

BAB V

SHELL EXPANSION

A. PERHITUNGAN BEBAN

A.1. Beban Geladak Cuaca (Load and Weather Deck)

Yang dianggap sebagai geladak cuaca adalah semua geladak yang bebas kecuali geladak yang tidak efektif yang terletak di belakang 0,15L dari garis tegak haluan.

Beban geladak cuaca dihitung berdasar rumus *BKI 2001 Vol II Sect 4.B.1*

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

Dimana

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

$$C_o = \frac{L}{25} + 4,1 \quad \text{untuk } L < 90$$

$$C_o = \frac{49,15}{25} + 4,1$$

$$C_o = 6,066$$

$$C_L = \sqrt{\frac{L}{90}} \quad \text{untuk } L < 90$$

$$= \sqrt{\frac{49,15}{90}}$$

$$= 0,739$$

$$C_b = 0,54$$

- f1 = 1,0 ; faktor kemungkinan, untuk plat kulit dan geladak cuaca.
- f2 = 0.75 ; faktor kemungkinan, untuk menghitung frame, deck beam.
- f3 = 0,60 ; faktor kemungkinan untuk web frame, stringer, grillage system.
- z = Jarak vertikal dari pusat beban ke base line
= H
= 3.8 m

Jadi :

- Untuk menghitung plat kulit dan geladak cuaca.

$$\begin{aligned}
 P_o &= 2,1 \times (0,54 + 0,7) \times 6,066 \times 0.739 \times 1,0 \\
 &= \mathbf{11,673 \text{ KN/m}^2}
 \end{aligned}$$

- Untuk menghitung frame, deck beam.

$$\begin{aligned}
 P_o &= 2,1 \times (0,54 + 0,7) \times 6,066 \times 0.739 \times 0,75 \\
 &= \mathbf{8,754 \text{ KN/m}^2}
 \end{aligned}$$

- Untuk menghitung web frame, stringer, grillage system.

$$\begin{aligned}
 P_o &= 2,1 \times (0,54 + 0,7) \times 6,066 \times 0.739 \times 0,60 \\
 &= \mathbf{7,003 \text{ KN/m}^2}
 \end{aligned}$$

C_{D1} = faktor pembebanan

$$\begin{aligned}
 C_{D1} &= 1,2 - x/L \quad , \quad x/L = 0,1 \text{ (buritan kapal)} \\
 &= 1,2 - 0,1 \\
 &= 1,1
 \end{aligned}$$

C_{D2} = 1,0 (tengah kapal)

C_{D3} = 1,0 + c/3 (x/L - 0,7), x/L =0,931

Dimana :

$$\begin{aligned}
 c &= 0,15L - 10 \quad L_{\min} = 100 \text{ m}, L_{\max} = 200 \text{ m}, \text{ diambil } L = 100 \\
 &= (0,15 \times 100) - 10
 \end{aligned}$$

$$= 5$$

$$C_{D3} = 1,0 + 5/3 (0,93 - 0,7)$$

$$= 1,38$$

1. Beban geladak untuk menghitung plat kulit dan geladak cuaca.

a. Beban geladak untuk daerah $0 \leq X/L < 0,2$ buritan kapal adalah :

$$P_{D1} = 11.67 \times \frac{20 \times 3,2}{(10 + 3,8 - 3,2) \times 3,8} \times 1,1$$

$$= \mathbf{20,40 \text{ KN/m}^2}$$

b. Beban geladak untuk daerah $0,2 < X/L < 0,7$ tengah kapal adalah :

$$P_{D1} = 11.67 \times \frac{20 \times 3,2}{(10 + 3,8 - 3,2) \times 3,8} \times 1,0$$

$$= \mathbf{18,55 \text{ KN/m}^2}$$

c. Beban geladak untuk daerah $0,7 \leq x/L \leq 1,0$ haluan kapal adalah :

$$P_{D1} = 11.67 \times \frac{20 \times 3,2}{(10 + 3,8 - 3,2) \times 3,8} \times 1,38$$

$$= \mathbf{25,66 \text{ KN/m}^2}$$

2. Beban geladak untuk menghitung main frame dan deck beam.

a. Beban geladak untuk daerah $0 \leq X/L < 0,2$ buritan kapal adalah :

$$P_{D1} = 8,754 \times \frac{20 \times 3,2}{(10 + 3,8 - 3,2) \times 3,8} \times 1,1$$

$$= \mathbf{15,30 \text{ KN/m}^2}$$

b. Beban geladak untuk daerah $0,2 < X/L < 0,7$ tengah kapal adalah :

$$P_{D1} = 8,754 \times \frac{20 \times 3,2}{(10 + 3,8 - 3,2) \times 3,8} \times 1,0$$

$$= \mathbf{13,91 \text{ KN/m}^2}$$

c. Beban geladak untuk daerah $0,7 \leq x/L \leq 1,0$ haluan kapal adalah :

$$P_{D1} = 8,754 \times \frac{20 \times 3,2}{(10 + 3,8 - 3,2) \times 3,8} \times 1,38$$

$$= 19,24 \text{ KN/m}^2$$

3. Beban geladak untuk menghitung web frame, stringer, grillage system.

a. Beban geladak untuk daerah $0 \leq X/L < 0,2$ buritan kapal adalah :

$$P_{D1} = 7,003 \times \frac{20 \times 3,2}{(10 + 3,8 - 3,2) \times 3,8} \times 1,1$$

$$= 12,24 \text{ KN/m}^2$$

b. Beban geladak untuk daerah $0,2 < X/L < 0,7$ tengah kapal adalah :

$$P_{D1} = 7,003 \times \frac{20 \times 3,2}{(10 + 3,8 - 3,2) \times 3,8} \times 1,0$$

$$= 11,13 \text{ KN/m}^2$$

c. Beban geladak untuk daerah $0,7 \leq x/L \leq 1,0$ haluan kapal adalah :

$$P_{D1} = 7,003 \times \frac{20 \times 3,2}{(10 + 3,8 - 3,2) \times 3,8} \times 1,38$$

$$= 15,39 \text{ KN/m}^2$$

A.2 Beban geladag pada Bangunan Atas dan rumah geladag.

