \end{aligned}$$

## **B. PERHITUNGAN TEBAL PLAT**

### **B.1 Plat Alas Kapal (Bottom Plate) (Sec. 6.B. 1-1)**

Ketebalan plat alas untuk kapal dengan  $L \geq 90$  m dapat dihitung berdasarkan rumus sebagai berikut :

$$t_B = 1,21 \cdot a \cdot \sqrt{P_B \cdot k} + tk \quad (\text{mm})$$

Dimana :

$$\begin{aligned} a &= \text{Jarak gading} \\ &= 0,51 \text{ m. (pada fr. AP - 4)} \\ &= 0,60 \text{ m. (pada fr. 4 - 41 \& fr 163-174)} \\ &= 0,50 \text{ m (pada fr 174-177)} \\ &= 0,60 \text{ m. (untuk pembujur alas)} \\ P_B &= \text{Beban alas ( Point A. 3 )} \\ P_{B1} &= 106,614 \text{ kN / m}^2 \text{ ( untuk daerah Buritan kapal )} \\ P_{B2} &= 93,975 \text{ kN / m}^2 \text{ ( untuk daerah Tengah kapal )} \\ P_{B3} &= 126,197 \text{ kN / m}^2 \text{ ( untuk daerah Haluan kapal )} \\ k &= \text{Faktor material sesuai dengan tabel 2. 1 sec. 2. B} \end{aligned}$$

$R_{eH} (N / m^2)$	k
265	0,91
315	0,78
355	0,72
390	0,66

$$k = 0,91 \text{ dengan } R_{eH} = 265 \text{ N / m}^2$$

$$t_k = \text{Faktor korosi}$$

$$= 2,5 \text{ mm. ( untuk kapal dengan Longitudinal Bulkhead )}$$

$$= 1,5 \text{ mm. ( untuk kapal dengan konstruksi melintang)}$$

a. Tebal plat alas untuk daerah buritan

$$t_B = 1,21 \cdot \text{nf. a.} \cdot \sqrt{Pb.k} + t_k$$

$$t_{B1} = 1,21 \cdot 1,0,6 \cdot \sqrt{110,614 \times 0,91} + 1,5$$

$$= 8,78 \text{ mm}$$

$$t_{\min} = \sqrt{L \cdot k}$$

$$= \sqrt{105,54 \cdot 0,91}$$

$$= 9,8 \text{ mm}$$

$$\text{direncanakan} = t_{\min} + 1,5$$

$$= 9,8 + 1,5$$

$$= 11,3 \text{ mm} \approx 12 \text{ mm}$$

b. Tebal plat alas untuk daerah tengah

$$t_B = 1,21 \cdot \text{nf. a.} \cdot \sqrt{Pb.k} + t_k$$

$$t_{B2} = 1,21 \cdot 1,0,6 \cdot \sqrt{93,975 \times 0,91} + 2,5$$

$$= 9,21 \text{ mm}$$

$$t_{\min} = \sqrt{L \cdot k}$$

$$= \sqrt{105,54 \cdot 0,91}$$

$$= 9,8 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}\text{direncanakan} &= t_{\min} + 1,5 \\ &= 9,8 + 1,5 \\ &= 11,3 \text{ mm} \approx 12 \text{ mm}\end{aligned}$$

c. Tebal pelat alas untuk daerah haluan

$$t_B = 1,21 \cdot n_f \cdot a \cdot \sqrt{P_b \cdot k} + t_k$$

$$\begin{aligned}t_{B2} &= 1,21 \cdot 0,6 \cdot \sqrt{120,828 \times 0,91} + 1,5 \\ &= 9,28 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}t_{\min} &= \sqrt{L \cdot k} \\ &= \sqrt{105,54 \cdot 0,91} = 9,8 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{direncanakan} &= t_{\min} + 1,5 \\ &= 9,8 + 1,5 \\ &= 11,3 \text{ mm} \approx 12 \text{ mm}\end{aligned}$$

**B.2 Plat Sisi Kapal ( Side Shell Plating ) (sec. 6-3 C.1.2)**

**B.2.1 Tebal pelat sisi kapal dibawah garis muat**

Ketebalan plat sisi untuk kapal dengan  $L \geq 90$  m dapat dihitung berdasarkan rumus sebagai berikut :

$$t_s = 1,21 \cdot a \cdot \sqrt{P_s \cdot k} + t_k \quad (\text{mm})$$

Dimana :

$$\begin{aligned}a &= \text{Jarak gading} \\ &= 0,51 \text{ m. (pada fr. AP - 4)} \\ &= 0,60 \text{ m. (pada fr. 4 - 41 \& fr 163-174)} \\ &= 0,50 \text{ m (pada fr 174-177)} \\ &= 0,60 \text{ m. (untuk pembujur alas)}\end{aligned}$$

$P_s$  = Beban sisi

$$P_{s1} = 100,81 \text{ kN} / \text{m}^2 \quad (\text{untuk daerah Buritan kapal})$$

$$P_{s2} = 78,63 \text{ kN} / \text{m}^2 \quad (\text{untuk daerah Tengah kapal})$$

$$P_{s3} = 121,58 \text{ kN} / \text{m}^2 \quad (\text{untuk daerah Haluan kapal})$$

$$k = 0,91 \text{ dengan } R_{eH} = 265 \text{ N} / \text{m}^2$$

$t_k$  = Faktor korosi

= 2,5 mm. ( untuk kapal dengan Longitudinal Bulkhead )

= 1,5 mm. ( untuk kapal dengan konstruksi melintang)

a. Tebal pelat sisi buritan kapal

$$t_{s1} = 1,21 \cdot n_f \cdot a \sqrt{P_s \cdot k} + t_k$$

$$t_{s1} = 1,21 \cdot 0,6 \sqrt{100,81 \times 0,91} + 1,5$$
$$= 8,45 \text{ mm}$$

$$t_{\min} = \sqrt{L \cdot k}$$
$$= \sqrt{105,54 \cdot 0,91}$$
$$= 9,8 \text{ mm}$$

$$\text{direncanakan} = t_{\min} + 1,5$$
$$= 9,8 + 1,5$$
$$= 11,3 \text{ mm} \approx 12 \text{ mm}$$

b. Tebal pelat sisi tengah kapal

$$t_{s1} = 1,21 \cdot n_f \cdot a \sqrt{P_s \cdot k} + 2,5$$

$$t_{s1} = 1,21 \cdot 0,6 \sqrt{78,63 \times 0,91} + 2,5$$
$$= 8,64 \text{ mm}$$

$$t_{\min} = \sqrt{L \cdot k}$$
$$= \sqrt{105,54 \cdot 0,91}$$
$$= 9,8 \text{ mm}$$

$$\text{direncanakan} = t_{\min} + 1,5$$
$$= 9,8 + 1,5$$
$$= 11,3 \text{ mm} \approx 12 \text{ mm}$$

c. Tebal pelat sisi haluan kapal

$$t_{s1} = 1,21 \cdot n_f \cdot a \sqrt{P_s \cdot k} + t_k$$

$$t_{s1} = 1,21 \cdot 0,6 \sqrt{121,58 \times 0,91} + 1,5$$
$$= 9,13 \text{ mm}$$

$$t_{\min} = \sqrt{L \cdot k}$$

$$\begin{aligned} &= \sqrt{105,54 \cdot 0,91} \\ &= 9,8 \text{ mm} \\ \text{direncanakan} &= t_{\min} + 1,5 \\ &= 9,8 + 1,5 \\ &= 11,3 \text{ mm} \approx 12 \text{ mm} \end{aligned}$$

### B.2.2 Tebal pelat sisi kapal diatas garis muat

Ketebalan plat sisi untuk kapal dengan  $L \geq 90$  m dapat dihitung berdasarkan rumus sebagai berikut :

$$t_s = 1,21 \cdot a \cdot \sqrt{P_s \cdot k} + t_k \quad (\text{mm})$$

Dimana :

$$\begin{aligned} a &= \text{Jarak gading} \\ &= 0,51 \text{ m. (pada fr. AP - 4)} \\ &= 0,60 \text{ m. (pada fr. 4 - 41 \& fr 163-174)} \\ &= 0,50 \text{ m (pada fr 174-177)} \\ &= 0,60 \text{ m. (untuk pembujur alas)} \\ P_s &= \text{Beban sisi} \\ P_{s1} &= 76,99 \text{ kN / m}^2 \text{ (untuk daerah Buritan kapal)} \\ P_{s2} &= 45,45 \text{ kN / m}^2 \text{ (untuk daerah Tengah kapal)} \\ P_{s3} &= 106,54 \text{ kN / m}^2 \text{ (untuk daerah Haluan kapal)} \\ k &= 0,91 \text{ dengan } R_{eH} = 265 \text{ N / m}^2 \\ t_k &= \text{Faktor korosi} \\ &= 2,5 \text{ mm. ( untuk kapal dengan Longitudinal Bulkhead )} \\ &= 1,5 \text{ mm. (untuk kapal dengan konstruksi melintang)} \end{aligned}$$

#### a. Tebal pelat sisi buritan kapal

$$\begin{aligned} t_{s1} &= 1,21 \cdot n_f \cdot a \cdot \sqrt{P_s \cdot k} + t_k \\ t_{s1} &= 1,21 \cdot 0,6 \cdot \sqrt{76,99 \times 0,91} + 1,5 \\ &= 7,58 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$t_{\min} = \sqrt{L \cdot k}$$

$$\begin{aligned} &= \sqrt{105,54 \cdot 0,91} \\ &= 9,8 \text{ mm} \\ \text{direncanakan} &= t_{\min} + 1,5 \\ &= 9,8 + 1,5 \\ &= 11,3 \text{ mm} \approx 12 \text{ mm} \end{aligned}$$

**b. Tebal pelat sisi tengah kapal**

$$\begin{aligned} t_{s1} &= 1,21 \cdot n_f \cdot a \sqrt{P_s \cdot k} + t_k \\ t_{s1} &= 1,21 \cdot 0,6 \sqrt{45,45 \times 0,91} + 2,5 \\ &= 7,81 \text{ mm} \\ t_{\min} &= \sqrt{L \cdot k} \\ &= \sqrt{105,54 \cdot 0,91} \\ &= 9,8 \text{ mm} \\ \text{direncanakan} &= t_{\min} + 1,5 \\ &= 9,8 + 1,5 \\ &= 11,3 \text{ mm} \approx 12 \text{ mm} \end{aligned}$$

**c. Tebal pelat sisi haluan kapal**

$$\begin{aligned} t_{s1} &= 1,21 \cdot n_f \cdot a \sqrt{P_s \cdot k} + t_k \\ t_{s1} &= 1,21 \cdot 0,6 \sqrt{106,54 \times 0,91} + 1,5 \\ &= 8,65 \text{ mm} \\ t_{\min} &= \sqrt{L \cdot k} \\ &= \sqrt{105,54 \cdot 0,91} \\ &= 9,8 \text{ mm} \\ \text{direncanakan} &= t_{\min} + 1,5 \\ &= 9,8 + 1,5 \\ &= 11,3 \text{ mm} \approx 12 \text{ m} \end{aligned}$$

### **B.2.3 Tebal Plat Sisi Bangunan Atas**

Ketebalan plat pada bangunan atas dapat dihitung berdasarkan rumus sebagai berikut :

$$t_E = 1,21 \cdot a \sqrt{P_D \cdot k} + t_k \quad (\text{mm})$$

Dimana :

- a = Jarak gading  
= 0,51 m. (pada fr. AP – 4)  
= 0,60 m. (pada fr. 4 – 41)
- P<sub>S</sub> = Beban Sisi ( Point A. 4 )
- P<sub>S1</sub> = 66,580 kN / m<sup>2</sup> untuk Poop Deck
- P<sub>S1</sub> = 56,408 kN / m<sup>2</sup> untuk Boat Deck
- P<sub>S1</sub> = 48,932 kN / m<sup>2</sup> untuk Navigation Deck
- P<sub>S1</sub> = 43,206 kN / m<sup>2</sup> untuk Compass Deck
- P<sub>S1</sub> = 92,127 kN / m<sup>2</sup> untuk Fore Castle Deck
- k = 0,91 dengan R<sub>eH</sub> = 265 N / m<sup>2</sup>
- t<sub>k</sub> = Faktor korosi  
= 1,5 mm. (untuk kapal dengan konstruksi melintang)

a. Tebal plat Sisi untuk Poop Deck

$$\begin{aligned} t_E &= 1,21 \cdot 0,6 \sqrt{66,580 \cdot 0,91} + 1,5 \\ &= 7,15 \text{ mm.} \\ \text{direncanakan} &= t_E + 1,5 \\ &= 7,15 + 1,5 \\ &= 8,65 \text{ mm} \approx 9 \text{ mm} \end{aligned}$$

b. Tebal plat Sisi untuk Boat Deck

$$\begin{aligned} t_E &= 1,21 \cdot 0,6 \sqrt{56,408 \cdot 0,91} + 1,5 \\ &= 6,70 \text{ mm.} \\ \text{direncanakan} &= t_E + 1,5 \\ &= 6,70 + 1,5 \\ &= 8,2 \text{ mm} \approx 8 \text{ mm} \end{aligned}$$

c. Tebal plat Sisi untuk Navigation Deck

$$\begin{aligned}t_E &= 1,21 \cdot 0,6 \sqrt{48,932 \cdot 0,91} + 1,5 \\ &= 6,34 \text{ mm.} \\ \text{direncanakan} &= t_E + 1,5 \\ &= 6,34 + 1,5 \\ &= 7,84 \text{ mm} \approx 8 \text{ mm}\end{aligned}$$

d. Tebal plat Sisi untuk Compass Deck

$$\begin{aligned}t_E &= 1,21 \cdot 0,6 \sqrt{43,206 \cdot 0,91} + 1,5 \\ &= 6,05 \text{ mm.} \\ \text{direncanakan} &= t_E + 1,5 \\ &= 6,05 + 1,5 \\ &= 7,55 \text{ mm} \approx 7,5 \text{ mm}\end{aligned}$$

e. Tebal plat Sisi untuk Fore Castle Deck

$$\begin{aligned}t_E &= 1,21 \cdot 0,6 \sqrt{92,127 \cdot 0,91} + 1,5 \\ &= 8,15 \text{ mm.} \\ \text{direncanakan} &= t_E + 1,5 \\ &= 8,15 + 1,5 \\ &= 9,65 \text{ mm} \approx 9,5 \text{ mm}\end{aligned}$$

**B.2.3 Plat Lajur Bilga ( sec. 6-2 B.4.1 )**

Tebal plat lajur bilga tidak boleh kurang dari tebal plat alas atau tebal plat sisi

**a. Tebal plat lajur bilga buritan**

$$t = t_{B1} = 12 \text{ m}$$

**b. Tebal plat lajur bilga tengah**

$$t = t_{B2} = 12 \text{ mm}$$

**c. Tebal plat lajur bilga haluan**

$$t = t_{B3} = 12 \text{ mm}$$

**d. Lebar lajur bilga tidak boleh kurang dari :**

$$\begin{aligned}b &= 800 + 5L \text{ (mm)} \\ &= 800 + (5 \times 105,54) \\ &= 1327,7 \text{ mm, diambil } 1350 \text{ mm}\end{aligned}$$

#### **B.2.4 Plat Lajur Atas (Sheer Strake)**

##### **B.2.4.1 Lebar pelat sisi lajur atas tidak boleh kurang dari ( sec 6 C.3.2 )**

$$\begin{aligned} b &= 800 + 5.L \quad (\text{mm}) \\ &= 800 + ( 5 \times 105,54) \\ &= 1327,7 \text{ mm, diambil } 1350 \text{ mm} \end{aligned}$$

##### **Tebal pelat lajur atas**

Tebal pelat lajur atas di luar midship umumnya tebalnya sama dengan pada sisi daerah ujung kapal tetapi tidak boleh lebih dari 10%-nya.

