

## BAB V

## BUKAAN KULIT

## (SHELL EXPANSION)

Perhitungan Shell Expansion (Bukaan Kulit) berdasarkan ketentuan BKI (Biro Klasifikasi Indonesia) Th. 2006 Volume II.

## A. PERKIRAAN BEBAN

## A.1. Beban sisi kapal

- a. Beban sisi kapal dibawah garis air muat tidak boleh kurang dari rumus sebagai berikut :

$$P_s = 10 \times (T - Z) + P_o \times C_F \left(1 + \frac{Z}{T}\right) \quad \text{KN/m}^2$$

(Ref : BKI Th. 2006 Vol. II Sec.4. B.2.1.1)

Dimana :

$$P_{o1} = 21,158 \text{ KN/m}^2 \quad (\text{untuk plat geladak dan geladak cuaca})$$

$$P_{o2} = 15,868 \text{ KN/m}^2 \quad (\text{untuk stiffener, main frame, deck beam})$$

$$P_{o3} = 12,695 \text{ KN/m}^2 \quad (\text{untuk web, stringer, girder})$$

z = Jarak tengah antara pusat beban ke base line

$$= \frac{1}{3} \times T = \frac{1}{3} \times 7,20$$

$$= 2,40 \text{ m}$$

$$C_{F1} = 1,0 + \frac{5}{C_b} \left[0,2 - \frac{X}{L}\right] \quad (\text{buritan kapal})$$

$$= 1,0 + \frac{5}{0,68} [0,2 - 0,1]$$

$$= 1,735$$

$$C_{F2} = 1,0 \text{ untuk } 0,2 \leq \frac{X}{L} \leq 0,7 \quad (\text{tengah kapal})$$

$$C_{F3} = 1,0 + \frac{20}{C_b} \left[\frac{X}{L} - 0,7\right]^2 \quad (\text{haluan kapal})$$

$$= 1,0 + \frac{20}{0,68} [0,93 - 0,7]^2$$

$$= 2,556$$

**1) Beban sisi kapal di bawah garis air muat untuk menghitung ketebalan pelat**

a) Untuk buritan kapal

$$\begin{aligned} P_{S_1} &= 10 \times (T - Z) + P_{O_1} \times C_{F1} \left(1 + \frac{Z}{T}\right) \\ &= 10 (7,20 - 2,04) + 21,158 \times 1,735 \left[1 + \frac{2,40}{7,20}\right] \\ &= \mathbf{96,946 \text{ KN/m}^2} \end{aligned}$$

b) Untuk midship kapal

$$\begin{aligned} P_{S_2} &= 10 \times (T - Z) + P_{O_1} \times C_{F2} \left(1 + \frac{Z}{T}\right) \\ &= 10 (7,20 - 2,04) + 21,158 \times 1,0 \left[1 + \frac{2,40}{7,20}\right] \\ &= \mathbf{76,211 \text{ KN/m}^2} \end{aligned}$$

c) Untuk haluan kapal

$$\begin{aligned} P_{S_3} &= 10 \times (T - Z) + P_{O_1} \times C_{F3} \left(1 + \frac{Z}{T}\right) \\ &= 10 (7,20 - 2,04) + 21,158 \times 2,556 \left[1 + \frac{2,40}{7,20}\right] \\ &= \mathbf{120,106 \text{ KN/m}^2} \end{aligned}$$

**b. Beban sisi kapal di atas garis air muat tidak boleh kurang dari rumus sebagai berikut :**

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

(Ref : BKI Th.2006 Vol. II Sec. 4.B.2.1.2)