Dihitung berdasarkan formula sebagai berikut ; BKI sec. 4 (4 – 3) 5.1 2001

$$PD_A = Pd . n \quad (\text{KN/m}^2)$$

Dimana :

- $Pd = 20,40 \text{ KN/m}^2$; untuk menghitung plat dan geladak cuaca.
- $Pd = 15,30 \text{ KN/m}^2$; untuk menghitung main frame dan deck beam.
- $Pd = 12,24 \text{ KN/m}^2$; untuk menghitung web frame, stringer, grillage system.

Z = Jarak vertikal dari pusat beban ke base line dan pada

Bangunan atas

Z	= 3,8 m		main deck.
Z ₁	= Z ₁ + 2,2	= 3,8 + 2,2	= 6,0 m poop deck
Z ₂	= Z ₂ + 2,2	= 6,0 + 2,2	= 8,2 m navigation deck
Z ₃	= Z ₃ + 2,2	= 8,2 + 2,2	= 10,4 m compas deck

$$n_1 = \left(1 - \frac{z_1 - H}{10} \right) \quad \text{untuk poop deck}$$

$$= \left(1 - \frac{6,0 - 3,8}{10} \right) = 0,78$$

$$n_2 = \left(1 - \frac{z_2 - H}{10} \right) \quad \text{untuk navigation deck}$$

$$= \left(1 - \frac{8,2 - 3,8}{10} \right) = 0,56$$

$$n_3 = \left(1 - \frac{z_3 - H}{10} \right) \quad \text{untuk compas deck}$$

$$= \left(1 - \frac{10,4 - 3,8}{10} \right) = 0,34$$

$$n_4 = 1,0 \quad \text{untuk fore castle deck}$$

$$n_{\min} = 0.5$$

a. Beban pada Poop Deck

$$PD_A = Pd \cdot n \quad (KN/m^2)$$

- Untuk menghitung plat kulit dan geladak cuaca.

$$\begin{aligned} PD_A &= Pd \cdot n \quad (KN/m^2) \\ &= 20,40 \times 0,78 \\ &= \mathbf{15,913 \text{ KN/m}^2} \end{aligned}$$

- Untuk menghitung main frame dan deck beam.

$$\begin{aligned} PD_A &= Pd \cdot n \quad (KN/m^2) \\ &= 15,30 \times 0,78 \\ &= \mathbf{11,935 \text{ KN/m}^2} \end{aligned}$$

- Untuk menghitung untuk menghitung web frame, stringer, grillage system.

$$\begin{aligned} PD_A &= Pd \cdot n \quad (KN/m^2) \\ &= 12,24 \times 0,78 \\ &= \mathbf{9,548 \text{ KN/m}^2} \end{aligned}$$

b. Beban sisi pada Navigation Deck

$$PD_A = Pd \cdot n \quad (KN/m^2)$$

- Untuk menghitung plat kulit dan geladak cuaca.

$$\begin{aligned} PD_A &= Pd \cdot n \quad (KN/m^2) \\ &= 20,40 \times 0,56 \\ &= \mathbf{11,425 \text{ KN/m}^2} \end{aligned}$$

- Untuk menghitung main frame dan deck beam.

$$\begin{aligned} PD_A &= Pd \cdot n \quad (KN/m^2) \\ &= 15,30 \times 0,56 \\ &= \mathbf{8,569 \text{ KN/m}^2} \end{aligned}$$

- Untuk menghitung untuk menghitung web frame, stringer, grillage system.

$$\begin{aligned} PD_A &= Pd \cdot n \quad (KN/m^2) \\ &= 12,24 \times 0,56 \end{aligned}$$

$$= \mathbf{6,855 \text{ KN/m}^2}$$

c. Beban sisi pada Compass Deck

$$PD_A = Pd \cdot n \text{ (KN/m}^2 \text{)}$$

- Untuk menghitung plat kulit dan geladak cuaca.

$$\begin{aligned} PD_A &= Pd \cdot n \text{ (KN/m}^2 \text{)} \\ &= 20,40 \times 0,5 \\ &= \mathbf{10,20 \text{ KN/m}^2} \end{aligned}$$

- Untuk menghitung main frame dan deck beam.

$$\begin{aligned} PD_A &= Pd \cdot n \text{ (KN/m}^2 \text{)} \\ &= 15,30 \times 0,5 \\ &= \mathbf{7,65 \text{ KN/m}^2} \end{aligned}$$

- Untuk menghitung untuk menghitung web frame, stringer, grillage system.

$$\begin{aligned} PD_A &= Pd \cdot n \text{ (KN/m}^2 \text{)} \\ &= 12,24 \times 0,5 \\ &= \mathbf{6,12 \text{ KN/m}^2} \end{aligned}$$

d. Beban sisi pada Fore Castle Deck

$$PD_A = Pd \cdot n \text{ (KN/m}^2 \text{)}$$

- Untuk menghitung plat kulit dan geladak cuaca.

$$\begin{aligned} PD_A &= Pd \cdot n \text{ (KN/m}^2 \text{)} \\ &= 20,40 \times 1 \\ &= \mathbf{20,40 \text{ KN/m}^2} \end{aligned}$$

- Untuk menghitung main frame dan deck beam.

$$\begin{aligned} PD_A &= Pd \cdot n \text{ (KN/m}^2 \text{)} \\ &= 15,30 \times 1 \\ &= \mathbf{15,30 \text{ KN/m}^2} \end{aligned}$$

- Untuk menghitung untuk menghitung web frame, stringer, grillage system.

$$\begin{aligned} PD_A &= Pd \cdot n \text{ (KN/m}^2 \text{)} \\ &= 12,24 \times 1 \end{aligned}$$