- Tebal plat lajur atas pada 0,1 buritan sama dengan tebal plat sisi pada daerah yang sama = 11,5mm.
- Tebal plat lajur atas pada daerah haluan sama dengan tebal plat sisi pada daerah yang sama = 8,5 mm.
- Tebal plat lajur atas pada daerah tengah sama dengan tebal plat sisi pada daerah yang sama = 10 mm.

#### **B.2.5 Plat Lunas Kapal ( sec 6. B.5.1 )**

##### **B.2.5.1 Tebal plat lunas pada tengah kapal tidak boleh kurang dari :**

$$T_{fk} = t + 2$$

Dimana :

$$T = \text{Tebal plat alas pada tengah kapal} = 12 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} T_{fk_1} &= 12 + 2 \\ &= 14 \text{ mm} \end{aligned}$$

##### **B.2.5.2 Tebal plat lunas pada buritan dan haluan = 90% Tfk**

$$\begin{aligned} T_{fk_2} &= 0,9 \times 14 \\ &= 12,6 \text{ mm} = 13 \text{ mm} \end{aligned}$$

#### **B.2.6 Plat Penguat/Penyangga linggi buritan, Baling-baling dan Lunas Bilga (sec. 6. F.1.1)**

B.2.6.1 Tebal plat kulit linggi buritan sekurang-kurangnya sama dengan plat sisi tengah kapal = 12 mm.

B.2.6.2 Tebal penyangga baling-baling harus dipertebal menjadi :

$$\begin{aligned}t &= 1,5 + t_1 \\ &= 1,5 + 12 \\ &= 13,5 \text{ mm} \approx 14 \text{ mm}\end{aligned}$$

B.2.6.3 Lunas Bilga dipasang pada plat kulit bagian bawah yang sekelilingnya dilas kedap air, sehingga jika ada sentuhan dengan dasar air laut pada plat tidak akan rusak

### **B.2.7 Bukaannya Pada Plat Kulit**

B.2.7.1 Bukaannya untuk jendela, lubang udara dan lubang pembuangan katup laut sudut-sudutnya harus dibulatkan dengan konstruksi kedap air.

B.2.7.2 Pada lubang jangkar di haluan plat kulit harus dipertebal dengan doubling.

B.2.7.3 Di bawah konstruksi pipa duga, pipa limbah, pipa udara dan alas diberi doubling plat.

## **C.1 PERHITUNGAN PLAT GELADAK KEKUATAN**

### **C.1.1 Pelat Geladak (Sec. 7.A. 7.1)**

Ketebalan plat Geladak untuk kapal dengan  $L \geq 90$  m dapat dihitung berdasarkan rumus sebagai berikut :

$$t_G = 1,21 \cdot a \sqrt{P_D \cdot k} + t_k \quad (\text{mm})$$

Dimana :

$$\begin{aligned}a &= \text{Jarak gading} \\ &= 0,51 \text{ m. (pada fr. AP - 4)} \\ &= 0,60 \text{ m. (pada fr. 4 - 41 \& fr 163-174)} \\ &= 0,50 \text{ m (pada fr 174-177)} \\ &= 0,60 \text{ m. (untuk pembujur alas)}\end{aligned}$$

$$P_D = \text{Beban Geladak ( Point B. 1)}$$

$$P_{D1} = 41,06 \text{ kN / m}^2 \quad (\text{untuk daerah Buritan kapal})$$

$$P_{D2} = 37,32 \text{ kN / m}^2 \quad (\text{untuk daerah Tengah kapal})$$

$$P_{D3} = 53,28 \text{ kN / m}^2 \quad (\text{untuk daerah Haluan kapal})$$

$$k = 0,91 \text{ dengan } R_{eH} = 265 \text{ N / m}^2$$

$$t_k = \text{Faktor korosi}$$

$$= 2,5 \text{ mm. ( untuk kapal dengan Longitudinal Bulkhead)}$$

$$= 1,5 \text{ mm. (untuk kapal dengan konstruksi melintang)}$$

a. Tebal plat Geladak untuk daerah Buritan kapal ( A )  $0 \leq x/L \leq 0,2$  :

$$t_G = 1,21 \cdot 0,6 \sqrt{41,06 \cdot 0,91} + 1,5$$

$$= 5,94 \text{ mm.}$$

$$t_{\min} = (4,5 + 0,05 \cdot L) \cdot \sqrt{0,91}$$

$$= (4,5 + 0,05 \cdot 105,54) \cdot 0,95$$

$$= 9,327 \text{ mm}$$

$$\text{direncanakan} = t_{\min} + 1,5$$

$$= 9,33 + 1,5$$

$$= 10,83 \text{ mm} \approx 11 \text{ mm}$$

b. Tebal plat Geladak untuk daerah Tengah kapal ( M )  $0,2 \leq x/L \leq 0,7$  :

$$t_G = 1,21 \cdot 0,6 \sqrt{37,32 \cdot 0,91} + 2,5$$

$$= 6,73 \text{ mm.}$$

$$t_{\min} = (4,5 + 0,05 \cdot L) \cdot \sqrt{0,91}$$

$$= (4,5 + 0,05 \cdot 105,54) \cdot 0,95$$

$$= 9,327 \text{ mm}$$

$$\text{direncanakan} = t_{\min} + 1,5$$

$$= 9,33 + 1,5$$

$$= 10,83 \text{ mm} \approx 11 \text{ mm}$$

c. Tebal plat Geladak untuk daerah Haluan kapal ( F )  $0,7 \leq x/L \leq 1,0$  :

$$t_G = 1,21 \cdot 0,6 \sqrt{53,28 \cdot 0,91} + 1,5$$

$$= 6,56 \text{ mm.}$$

$$t_{\min} = (4,5 + 0,05 \cdot L) \cdot \sqrt{0,91}$$

$$= (4,5 + 0,05 \cdot 105,54) \cdot 0,95$$

$$= 9,327 \text{ mm}$$

$$\text{direncanakan} = t_{\min} + 1,5$$

$$= 9,33 + 1,5$$

$$= 10,83 \text{ mm} \approx 11 \text{ mm}$$

### **C.1.2 Plat Geladak Bangunan Atas**

Ketebalan plat pada bangunan atas dapat dihitung berdasarkan rumus sebagai berikut :

$$t_E = 1,21 \cdot a \sqrt{P_D \cdot k} + t_k \quad (\text{ mm } )$$

Dimana :

- a = Jarak gading
- = 0,6 m. (pada fr. AP – 8 & fr. 150 – FP)
- = 0,65 m. (pada fr. 8 – 150)
- $P_D$  = Beban Geladak ( Point A. 4 )
- $P_{D1}$  = 32,024 kN / m<sup>2</sup> untuk Poop Deck
- $P_{D1}$  = 22,99 kN / m<sup>2</sup> untuk Boat Deck
- $P_{D1}$  = 20,53 kN / m<sup>2</sup> untuk Navigation Deck
- $P_{D1}$  = 20,53 kN / m<sup>2</sup> untuk Compass Deck
- $P_{D1}$  = 53,28 kN / m<sup>2</sup> untuk Fore Castle Deck
- k = 0,91 dengan  $R_{eH} = 265 \text{ N / m}^2$
- $t_k$  = Faktor korosi
- = 2,5 mm. ( untuk kapal dengan Longitudinal Bulkhead )
- = 1,5 mm. ( untuk kapal dengan konstruksi melintang )

#### c. Tebal plat Geladak untuk Poop Deck

$$t_E = 1,21 \cdot 0,6 \sqrt{32,024 \cdot 0,91} + 1,5$$
$$= 5,42 \text{ mm.}$$

$$\text{direncanakan} = t_E + 1,5$$
$$= 5,42 + 1,5$$
$$= 6,92 \text{ mm} \approx 7 \text{ mm}$$

#### d. Tebal plat Geladak untuk Boat Deck

$$t_E = 1,21 \cdot 0,6 \sqrt{22,99 \cdot 0,91} + 1,5$$
$$= 4,82 \text{ mm.}$$

$$\text{direncanakan} = t_E + 1,5$$
$$= 4,82 + 1,5$$
$$= 6,32 \text{ mm} \approx 6,5 \text{ mm}$$

c. Tebal plat Geladak untuk Navigation Deck

$$t_E = 1,21 \cdot 0,6 \sqrt{20,53 \cdot 0,91} + 1,5$$
$$= 4,64 \text{ mm.}$$

$$\text{direncanakan} = t_E + 1,5$$
$$= 4,64 + 1,5$$
$$= 6,14 \text{ mm} \approx 6 \text{ mm}$$

d. Tebal plat Geladak untuk Compass Deck

$$t_E = 1,21 \cdot 0,6 \sqrt{20,53 \cdot 0,91} + 1,5$$
$$= 4,64 \text{ mm.}$$

$$\text{direncanakan} = t_E + 1,5$$
$$= 4,64 + 1,5$$
$$= 6,14 \text{ mm} \approx 6 \text{ mm}$$

e. Tebal plat Geladak untuk Fore Castle Deck

$$t_E = 1,21 \cdot 0,6 \sqrt{53,28 \cdot 0,91} + 1,5$$
$$= 6,56 \text{ mm.}$$

$$\text{direncanakan} = t_E + 1,5$$
$$= 6,56 + 1,5$$
$$= 8,06 \text{ mm} \approx 8 \text{ mm}$$

**D.1 KONSTRUKSI DASAR GANDA**

**D.1.1 Secara umum**

- Pada kapal tanker, dasar ganda terletak antara sekat tubrukan dengan sekat buritan
- Dalam tangki ceruk haluan dan ceruk buritan tidak perlu dipasang alas ganda.

**D.1.2 Penumpu Tengah (Centre Girder)**

- Penumpu tengah harus kedap air sekurang-kurangnya 0,5 L tengah kapal, jika alas ganda tidak dibagi kedap air oleh penumpu samping.
- Penumpu tengah pada 0,7 L tengah kapal tidak boleh kurang dari ( *sec.8 B.2.2* ) :

Tinggi penumpu tengah

$$\begin{aligned}h &= 350 + 45 B \\ &= 350 + (45 \times 17,00) \\ &= 1115 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\text{diambil} = 1000 \text{ mm}$$

Tebal penumpu tengah

$$\begin{aligned}t &= (h/100+1) \sqrt{k} \\ &= 10,49 \text{ mm} \approx 11 \text{ mm}\end{aligned}$$

Untuk 0,15 L pada ujung kapal, tebal penumpu tengah ditambah 10 %.

$$\begin{aligned}t &= 11 + 10\% (12) \\ &= 12,1 \text{ mm} \approx 12 \text{ mm}\end{aligned}$$

### **D.1.3 Penumpu Samping (Side Girder)**

a. Penumpu samping sekurang-kurangnya dipasang dalam kamar mesin dan 0,25 L bagian haluan. Satu penumpu samping dipasang apabila lebar horizontal dari sisi bawah plat tepi ke penumpu tengah lebih dari 4,5 m.

b. Pemasangan side girder (sec 8 . B.3.1)

- Untuk  $\frac{1}{2} B \geq 4,5$  menggunakan 1 side girder
- Untuk  $\frac{1}{2} B \geq 8$  menggunakan 2 side girder
- Untuk  $\frac{1}{2} B \geq 10,5$  menggunakan 3 side girder

$\frac{1}{2} B = 8,5$  m dipasang 2 side girder

c. Tebal penumpu samping tidak boleh kurang dari : ( sec.8-B.3.2)

$$\begin{aligned}t &= h^2/120.h \\ &= 1000^2/120 \times 1000 \\ &= 8,5 \text{ mm}\end{aligned}$$

d. Tebal plat alas dalam tidak boleh kurang dari ( sec.8-B.4.1)

$$\begin{aligned}t_{Bi} &= 1,1 . a . \sqrt{P.K} + tk \\ P &= \text{tekanan perkiraan} \\ &= 63,821 \text{ kN/m}^2\end{aligned}$$

$$t_{Bi} = 1,1 \times 0,625 \times \sqrt{63,821 \times 0,91} + 2,5$$

$$= 7,74 \text{ mm} = 8 \text{ mm}$$

tebal plat alas dalam pada kamar mesin

$$t = t + 2$$

$$= 8 + 2 = 10 \text{ mm}$$

#### **D.1.4 Alas Ganda Sebagai Tangki**

Tangki bahan bakar dan minyak lumas :

- e. Tangki alas ganda boleh digunakan untuk mengangkut minyak guna keperluan kapal yang titik nyalanya dibawah  $60^{\circ}$  C, tangki ini dipisahkan oleh cofferdam.
- f. Tangki minyak lumas, tangki buang, dan tangki sirkulasi harus dipisahkan oleh cofferdam.
- g. Minyak buang dan tangki sirkulasi minyak harus dibuat sedapat mungkin dipisahkan dari kulit kapal.
- h. Penumpu tengah harus dibuat kedap dan sempit diujung kapal jika alas ganda pada tempat tersebut tidak melebihi 4m.