Dimana :

$$P_{O_1} = 21,158 \text{ KN/m}^2 \quad \text{untuk plat kulit dan geladak cuaca}$$

$$T = 7,20 \text{ m}$$

$$Z = T + \frac{1}{2} (H - T)$$

$$Z = 7,20 + \frac{1}{2} (10,20 - 7,20)$$

$$= 8,70 \text{ m}$$

$$Cf_1 = 1,735 \quad \text{Untuk Buritan Kapal}$$

$$Cf_2 = 1,0 \quad \text{Untuk Midship}$$

$$Cf_3 = 2,556 \quad \text{Untuk Haluan Kapal}$$

**1) Beban sisi kapal di atas garis air muat untuk menghitung ketebalan pelat :**

a) Untuk Buritan kapal

$$\begin{aligned} P_{s1} &= P_{o1} \times CF_1 \times \left( \frac{20}{10+Z-T} \right) \\ &= 21,158 \times 1,735 \left[ \frac{20}{10+8,70-7,20} \right] \\ &= 63,842 \text{ KN/m}^2 \end{aligned}$$

b) Untuk Midship kapal

$$\begin{aligned} P_{s2} &= P_{o1} \times CF_2 \times \left( \frac{20}{10+Z-T} \right) \\ &= 21,158 \times 1,0 \times \left[ \frac{20}{10+8,70-7,20} \right] \\ &= 36,797 \text{ KN/m}^2 \end{aligned}$$

c) Untuk haluan kapal

$$\begin{aligned} P_{s3} &= P_{o1} \times CF_3 \times \left( \frac{20}{10+Z-T} \right) \\ &= 221,158 \times 2,556 \times \left[ \frac{20}{10+8,70-7,20} \right] \\ &= 94,052 \text{ KN/m}^2 \end{aligned}$$

**c. Beban sisi kapal di atas Garis air muat pada bangunan atas (Superstructure Decks).**

Beban geladak pada bangunan atas dihitung berdasarkan formula sbb:

$$P_s = P_o \times C_f \times \left[ \frac{20}{10 + Z - T} \right] \quad [\text{KN/m}^2]$$

(Ref : BKI Th. 2006 Vol. II Sec. 2.1.2)

Dimana :

$P_{o1} = 21,158 \text{ KN/m}^2$                       untuk plat kulit dan geladak cuaca

$P_{o2} = 15,868 \text{ KN/m}^2$                       untuk untuk main frame dan deck  
beam

$P_{o3} = 12,695 \text{ KN/m}^2$                       untuk web frame

$h_1, h_2, h_3 = 2,2 \text{ m}$

$H = 10,20 \text{ m}$

**1) Beban sisi di atas garis air muat pada Geladak Kimbul (Poop Deck) :**

a) Untuk menghitung Plat kulit :

Dimana :

$Z_1 = 12,40 \text{ m}$

$C_{F1} = 1,735$

$P_{o1} = 21,158 \text{ KN/m}^2$

Sehingga :

$$\begin{aligned} P_{S1} &= P_{o1} \times C_{F1} \times \left( \frac{20}{10 + Z - T} \right) \\ &= 21,158 \times 1,735 \times \left[ \frac{20}{10 + 12,40 - 7,20} \right] \\ &= 48,301 \text{ KN/m}^2 \end{aligned}$$

2) **Beban sisi di atas garis air muat untuk menghitung Geladak Akil (Fore Castle deck)**

a) Untuk menghitung Plat kulit :

Dimana :

$$Z_5 = Z_1 = 12,40 \text{ m}$$

$$C_{F3} = 2,556$$

$$P_{O1} = 21,158 \text{ KN/m}^2$$

Sehingga :

$$\begin{aligned} P_{S1} &= P_{O1} \times C_{F3} \times \left( \frac{20}{10+Z-T} \right) \\ &= 21,158 \times 2,556 \times \left[ \frac{20}{10+12,40-7,20} \right] \\ &= 71,158 \text{ KN/m}^2 \end{aligned}$$

**A.2. Beban Alas Kapal**

Beban luar pada alas/dasar kapal adalah dihitung menurut formula sebagai berikut :

$$P_B = 10 \times T + P_o \times C_f \quad \text{KN/m}^2$$

(Ref : *BKI Th. 2006 Vol. II Sec.4. B.3*)

Dimana :

$$T = 7,20 \text{ m}$$

$$P_{O1} = 21,158 \text{ KN/m}^2 \quad \text{untuk plat kulit dan geladag cuaca}$$

$$P_{O2} = 15,868 \text{ KN/m}^2 \quad \text{untuk untuk frame, deck beam dan bottom}$$

$$C_{f1} = 1,735 \quad \text{untuk buritan kapal}$$

$$C_{f2} = 1,0 \quad \text{untuk Midship kapal}$$

$$C_{f3} = 2,556 \quad \text{untuk Haluan kapal}$$

**a. Beban alas kapal untuk menghitung plat Alas**

1). Untuk Buritan kapal

$$\begin{aligned} P_{B1} &= 10 \times T + P_{O1} \times C_{f1} \\ &= 10 \times 7,20 + 21,158 \times 1,735 \\ &= 108,709 \text{ KN/m}^2 \end{aligned}$$