= 12,24 KN/m²

A.3 Beban Sisi Geladak

Beban sisi geladak dihitung menurut rumus *BKI 1996 Vol II Sect. 4.B.2.1*

A.3.1. Dibawah Garis Air Muat

Beban sisi geladak dibawah garis air muat dihitung berdasarkan rumus *BKI 2001 Volume II Section 4.B.2.1.1.*

$$P_s = 10 \cdot (T - Z) + P_o \cdot C_F \cdot (1 + z/T) \quad (KN/m^2)$$

z = Jarak vertikal dari pusat beban ke base line

$$= 1/3 \times T = 1/3 \times 3,2$$

$$= \mathbf{1,067 \text{ m}}$$

$$P_{o1} = 11,673 \quad KN/m^2 \text{ ; untuk plat kulit dan geladag cuaca..}$$

$$P_{o2} = 8,754 \quad KM/m^2 \text{ ; untuk frame dan deck beam.}$$

$$P_{o3} = 7,003 \quad KN/m^2 \text{ ; untuk web frame, stringer, grillage system.}$$

$$C_F = 1,0 + \frac{5}{C_b}(0,2 - x/L) \text{ (buritan kapal) diambil } 0,1$$

$$= 1,0 + \frac{5}{0,54}(0,2 - 0,1)$$

$$= \mathbf{1,925}$$

$$C_F = \mathbf{1,00} \text{ untuk (tengah kapal)}$$

$$C_F = 1,0 + \frac{20}{C_b}(x/L - 0,7)^2 \text{ (haluan kapal)}$$

$$= 1,0 + \frac{20}{0,54}(0,93 - 0,7)^2$$

$$= \mathbf{1,574}$$

1. Beban geladak untuk menghitung plat kulit dan geladag cuaca.

a. Beban sisi untuk daerah buritan kapal

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

$$P_{s1} = 10 \times (3.2-1,067)+11,673 \times 1,925 \times (1+ 1,067/3.2) \\ = \mathbf{51,29 \text{ KN/m}^2}$$

b. Beban sisi untuk daerah tengah kapal

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

$$P_{s1} = 10 \times (3.2-1,067)+11,673 \times 1,0 \times (1+ 1,067/3.2) = \\ \mathbf{36,90 \text{ KN/m}^2}$$

c. Beban sisi untuk daerah haluan kapal

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

$$P_{s1} = 10 \times (3.2-1,067)+11,673 \times 1,574 \times (1+ 1,067/3.2) \\ = \mathbf{45,76 \text{ KN/m}^2}$$

2. Beban geladak untuk menghitung main frame dan deck beam.

a. Beban sisi untuk daerah buritan kapal

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

$$P_{s1} = 10 \times (3.2-1,067)+8,754 \times 1,925 \times (1+ 1,067/3.2) \\ = \mathbf{43,80 \text{ KN/m}^2}$$

b. Beban sisi untuk daerah tengah kapal

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

$$P_{s1} = 10 \times (3.2-1,067)+8,754 \times 1, \times (1+ 1,067/3.2) \\ = \mathbf{33,01 \text{ KN/m}^2}$$

c. Beban sisi untuk daerah haluan kapal

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

$$P_{s1} = 10 \times (3.2-1,067)+8,754 \times 1,574 \times (1+ 1,067/3.2) \\ = \mathbf{39,655 \text{ KN/m}^2}$$

3. Beban geladak untuk menghitung web frame, stringer, grillage system.

- a. Beban sisi untuk daerah buritan kapal

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

$$\begin{aligned} P_{s1} &= 10 \times (3.2-1,067)+7,003 \times 1,925 \times (1+ 1,067/3.2) \\ &= \mathbf{39,31 \text{ KN/m}^2} \end{aligned}$$

- b. Beban sisi untuk daerah tengah kapal

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

$$\begin{aligned} P_{s1} &= 10 \times (3.2-1,067)+7,003 \times 1 \times (1+ 1,067/3.2) \\ &= \mathbf{30,67 \text{ KN/m}^2} \end{aligned}$$

- c. Beban sisi untuk daerah haluan kapal

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

$$\begin{aligned} P_{s1} &= 10 \times (3.2-1,067)+7,003 \times 1,574 \times (1+ 1,067/3.2) \\ &= \mathbf{35,99 \text{ KN/m}^2} \end{aligned}$$

A.3.2. Diatas Garis Air Muat

Beban sisi geladak diatas garis air muat dihitung berdasarkan

rumus *BKI 2001 Volume II Section 4.B.2.1.2.*

$$P_s = P_o \cdot C_F \frac{20}{10 + Z - T} \quad (\text{KN/m}^2)$$

z = Jarak vertikal dari pusat beban ke base line

$$= T + \frac{1}{2}(H-T) = 3,2 + \frac{1}{2} (3,8 - 3,2)$$

$$= \mathbf{3,5 \text{ m}}$$

$$P_{o1} = 11,673 \quad \text{KN/m}^2 \quad ; \text{ untuk plat kulit dan geladag cuaca..}$$

$$P_{o2} = 8,754 \quad \text{KM/m}^2 \quad ; \text{ untuk frame dan deck beam.}$$

$$P_{o3} = 7,003 \quad \text{KN/m}^2 \quad ; \text{ untuk web frame, stringer, grillage.}$$

$$C_{F1} = 1.925 \quad \text{untuk buritan kapal.}$$

$$C_{F2} = 1,0 \quad \text{untuk midship kapal}$$

$$C_{F3} = 1,574 \quad \text{untuk haluan kapal}$$

1. Beban geladak untuk menghitung plat kulit dan geladag cuaca.

a. Beban sisi untuk daerah buritan kapal

$$\begin{aligned} P_{S1} &= 11,673 \times 1,925 \times \frac{20}{10 + (3,5 - 3,2)} \\ &= \mathbf{43,63 \text{ KN/m}^2} \end{aligned}$$

b. Beban sisi untuk daerah tengah kapal

$$\begin{aligned} P_{S2} &= 11,673 \times 1,0 \times \frac{20}{10 + (3,5 - 3,2)} \\ &= \mathbf{22,67 \text{ KN/m}^2} \end{aligned}$$

c. Beban sisi untuk daerah haluan kapal

$$\begin{aligned} P_{S3} &= 11,673 \times 1,574 \times \frac{20}{10 + (3,5 - 3,2)} \\ &= \mathbf{35,64 \text{ KN/m}^2} \end{aligned}$$