#### **D.2 Alas Ganda dalam Sistem Gading Melintang**

##### **D.2.1 Wrang Alas penuh (Wrang Plate)**

- Pada sistim gading melintang pada alas ganda dianjurkan untuk memasang wrang alas penuh pada setiap gading, dimana sistem gadingnya adalah :
- di bagian penguat alas haluan
- di dalam kamar mesin
- pondasi ketel.
- Jarak terbesar wrang alas penuh tidak melebihi :
- 3,2 m untuk kapal  $L \geq 60$  m
- 2,9 m untuk kapal  $L \geq 100$  m
- 2,6 m untuk kapal  $L \leq 140$  m
- 2,4 m untuk kapal  $L > 140$  m

### D.2.2 Tebal wrang penuh

- Tebal wrang penuh tidak boleh kurang dari ( sec.8 B.6.2 ):

$$\begin{aligned}t &= tm - 2,0 \\ &= 12 - 2,0 \\ &= 10 \text{ mm}\end{aligned}$$

- Lubang Peringan

Lubang peringan wrang penuh adalah :

$$\begin{aligned}\text{Panjang max} &= 0,75 \times h \\ &= 0,75 \times 1000 \\ &= 750 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Tinggi max} &= 0,5 \times h \\ &= 0,5 \times 1000 \\ &= 500 \text{ mm}\end{aligned}$$

- Jarak lubang peringan dari penumpu tengah dan plat tepi minimal 0,4 tinggi penumpu tengah

### D. 3. Wrang Kedap Air ( Watertight Floor ) Sec. 8. B. 6. 3

- Tebal plat pada wrang kedap air tidak boleh kurang dari tebal plat pada wrang penuh , yaitu 10 mm.
- Ukuran Stiffeners pada wrang kedap air ( Sec. 12. B. 3. 1. 1 )

$$W = 0,55 \cdot a \cdot l^2 \cdot P \cdot k \quad (\text{cm}^3)$$

Dimana :

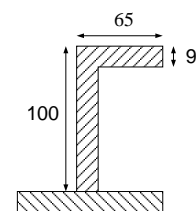
- a = 0,6 m (jarak stiffener)
- l = panjang tak ditumpu = 1,0 m
- P = Beban alas ( Point A. 3 )  
= 63,812 kN / m<sup>2</sup>
- k = 0,91

$$\begin{aligned}W &= 0,55 \cdot 0,6 \cdot (1,0)^2 \cdot 63,812 \cdot 0,91 \\ &= 19,16 \text{ cm}^3\end{aligned}$$

Profil yang direncanakan : L 60 x 40 x 6

### D. 4 Sea chest Sec. 8. B. 5. 4

Tebal plat Sea Chest Dapat dihitung berdasarkan rumus sbb :



$$t = 12 \cdot a \sqrt{P \cdot k} + t_k$$

dimana :

$$\begin{aligned} P &= \text{Tekanan masuk air pada safety valve} \\ &= 2,0 \text{ bar} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} t &= 12 \cdot 0,6 \sqrt{2 \cdot 0,91} + 2,5 \\ &= 12 \cdot 0,6 \cdot 1,82 + 2,5 \\ &= 15,6 \text{ mm.} \approx 16 \text{ mm} \end{aligned}$$

#### D. 5 MODULUS PEMBUJUR ALAS (bottom longitudinal) (sec 9.B.3.1)

$$W = \frac{85,3}{\sigma_{pr}} \cdot m \cdot a \cdot l^2 \cdot P \quad (\text{cm}^3)$$

Dimana :

$$k = 0,91$$

$$\begin{aligned} m_k &= 1 - \left[ \frac{k}{2} \cdot \sin^2 \alpha_k \right] \\ &= 1 - \left[ \frac{0,91}{2} \cdot \sin 90 \right] \\ &= 1 - [0,335 \cdot 1] \\ &= 1 - 0,335 \\ &= 0,665 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sigma_{pr} &= \frac{150}{k} \quad \text{N/mm}^2 \\ &= \frac{150}{0,91} \\ &= 164,835 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} m &= \frac{m_k^2}{2} \\ &= \frac{0,665^2}{2} \\ &= 0,221 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} a &= \text{jarak gading bujur} \\ &= 0,6 \text{ m (bottom longitudinal)} \end{aligned}$$

$$l = \text{panjang tak ditumpu} = 2,4 \text{ m}$$

$$P = \text{beban} = 63,812 \text{ kN/m}^2 \text{ (beban pembujur alas dalam)}$$

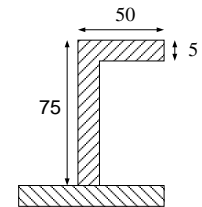
$$P = 93,975 \text{ kN/m}^2 \text{ (beban pembujur alas)}$$

**D.6 Modulus pembujur alas dalam (inner bottom long) pada tengah kapal**

$$W = \frac{83,3}{648} \cdot m \cdot a \cdot l^2 \cdot P$$

$$= \frac{83,3}{648} \cdot 0,221 \cdot 0,6 \cdot (2,4)^2 \cdot 63,812$$

$$= 24,63 \text{ cm}^3$$



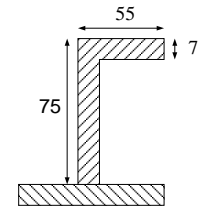
Profil yang direncanakan L 75 x 50 x 5

**D.7 Modulus pembujur alas (bottom long) pada tengah kapal**

$$W = \frac{83,3}{648} \cdot m \cdot a \cdot l^2 \cdot P$$

$$= \frac{83,3}{648} \cdot 0,221 \cdot 0,6 \cdot (2,4)^2 \cdot 93,975$$

$$= 36,27 \text{ cm}^3$$



Profil yang direncanakan L 75 x 55 x 7

**D.8 Konstruksi alas ganda pada kamar mesin**

**Tinggi Alas Ganda pada Kamar Mesin**

Dasar ganda Ruang Mesin ditambah 20 % h<sub>DB</sub> (ht) :

$$ht = (20\% \times 1000) + 1000$$

$$= 1200 \text{ mm}$$

**a. Tebal plat penumpu memanjang (pondasi mesin)**

(Ref : BKI Th. 2006 Sec. 8.C.3.2.1)

Tebal plat pondasi mesin tidak boleh kurang dari :

$$t = \frac{P}{750} + 14 \quad (\text{mm})$$

$$P = \text{daya mesin} \times 0,7355$$

$$= 4200 \times 0,7355$$

$$P = 3089,1 \text{ kW}$$

$$t = \frac{3089,1}{750} + 14$$
$$= 18,12 \approx \text{diambil } 19 \text{ mm}$$

**b. Tebal Top Plate**

(Ref : BKI Th. 2006 Sec. 8.C.3.2.3)

$$A_r = \frac{P}{75} + 70 = \frac{3089,1}{75} + 70$$
$$= 111,19 \text{ cm}^2$$

Lebar Top Plate antara 200 s/d 400, diambil 400 mm

$$\text{Jadi tebal top plate} = \frac{A_r}{400}$$
$$= \frac{111,19}{400} = 0,28 \text{ cm} = 28 \text{ mm} \approx \text{diambil } 30 \text{ mm}$$

**c. Tebal wrang alas penuh pada daerah kamar mesin diperkuat sebesar**

(Ref : BKI Th. 2006 Sec. 8.C.2.2)

$$t = 3,6 + \frac{P}{500} (\%)$$
$$= 3,6 + \frac{3089,1}{500} (\%)$$
$$t = 9,78 \%$$
$$t = 10 \text{ mm} + (9,78 \% \times 10) \text{ mm}$$
$$= 10,978 \text{ mm} \approx 11 \text{ mm}$$

**E.1 PERHITUNGAN GADING-GADING**

**E.1.1 Jarak Gading Normal**

Menurut BKI '06 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

$$a = \frac{L_{pp}}{500} + 0,48$$

$$= \frac{106,1}{500} + 0,48$$

$$= 0,691 \text{ m diambil } 0,6 \text{ m}$$

$$a = 0,6 \text{ m (jarak gading pembujur)}$$

### E.1.2 Gading-gading & pembujur (side longitudinal) (sec 9-2. A.1.1)

- Modulus gading pada daerah buritan & haluan tidak boleh kurang dari

$$W = n \cdot c \cdot a \cdot l^2 \cdot P_s \cdot C_r \cdot k \quad (\text{cm}^3)$$

- Modulus pembujur (side long) pada daerah midship tidak boleh kurang dari

$$W = \frac{83,3}{\sigma_{pr}} \cdot m \cdot a \cdot l^2 \cdot P \quad (\text{cm}^3)$$

Dimana :

$$n = 0,55 \text{ untuk } L \geq 100 \text{ m}$$

$$c_{\min} = 0,6$$

$$a = 0,6 \text{ m (jarak gading)}$$

$$= 0,6 \text{ m (jarak gading pembujur)}$$

$$l = 2,4 \text{ m (panjang tak ditumpu, pada gading)}$$

$$= 2,4 \text{ m (panjang tak ditumpu, pada pembujur)}$$

$$P_s = 87,27 \text{ KN/m}^2 \text{ (beban sisi daerah buritan)}$$

$$P_s = 70,64 \text{ KN/m}^2 \text{ (beban sisi daerah midship)}$$

$$P_s = 102,85 \text{ KN/m}^2 \text{ (beban sisi daerah haluan)}$$

$$C_{r_{\min}} = 0,75 \text{ (factor dari frame kurva)}$$

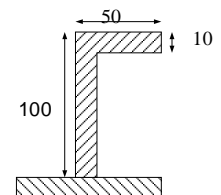
$$k = 0,91 \text{ (factor material)}$$

### E.1.3 Modulus gading (frame) pada daerah buritan (sec. 9-A.4.1)

$$W = 0,55 \times 0,6 \times 0,6 \times (2,4)^2 \times 87,27 \times 0,75 \times 0,91$$

$$= 67,929 \text{ cm}^3$$

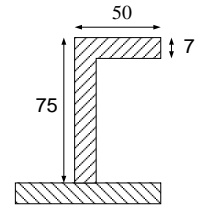
Profil yang direncanakan L = 100 x 50 x 10



**E.1.5 Modulus pembujur samping (side longitudinal) pada tengah kapal (sec 9.B.3.1)**

$$\begin{aligned} W &= \frac{83.3}{164.835} \cdot m \cdot a \cdot l^2 \cdot P \\ &= \frac{83.3}{164.835} \cdot 0,221 \cdot 0,6 \cdot (2,4)^2 \cdot 70,64 \\ &= 27,265 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

Profil yang direncanakan L 80 x 40 x 6



**E.1.6 Modulus gading (frame) pada daerah haluan (sec. 9-A.4.1)**

$$\begin{aligned} W &= 0,55 \times 0,6 \times 0,6 \times (2,4)^2 \times 102,85 \times 0,75 \times 0,91 \\ &= 80,056 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

Profil yang direncanakan L = 100 x 75 x 9

**F. 1. Ukuran Gading (frame) Pada Bangunan Atas Sec. 9. A. 3. 2. 1**

$$W = 0,55 \cdot a \cdot l^2 \cdot P \cdot Cr \cdot k \quad (\text{cm}^3)$$

Dimana :

$$\begin{aligned} P &= 49,934 \text{ kN / m}^2 \text{ (Beban pada Poop Deck)} \\ &= 42,305 \text{ kN / m}^2 \text{ (Beban pada Boat Deck)} \\ &= 36,699 \text{ kN / m}^2 \text{ (Beban pada Navigation Deck)} \\ &= 32,404 \text{ kN / m}^2 \text{ (Beban pada Compas Deck)} \\ &= 69,094 \text{ kN / m}^2 \text{ (Beban pada Fore Castle Deck)} \\ a &= 0,6 \text{ m} \\ l &= 2,2 \text{ m} \\ Cr &= 0,75 \\ k &= 0,91 \end{aligned}$$

**a. Poop Deck**

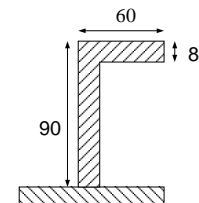
$$\begin{aligned} W &= 0,55 \cdot 0,6 \cdot (2,2)^2 \cdot 49,934 \cdot 0,75 \cdot 0,91 \\ &= 54,433 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

Profil yang direncanakan : L 90 x 60 x 8

**b. Boat Deck**

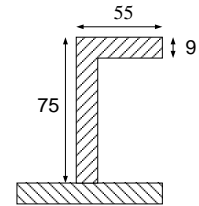
$$W = 0,55 \cdot a \cdot l^2 \cdot P \cdot Cr \cdot k \quad (\text{cm}^3)$$

Dimana :



$$\begin{aligned}
 P &= \text{Beban pada Boat Deck} \\
 &= 42,305 \text{ kN / m}^2 \\
 W &= 0,55 \cdot 0,6 \cdot (2,2)^2 \cdot 42,305 \cdot 0,75 \cdot 0,91 \\
 &= 46,116 \text{ cm}^3
 \end{aligned}$$

Profil yang direncanakan : L 75 x 55 x 9



**c. Navigation Deck**

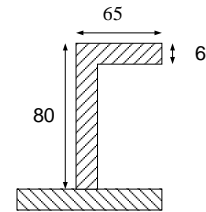
$$W = 0,55 \cdot a \cdot l^2 \cdot P \cdot Cr \cdot k \quad (\text{cm}^3)$$

Dimana :

$$\begin{aligned}
 P &= \text{Beban pada Navigation Deck} \\
 &= 36,699 \text{ kN / m}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 W &= 0,55 \cdot 0,6 \cdot (2,2)^2 \cdot 36,699 \cdot 0,75 \cdot 0,91 \\
 &= 40,005 \text{ cm}^3
 \end{aligned}$$

Profil yang direncanakan : L 80 x 65 x 6



**d. Compas Deck**

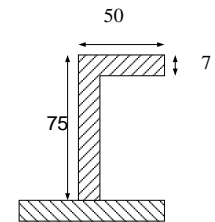
$$W = 0,55 \cdot a \cdot l^2 \cdot P \cdot Cr \cdot k \quad (\text{cm}^3)$$

Dimana :

$$\begin{aligned}
 P &= \text{Beban pada Compas Deck} \\
 &= 32,404 \text{ kN / m}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 W &= 0,55 \cdot 0,65 \cdot (2,2)^2 \cdot 32,404 \cdot 0,75 \cdot 0,91 \\
 &= 35,323 \text{ cm}^3
 \end{aligned}$$

Profil yang direncanakan : L 75 x 50 x 7



**e. Fore Castle Deck**

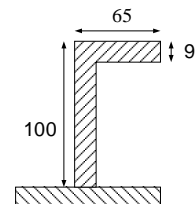
$$W = 0,55 \cdot a \cdot l^2 \cdot P \cdot Cr \cdot k \quad (\text{cm}^3)$$

Dimana :

$$\begin{aligned}
 P &= \text{Beban pada Fore Castle Deck} \\
 &= 69,094 \text{ kN / m}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 W &= 0,55 \cdot 0,6 \cdot (2,2)^2 \cdot 69,094 \cdot 0,75 \cdot 0,91 \\
 &= 75,319 \text{ cm}^3
 \end{aligned}$$

Profil yang direncanakan : L 100 x 65 x 9



**Perhitungan Web Frame ( sec 9-A. 5.3.1) &**

**F.2. Side Transversal ( sec 9-B. 4.1)**

Modulus Side Transversal pada tangki muat :

$$W = 0,55 \cdot e \cdot l^2 \cdot Ps \cdot k \quad (\text{cm}^3)$$

Dimana :

e = lebar pembebanan

$$= 4 \times 0,6 = 2,4 \text{ m}$$

l = panjang tak ditumpu

$$= 2,4 \text{ m}$$

Ps = beban sisi kapal

$$= 79,15 \text{ KN/m}^2 \text{ (untuk daerah buritan)}$$

$$= 65,84 \text{ KN/m}^2 \text{ (untuk daerah midship)}$$

$$= 91,62 \text{ KN/m}^2 \text{ (untuk daerah midship)}$$

$$n = 1$$

$$k = 0,91$$

**F.2.1. Gading besar pada daerah buritan kapal**

$$W = 0,55 \cdot e \cdot l^2 \cdot Ps \cdot n \cdot k \quad (\text{cm}^3)$$

Dimana :

$$\begin{aligned} W &= 0,55 \times 2,4 \times (2,4)^2 \times 79,15 \times 1 \times 0,91 \\ &= 547,639 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

Profil yang direncanakan T 240 x11 FP 120 x 11

Koreksi modulus

F = lebar berguna (40 – 50)

$$= 50 \times 1,2 = 60$$

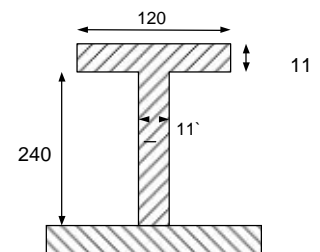
$$f_s = 24 \times 1,1 = 26,4$$

$$f = 12 \times 1,1 = 13,2$$

$$f/F = 0,22$$

$$f_s/F = 0,44$$

$$w = 0,35$$



maka

$$W = w.F.h$$
$$= 0,35 \times 60 \times 26,4 = 554,4 \text{ cm}^3$$

**F.2.2 Side Transversal pada tangki muat** (sec 9-B. 4.1)

Jadi :

$$W = 0,55 \times 2,4 \times (2,4)^2 \times 65,84 \times 0,91$$
$$= 455,56 \text{ cm}^3$$