2). Untuk Midship kapal

$$\begin{aligned} P_{B2} &= 10 \times T + P_{O1} \times C_{f2} \\ &= 10 \times 7,20 + 21,158 \times 1,0 \\ &= 93,158 \text{ KN/m}^2 \end{aligned}$$

3). Untuk haluan kapal

$$\begin{aligned} P_{B3} &= 10 \times T + P_{O1} \times C_{f3} \\ &= 10 \times 7,20 + 21,158 \times 2,556 \\ &= 126,080 \text{ KN/m}^2 \end{aligned}$$

## B. PERHITUNGAN KETEBALAN PELAT

### B.1. Menentukan Tebal Plat sisi Kapal

a. Tebal plat sisi kapal di bawah garis air muat adalah sbb :

$$t_s = 1,21 \times a \times \sqrt{P_s \times k} + t_k \quad (\text{mm}), \text{ Untuk } L \geq 90 \text{ m}$$

(Ref : BKI Th. 2006 Vol. II Sec. 6.C.1.2)

Dimana :

$P_{S1}$	= 96,946	KN/m <sup>2</sup>	untuk buritan kapal
$P_{S2}$	= 76,211	KN/m <sup>2</sup>	untuk midship kapal
$P_{S3}$	= 120,106	KN/m <sup>2</sup>	untuk haluan kapal

a = jarak antar gading  
 = 0,6 m (pada AP – fr. 180)  
 = 0,55 m (pada fr. 180 – fr. FP)

k = 1,0 faktor bahan

t<sub>k</sub> = 1,5 untuk t<sub>B</sub> ≤ 10 mm

1) Tebal plat sisi kapal pada 0,05 L pada buritan kapal tidak boleh kurang dari :

$$\begin{aligned} t_{s1} &= 1,21 \times 0,6 \times \sqrt{96,946 \times 1} + 1,5 \\ &= \mathbf{8,648 \text{ mm} \approx 9 \text{ mm}} \end{aligned}$$

2) Tebal plat sisi pada daerah midship

$$\begin{aligned} t_{s2} &= 1,21 \times 0,7 \times \sqrt{76,211 \times 1} + 1,5 \\ &= \mathbf{7,838 \text{ mm} \approx 8 \text{ mm}} \end{aligned}$$

3) Tebal plat sisi pada daerah haluan kapal

$$\begin{aligned} ts_3 &= 1,21 \times 0,6 \times \sqrt{120,106 \times 1} + 1,5 \\ &= \mathbf{9,456 \text{ mm} \approx 9,5 \text{ mm}} \end{aligned}$$

**b. Ketebalan plat sisi kapal di atas garis air muat adalah sbb :**

$$ts = 1,21 \times a \times \sqrt{P_s \times k} + tk \quad \text{Untuk } L \geq 90 \text{ m}$$

(Ref : BKI Th. 2006 Vol. II Sec. 6.C.1.2)

Dimana :

$$P_{S1} = 64,842 \text{ KN/m}^2 \quad \text{untuk buritan kapal}$$

$$P_{S2} = 36,797 \text{ KN/m}^2 \quad \text{untuk midship kapal}$$

$$P_{S3} = 94,052 \text{ KN/m}^2 \quad \text{untuk haluan kapal}$$

a = jarak antar gading

$$= 0,6 \text{ m (pada AP - fr. 180)}$$

$$= 0,55 \text{ m (pada fr. 180 - fr. FP)}$$

k = 1,0 faktor bahan

tk = 1,5 untuk  $t_B \leq 10 \text{ mm}$

jadi :

1) Tebal plat sisi pada 0,1 L pada buritan kapal tidak boleh kurang dari :