2. Beban geladak untuk menghitung main frame dan deck beam.

a. Beban sisi untuk daerah buritan kapal

$$\begin{aligned} P_{S1} &= 8,754 \times 1,925 \times \frac{20}{10 + (3,5 - 3,2)} \\ &= \mathbf{32,72 \text{ KN/m}^2} \end{aligned}$$

b. Beban sisi untuk daerah tengah kapal

$$\begin{aligned} P_{S2} &= 8,754 \times 1,0 \times \frac{20}{10 + (3,5 - 3,2)} \\ &= \mathbf{17,00 \text{ KN/m}^2} \end{aligned}$$

c. Beban sisi untuk daerah haluan kapal

$$P_{S3} = 8,754 \times 1,574 \times \frac{20}{10 + (3,5 - 3,2)}$$

$$= 29,78 \text{ KN/m}^2$$

3. Beban geladak untuk menghitung web frame, stringer, grillage system.

a. Beban sisi untuk daerah buritan kapal

$$Ps_1 = 7,003 \times 1,925 \times \frac{20}{10 + (3,5 - 3,2)}$$

$$= 26,18 \text{ KN/m}^2$$

b. Beban sisi untuk daerah tengah kapal

$$Ps_2 = 7,003 \times 1,0 \times \frac{20}{10 + (3,5 - 3,2)}$$

$$= 13,60 \text{ KN/m}^2$$

c. Beban sisi untuk daerah haluan kapal

$$Ps_3 = 7,003 \times 1,574 \times \frac{20}{10 + (3,5 - 3,2)}$$

$$= 21,38 \text{ KN/m}^2$$

A.3.3. Beban pada Bangunan Atas

Z = Jarak vertikal dari pusat beban ke base line dan pada
Bangunan atas

$$Z_1 = H + \frac{1}{2} \cdot 2,2 = 3,8 + \frac{1}{2} \cdot 2,2 \quad \text{poop deck}$$

$$= 4,9 \text{ m}$$

$$Z_2 = Z_1 + 2,2 = 4,9 + 2,2 \quad \text{navigation deck}$$

$$= 7,1 \text{ m}$$

$$Z_3 = Z_2 + 2,2 = 7,1 + 2,2 \quad \text{compas deck}$$

$$= 9,3 \text{ m}$$

a. Beban pada Poop Deck

$$P_{SP} = P_o \cdot C_F \cdot \frac{20}{10 + (Z - T)} \quad (\text{KN/m}^2)$$

- Untuk menghitung plat dan geladak cuaca.

$$\begin{aligned} P_{SP} &= 11,67 \times 1,925 \times \frac{20}{10 + (4,9 - 3,2)} \\ &= \mathbf{38,412 \text{ KN/m}^2} \end{aligned}$$

- Untuk menghitung main frame dan deck beam.

$$\begin{aligned} P_{SP} &= 8,754 \times 1,925 \times \frac{20}{10 + (4,9 - 3,2)} \\ &= \mathbf{28,809 \text{ KN/m}^2} \end{aligned}$$

- Untuk menghitung web frame, stringer, grillage system.

$$\begin{aligned} P_{SP} &= 7,003 \times 1,925 \times \frac{20}{10 + (4,9 - 3,2)} \\ &= \mathbf{23,047 \text{ KN/m}^2} \end{aligned}$$

b. Beban pada Navigation Deck

$$P_{SP} = P_o \cdot C_F \cdot \frac{20}{10 + (Z - T)} \quad (\text{KN/m}^2)$$

- Untuk menghitung plat dan geladak cuaca.

$$\begin{aligned} P_{SP} &= 11,67 \times 1,925 \times \frac{20}{10 + (7,1 - 3,2)} \\ &= \mathbf{32,332 \text{ KN/m}^2} \end{aligned}$$

- Untuk menghitung main frame dan deck beam.

$$P_{SP} = 8,754 \times 1,925 \times \frac{20}{10 + (7,1 - 3,2)}$$

$$= 24,249 \text{ KN/m}^2$$

- Untuk menghitung web frame, stringer, grillage system.

$$P_{SP} = 7,003 \times 1,925 \times \frac{20}{10 + (7,1 - 3,2)}$$

$$= 19,399 \text{ KN/m}^2$$

c. Beban pada Compas Deck

$$P_{SP} = P_o \cdot C_F \cdot \frac{20}{10 + (Z - T)} \quad (\text{KN/m}^2)$$

- Untuk menghitung plat dan geladak cuaca.

$$P_{SP} = 11,67 \times 1,925 \times \frac{20}{10 + (9,3 - 3,2)}$$

$$= 27,914 \text{ KN/m}^2$$

- Untuk menghitung main frame dan deck beam.

$$P_{SP} = 8,754 \times 1,925 \times \frac{20}{10 + (9,3 - 3,2)}$$

$$= 20,936 \text{ KN/m}^2$$

- Untuk menghitung web frame, stringer, grillage system.

$$P_{SP} = 7,003 \times 1,925 \times \frac{20}{10 + (9,3 - 3,2)}$$

$$= 16,748 \text{ KN/m}^2$$

d. Beban pada Fore Castle Deck

$$P_{SP} = P_o \cdot C_F \cdot \frac{20}{10 + (Z - T)} \text{ (KN/m}^2\text{)}$$

➤ Untuk menghitung plat dan geladak cuaca.

$$P_{SP} = 11.67 \times 1,574 \times \frac{20}{10 + (4,9 - 3,2)}$$

$$= \mathbf{31,39 \text{ KN/m}^2}$$

➤ Untuk menghitung main frame dan deck beam.

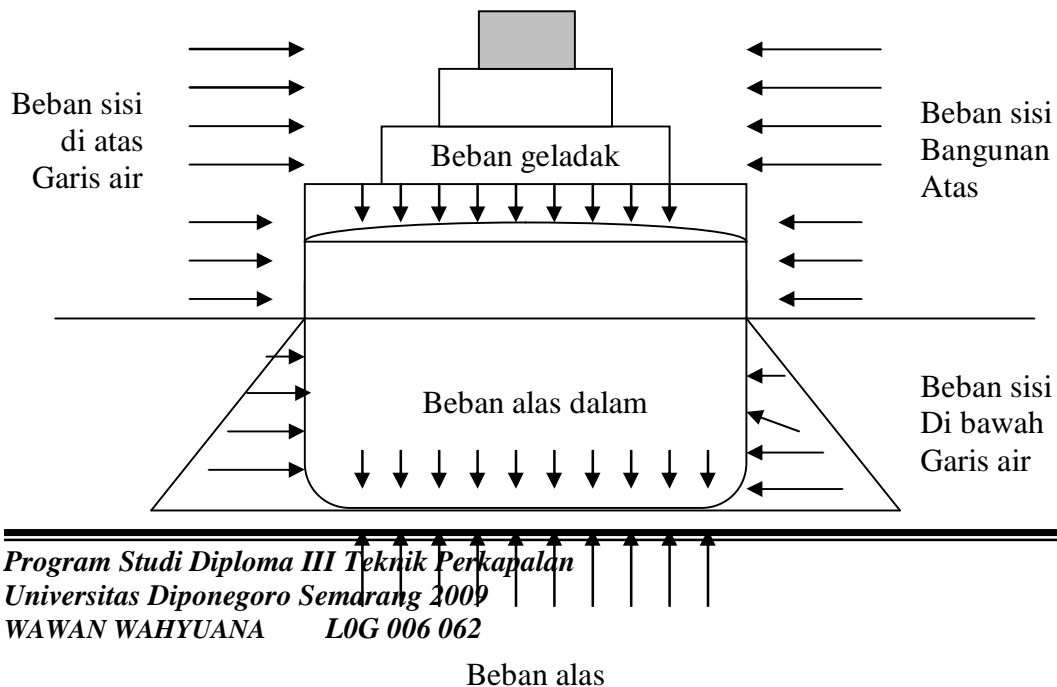
$$P_{SP} = 8,754 \times 1,574 \times \frac{20}{10 + (4,9 - 3,2)}$$