Profil yang direncanakan T 240 x 10 FP 120 x 10

Koreksi modulus

$$F = \text{lebar berguna } (40 - 50) \times t$$
$$= 50 \times 1,2 = 60$$

$$f_s = 24 \times 1,0 = 24$$

$$f = 12 \times 1,0 = 12$$

$$f/F = 0,2$$

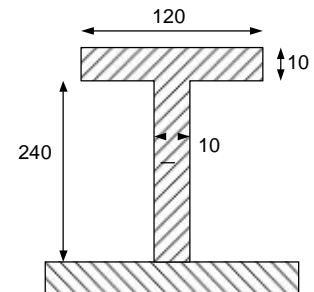
$$f_s/F = 0,4$$

$$w = 0,32$$

maka

$$W = w.F.h$$
$$= 0,32 \times 60 \times 24 = 460,8 \text{ cm}^3$$

W rencana > W perhitungan (memenuhi)



**F.2.3. Gading besar pada daerah haluan kapal**

$$W = 0,55 \cdot e \cdot l^2 \cdot P_s \cdot n \cdot k \quad (\text{cm}^3)$$

Dimana :

Jadi :

$$W = 0,55 \times 2,4 \times (2,4)^2 \times 91,62 \times 1 \times 0,91$$
$$= 633,879 \text{ cm}^3$$

Profil yang direncanakan T 240 x13 FP 110 x 13

Koreksi modulus

$$F = \text{lebar berguna } (40 - 50) \times t$$
$$= 50 \times 1,2 = 60$$

$$f_s = 24 \times 1,3 = 31,2$$

MT "SADEWA"

$$f = 11 \times 1,3 = 14,3$$

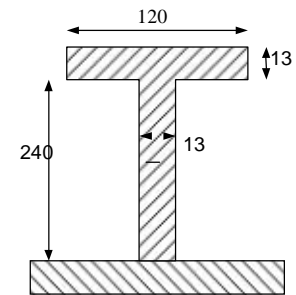
$$f/F = 0,238$$

$$fs/F = 0,52$$

$$w = 0,34$$

maka

$$W = w.F.h$$
$$= 0,34 \times 60 \times 31,2 = 636,48 \text{ cm}^3$$



W rencana > W perhitungan (memenuhi)

### F.3. Gading Besar pada Bangunan Atas & Rumah Geladak

(BKI Th. 2006 Sec. 9.A.5.3.1)

#### a. Poop Deck

$$W = 0,55 \times e \times l^2 \times Ps \times n \times k \quad (\text{cm}^3)$$

Dimana :

$$a = 0,6$$

$$k = 0,91$$

e = Lebar Pembebanan

$$= 4 \times 0,6$$

$$= 2,4 \text{ m}$$

l = panjang tak ditumpu

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

Ps = beban sisi kapal

$$= 39,948 \text{ KN/m}^2 \text{ (untuk daerah poop deck)}$$

$$= 33,845 \text{ KN/m}^2 \text{ (untuk daerah boat deck)}$$

$$= 29,359 \text{ KN/m}^2 \text{ (untuk daerah navigation deck)}$$

$$= 25,924 \text{ KN/m}^2 \text{ (untuk daerah compass deck)}$$

$$= 55,276 \text{ KN/m}^2 \text{ (untuk daerah fore castle deck)}$$

$$= 22,673 \text{ KN/m}^2 \text{ (untuk daerah winch deck)}$$

#### a. Poop Deck

- Modulus & perencanaan profil penampang gading besar pada poop deck untuk jarak gading  $a = 0,6 \text{ m}$  :

$$W = 0,55 \times 2,4 \times (2,2)^2 \times 38,178 \times 1 \times 0,91$$

$$= 232,249 \text{ cm}^3$$

Profil yang direncanakan T 200 x 9 FP 100 x 9

Koreksi modulus

$$F = \text{lebar berguna } (40 - 50) \times t$$

$$= 50 \times 0,8 = 42,5$$

$$f_s = 20 \times 0,9 = 18$$

$$f = 10 \times 0,9 = 9$$

$$f/F = 0,2$$

$$f_s/F = 0,4$$

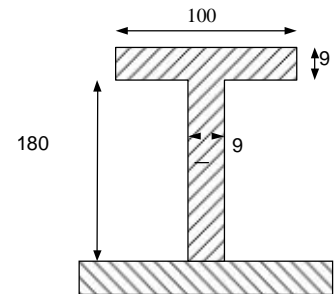
$$w = 0,26$$

maka

$$W = w \cdot F \cdot h$$

$$= 0,26 \times 42,5 \times 18 = 234 \text{ cm}^3$$

W rencana > W perhitungan (memenuhi)



**b. Boat Deck**

$$W = 0,55 \times e \times l^2 \times P_s \times n \times k \quad (\text{cm}^3)$$

Dimana :

Jadi :

- Modulus & perencanaan profil penampang gading besar pada boat deck untuk jarak gading  $a = 0,6 \text{ m}$ :

$$W = 0,55 \times 2,4 \times (2,2)^2 \times 33,845 \times 1 \times 0,91$$

$$= 196,767 \text{ cm}^3$$

Profil yang direncanakan T 180 x 8 FP 90 x 8

Koreksi modulus

$$F = \text{lebar berguna } (40 - 50) \times t$$

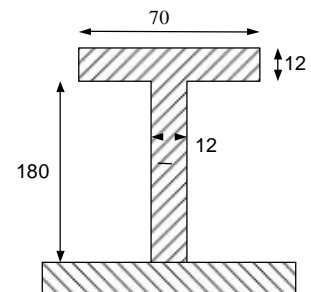
$$= 50 \times 0,8 = 40$$

$$f_s = 18 \times 0,8 = 21,6$$

$$f = 9 \times 0,8 = 8,4$$

$$f/F = 0,18$$

$$f_s/F = 0,36$$



$$w = 0,28$$

maka

$$W = w.F.h \\ = 0,28 \times 40 \times 18 = 201,6 \text{ cm}^3$$

W rencana > W perhitungan (memenuhi)

### c. Navigation Deck

$$W = 0,55 \times e \times l^2 \times P_s \times n \times k \quad (\text{cm}^3)$$

Dimana :

$$W = 0,55 \times 2,4 \times (2,2)^2 \times 29,359 \times 1 \times 0,91 \\ = 170,689 \text{ cm}^3$$

Profil yang direncanakan T 180 x 8 FP 80 x 9

Koreksi modulus

$$F = \text{lebar berguna } (40 - 50) \times t$$

$$= 50 \times 0,8 = 40$$

$$f_s = 18 \times 0,8 = 14,4$$

$$f = 8 \times 0,8 = 6,4$$

$$f/F = 0,18$$

$$f_s/F = 0,36$$

$$w = 0,24$$

maka

$$W = w.F.h \\ = 0,24 \times 40 \times 14,4 = 172,8 \text{ cm}^3$$

W rencana > W perhitungan (memenuhi)

### d. Compas Deck

$$W = 0,55 \times e \times l^2 \times P_s \times n \times k \quad (\text{cm}^3)$$

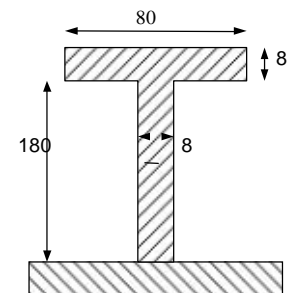
Dimana :

$$W = 0,55 \times 2,4 \times (2,2)^2 \times 25,924 \times 1 \times 0,91 \\ = 150,715 \text{ cm}^3$$

Profil yang direncanakan T 160 x 7,5 FP 80 x 7,5

Koreksi modulus

$$F = \text{lebar berguna } (40 - 50) \times t$$



$$= 50 \times 0,75 = 37,5$$

$$f_s = 16 \times 0,75 = 12$$

$$f = 8 \times 0,75 = 6$$

$$f/F = 0,16$$

$$f_s/F = 0,32$$

$$w = 0,26$$

maka

$$W = w.F.h$$

$$= 0,26 \times 37,5 \times 12 = 156 \text{ cm}^3$$

W rencana > W perhitungan (memenuhi)

**e. Pada Forecastle Deck**

$$W = 0,55 \times e \times l^2 \times P_s \times n \times k \quad (\text{cm}^3)$$

Dimana :

$$W = 0,55 \times 2,4 \times (2,2)^2 \times 55,276 \times 1 \times 0,91$$

$$= 321,365 \text{ cm}^3$$

Profil yang direncanakan T 200 x 10 FP 110 x 10

Koreksi modulus

$$F = \text{lebar berguna } (40 - 50) \times t$$

$$= 50 \times 0,95 = 47,5$$

$$f_s = 20 \times 1 = 20$$

$$f = 11 \times 1 = 11$$

$$f/F = 0,232$$

$$f_s/F = 0,421$$

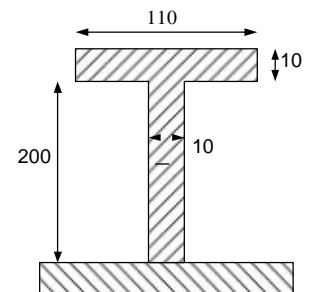
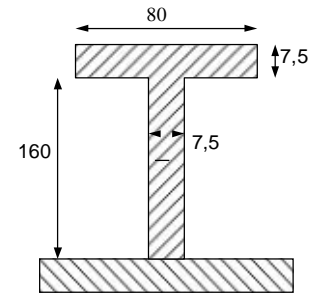
$$w = 0,34$$

maka

$$W = w.F.h$$

$$= 0,34 \times 47,5 \times 20 = 323 \text{ cm}^3$$

W rencana > W perhitungan (memenuhi)



**F.4 Side stringers**

$$W = 0,55 \cdot e \cdot l^2 \cdot P \cdot n \cdot k \quad (\text{cm}^3)$$

Dimana :

$$\begin{aligned} a &= 0,6 \text{ (jarak gading memanjang)} \\ k &= 0,91 \\ e &= \text{Lebar Pembebanan} \\ &= 4 \times 0,6 \\ &= 2,4 \text{ m} \\ l &= \text{panjang tak ditumpu} \\ &= 2,4 \text{ m} \\ P_s &= \text{beban sisi kapal} \\ &= 62,398/\text{m}^2 \text{ (untuk daerah midship kapal)} \\ &= 88,028/\text{m}^2 \text{ (untuk daerah haluan kapal)} \\ n &= 1 \end{aligned}$$

**a. Modulus senta sisi pada kamar mesin**

$$\begin{aligned} W &= 0,55 \times 2,4 \times (2,4)^2 \times 79,15 \times 1 \times 0,91 \\ &= 547,639 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

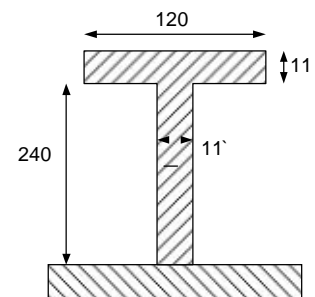
Profil yang direncanakan T 240 x11 FP 120 x 11

Koreksi modulus

$$\begin{aligned} F &= \text{lebar berguna (40 – 50)} \\ &= 50 \times 1,2 = 60 \\ f_s &= 24 \times 1,1 = 26,4 \\ \bar{f} &= 12 \times 1,1 = 13,2 \\ f/F &= 0,22 \\ f_s/F &= 0,44 \\ w &= 0,35 \end{aligned}$$

maka

$$\begin{aligned} W &= w.F.h \\ &= 0,35 \times 60 \times 26,4 = 554,4 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$



**b. Modulus senta sisi pada tengah kapal**

$$\begin{aligned} W &= 0,55 \times 2,4 \times (2,4)^2 \times 65,84 \times 0,91 \\ &= 455,56 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

Profil yang direncanakan T 240 x 10 FP 120 x 10

Koreksi modulus

$$F = \text{lebar berguna } (40 - 50) \times t$$

$$= 50 \times 1,2 = 60$$

$$f_s = 24 \times 1,0 = 24$$

$$f = 12 \times 1,0 = 12$$

$$f/F = 0,2$$

$$f_s/F = 0,4$$

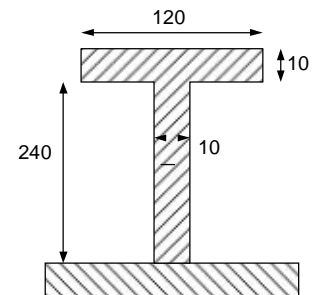
$$w = 0,32$$

maka

$$W = w.F.h$$

$$= 0,32 \times 60 \times 24 = 460,8 \text{ cm}^3$$

W rencana > W perhitungan (memenuhi)



**c. Modulus senta sisi pada haluan kapal**

$$W = 0,55 \cdot e \cdot l^2 \cdot P \cdot n \cdot k \quad (\text{cm}^3)$$

$$W = 0,55 \times 2,4 \times (2,4)^2 \times 91,62 \times 1 \times 0,91$$

$$= 633,879 \text{ cm}^3$$

Profil yang direncanakan T 240 x13 FP 110 x 13

Koreksi modulus

$$F = \text{lebar berguna } (40 - 50) \times t$$

$$= 50 \times 1,2 = 60$$

$$f_s = 24 \times 1,3 = 31,2$$

$$f = 11 \times 1,3 = 14,3$$

$$f/F = 0,238$$

$$f_s/F = 0,52$$

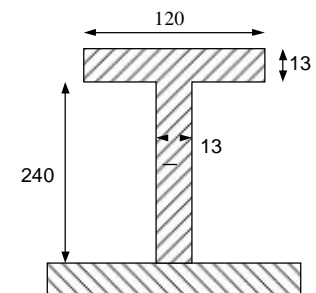
$$w = 0,34$$

maka

$$W = w.F.h$$

$$= 0,34 \times 60 \times 31,2 = 636,48 \text{ cm}^3$$

W rencana > W perhitungan (memenuhi)



## G.1 PERHITUNGAN BALOK GELADAK & DECK LONGITUDINAL

### G.1.1 Modulus penampang balok geladak pada buritan ( BKI '06 Vl. I. Sec.10. B. 1 )

$$W = c \cdot a \cdot P_D \cdot l^2 \cdot k \quad (\text{cm}^3)$$

dimana :

$$c = 0,75 \text{ untuk beam}$$

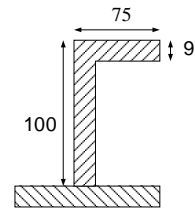
$$a = \text{Jarak gading yang direncanakan} \\ = 0,6 \text{ m}$$

$$k = \text{Faktor material} \\ = 0,91$$

$$P_D = 30,79 \text{ N/m}^2$$

$$l = \text{Panjang tak ditumpu} \\ = 2,5 \text{ m}$$

$$W = 0,75 \times 0,6 \times 30,79 \times (2,5)^2 \times 0,91 \\ = 78,809 \text{ cm}^3$$