Tebal plat sisi pada 0,1L buritan

$$\begin{aligned} ts_1 &= 1,21 \times 0,6 \times \sqrt{63,842 \times 1} + 1,5 \\ &= \mathbf{7,301 \text{ mm} \approx 7,5 \text{ mm}} \end{aligned}$$

2) Tebal plat sisi pada daerah midship

$$\begin{aligned} ts_2 &= 1,21 \times 0,6 \times \sqrt{36,797 \times 1} + 1,5 \\ &= \mathbf{5,904 \text{ mm} \approx 6 \text{ mm}} \end{aligned}$$

3) Tebal plat sisi pada daerah haluan kapal

$$\begin{aligned} ts_3 &= 1,21 \times 0,6 \times \sqrt{94,052 \times 1} + 1,5 \\ &= \mathbf{8,541 \text{ mm} \approx 9 \text{ mm}} \end{aligned}$$

**c. Tebal Plat Sisi Bangunan Atas**

$$T_S = 1,21 \times a \times \sqrt{P_s \times k} + tk \quad (\text{mm})$$

(Ref : BKI Th. 2006 Vol. II Sec. 6.C.1.2)

1) Tebal plat sisi geladak kimbul (poop deck)

Tebal plat sisi pada geladak kimbul

$$\begin{aligned} t_{S_1} &= 1,21 \times 0,6 \times \sqrt{48,301 \times 1} + 1,5 \\ &= \mathbf{6,546 \text{ mm} \approx 7 \text{ mm}} \end{aligned}$$

2) Tebal plat sisi geladak akil (fore castle deck)

Tebal plat geladak akil

$$\begin{aligned} t_{S_2} &= 1,21 \times 0,6 \times \sqrt{71,158 \times 1} + 1,5 \\ &= \mathbf{7,624 \text{ mm} \approx 8 \text{ mm}} \end{aligned}$$

**B.2. Menentukan Tebal Plat Alas Kapal (Bottom Plate)**

$$T_B = 1,21 \times n_f \times a \times \sqrt{P_B \times k} + tk \quad (\text{mm}), \text{ Untuk } L \geq 90 \text{ m}$$

(Ref : BKI Th. 2006 Vol. II Sec. 6.B.1.1)

Dimana :

$P_{B1}$	= 78,612	KN/m <sup>2</sup>	untuk buritan kapal
$P_{B2}$	= 75,234	KN/m <sup>2</sup>	untuk midship kapal
$P_{B3}$	= 96,154	KN/m <sup>2</sup>	untuk haluan kapal
$n_f$	= 1,0		

a = jarak antar gading  
 = 0,6 m (pada AP – fr. 180)  
 = 0,7 m (pada fr. 180 – fr. FP)

k = 1

tk = 1,5

1) Tebal plat alas pada daerah buritan kapal

Tebal plat alas pada buritan untuk a = 0,6 m (AP – fr. 10) :

$$\begin{aligned} t_{B_1} &= 1,21 \times 1,0 \times 0,6 \times \sqrt{78,612 \times 1} + 1,5 \\ &= \mathbf{7,937 \text{ mm} \approx \text{mm}} \quad (\text{diambil tebal minimum}) \end{aligned}$$



2) Tebal plat alas pada daerah midship

$$\begin{aligned} t_{B_1} &= 1,21 \times 1,0 \times 0,6 \times \sqrt{75,234 \times 1} + 1,5 \\ &= \mathbf{7,797 \text{ mm} \approx 8 \text{ mm}} \quad (\text{diambil tebal minimum}) \end{aligned}$$

3) Tebal plat alas pada daerah haluan kapal

Tebal plat alas pada haluan untuk  $a = 0,6 \text{ m}$  (fr. 149 – fr. 161) :

$$\begin{aligned} t_{B_1} &= 1,21 \times 1,0 \times 0,6 \times \sqrt{96,154 \times 1} + 1,5 \\ &= \mathbf{8,169 \text{ mm} \approx 9 \text{ mm}} \quad (\text{diambil tebal minimum}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} t_{\min} &= \sqrt{L \times k} && \text{Untuk } L \geq 50 \text{ m} \\ &= \sqrt{112 \times 1,0} \\ &= \mathbf{10,445 \text{ mm}} \end{aligned}$$

Sehingga tebal plat alas minimum :

$$\begin{aligned} t_{\min} + 1,5 &= 10,445 + 1,5 \\ &= \mathbf{12 \text{ mm}} \quad (\text{tebal minimum}) \end{aligned}$$

### B.3. Menentukan Tebal Plat Lajur Bilga

a. Tebal plat lajur bilga diambil harga terbesar dari harga tebal plat alas atau plat sisi (*BKI Th. 2006 Vol. II Sec 6.B.4.2*).