$$= \mathbf{23,53 \text{ KN/m}^2}$$

➤ Untuk menghitung web frame, stringer, grillage system.

$$P_{SP} = 7,003 \times 1,574 \times \frac{20}{10 + (4,9 - 3,2)}$$

$$= \mathbf{18,83 \text{ KN/m}^2}$$



A.4. Beban Alas Kapal (Load On The Ship Bottom)

Beban alas kapal dihitung menurut rumus *BKI 2001 Volume II Sect 4.B.3*

A.4.1. Beban Luar Alas Kapal

Beban luar alas kapal dihitung untuk menentukan konstruksi alas

berdasarkan rumus *BKI 2001 Volume II Section 4.B.3*

$$P_B = 10 \cdot T + P_o \cdot C_F \quad (\text{KN/m}^2)$$

Dimana :

$$P_o = 11,67 \text{ KN/3m}^2 \quad (\text{untuk plat dan geladak cuaca})$$

$$P_o = 8,754 \text{ KN/m}^2 \quad (\text{untuk frame dan deck beam})$$

$$P_o = 7,003 \text{ KN/m}^2 \quad (\text{untuk web frame, stringer, grillage system})$$

$$C_f = 1,925 \quad (\text{Buritan kapal})$$

$$= 1,0 \quad (\text{Tengah kapal})$$

$$= 1,574 \quad (\text{Haluan kapal})$$

➤ **Untuk menghitung plat dan geladak cuaca**

a. Beban luar alas untuk daerah buritan kapal

$$\begin{aligned} P_{B1} &= 10 \times 3,2 + 11,67 \times 1,925 \\ &= \mathbf{54,471 \text{ KN/m}^2} \end{aligned}$$

b. Beban luar alas untuk daerah tengah kapal

$$\begin{aligned} P_{B2} &= 10 \times 3,2 + 11,67 \times 1,0 \\ &= \mathbf{43,673 \text{ KN/m}^2} \end{aligned}$$

c. Beban luar alas untuk daerah haluan kapal

$$\begin{aligned}
 P_{B3} &= 10 \times 3,2 + 11,67 \times 1,574 \\
 &= \mathbf{50,36 \text{ KN/m}^2}
 \end{aligned}$$

➤ **Untuk menghitung main frame dan deck beam.**

- a. Beban luar alas untuk daerah buritan kapal

$$\begin{aligned}
 P_{B1} &= 10 \times 3,2 + 8,754 \times 1,925 \\
 &= \mathbf{48,583 \text{ KN/m}^2}
 \end{aligned}$$

- b. Beban luar alas untuk daerah tengah kapal

$$\begin{aligned}
 P_{B2} &= 10 \times 3,2 + 8,754 \times 1,0 \\
 &= \mathbf{40,755 \text{ KN/m}^2}
 \end{aligned}$$

- c. Beban luar alas untuk daerah haluan kapal

$$\begin{aligned}
 P_{B3} &= 10 \times 3,2 + 8,754 \times 1,574 \\
 &= \mathbf{45,77 \text{ KN/m}^2}
 \end{aligned}$$

➤ **Untuk menghitung web frame, stringer, grillage system.**

- a. Beban luar alas untuk daerah buritan kapal

$$\begin{aligned}
 P_{B1} &= 10 \times 3,2 + 7,003 \times 1,925 \\
 &= \mathbf{45,482 \text{ KN/m}^2}
 \end{aligned}$$

- b. Beban luar alas untuk daerah tengah kapal

$$\begin{aligned}
 P_{B2} &= 10 \times 3,2 + 7,003 \times 1,0 \\
 &= \mathbf{39,004 \text{ KN/m}^2}
 \end{aligned}$$

- c. Beban luar alas untuk daerah haluan kapal

$$\begin{aligned}
 P_{B3} &= 10 \times 3,2 + 7,003 \times 1,574 \\
 &= \mathbf{43,02 \text{ KN/m}^2}
 \end{aligned}$$

A.4.2. Beban Alas Dalam Kapal

Beban alas dalam kapal dihitung berdasarkan rumus *BKI 2001*

Volume II Section 4.C.2.1.

$$P_i = 9,81. G/V. H. (1 + av) \quad (KN/m^2)$$

Dimana :

G = Berat muatan bersih

$$= 177,82 \text{ ton}$$

h = Titik tertinggi muatan dari alas dalam

$$= H - h \text{ dasar ganda}$$

$$= 3,8 - 0,7$$

$$= \mathbf{3,1 \text{ m}}$$

V = Volume muatan kapal

$$= 296,97 \text{ m}^3$$

$$av = F.m$$

Dimana :