Profil yang direncanakan L = 100 x 75 x 9

### G.1.2 Modulus pembujur geladak (deck longitudinal)

(sec 9.B.3.1)

$$W = \frac{88,3}{\sigma_{pr}} \cdot m \cdot a \cdot l^2 \cdot P \quad (\text{cm}^3)$$

Dimana :

$$k = 0,91$$

$$m_k = 1 - \left[ \frac{k}{2} \cdot \sin^2 \alpha_k \right] \\ = 1 - \left[ \frac{0,91}{2} \cdot \sin 90 \right] \\ = 1 - [0,335 \cdot 1] \\ = 1 - 0,335 \\ = 0,665$$

$$\sigma_{pr} = \frac{150}{k} \quad \text{N/mm}^2 \\ = \frac{150}{0,91} \\ = 164,835$$

$$m = \frac{mk^2}{2}$$
$$= \frac{0,665^2}{2}$$
$$= 0,221$$

a = jarak gading bujur  
= 0,625 m (deck longitudinal)

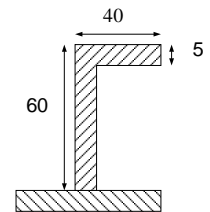
l = panjang tak ditumpu  
= 2,4 m

P = 27,99 kN/m<sup>2</sup> (beban gelagak)

### G.1.3 Modulus pembujur geladak (deck long) pada tengah kapal

$$W = \frac{83,3}{\sigma_{pr}} \cdot m \cdot a \cdot l^2 \cdot P$$
$$= \frac{83,3}{164,835} \cdot 0,221 \cdot 0,625 \cdot (2,4)^2 \cdot 27,99$$
$$= 11,254 \text{ cm}^3$$

Profil yang direncanakan L 60 x 40 x 5



### G.1.4 Modulus penampang balok geladak pada haluan

$$W = c \cdot a \cdot P_D \cdot l^2 \cdot k \quad (\text{cm}^3)$$

dimana :

c = 0,75 untuk beam

a = Jarak gading yang direncanakan  
= 0,6 m

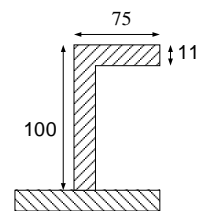
k = Faktor material  
= 0,91

P<sub>D</sub> = 39,96 N/m<sup>2</sup>

l = Panjang tak ditumpu  
= 2,5 m

$$W = 0,75 \times 0,6 \times 39,96 \times (2,5)^2 \times 0,91$$
$$= 102,281 \text{ cm}^3$$

Profil yang direncanakan L = 100 x 75 x 11



### G.1.5 Modulus penampang balok geladak bangunan atas

#### a. Poop Deck

$$W = c \cdot a \cdot P_{DA1} \cdot l^2 \cdot k \quad (\text{cm}^3)$$

dimana :

c = 0,75 untuk beam

a = Jarak gading yang direncanakan  
= 0,6 m

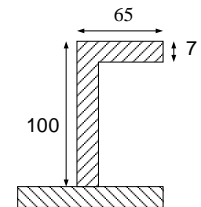
k = Faktor material  
= 0,91

$P_D$  = beban geladak bangunan atas dan rumah geladak  
= 24,018 N/m<sup>2</sup> (untuk poop deck)  
= 17,244 N/m<sup>2</sup> (untuk boat deck)  
= 15,396 N/m<sup>2</sup> (untuk navigation deck)  
= 15,396 N/m<sup>2</sup> (untuk compass deck)  
= 39,963 N/m<sup>2</sup> (untuk fore castle deck)

l = Panjang tak ditumpu  
= 2,5 m

$$W = 0,75 \times 0,6 \times 24,018 \times (2,5)^2 \times 0,91$$
$$= 61,471 \text{ cm}^3$$

Profil yang direncanakan L 100 x 65 x 7



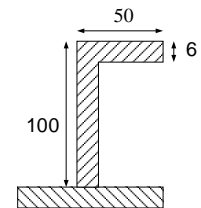
#### b. Boat Deck

$$W = c \cdot a \cdot P_{DA1} \cdot l^2 \cdot k \quad (\text{cm}^3)$$

dimana

$$W = 0,75 \times 0,6 \times 15,144 \times (2,5)^2 \times 0,91$$
$$= 44,133 \text{ cm}^3$$

Profil yang direncanakan L100 x 50 x 6



#### c. Navigation deck

$$W = c \cdot a \cdot P_{DA1} \cdot l^2 \cdot k \quad (\text{cm}^3)$$

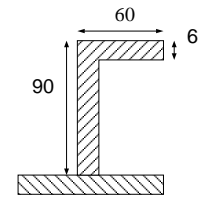
dimana :

MT "SADEWA"

$$W = 0,75 \times 0,6 \times 15,396 \times (2,5)^2 \times 0,91$$

$$= 39,405 \text{ cm}^3$$

Profil yang direncanakan L 90 x 60 x 6



**d. Compas deck**

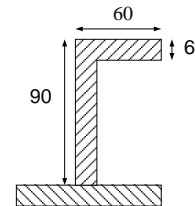
$$W = c \cdot a \cdot P_{DA1} \cdot l^2 \cdot k \quad (\text{cm}^3)$$

dimana :

$$W = 0,75 \times 0,6 \times 15,396 \times (2,5)^2 \times 0,91$$

$$= 39,405 \text{ cm}^3$$

Profil yang direncanakan L 90 x 60 x 6



**f. Fore Castle Deck**

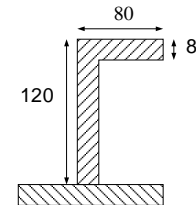
$$W = c \cdot a \cdot P_{DA1} \cdot l^2 \cdot k \quad (\text{cm}^3)$$

dimana :

$$W = 0,75 \times 0,6 \times 39,963 \times (2,5)^2 \times 0,91$$

$$= 102,281 \text{ cm}^3$$

Profil yang direncanakan L 120 x 80 x 8



**H. Balok geladak besar ( strong beam ) & deck Transversal**

$$W = c \cdot e \cdot l^2 \cdot P_D \cdot k \quad (\text{cm}^3)$$

dimana :

$$c = 0,75 \text{ untuk beam}$$

$$k = 0,91$$

$$e = \text{Lebar Pembebanan}$$

$$= 2,4 \text{ m}$$

$$l = \text{panjang tak ditumpu}$$

$$= 2,5 \text{ m}$$

$$P_D = 24,63 \text{ KN/m}^2 \text{ (untuk daerah buritan kapal)}$$

$$= 22,39 \text{ KN/m}^2 \text{ (untuk daerah midship kapal)}$$

$$= 31,97 \text{ KN/m}^2 \text{ (untuk daerah haluan kapal)}$$

**H.1 Modulus penampang strong beam untuk daerah buritan**

$$W = 0,75 \cdot 2,4 \cdot (2,5)^2 \cdot 24,63 \cdot 0,91$$

$$= 252,19 \text{ cm}^3$$

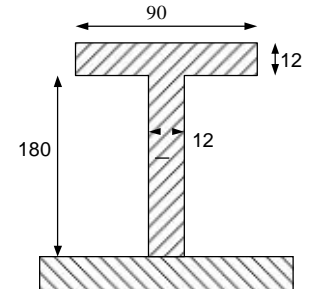
Profil yang direncanakan T 180 x 12 FP 90 x 12

Koreksi modulus

$$\begin{aligned} F &= \text{lebar berguna } (40 - 50) \times t \\ &= 50 \times 1,1 = 55 \\ f_s &= 18 \times 1,2 = 21,6 \\ f &= 9 \times 1,2 = 10,8 \\ f/F &= 0,196 \\ f_s/F &= 0,393 \\ w &= 0,26 \end{aligned}$$

maka

$$\begin{aligned} W &= w.F.h \\ &= 0,26 \times 55 \times 18 = 257,4 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$



## H.2 Modulus penampang deck transversal untuk daerah midship

$$W = c \cdot e \cdot l^2 \cdot P_D \cdot k \quad (\text{cm}^3)$$

dimana :

$$\begin{aligned} W &= 0,75 \cdot 2,5 \cdot (2,4)^2 \cdot 22,39 \cdot 0,91 \\ &= 220,049 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

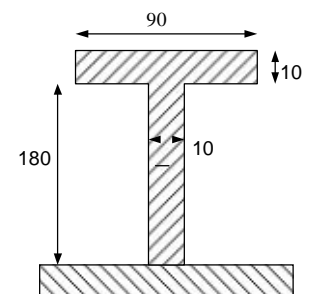
Profil yang direncanakan T 180 x 10 FP 90 x 10

Koreksi modulus

$$\begin{aligned} F &= \text{lebar berguna } (40 - 50) \times t \\ &= 50 \times 1,1 = 55 \\ f_s &= 18 \times 1 = 18 \\ f &= 9 \times 1 = 9 \\ f/F &= 0,164 \\ f_s/F &= 0,327 \\ w &= 0,24 \end{aligned}$$

maka

$$\begin{aligned} W &= w.F.h \\ &= 0,24 \times 55 \times 18 = 237,6 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$



## H.3 Modulus penampang strong beam untuk daerah midship

$$W = c \cdot e \cdot l^2 \cdot P_D \cdot k \quad (\text{cm}^3)$$

dimana :

$$W = 0,75 \cdot 2,4 \cdot (2,5)^2 \cdot 22,39 \cdot 0,91$$

$$= 229,264 \text{ cm}^3$$

Profil yang direncanakan T 180 x 10 FP 90 x 10

Koreksi modulus

$$F = \text{lebar berguna } (40 - 50) \times t$$

$$= 50 \times 1,1 = 55$$

$$f_s = 18 \times 1 = 18$$

$$f = 9 \times 1 = 9$$

$$f/F = 0,164$$

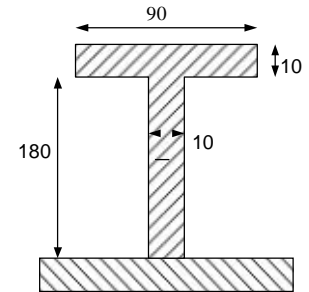
$$f_s/F = 0,327$$

$$w = 0,24$$

maka

$$W = w \cdot F \cdot h$$

$$= 0,24 \times 55 \times 18 = 237,6 \text{ cm}^3$$



#### H.4 Modulus penampang strong beam untuk daerah haluan

$$W = c \cdot e \cdot I^2 \cdot P_D \cdot k \quad (\text{cm}^3)$$

dimana :

$$W = 0,75 \cdot 2,4 \cdot (2,5)^2 \cdot 31,97 \cdot 0,91$$

$$= 340,936 \text{ cm}^3$$

Profil yang direncanakan T 180 x 13 FP 100 x 13

Koreksi modulus

$$F = \text{lebar berguna } (40 - 50) \times t$$

$$= 50 \times 1,1 = 55$$

$$f_s = 18 \times 1,3 = 23,4$$

$$f = 10 \times 1,3 = 13$$

$$f/F = 0,236$$

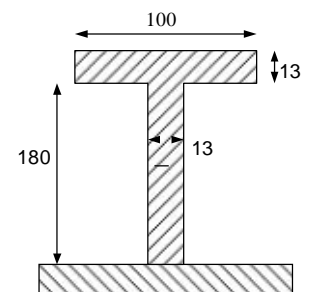
$$f_s/F = 0,425$$

$$w = 0,35$$

maka

$$W = w \cdot F \cdot h$$

$$= 0,35 \times 55 \times 18 = 346,5 \text{ cm}^3$$



W rencana > W perhitungan (memenuhi)

### I.1 Strong Beam Untuk Bangunan Atas

$$W = 0,75 \cdot e \cdot l^2 \cdot P \cdot k \quad (\text{cm}^3)$$

dimana :

$$c = 0,75 \quad \text{untuk beam}$$

$$k = 0,91$$

$$e = \text{Lebar Pembebanan}$$

$$= 4 \times 0,6$$

$$= 2,4 \text{ m}$$

$$l = \text{panjang tak ditumpu}$$

$$= 2,5 \text{ m}$$

$$P_D = 19,215 \text{ KN/m}^2 \quad (\text{untuk daerah poop deck})$$

$$= 13,795 \text{ KN/m}^2 \quad (\text{untuk daerah boat deck})$$

$$= 12,317 \text{ KN/m}^2 \quad (\text{untuk daerah navigation deck})$$

$$= 12,317 \text{ KN/m}^2 \quad (\text{untuk daerah compass deck})$$

$$= 31,971 \text{ KN/m}^2 \quad (\text{untuk daerah fore castle deck})$$

#### a. Poop Deck

- Modulus & perencanaan profil penampang strong beam pada poop deck untuk jarak gading  $a = 0,6 \text{ m}$ :

$$W = 0,75 \cdot 2,4 \cdot (2,5)^2 \cdot 19,215 \cdot 0,91$$

$$= 196,708 \text{ cm}^3$$

Profil yang direncanakan T 180 x 8 FP 90 x 8

Koreksi modulus

$$F = \text{lebar berguna } (40 - 50) \times t$$

$$= 50 \times 0,7 = 35$$

$$f_s = 18 \times 0,8 = 14,4$$

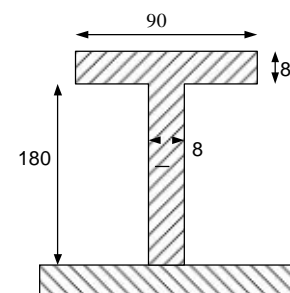
$$f = 9 \times 0,8 = 7,2$$

$$f/F = 0,206$$

$$f_s/F = 0,411$$

$$w = 0,32$$

maka



$$W = w.F.h$$
$$= 0,32 \times 35 \times 18 = 201,6 \text{ cm}^3$$

W rencana > W perhitungan (memenuhi)

**b. Boat Deck**

$$W = 0,75 \cdot e \cdot l^2 \cdot P \cdot k \quad (\text{cm}^3)$$

dimana :

- Modulus & perencanaan profil penampang strong beam pada boat deck untuk jarak gading  $a = 0,6 \text{ m}$  :

$$W = 0,75 \cdot 2,4 \cdot (2,5)^2 \cdot 13,795 \cdot 0,91$$
$$= 141,227 \text{ cm}^3$$

Profil yang direncanakan T 160 x 7 FP 80 x 7

Koreksi modulus

$$F = \text{lebar berguna } (40 - 50) \times t$$

$$= 50 \times 0,6 = 30$$

$$f_s = 16 \times 0,7 = 11,2$$

$$f = 8 \times 0,7 = 5,6$$

$$f/F = 0,172$$

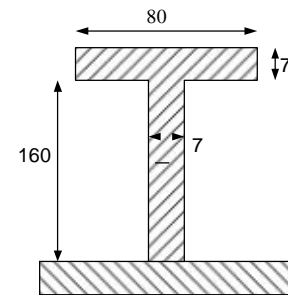
$$f_s/F = 0,345$$

$$w = 0,28$$

maka

$$W = w.F.h$$
$$= 0,28 \times 30 \times 16 = 145,6 \text{ cm}^3$$

W rencana > W perhitungan (memenuhi)