1) Tebal plat-plat lajur bilga pada daerah 0,05 L dari AP = 8 mm

2) Tebal plat-plat lajur bilga pada daerah 0,4 L midship = 8 mm

3) Tebal plat-plat lajur bilga pada daerah 0,1 L dari FP = 9 mm

b. Lebar lajur bilga tidak boleh kurang dari :

$$\begin{aligned} b &= 800 + 5 L \\ &= 800 + 5 (109,10) \\ &= 1345,5 \text{ mm} \approx 1400 \text{ mm} \end{aligned}$$

(Ref : *BKI Th. 2006 Vol. II Sec. 6.B.4.2*)

**B.4. Menentukan Pelat Lajur Atas (Sheer Strake)**

- a. Lebar plat sisi lajur atas tidak boleh kurang dari :

$$\begin{aligned} b &= 800 + 5 L \\ &= 800 + 5 (112) \\ &= 1345,5 \text{ mm} \approx 1400 \text{ mm} \end{aligned}$$

(Ref : BKI Th. 2006 Vol. II Sec. 6.C.3.1)

Tebal plat lajur atas di luar midship umumnya tebalnya sama dengan

$$t = 0,5 (t_D + t_S)$$

(Ref : BKI Th. 2006 Vol. II Sec. 6.C.3.2)

Dimana :

$t_D$  : Tebal plat geladak

$t_S$  : Tebal plat sisi

- |                      |   |
|----------------------|---|
| 1) Pada 0,5L dari AP | $t = 0,5 (8 + 9)$<br>$= 8,5 \text{ mm} \approx 9 \text{ mm}$    |
| 2) Pada 0,4L Midship | $t = 0,5 (8 + 8)$<br>$= 8 \text{ mm} \approx 8 \text{ mm}$      |
| 3) Pada 0,5L dari FP | $t = 0,5 (8 + 9,5)$<br>$= 8,75 \text{ mm} \approx 9 \text{ mm}$ |

**B.5. Plat penguat pada linggi buritan dan lunas, baling-baling dan lebar bilga**

(Ref : BKI Th. 2006 Vol. II Sec. 6.F.1.1)

- a. Tebal plat kulit linggi buritan sekurang-kurangnya sama dengan plat sisi tengah kapal = 10 mm
- b. Tebal penyangga baling-baling harus dipertebal menjadi :

$$t = 1,5 + t_1$$

Dimana :

$$\begin{aligned} t_1 &= \text{tebal plat sisi pada } 0,4 L \text{ tengah kapal} \\ &= 8,5 \text{ mm} \approx 9 \text{ mm} \end{aligned}$$

Maka :

$$\begin{aligned} t &= 1,5 + 9 \\ &= 10,5 \text{ mm} \text{ maka diambil } 11 \text{ mm} \end{aligned}$$

- c. Tebal Plat lunas,  $t_k = t_a + 2 = 11 + 2 = 13$  mm

Lebar plat lunas tidak boleh kurang dari) :

(Ref : *BKI Th. 2006 Vol. II Sec. 6.B.5.1*)

$$\begin{aligned} b &= 800 + 5 L \\ &= 800 + 5 (112) \\ &= 1345,5 \text{ mm} \approx 1400 \text{ mm} \end{aligned}$$

- d. Lunas bilga dipasang pada plat kulit bagian bawah yang sekelilingnya dilas kedap air. Sehingga jika ada sentuhan dengan dasar laut plat kulit tidak akan rusak.
- e. Tebal pelat linggi haluan

Tebal plat linggi haluan tidak boleh kurang dari :

$$t = (0,6 + 0,4 aB) \times (0,08 L + 6) \sqrt{k} \quad (\text{mm})$$

(*BKI Th. 2006 Vol II Sec 13.B.2.1*)