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

V_o = Kecepatan dinas kapal = 11,0 Knots

L = 49,15 m

Jadi:

$$F = 0,11. \frac{11,0}{\sqrt{49,15}}$$

$$= 0,17$$

m = Faktor Distribusi

m₁ = m₀ - 5(m₀ - 1)x/L (buritan kapal)

untuk 0 ≤ x/L < 0,2 diambil 0,15

Dimana:

$$m_0 = 1,5 + F$$

$$= 1,5 + 0,17$$

$$= 1,67$$

jadi :

$$\begin{aligned} m_1 &= 1,67 - 5(1,67 - 1) 0,15 \\ &= 1,167 \end{aligned}$$

$$m_2 = 1 \text{ (tengah kapal)}$$

$$\begin{aligned} m_3 &= 1 + \frac{m_0 + 1}{0,3} (x/L - 0,7) \text{ (} x/L \text{ diambil } 0,80 \text{)} \\ &= 1,89 \end{aligned}$$

sehingga :

$$\begin{aligned} av_1 &= F \cdot m_1 && \text{ untuk daerah } 0 \leq x/L < 0,2 \text{ buritan kapal} \\ &= 0,198 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} av_2 &= F \cdot m_2 && \text{ untuk daerah } 0,2 \leq x/L < 0,7 \text{ tengah kapal} \\ &= 0,170 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} av_3 &= F \cdot m_3 && \text{ untuk daerah } 0,7 \leq x/L \leq 1 \text{ haluan kapal} \\ &= 0,321 \end{aligned}$$

jadi :

a. Beban alas dalam untuk daerah buritan kapal

$$\begin{aligned} Pi_1 &= 9,81 \text{ G/V. H. } (1 + av_1) \text{ (KN/m}^2\text{)} \\ &= 9,81 \cdot 177,82/296,97 \cdot 3,1 (1 + 0,198) \\ &= \mathbf{21,79 \text{ KN/m}^2} \end{aligned}$$

b. Beban alas dalam untuk daerah tengah kapal

$$\begin{aligned} Pi_2 &= 9,81 \text{ G/V. H. } (1 + av_1) \text{ (KN/m}^2\text{)} \\ &= 9,81 \cdot 177,82/296,97 \cdot 3,1 (1 + 0,170) \end{aligned}$$

$$= 21,28 \text{ KN/m}^2$$

c. Beban alas dalam untuk daerah haluan kapal

$$\begin{aligned} P_{i3} &= 9,81 \text{ G/V. H. } (1 + av_1) \quad (\text{KN/m}^2) \\ &= 9,81 \cdot 177,82/296,97 \cdot 3,1 (1 + 0,321) \\ &= 24,03 \text{ KN/m}^2 \end{aligned}$$

B. PERHITUNGAN PLAT GELADAK KEKUATAN DAN PLAT KULIT

Data-data rumus sebagai berikut :

a_o = jarak gading normal = 0,56

k = faktor bahan = 1

tk = faktor korosi = 1,5

B.1. Plat Geladak Kekuatan

Tebal plat geladak kekuatan dihitung berdasarkan rumus **BKI 2001**

Volume II Section 7.A.7.1.

$$T_E = 1,21 \cdot a \cdot \sqrt{P_D \cdot k} + tk \quad (mm)$$

Dimana :

$P_{D1} = 20,40 \text{ KN/m}^2$ (untuk buritan kapal)

$P_{D2} = 18,55 \text{ KN/m}^2$ (untuk tengah kapal)

$P_{D3} = 25,66 \text{ KN/m}^2$ (untuk haluan kapal)

a. Tebal plat geladak kekuatan untuk daerah buritan kapal

$$\begin{aligned} T_{E1} &= 1,21 \times 0,56 \times \sqrt{20,40 \times 1} + 1,5 \\ &= 4,5 \text{ mm} \approx 4,5 \text{ mm} \end{aligned}$$

b. Tebal plat geladak kekuatan untuk daerah tengah kapal

$$T_{E2} = 1,21 \times 0,56 \times \sqrt{18,55 \times 1} + 1,5$$

$$= 4,42 \text{ mm} \approx 4,5 \text{ mm}$$

c. Tebal plat geladak kekuatan untuk daerah haluan kapal

$$T_{E3} = 1,21 \times 0,56 \times \sqrt{25,66 \times 1} + 1,5$$

$$= 4,93 \text{ mm} \approx 5 \text{ mm}$$

B.2. Tebal Plat Geladak Bangunan Atas

$$T_{EP} = 1,21 \cdot a \cdot \sqrt{P_D \cdot k} + tk \quad (\text{mm})$$

Dimana :

$$P_{D1} = 15,913 \text{ KN/m}^2 \quad (\text{ untuk poop deck })$$

$$P_{D2} = 11,425 \text{ KN/m}^2 \quad (\text{ untuk navigation deck })$$

$$P_{D3} = 10,201 \text{ KN/m}^2 \quad (\text{ untuk compas deck })$$

$$P_{D4} = 25,657 \text{ KN/m}^2 \quad (\text{ untuk fore castle deck })$$

a. Tebal plat Poop Deck

$$T_{EP} = 1,21 \times 0,56 \times \sqrt{15,913 \times 1} + 1,5$$

$$= 4,20 \text{ mm} \approx 4,5 \text{ mm}$$

b. Tebal plat Navigation Deck

$$T_{EN} = 1,21 \times 0,56 \times \sqrt{11,425 \times 1} + 1,5$$

$$= 3,79 \text{ mm} \approx 4 \text{ mm}$$

c. Tebal plat pada Compas Deck

$$T_{EC} = 1,21 \times 0,56 \times \sqrt{10,201 \times 1} + 1,5$$

$$= 3,66 \text{ mm} \approx 4 \text{ mm}$$

d. Tebal plat pada Fore Castle Deck

$$T_{EF} = 1,21 \times 0,56 \times \sqrt{25,657 \times 1} + 1,5$$

$$= 4,93 \text{ mm} \approx 5 \text{ mm}$$

B.3. Plat Alas Kapal (Bottom Plate)

Tebal plat alas kapal dihitung berdasarkan *rumus BKI 2001 Volume II Section 6.B.1.1.*

a. Tebal plat alas untuk daerah buritan kapal

$$T_{B1} = 1,9 \cdot nf \cdot a \cdot \sqrt{P_{B1} \cdot k} + tk \quad (\text{mm})$$

Dimana :

$$nf = 1$$

$$a = 0,56$$

$$P_{B1} = 54,471 \text{ KN/m}^2$$

$$P_{B2} = 43,673 \text{ KN/m}^2$$

$$P_{B3} = 50,36 \text{ KN/m}^2$$

$$T_{B1} = 1,91 \times 1 \times 0,56 \times \sqrt{54,471 \cdot 1} + 1,5$$

$$= 9,39 \text{ mm} \approx 9,5 \text{ mm}$$

b. Tebal plat alas untuk daerah tengah kapal

$$T_{B2} = 1,91 \times 1 \times 0,56 \times \sqrt{43,673.1} + 1,5$$

$$= 8,57 \text{ mm} \approx 8,5 \text{ mm}$$

c. Tebal plat alas untuk daerah haluan kapal

$$T_{B3} = 1,91 \times 1 \times 0,56 \times \sqrt{50,36.1} + 1,5$$

$$= 9 \text{ mm} \approx 9 \text{ mm}$$

B.4. Plat Sisi Kapal (Side Shell Plating)