**c. Geladak Navigasi**

$$W = 0,75 \cdot e \cdot l^2 \cdot P \cdot k \quad (\text{cm}^3)$$

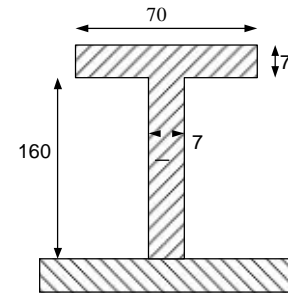
dimana :

$$W = 0,75 \cdot 2,4 \cdot (2,5)^2 \cdot 12,317 \cdot 0,91$$
$$= 126,095 \text{ cm}^3$$

Profil yang direncanakan T 160 x 7 FP 70 x 7

Koreksi modulus

$$\begin{aligned} F &= \text{lebar berguna } (40 - 50) \times t \\ &= 50 \times 0,6 = 30 \\ f_s &= 16 \times 0,7 = 11,2 \\ f &= 7 \times 0,7 = 4,9 \\ f/F &= 0,163 \\ f_s/F &= 0,373 \\ w &= 0,27 \end{aligned}$$



maka

$$\begin{aligned} W &= w.F.h \\ &= 0,27 \times 30 \times 16 = 129,6 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

W rencana > W perhitungan (memenuhi)

#### d. Compas deck

$$W = 0,75 \cdot e \cdot l^2 \cdot P \cdot k \quad (\text{cm}^3)$$

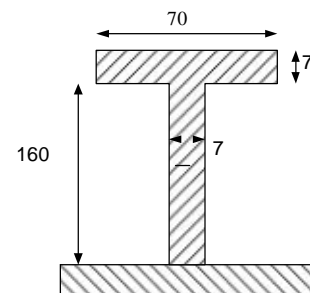
dimana :

$$\begin{aligned} W &= 0,75 \cdot 2,4 \cdot (2,5)^2 \cdot 12,317 \cdot 0,91 \\ &= 126,095 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

Profil yang direncanakan T 160 x 7 FP 70 x 7

Koreksi modulus

$$\begin{aligned} F &= \text{lebar berguna } (40 - 50) \times t \\ &= 50 \times 0,6 = 30 \\ f_s &= 16 \times 0,7 = 11,2 \\ f &= 7 \times 0,7 = 4,9 \\ f/F &= 0,163 \\ f_s/F &= 0,373 \\ w &= 0,27 \end{aligned}$$



maka

$$\begin{aligned} W &= w.F.h \\ &= 0,27 \times 30 \times 16 = 129,6 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

W rencana > W perhitungan (memenuhi)

#### e. Fore Castle Deck

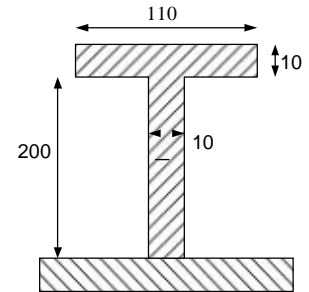
$$W = 0,75 \cdot e \cdot l^2 \cdot P \cdot k \quad (\text{cm}^3)$$

$$\begin{aligned} \text{dimana :} &= 0,75 \cdot 2,4 \cdot (2,5)^2 \cdot 31,971 \cdot 0,91 \\ &= 327,299 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

Profil yang direncanakan T 200 x 10 FP 110 x 10

Koreksi modulus

$$\begin{aligned} F &= \text{lebar berguna } (40 - 50) \times t \\ &= 50 \times 0,8 = 40 \\ f_s &= 20 \times 1 = 20 \\ f &= 11 \times 1 = 11 \\ f/F &= 0,275 \\ f_s/F &= 0,5 \\ w &= 0,41 \end{aligned}$$



maka

$$\begin{aligned} W &= w \cdot F \cdot h \\ &= 0,41 \times 40 \times 20 = 328 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

W rencana > W perhitungan (memenuhi)

## J. PENUMPU GELADAK (DECK GIRDER)

Tinggi penumpu tidak boleh kurang dari 1/25 panjang tak ditumpu tinggi plat bilah hadap, penumpu yang dilubangi (lubang las) untuk balok geladak yang menerus minimal 1,5 x tinggi geladak.

### J.1 Penumpu Tengah (Centre Deck Girder)

$$W = c \cdot e \cdot l^2 \cdot P_D \cdot k \quad (\text{cm}^3)$$

Dimana :

$$\begin{aligned} e &= \text{lebar pembebanan} \\ &= 2,5 \text{ m} \end{aligned}$$

$$c = 0,75$$

$$\begin{aligned} l &= \text{panjang tak ditumpu} \\ &= 2,4 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_D &= \text{beban geladak} \\ &= 24,63 \text{ kN/m}^2 \text{ (untuk daerah buritan)} \\ &= 22,39 \text{ kN/m}^2 \text{ (untuk kamar mesin)} \\ &= 31,97 \text{ kN/m}^2 \text{ (untuk daerah haluan)} \end{aligned}$$

$$k = 0,91 \text{ (Faktor bahan,)}$$

**J.1.1 Modulus penumpu tengah pada daerah buritan tidak boleh kurang dari(BKI 2006 Vol II sec.10 B.4.1) :**

$$\begin{aligned} W &= 0,75 \times 2,5 \times (2,4)^2 \times 24,63 \times 0,91 \\ &= 252,19 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

Profil yang direncanakan T 180 x 12 FP 90 x 12

Koreksi modulus

$$\begin{aligned} F &= \text{lebar berguna } (40 - 50) \times t \\ &= 50 \times 1,1 = 55 \end{aligned}$$

$$f_s = 18 \times 1,2 = 21,6$$

$$f = 9 \times 1,2 = 10,8$$

$$f/F = 0,196$$

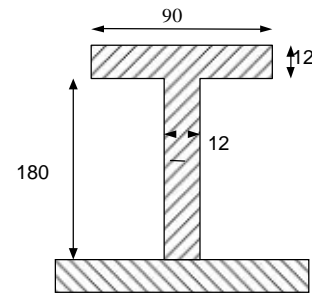
$$f_s/F = 0,393$$

$$w = 0,26$$

maka

$$\begin{aligned} W &= w.F.h \\ &= 0,26 \times 55 \times 18 = 257,4 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

$W \text{ rencana} > W \text{ perhitungan}$  (memenuhi)



**J.1.2 Modulus penampang penumpu tengah geladak pada daerah midship kapal tidak boleh kurang dari :**

$$W = c \cdot e \cdot l^2 \cdot P_D \cdot k \quad (\text{cm}^3)$$

Dimana :

$$\begin{aligned} W &= 0,75 \times 2,5 \times (2,4)^2 \times 22,39 \times 0,91 \\ &= 229,264 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

Profil yang direncanakan T 180 x 10 FP 90 x 10

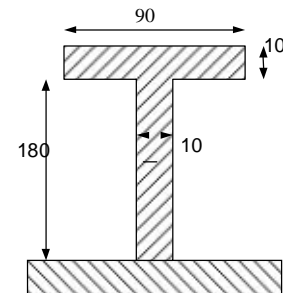
Koreksi modulus

$$\begin{aligned} F &= \text{lebar berguna } (40 - 50) \times t \\ &= 50 \times 1,1 = 55 \end{aligned}$$

$$f_s = 18 \times 1 = 18$$

$$f = 9 \times 1 = 9$$

$$\begin{aligned} f/F &= 0,164 \\ f_s/F &= 0,327 \\ w &= 0,24 \\ \text{maka} \\ W &= w.F.h \\ &= 0,24 \times 55 \times 18 = 237,6 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$



W rencana > W perhitungan (memenuhi)

**J.1.3 Modulus penampang penumpu tengah geladak pada daerah haluan kapal tidak boleh kurang dari :**

$$W = c \cdot e \cdot I^2 \cdot P_D \cdot k \quad (\text{cm}^3)$$

Dimana :

$$\begin{aligned} W &= 0,75 \times 2,5 \times (2,4)^2 \times 31,97 \times 0,91 \\ &= 327,299 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

Profil yang direncanakan T 180 x 13 FP 100 x 13

Koreksi modulus

$$\begin{aligned} F &= \text{lebar berguna } (40 - 50) \times t \\ &= 50 \times 1,1 = 55 \end{aligned}$$

$$f_s = 18 \times 1,3 = 23,4$$

$$f = 10 \times 1,3 = 13$$

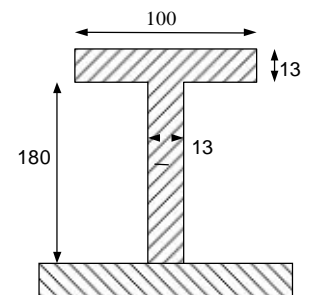
$$f/F = 0,236$$

$$f_s/F = 0,425$$

$$w = 0,35$$

maka

$$\begin{aligned} W &= w.F.h \\ &= 0,35 \times 55 \times 18 = 346,5 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$



W rencana > W perhitungan (memenuhi)

**J.2.1 Penumpu samping (Side Deck Girder)**

$$W = c \cdot e \cdot I^2 \cdot P_D \cdot k \quad (\text{cm}^3)$$

Dimana :

$$\begin{aligned} e &= \text{lebar pembebanan} \\ &= 2,50 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}c &= 0,75 \\l &= \text{panjang tak ditumpu} \\&= 2,4 \text{ m (untuk buritan \& haluan)} \\P_D &= \text{beban geladak} \\&= 20,882 \text{ kN/m}^2 \text{ (untuk daerah buritan)} \\&= 19,662 \text{ kN/m}^2 \text{ (untuk daerah midship)} \\&= 28,175 \text{ kN/m}^2 \text{ (untuk daerah haluan)} \\k &= 0,91 \text{ (Faktor bahan,)}\end{aligned}$$

**J.2.2 Modulus penampang samping pada daerah buritan tidak boleh kurang dari (BKI 2006 Vol II sec.10 B.4.1) :**

$$\begin{aligned}W &= 0,75 \times 2,5 \times (2,4)^2 \times 24,63 \times 0,91 \\&= 252,19 \text{ cm}^3\end{aligned}$$

Profil yang direncanakan T 180 x 12 FP 90 x 12

Koreksi modulus

$$\begin{aligned}F &= \text{lebar berguna (40 – 50) x t} \\&= 50 \times 1,1 = 55\end{aligned}$$

$$f_s = 18 \times 1,2 = 21,6$$

$$f = 9 \times 1,2 = 10,8$$

$$f/F = 0,196$$

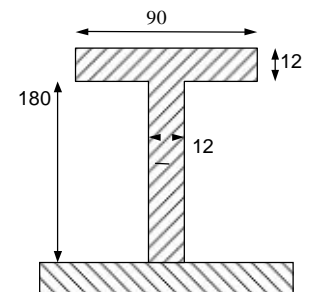
$$f_s/F = 0,393$$

$$w = 0,26$$

maka

$$\begin{aligned}W &= w.F.h \\&= 0,26 \times 55 \times 18 = 257,4 \text{ cm}^3\end{aligned}$$

W rencana > W perhitungan (memenuhi)



**J.2.3 Modulus penampang penumpu samping pada midship**

$$W = c \cdot e \cdot l^2 \cdot P_D \cdot k \quad (\text{cm}^3)$$

Dimana :

$$\begin{aligned}W &= 0,75 \times 2,5 \times (2,4)^2 \times 22,39 \times 0,91 \\&= 229,264 \text{ cm}^3\end{aligned}$$

Profil yang direncanakan T 180 x 10 FP 90 x 10

Koreksi modulus

$$F = \text{lebar berguna } (40 - 50) \times t \\ = 50 \times 1,1 = 55$$

$$f_s = 18 \times 1 = 18$$

$$f = 9 \times 1 = 9$$

$$f/F = 0,164$$

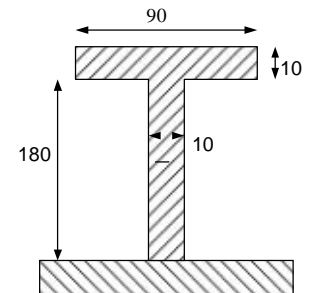
$$f_s/F = 0,327$$

$$w = 0,24$$

maka

$$W = w.F.h \\ = 0,24 \times 55 \times 18 = 237,6 \text{ cm}^3$$

W rencana > W perhitungan (memenuhi)



#### J.2.4 Modulus penampang penumpu ssamping geladak pada daerah haluan

kapal tidak boleh kurang dari :

$$W = c . e . l^2 . P_D . k \quad (\text{cm}^3)$$

Dimana :

$$W = 0,75 \times 2,5 \times (2,4)^2 \times 31,97 \times 0,91 \\ = 327,299 \text{ cm}^3$$

Profil yang direncanakan T 180 x 13 FP 100 x 13

Koreksi modulus

$$F = \text{lebar berguna } (40 - 50) \times t \\ = 50 \times 1,1 = 55$$

$$f_s = 18 \times 1,3 = 23,4$$

$$f = 10 \times 1,3 = 13$$

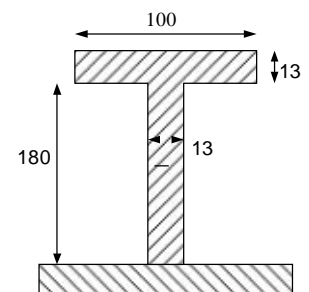
$$f/F = 0,236$$

$$f_s/F = 0,425$$

$$w = 0,35$$

maka

$$W = w.F.h \\ = 0,35 \times 55 \times 18 = 346,5 \text{ cm}^3$$



W rencana > W perhitungan (memenuhi)

### J.2.5 Modulus Penumpu Bangunan Atas

$$W = c \cdot e \cdot l^2 \cdot P \cdot k \quad (\text{cm}^3)$$

Dimana :

- Modulus & perencanaan profil penampang center deck girder & side deck girder :

e = lebar pembebanan

$$= 2,5 \text{ m}$$

c = 0,75

l = panjang tak ditumpu

$$= 2,4 \text{ m}$$

$P_D = 19,215 \text{ KN/m}^2$  (untuk daerah poop deck)

$= 13,795 \text{ KN/m}^2$  (untuk daerah boat deck)

$= 12,317 \text{ KN/m}^2$  (untuk daerah navigation deck)

$= 12,317 \text{ KN/m}^2$  (untuk daerah compass deck)

$= 31,971 \text{ KN/m}^2$  (untuk daerah fore castle deck)

k = 0,91 (Faktor bahan,)

Jadi :

#### J.2.5.1 Modulus penumpu tengah & penumpu samping pada "poop deck" tidak boleh kurang dari:

- Modulus & perencanaan profil penampang CDG & SDG pada poop deck untuk jarak gading  $a = 0,66 \text{ m}$  :

$$W = 0,75 \times 2,5 \times (2,4)^2 \times 19,215 \times 0,91$$

$$= 196,708 \text{ cm}^3$$

Profil yang direncanakan T 180 x 8 FP 90 x 8

Koreksi modulus

F = lebar berguna (40 – 50) x t

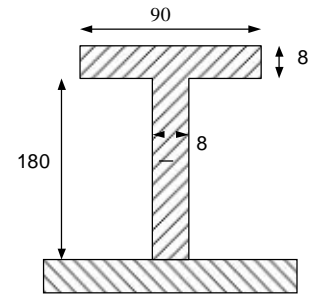
$$= 50 \times 0,7 = 35$$

$f_s = 18 \times 0,8 = 14,4$

$f = 9 \times 0,8 = 7,2$

MT "SADEWA"

$$\begin{aligned} f/F &= 0,206 \\ fs/F &= 0,411 \\ w &= 0,32 \\ \text{maka} \\ W &= w.F.h \\ &= 0,32 \times 35 \times 18 = 201,6 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$