Dimana :

$$\begin{aligned} aB &= \text{spacing of fore hooks} \\ &= 0,9 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} t &= (0,6 + 0,4 \cdot 0,9) \times (0,08 \cdot 109,10 + 6) \sqrt{1} \\ &= 14,139 \text{ mm} \approx 14,5 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} t_{\text{max}} &= 25 \sqrt{1} \text{ mm} \\ &= 25 \text{ mm} \end{aligned}$$

#### **B.6. Bukaannya pada plat kulit**

- Bukan untuk jendela, lubang udara dan lubang pembuangan katub laut sudut-sudutnya harus dibulatkan dengan konstruksi kedap air.
- Pada lubang jangkar di haluan plat kulit harus dipertebal dengan doubling.
- Dibawah konstruksi pipa duga, pipa limbah, pipa udara dan alas diberi plat doubling.

**B.7. Kotak laut (Sea Chest)**

Tebal plat sea chest tidak boleh kurang dari :

$$T = 12 \times a \sqrt{P \times k} + tk \quad (\text{mm})$$

(Ref : BKI Th. 2006 Vol. II Sec. 8.B.5.4.1)

Dimana :

$$P = 2 Mws$$

$$a = 0,6 \text{ m}$$

$$t = 12 \times 0,6 \times \sqrt{2 \times 1} + 1,5$$

$$= 11,68 \text{ mm} \approx \text{diambil } 12 \text{ mm}$$

**B.8. Kubu-kubu (Bulwark)**

a. Tebal kubu-kubu untuk kapal > 100 m tidak boleh kurang dari :

(Ref : BKI Th. 2006 Vol. II Sec. 6.K.1)

$$t = 0,65\sqrt{L}$$

$$= 0,65\sqrt{109,10}$$

$$t = 6,789 \text{ mm} \approx 8 \text{ mm}$$

b. Tinggi kubu-kubu minimal = 1000 mm

c. Stay Bulwark

(BKI Th 2006 Vol II Sec 6.K.4)

$$W = 4 \times Ps \times e \times l \quad (\text{m}^2) \quad \text{cm}^3$$

Dimana :

$$Ps = 36,797 \text{ KN/m}^2$$

e = jarak antar stay (m)

$$= 3 \times 0,6 = 2,4 \text{ m}$$

l = panjang stay (m)

$$= 1 \text{ m}$$

Sehingga :

$$W = 4 \times 36,797 \times 1,8 \times (1^2)$$

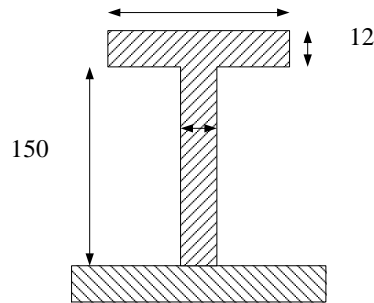
$$= 264,938 \text{ cm}^3$$

## SHELL EXPANSION

### TUGAS AKHIR KM "LOYSES" GC 3200 BRT

Profil T = 210 × 8 FP 110 × 9

90



Koreksi modulus :

Lebar berguna  $(40 - 50) = 50$

$$f = 11 \times 0,8 = 8,8 \text{ cm}^2$$

$$f_s = 21 \times 0,8 = 16,8 \text{ cm}^2$$

$$F = 50 \times 0,7 = 35 \text{ cm}^2$$

$$f/F = 0,25$$

$$f_s/F = 0,48$$

$$w = 0,37$$

$$\begin{aligned} W &= w \times F \times h \\ &= 0,37 \times 35 \times 21 \\ &= 271,950 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

W rencana > W perhitungan

$$271,950 > 264,938 \quad (\text{memenuhi})$$

d. Freeing Ports

$A = 0,07 L$  Untuk  $L > 20 \text{ m}$

*(BKI Th 2006 Vol II Sec 21.D.2.2)*

Dimana :

A = panjang freeing ports (m)

L = panjang bulwark (m)

$$= 64,2 \text{ m}$$

Sehingga :

$$A = 0,06 \times 64,2$$

$$= 3,852 \text{ m}$$