Dihitung berdasarkan rumus *BKI 2001 Volume II Section 6.C.1.1.*

B.4.1. Dibawah Garis Air

$$T_s = 1,9 \times n_f \times a \times \sqrt{P_s.k} + t_k \quad (\text{mm})$$

a. Tebal pelat sisi untuk daerah buritan kapal

$$T_{s1} = 1,9 \times 1 \times 0,56 \times \sqrt{51,29.1} + 1,5$$

$$= 9,1 \text{ mm} \approx 9,5 \text{ mm}$$

b. Tebal pelat sisi untuk daerah tengah kapal

$$T_s = 1,9 \times a \cdot n_f \cdot \sqrt{P_s.k} + t_k \quad (\text{mm})$$

$$T_{s2} = 1,9 \times 1 \times 0,56 \times \sqrt{36,90.1} + 1,5$$

$$= 7,9 \text{ mm} \approx 8 \text{ mm}$$

c. Tebal plat sisi untuk daerah haluan kapal

$$T_{s1} = 1,9 \times 1 \times 0,56 \times \sqrt{45,76.1} + 1,5$$

$$= 8,6 \text{ mm} \approx 9 \text{ mm}$$

B.4.2. Diatas Garis Air

$$Ts = 1,9 \times n f \times a \times \sqrt{Ps.k} + tk \quad (mm)$$

- a. Tebal pelat sisi untuk daerah buritan kapal

$$\begin{aligned} Ts_1 &= 1,9 \times 1 \times 0,56 \times \sqrt{43,63.1} + 1,5 \\ &= 8,5 \text{ mm} \approx 8,5 \text{ mm} \end{aligned}$$

- b. Tebal pelat sisi untuk daerah tengah kapal

$$\begin{aligned} Ts_2 &= 1,9 \times 1 \times 0,56 \times \sqrt{22,67.1} + 1,5 \\ &= 6,6 \text{ mm} \approx 7 \text{ mm} \end{aligned}$$

- c. Tebal pelat sisi untuk daerah buritan kapal

$$\begin{aligned} Ts_1 &= 1,9 \times 1 \times 0,56 \times \sqrt{35,64.1} + 1,5 \\ &= 7,8 \text{ mm} \approx 8 \text{ mm} \end{aligned}$$

B.5. Plat Lajur Bilga

Tebal plat lajur bilga tidak boleh kurang dari tebal plat alas atau tebal plat sisi sesuai rumus *BKI 2001 Volume II Section 6.B.4.1.*

- a. Tebal plat lajur bilga

$$\begin{aligned} Tb &= (1,5 - 0,01L) \sqrt{L.k} \\ &= (1,5 - 0,01 \cdot 49,15) \sqrt{49,15.1} \\ &= 7,07 \text{ mm} \approx 7,5 \text{ mm} \end{aligned}$$

karena tebal plat sisi kapal 8 mm dan plat alas kapal 9 mm, maka tebal plat lajur bilga diambil 10 mm.

- b. Lebar lajur bilga tidak boleh kurang dari :

$$\begin{aligned} b &= 800 + 5L \quad (mm) \\ &= 800 + (5 \times 49,15) \\ &= 1045,75 \text{ mm, diambil } 1100 \text{ mm} \end{aligned}$$

B.6. Plat Lajur Atas (Sheer Strake)

Lebar plat lajur atas dihitung berdasarkan rumus BKI 2001 Volume II Section 6.C.3.2.

$$\begin{aligned} \text{a. } b &= 800 + 5.L \quad (\text{mm}) \\ &= 800 + (5 \times 49,15) \\ &= \mathbf{1045,75 \text{ mm, diambil } 1100 \text{ mm}} \end{aligned}$$

- b. Tebal pelat laju 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 = 8,5 mm.
 - Tebal plat lajur atas pada daerah haluan sama dengan tebal plat sisi pada daerah yang sama = 8 mm.
 - Tebal plat lajur atas pada daerah tengah sama dengan tebal plat sisi pada daerah yang sama = 7,5 mm.

B.7. Plat Lunas Kapal

Dihitung berdasarkan rumus *BKI 2001 Volume II Section 6.B.5.1.*

- a. Tebal plat lunas untuk daerah tengah kapal tidak boleh kurang dari :

$$Tfk_1 = t + 2$$

Dimana :

$$t = \text{Tebal plat alas pada tengah kapal} = 8,5 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} Tfk_1 &= 8,5 + 2 \\ &= 10,5 \text{ mm} \sim 11 \text{ mm} \end{aligned}$$

- b. Tebal plat lunas untuk daerah buritan dan haluan = 90% Tfk

$$\begin{aligned} Tfk_2 &= 0,9 \times 10,5 \\ &= 9,45 \text{ mm} \sim 10 \text{ mm} \end{aligned}$$

B.8. Plat Penguat/Penyangga Linggi Buritan, Baling-Baling, Lunas Bilga

Dihitung berdasarkan rumus *BKI 2001 Volume II Section 6.F.1.1.*

- a. Tebal plat kulit linggi buritan sekurang-kurangnya sama dengan plat sisi tengah kapal = 5 mm

- b. Tebal penyangga baling-baling harus dipertebal menjadi :
$$t = 1,5 + t_1$$
$$= 1,5 + 5$$
$$= 6,5 \text{ mm} \approx 7 \text{ mm}$$

- c. 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.9. Bukaannya Pada Plat Kulit

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

- b. Pada lubang jangkar di haluan plat kulit harus dipertebal dengan doubling.

- c. Di bawah konstruksi pipa duga, pipa limbah, pipa udara dan alas diberi doubling plat.