W rencana > W perhitungan (memenuhi)

**J.2.5.2 Modulus penumpu tengah & penumpu samping pada Boat Deck tidak boleh kurang dari :**

a. **Modulus & perencanaan profil penampang CDG & SDG pada boat deck** untuk jarak gading  $a = 0,6 \text{ m}$  :

$$W = c \cdot e \cdot I^2 \cdot P_D \cdot k \quad (\text{cm}^3)$$

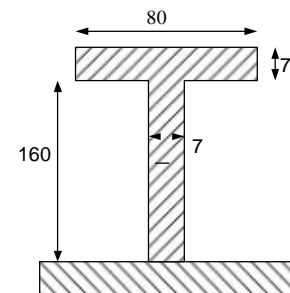
Dimana :

$$\begin{aligned} W &= 0,75 \times 2,5 \times (2,4)^2 \times 13,795 \times 0,91 \\ &= 141,227 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

Profil yang direncanakan T 160 x 7 FP 80 x 7

Koreksi modulus

$$\begin{aligned} F &= \text{lebar berguna } (40 - 50) \times t \\ &= 50 \times 0,6 = 30 \\ fs &= 16 \times 0,7 = 11,2 \\ f &= 8 \times 0,7 = 5,6 \\ f/F &= 0,172 \\ fs/F &= 0,345 \\ w &= 0,28 \end{aligned}$$



maka

$$\begin{aligned} W &= w.F.h \\ &= 0,28 \times 30 \times 16 = 145,6 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

W rencana > W perhitungan (memenuhi)

**b. Modulus penumpu tengah pada Navigation Deck, dan Compass Deck**

$$W = c \cdot e \cdot I^2 \cdot P_D \cdot k \quad (\text{cm}^3)$$

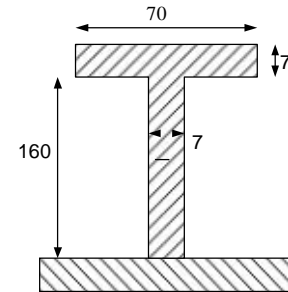
Dimana :

$$\begin{aligned} W &= 0,75 \times 2,5 \times (2,4)^2 \times 12,317 \times 0,91 \\ &= 138,566 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

Profil yang direncanakan T 160 x 7 FP 70 x 7

Koreksi modulus

$$\begin{aligned} F &= \text{lebar berguna } (40 - 50) \times t \\ &= 50 \times 0,6 = 30 \\ f_s &= 16 \times 0,7 = 11,2 \\ f &= 7 \times 0,7 = 4,9 \\ f/F &= 0,163 \\ f_s/F &= 0,373 \\ w &= 0,27 \end{aligned}$$



maka

$$\begin{aligned} W &= w.F.h \\ &= 0,27 \times 30 \times 16 = 129,6 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

W rencana > W perhitungan (memenuhi)

**c. Modulus penumpu tengah pada fore castle Deck**

$$W = c \cdot e \cdot l^2 \cdot P_D \cdot k \quad (\text{cm}^3)$$

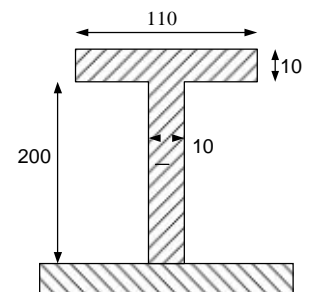
Dimana :

$$\begin{aligned} W &= 0,75 \times 2,5 \times (2,4)^2 \times 31,971 \times 0,91 \\ &= 327,299 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

Profil yang direncanakan T 200 x 10 FP 110 x 10

Koreksi modulus

$$\begin{aligned} F &= \text{lebar berguna } (40 - 50) \times t \\ &= 50 \times 0,8 = 40 \\ f_s &= 20 \times 1 = 20 \\ f &= 11 \times 1 = 11 \\ f/F &= 0,275 \\ f_s/F &= 0,5 \\ w &= 0,41 \end{aligned}$$



maka

$$W = w.F.h$$

$$= 0,41 \times 40 \times 20 = 328 \text{ cm}^3$$

W rencana > W perhitungan (memenuhi)

**K. BULKHEAD (SEKAT KEDAP)**

Sebuah kapal harus mempunyai sekat tubrukan pada haluan, sekat buritan, sekat ruang mesin dan sekat antar ruang muat.

**a. Tebal plat Sekat pada sekat haluan**

Tebal sekat kedap air :

$$T_s = C_p \times a \times \sqrt{P} + t_k \text{ (mm)}$$

(Ref : BKI Th. 2006 Sec. 11.B.2.2.1)

Dimana:

$$C_p = 1,1 \sqrt{f}, \longrightarrow f = \frac{235}{Re.H} \cdot Re H = 265 \text{ N/mm}^2$$

$$= 1,1 \sqrt{0,887} = \frac{235}{265}$$

$$= \mathbf{1,036} = 0,887 \text{ N/mm}^2$$

$$a = \mathbf{0,625}$$
 (sesuai stiffener pada wrang kedap air)

$$P = 9,81 \times h$$

dimana,

$$h = \frac{H - h_{db}}{2} + l$$

$$= \frac{8,10 - 1}{2} + l$$

$$= \mathbf{4,55 \text{ m}}$$

$$P = 9,81 \times 4,55$$

$$= \mathbf{44,636 \text{ kN/m}^2}$$

$$t_k = \mathbf{1,5}$$

jadi,

$$t_{\min} = 6,0 \times \sqrt{f}$$

$$= 6,0 \times \sqrt{0,887}$$

$$= 5,651 = \mathbf{6 \text{ mm}}$$

$$T_s = C_p \times a \times \sqrt{P} + t_k \text{ (mm)}$$

$$= 1,036 \times 0,625 \times \sqrt{44,636} + 1,5 \text{ (mm)}$$

$$= 5,652 \text{ Di rencanakan} = \mathbf{6 \text{ mm}}$$

**b. Tebal plat Sekat pada sekat buritan, depan kamar mesin**

Tebal sekat kedap air :

$$T_s = C_p \times a \times \sqrt{P} + t_k \text{ (mm)}$$

(Ref : BKI Th. 2006 Sec. 11.B.2.2.1)

Dimana:

$$C_p = 1,1 \sqrt{f}, \longrightarrow \quad f = \frac{235}{Re.H} \cdot Re.H = 265 \text{ N/mm}^2$$

$$= 1,1 \sqrt{0,887} \quad = \frac{235}{265}$$

$$= \mathbf{1,036} \quad = 0,887 \text{ N/mm}^2$$

a = **0,625** (sesuai stiffener pada wrang kedap air)

P =  $9,81 \times h$

dimana,

$$h = \frac{H-h_{db}}{2} + l$$

$$= \frac{8,10-1}{2} + l$$

$$= \mathbf{4,55 \text{ m}}$$

P =  $9,81 \times 4,55$

$$= \mathbf{44,636 \text{ kN/m}^2}$$

tk = **1,5**

jadi,

Ts =  $C_p \times a \times \sqrt{P} + tk \text{ (mm)}$

$$= 1,036 \times 0,6 \times \sqrt{44,636} + 1,5 \text{ (mm)}$$

$$= 5,652 \text{ Di rencanakan} = \mathbf{6 \text{ mm}}$$

**c. Modulus Penampang Penegar Sekat Kedap Air**

$$W = C_s \times a \times l^2 \times P \quad (\text{cm}^3)$$

Dimana :

$$C_s = 0,33 \times f$$

$$= 0,33 \times 0,887$$

$$= \mathbf{0,293}$$

$$l = \mathbf{2,4 \text{ m}}$$

$$P = \mathbf{44,636 \text{ kN/m}^2}$$

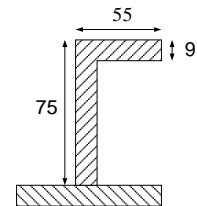
$$a = \mathbf{0,625}$$

maka :

$$W = 0,293 \times 0,625 \times (2,4)^2 \times 44,636$$

$$= \mathbf{47,02 \text{ cm}^3}$$

Profil yang di rencanakan = **L = 75 × 55 × 9**



**Pada bangunan atas dan rumah geladak**

$$W = C_s \times a \times l^2 \times P \quad (\text{cm}^3)$$

Dimana :

$$C_s = 0,33 \times f$$

$$= 0,33 \times 0,887$$

$$= \mathbf{0,293}$$

$$l = \mathbf{2,2 \text{ m}}$$

$$P = \mathbf{24,018 \text{ kN/m}^2} \text{ (pada poop deck)}$$

$$= \mathbf{17,244 \text{ kN/m}^2} \text{ (pada boat deck)}$$

$$= 15,396 \text{ kN/m}^2 \text{ (pada navigation deck)}$$

$$= 15,396 \text{ kN/m}^2 \text{ (pada compass deck)}$$

$$= 39,963 \text{ kN/m}^2 \text{ (pada fore castle deck)}$$

$$a = 0,625$$

maka :

- Penegar (stiffener) untuk Poop Deck  

$$W = 0,293 \times 0,625 \times (2,4)^2 \times 24,018$$

$$= 21,262 \text{ cm}^3$$
 Profil yang di rencanakan = L = 65 × 50 × 5
- Penegar (stiffener) untuk Boat Deck  

$$W = 0,293 \times 0,625 \times (2,4)^2 \times 17,244$$

$$= 15,265 \text{ cm}^3$$
 Profil yang di rencanakan = L = 60 × 40 × 5
- Penegar (stiffener) untuk Navigation Deck  

$$W = 0,293 \times 0,625 \times (2,4)^2 \times 15,396$$

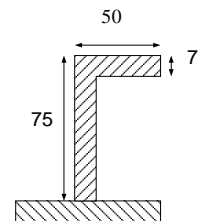
$$= 13,629 \text{ cm}^3$$
 Profil yang di rencanakan = L = 60 × 40 × 5
- Penegar (stiffener) untuk Compass Deck  

$$W = 0,293 \times 0,625 \times (2,4)^2 \times 15,396$$

$$= 13,629 \text{ cm}^3$$
 Profil yang di rencanakan = L = 60 × 40 × 5
- Penegar (stiffener) untuk Fore Castle Deck  

$$W = 0,293 \times 0,625 \times (2,4)^2 \times 39,963$$

$$= 35,377 \text{ cm}^3$$
 Profil yang di rencanakan = L = 75 × 55 × 7



**d. Stiffener pada sekat haluan**

Modulus penampang stiffener antara ruang muat dengan kamar mesin tidak boleh kurang dari :

$$W = C_s \times a \times I^2 \times P \quad (\text{cm}^3)$$

Dimana :

$$C_s = 0,33 \times f$$

$$= 0,33 \times 0,887$$

$$= 0,293$$

$$l = 2,4 \text{ m}$$

$$P = 44,636 \text{ kN/m}^2$$

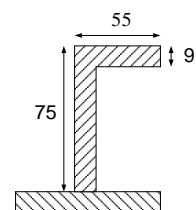
$$a = 0,625$$

maka :

$$W = 0,293 \times 0,625 \times (2,4)^2 \times 44,636$$

$$= 47,02 \text{ cm}^3$$

$$\text{Profil yang di rencanakan} = L = 75 \times 55 \times 9$$



**e. Stiffener pada sekat antara ruang muat dgn kamar mesin**

Modulus penampang stiffener antara ruang muat dengan kamar mesin tidak boleh kurang dari :

$$W = C_s \times a \times l^2 \times P \quad (\text{cm}^3)$$

Dimana :

$$\begin{aligned} C_s &= 0,33 \times f \\ &= 0,33 \times 0,887 \\ &= \mathbf{0,293} \end{aligned}$$

$$l = \mathbf{2,4 \text{ m}}$$

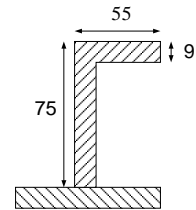
$$P = \mathbf{44,636 \text{ kN/m}^2}$$

$$a = \mathbf{0,625}$$

maka :

$$\begin{aligned} W &= 0,293 \times 0,625 \times (2,4)^2 \times 44,636 \\ &= \mathbf{47,02 \text{ cm}^3} \end{aligned}$$

$$\text{Profil yang di rencanakan} = \mathbf{L = 75 \times 55 \times 9}$$



**f. Stiffener pada sekat Buritan dan sekat depan kamar mesin :**

Modulus penampang stiffener antara ruang muat dengan kamar mesin tidak boleh kurang dari :

$$W = C_s \times a \times l^2 \times P \quad (\text{cm}^3)$$

Dimana :

$$\begin{aligned} C_s &= 0,33 \times f \\ &= 0,33 \times 0,887 \\ &= \mathbf{0,293} \end{aligned}$$

$$l = \mathbf{2,4 \text{ m}}$$

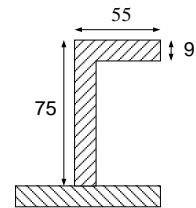
$$P = \mathbf{44,636 \text{ kN/m}^2}$$

$$a = \mathbf{0,625}$$

maka :

$$\begin{aligned} W &= 0,293 \times 0,625 \times (2,4)^2 \times 44,636 \\ &= \mathbf{47,02 \text{ cm}^3} \end{aligned}$$

$$\text{Profil yang di rencanakan} = \mathbf{L = 75 \times 55 \times 9}$$



**K.1 WEB STIFFENER**

**a. Modulus web stiffener sekat tubrukan dan sekat kamar mesin dan sekat lain pada tengah kapal tidak boleh kurang dari**

$$W = C_s \cdot e \cdot l^2 \cdot P \cdot k \quad (\text{cm}^3)$$

Dimana

$$C_s = 0,293$$

$$e = \text{lebar pembebanan} = 2,5$$

$$l = \text{panjang tak di tumpu} = 2,4 \text{ m}$$

$$p = 44,636 \text{ KN/m}^2$$

$$k = 0,91$$

jadi

$$W = 0,293 \times 2,5 \times (2,4)^2 \times 44,636 \times 0,91$$
$$= 188,326 \text{ cm}^3$$

Profil yang direncanakan **T 240 x 10 FP 120 x 10**

Koreksi modulus (40 ~ 50 )  $t = 50 \times 0,6 = 30$

$$F = 50 \times 0,6 = 30$$

$$f_s = 24 \times 1 = 24$$

$$f = 12 \times 1 = 12$$

$$f/F = 0,4$$

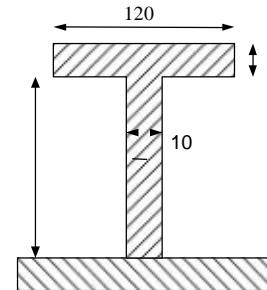
$$f_s/F = 0,8$$

$$w = 0,27$$

maka

$$W = w \times F \times h$$
$$= 0,27 \times 30 \times 24 = 194,4 \text{ cm}^3$$

W rencana > W perhitungan (memenuhi)