B.10. Kotak Laut

Tebal plat sea chest harus sesuai rumus **BKI 2001 Vol. II Sect 8.B.5.3**

$$T = 3,8 \cdot 0,5 \cdot \sqrt{P \cdot k} + t_k$$

$$P = 20 \text{ Mws}$$

$$T = 3,8 \times 0,5 \sqrt{20 \cdot 1} + 1,5$$

$$= 9,9 \text{ mm} \sim 10$$

B.11. Kubu-Kubu

- a. Tebal plat kubu-kubu tidak boleh kurang dari :

$$\begin{aligned}
 T &= \{0,75 - (L/1000)\} \sqrt{L} \\
 &= \{0,75 - (49,15 / 1000)\} \sqrt{49,15} \\
 &= \mathbf{4,9 \text{ mm, diambil 5 mm}}
 \end{aligned}$$

- b. Tinggi Kubu-Kubu

Tinggi kubu-kubu minimal 1000 mm

B.12. Plat Geladak

B.12.1. Geladak Kekuatan

- a. Geladak teratas yang menerus merupakan bentuk yang melengkung sebagai konstruksi memanjang kapal.
- b. Geladak bangunan atas yang memanjang di dalam, pada 0,4L tengah kapal sampai melebihi daerah 0,15 L geladak bangunan atas yang panjangnya kurang dari 12 m tidak di perhitungkan sebarai geladak kekuatan .
- c. Geladak penggal / geladak bangunan atas yang memanjang termasuk daerah 0,4 L tengah kapal .

B.12.2. Tebal Plat Antara Lubang Palka (BKI 2001 Sect.7.A.7.1)

Tebal plat geladak pada 0,1 L dari ujung dan antara lubang palka tidak boleh kurang dari

$$T_{tl} = 1,21 \times a \sqrt{P_D \times K} + tk \quad (\text{mm})$$

P_D = Beban geladak cuaca

$$= 18,55 \text{ KN/m}^2$$

$$T_{t1} = 1,21 \times 0,56 \sqrt{18,55 \times 1} + 1,5 \quad (\text{mm})$$

$$= 4,41 \text{ mm} \approx 4,5 \text{ mm}$$

$$t_{\text{min}} = 5,5 + 0,02 L$$

$$= 5,5 + 0,02 \times 49,15$$

$$= 6,48 \text{ mm} \approx 6,5 \text{ mm}$$

C. KONSTRUKSI DASAR GANDA

C.1. Penumpu Tengah (Center Girder)

a. Penumpu tengah harus kedap air sekurang-kurangnya 0,5 L tengah kapal, jika alas ganda tidak dibagi kedap air oleh penumpu samping.

b. Penumpu tengah pada 0,7 L tengah kapal harus sesuai rumus **BKI**

2001 Volume II Section 8.B.2.2.

- Tinggi penumpu tengah

$$h = 350 + 45 B$$

$$= 350 + (45 \times 8,2) = 719 \text{ mm} \approx 700 \text{ mm}$$

- Tebal penumpu tengah

$$t = (h/100 + 1,0) \sqrt{k}$$

$$= (719 / 100 + 1,0) 1$$

$$= 8,19 \text{ mm} \approx 8 \text{ mm}$$

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

$$t = 110 \% \times 8$$

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

C.2. 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.

C.3. Alas Ganda Sebagai Tangki

Tangki bahan bakar dan minyak lumas :

- a. Tangki alas ganda boleh digunakan untuk mengangkut minyak guna keperluan kapal yang titik nyalanya dibawah 60° C, tangki ini dipisahkan oleh cofferdam.
- b. Tangki minyak lumas, tangki buang, dan tangki sirkulasi harus dipisahkan oleh cofferdam.
- c. Minyak buang dan tangki sirkulasi minyak harus dibuat sedapat mungkin dipisahkan dari kulit kapal.
- d. Penumpu tengah harus dibuat kedap dan sempit diujung kapal jika alas ganda pada tempat tersebut tidak melebihi 4 m.
- e. Papan diatas alas ganda harus ditekan langsung diatas galar-galar guna mendapatkan celah untuk aliran air.

C.4. Alas Dalam (Inner Bottom)

- a. Tebal Plat alas dalam, menurut *BKI 2001 Vol II sec. 8.B.4.1* tidak boleh kurang dari :

$$t = 1,1 x a x \sqrt{P.K} + t..K$$

dimana :

$$a = 0,56 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} P &= 10 (T - H) \\ &= 10 (3,2 - 0,7) \\ &= 25 \text{ KN/m}^2 \end{aligned}$$

$$K = \text{coefisien baja} = 1$$

$$t = \text{coefisien korosi} = 1,5$$

jadi :

$$\begin{aligned} t &= 1,1 \times 0,56 \times \sqrt{25} \cdot 1 + 1,5 \\ &= 4,58 \text{ m} \approx 5 \text{ mm} \end{aligned}$$

- b. Tebal plat alas dalam kamar mesin, menurut **BKI II sec 8 B.4.4.**

$$\begin{aligned} t &= t + 2 \\ &= 5 + 2 \\ &= 7 \text{ mm} \end{aligned}$$

C.5. Alas Ganda Dalam Sistem Gading Melintang

C.5.1. Wrang Alas Penuh (Wrang Plate)

- a. Pada sistem 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
- di bawah ruang muat
- Pondasi ketel.

b. Wrang alas penuh harus dipasang dibawah sekat melintang, dibawah topang ruang muat.

c. Jarak terbesar wrang alas penuh tidak melebihi :

- 3,2 m untuk kapal $L \leq 60$ m
- 2,9 m untuk kapal $L \leq 100$ m
- 2,6 m untuk kapal $L \leq 140$ m
- 2,4 m untuk kapal $L > 140$ m

d. Tebal wrang penuh

Tebal wrang penuh harus sesuai rumus **BKI 2001 Volume II Section**

8.B.6.2.

$$\begin{aligned} t &= \{(h/100) - 1\} \sqrt{k}, \\ &= \{(700/100) - 1\} 1 \\ &= \mathbf{6 \text{ mm}} \end{aligned}$$

e. Lubang Peringan

Lubang peringan wrang penuh adalah :

$$\begin{aligned} \text{Panjang max} &= 0,75 \times h \\ &= 0,75 \times 700 \\ &= \mathbf{525 \text{ mm} \approx 500 \text{ mm}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Tinggi max} &= 0,5 \times h \\ &= 0,5 \times 700 \\ &= \mathbf{350 \text{ mm} \approx 300 \text{ mm}} \end{aligned}$$

f. Jarak max. lubang peringan dari penumpu tengah dan plat tepi tidak boleh melebihi dari 0.4 tinggi penumpu tengah yaitu 280 mm.