## **b. Web Stiffener Bangunan Atas**

### **1. Poop Deck**

$$W = C_s \cdot e \cdot l^2 \cdot p \cdot k \quad (\text{cm}^3)$$

Dimana:

$$C_s = 0,293$$

e = lebar pembebanan

$$= 2,5 \text{ m}$$

l = panjang tak ditumpu = 2,2 m

$$p = 24,018 \text{ kN/m}^2$$

$$k = 0,91$$

jadi

$$W = 0,293 \times 2,5 \times (2,2)^2 \times 24,018 \times 0,91$$
$$= 77,488 \text{ cm}^3$$

Profil yang direncanakan **T 150 x 10 FP 70 x 10**

Koreksi modulus (40 ~ 50 )  $t = 50 \times 0,6 = 27,5$

$$F = 50 \times 0,6 = 27,5$$

$$f_s = 15 \times 1 = 15$$

$$f = 7 \times 1 = 7$$

$$f/F = 0,25$$

$$f_s/F = 0,55$$

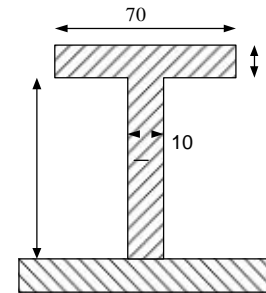
$$w = 0,19$$

maka

$$W = w \times F \times h$$

$$= 0,19 \times 27,5 \times 15 = 7,375 \text{ cm}^3$$

W rencana > W perhitungan (memenuhi)



## 2. Boat Deck

Dimana:

$$p = 18,369 \text{ KN/m}^2$$

jadi

$$W = 0,293 \times 2,5 \times (2,2)^2 \times 24,018 \times 0,91$$
$$= 77,488 \text{ cm}^3$$

Profil yang direncanakan **T 150 x 10 FP 70 x 10**

Koreksi modulus (40 ~ 50 )  $t = 50 \times 0,6 = 27,5$

$$F = 50 \times 0,6 = 27,5$$

$$f_s = 15 \times 1 = 15$$

$$f = 7 \times 1 = 7$$

$$f/F = 0,25$$

$$f_s/F = 0,55$$

$$w = 0,19$$

maka

$$W = w \times F \times h$$

$$= 0,19 \times 27,5 \times 15 = 7,375 \text{ cm}^3$$

W rencana > W perhitungan (memenuhi)

## 3. Navigation Deck dan Compass Deck

Dimana:

$$p = 16,401 \text{ KN/m}^2$$

jadi

$$W = 0,293 \times 2,5 \times (2,2)^2 \times 24,018 \times 0,91$$
$$= 77,488 \text{ cm}^3$$

Profil yang direncanakan **T 150 x 10 FP 70 x 10**

Koreksi modulus (40 ~ 50 )  $t = 50 \times 0,6 = 27,5$

$$F = 50 \times 0,6 = 27,5$$

$$f_s = 15 \times 1 = 17,6$$

$$f = 7 \times 1 = 8,8$$

$$f/F = 0,25$$

$$f_s/F = 0,55$$

$$w = 0,19$$

maka

$$W = w \times F \times h$$
$$= 0,19 \times 27,5 \times 15 = 7,375 \text{ cm}^3$$

W rencana > W perhitungan (memenuhi)

#### **4. Fore Castle Deck**

Dimana:

$$p = 41,251 \text{ KN/m}^2$$

jadi

$$W = 0,293 \times 2,5 \times (2,2)^2 \times 24,018 \times 0,91$$
$$= 77,488 \text{ cm}^3$$

Profil yang direncanakan **T 150 x 10 FP 70 x 10**

Koreksi modulus (40 ~ 50 )  $t = 50 \times 0,6 = 27,5$

$$F = 50 \times 0,6 = 27,5$$

$$f_s = 15 \times 1 = 17,6$$

$$f = 7 \times 1 = 8,8$$

$$f/F = 0,25$$

$$f_s/F = 0,55$$

$$w = 0,19$$

maka

$$W = w \times F \times h$$
$$= 0,19 \times 27,5 \times 15 = 7,375 \text{ cm}^3$$

W rencana > W perhitungan (memenuhi)

## K.2 SEKAT KEDAP MINYAK MEMBUJUR DAN MELINTANG

(LONGITUDINAL OIL TIGHT BULKHEAD) / BKI 2006 VOL II sec.  
(24.A.13)

### K.1.1 Tebal sekat kedap minyak membujur dan melintang

$$\begin{aligned}t_{\min} &= 6,5 + 0,02 (L) \\ &= 6,5 + 0,02 (105,54) \\ &= 8,611 \text{ mm} \approx 9 \text{ mm}\end{aligned}$$

### K.1.2 Modulus stiffener sekat kedap minyak membujur (sec. 24 F. 3.1)

$$W = 0,44 \cdot a \cdot l^2 \cdot P_2 \cdot k \quad (\text{cm}^3)$$

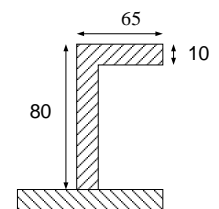
Dimana :

$$\begin{aligned}a &= 0,6 \text{ m} \\ l &= \text{Panjang tak ditumpu} \\ &= 2,4 \text{ m} \\ P &= 9,81 \times h \\ &\text{dimana,} \\ h &= \frac{H - h_{db}}{2} + l \\ &= \frac{8,10 - 1}{2} + l \\ &= 4,55 \text{ m} \\ P &= 9,81 \times 4,55 \\ &= 44,636 \text{ kN/m}^2 \\ k &= 0,91\end{aligned}$$

jadi

$$\begin{aligned}W &= 0,44 \cdot 0,6 \cdot (2,4)^2 \cdot 44,636 \cdot 0,91 \\ &= 61,767 \text{ cm}^3\end{aligned}$$

Profil yang direncanakan L 80 x 65 x 10



### K.1.5 Modulus Web stiffener sekat kedap minyak melintang

$$W = C_s \cdot e \cdot l^2 \cdot P \cdot k \quad (\text{cm}^3)$$

Dimana

$$C_s = 0,293$$

$$e = \text{lebar pembebanan} = 2,5$$

$l$  = panjang tak di tumpu = 2,4 m

$p$  = 44,636 KN/m<sup>2</sup>

$k$  = 0,91

jadi

$$W = 0,293 \times 2,5 \times (2,4)^2 \times 44,636 \times 0,91$$

$$= 188,326 \text{ cm}^3$$

Profil yang direncanakan **T 180 x 10 FP 90 x 10**

Koreksi modulus (40 ~ 50 )  $t = 50 \times 0,6 = 30$

$$F = 50 \times 0,6 = 30$$

$$f_s = 18 \times 1 = 18$$

$$f = 9 \times 1 = 9$$

$$f/F = 0,3$$

$$f_s/F = 0,6$$

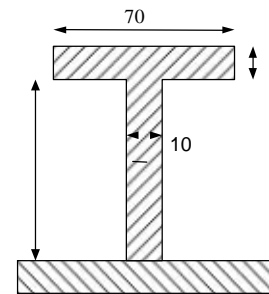
$$w = 0,35$$

maka

$$W = w \times F \times h$$

$$= 0,35 \times 30 \times 18 = 189 \text{ cm}^3$$

$W$  rencana >  $W$  perhitungan (memenuhi)



#### K.1.4 Modulus stiffener sekat kedap minyak melintang (sec. 24 F. 3.1)

$$W = 0,44 \cdot a \cdot l^2 \cdot P_2 \cdot k \quad (\text{cm}^3)$$

Dimana :

$$a = 0,625 \text{ m}$$

$$l = \text{Panjang tak ditumpu}$$

$$= 2,4 \text{ m}$$

$$P = 9,81 \times h$$

dimana,

$$h = \frac{H - h_{fl}}{2} + l$$

$$= \frac{8,10 - 1}{2} + l$$

$$= 4,55 \text{ m}$$

$$P = 9,81 \times 4,63$$

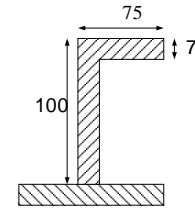
$$= 44,636 \text{ kN/m}^2$$

$$k = 0,91$$

jadi

$$W = 0,44 \cdot 0,625 \cdot (2,4)^2 \cdot 44,636 \cdot 0,91 \\ = 64,34 \text{ cm}^3$$

Profil yang direncanakan L 100 x 75 x 7



### K.1.5 Modulus Web stiffener sekat kedap minyak melintang

$$W = C_s \cdot e \cdot l^2 \cdot P \cdot k \quad (\text{cm}^3)$$

Dimana

$$C_s = 0,293$$

$$e = \text{lebar pembebanan} = 2,5$$

$$l = \text{panjang tak di tumpu} = 2,4 \text{ m}$$

$$p = 44,636 \text{ KN/m}^2$$

$$k = 0,91$$

jadi

$$W = 0,293 \times 2,5 \times (2,4)^2 \times 44,636 \times 0,91 \\ = 188,326 \text{ cm}^3$$

Profil yang direncanakan T 240 x 10 FP 120 x 10

Koreksi modulus (40 ~ 50)  $t = 50 \times 0,6 = 30$

$$F = 50 \times 0,6 = 30$$

$$f_s = 24 \times 1 = 24$$

$$f = 12 \times 1 = 12$$

$$f/F = 0,4$$

$$f_s/F = 0,8$$

$$w = 0,27$$

maka

$$W = w \times F \times h \\ = 0,27 \times 30 \times 24 = 194,4 \text{ cm}^3$$

W rencana > W perhitungan (memenuhi)

## L. BRACKET

Tebal dari bracket tidak boleh kurang dari

$$t = c \times \sqrt[3]{\frac{W}{k_1}} + tk$$

(Ref : BKI Th. 2006 Sec. 3.D.2.2)

Panjang lengan dari bracket tidak boleh kurang dari

$$l = 50,6 \times \sqrt{\frac{W \times k_2}{t \times k_1}} \text{ mm}$$

(Ref : BKI Th. 2006 Sec. 3.D.2.3)

Dimana :

$$tk = 1,5$$

$$k_1 = 1,0$$

$$k_2 = 0,91$$

$$c = 1,2 \text{ (for non flanged bracket)}$$

$$c = 0,95 \text{ (for flanged bracket)}$$

$$t_{\min} = 6,5 \text{ mm}$$

$$l_{\min} = 100 \text{ mm}$$

- a. bracket untuk menghubungkan **gading dengan plat alas dalam**, yang mana diatur oleh bagian yang lebih kecil.

### 1. Tebal bracket

$$w = 27,265 \text{ (Diambil dari modulus gading terkecil)}$$

Direncanakan **non flanged bracket**

Tebal dari bracket tidak boleh kurang dari :

$$\begin{aligned} t &= c \times \sqrt[3]{\frac{W}{k_1}} + tk \\ &= 1,2 \times \sqrt[3]{\frac{27,265}{1}} + 1,5 \\ &= 6,396 \text{ Direncanakan} = 7 \text{ mm} \end{aligned}$$

### 2. Panjang lengan

$$\begin{aligned} l &= 50,6 \times \sqrt{\frac{W \times k_2}{t \times k_1}} \text{ mm} \\ l &= 50,6 \times \sqrt{\frac{27,265 \times 0,91}{7,0 \times 1,0}} \text{ mm} \\ &= 95,26 \text{ mm Direncanakan} = 100 \text{ mm} \end{aligned}$$

- b. bracket untuk menghubungkan **gading dengan Balok geladak**, yang mana diatur oleh bagian yang lebih kecil.

### 1. Tebal bracket

$$w = 78,809 \text{ (Diambil dari modulus balok geladak terkecil)}$$

Direncanakan **flanged bracket**

Tebal dari bracket tidak boleh kurang dari :

$$\begin{aligned}t &= c \times \sqrt[3]{\frac{W}{k1}} + tk \\ &= 0,95 \times \sqrt[3]{\frac{78,809}{1}} + 1,5 \\ &= 5,57 \text{ Direncanakan} = \mathbf{6 \text{ mm}}\end{aligned}$$

## 2. Panjang lengan

$$\begin{aligned}l &= 50,6 \times \sqrt{\frac{W \times k2}{t \times k1}} \text{ mm} \\ l &= 50,6 \times \sqrt{\frac{78,809 \times 0,91}{6,0 \times 1,0}} \text{ mm} \\ &= 174,938 \text{ mm Direncanakan} = \mathbf{200 \text{ mm}}\end{aligned}$$

- c. bracket untuk menghubungkan **gading dengan Balok geladak bangunan atas**, yang mana diatur oleh bagian yang lebih kecil.

### 1. Tebal bracket

$$w = \mathbf{61,471} \text{ (Diambil dari modulus balok geladak poop deck)}$$

Direncanakan **flanged bracket**

Tebal dari bracket tidak boleh kurang dari :

$$\begin{aligned}t &= c \times \sqrt[3]{\frac{W}{k1}} + tk \\ &= 0,95 \times \sqrt[3]{\frac{61,471}{1}} + 1,5 \\ &= 5,25 \text{ Direncanakan} = \mathbf{6 \text{ mm}}\end{aligned}$$

## 2. Panjang lengan

$$\begin{aligned}l &= 50,6 \times \sqrt{\frac{W \times k2}{t \times k1}} \text{ mm} \\ l &= 50,6 \times \sqrt{\frac{61,471 \times 0,91}{6,0 \times 1,0}} \text{ mm} \\ &= 154,5 \text{ mm Direncanakan} = \mathbf{200 \text{ mm}}\end{aligned}$$

**Pada bagian midship**

- a. bracket untuk menghubungkan **side transversal dengan alas dalam**, yang mana diatur oleh bagian yang lebih kecil.

### 1. Tebal bracket

$$w = \mathbf{229,264} \text{ (Diambil dari modulus side transversal terkecil)}$$

Direncanakan **non flanged bracket**

Tebal dari bracket tidak boleh kurang dari :

$$t = c \times \sqrt[3]{\frac{W}{k1}} + tk$$

$$= 1,2 \times \sqrt[3]{\frac{229,264}{1}} + 1,5$$
$$= 8,85 \text{ Direncanakan} = \mathbf{9 \text{ mm}}$$

**2. Panjang lengan**

$$l = 50,6 \times \sqrt{\frac{W \times k2}{t \times k1}} \text{ mm}$$
$$l = 50,6 \times \sqrt{\frac{229,264 \times 0,91}{9 \times 1,0}} \text{ mm}$$
$$= 243,623 \text{ mm Direncanakan} = \mathbf{250 \text{ mm}}$$

- b. bracket untuk menghubungkan **side transversal dengan deck transversal**, yang mana diatur oleh bagian yang lebih kecil.

**1. Tebal bracket**

$$w = \mathbf{229,264} \text{ (Diambil dari modulus side transversal terkecil)}$$

Direncanakan **non flanged bracket**

Tebal dari bracket tidak boleh kurang dari :

$$t = c \times \sqrt[3]{\frac{W}{k1}} + tk$$
$$= 1,2 \times \sqrt[3]{\frac{229,264}{1}} + 1,5$$
$$= 8,85 \text{ Direncanakan} = \mathbf{9 \text{ mm}}$$

**2. Panjang lengan**

$$l = 50,6 \times \sqrt{\frac{W \times k2}{t \times k1}} \text{ mm}$$
$$l = 50,6 \times \sqrt{\frac{229,264 \times 0,91}{9 \times 1,0}} \text{ mm}$$
$$= 243,623 \text{ mm Direncanakan} = \mathbf{250 \text{ mm}}$$