

---



---

**BAB V**  
**BUKAAN KULIT**  
**(SHELL EXPANSION)**

Perhitungan Shell Expansion (Bukaan Kulit) berdasarkan ketentuan BKI (Biro Klasifikasi Indonesia) Th. 2007 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 :

$$P_{o1} = 23,93 \text{ KN/m}^2 \quad (\text{untuk plat geladak dan geladak cuaca})$$

$$P_{o2} = 17,95 \text{ KN/m}^2 \quad (\text{untuk stiffener, main frame, deck beam})$$

$$P_{o3} = 14,36 \text{ KN/m}^2 \quad (\text{untuk web, stringer, girder})$$

$z$  = Jarak tengah antara pusat beban ke base line

$$= \frac{1}{3} \times T = \frac{1}{3} \times 7,2$$

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

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

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

$$= 1,735$$

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

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

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

$$= 2,556$$

---

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

a) Untuk buritan kapal

$$\begin{aligned} P_{S_1} &= 10 \times (T - Z) + P_{O_1} \times C_{F1} \left(1 + \frac{Z}{T}\right) \\ &= 10 (7,2 - 2,4) + 23,93 \times 1,735 \left[1 + \frac{2,4}{7,2}\right] \\ &= \mathbf{103,19 \text{ KN/m}^2} \end{aligned}$$

b) Untuk midship kapal

$$\begin{aligned} P_{S_2} &= 10 \times (T - Z) + P_{O_1} \times C_{F2} \left(1 + \frac{Z}{T}\right) \\ &= 10 (7,2 - 2,4) + 23,93 \times 1,0 \left[1 + \frac{2,4}{7,2}\right] \\ &= \mathbf{79,90 \text{ KN/m}^2} \end{aligned}$$

c) Untuk haluan kapal

$$\begin{aligned} P_{S_3} &= 10 \times (T - Z) + P_{O_1} \times C_{F3} \left(1 + \frac{Z}{T}\right) \\ &= 10 (7,2 - 2,4) + 23,93 \times 2,556 \left[1 + \frac{2,4}{7,2}\right] \\ &= \mathbf{129,34 \text{ KN/m}^2} \end{aligned}$$

**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.2007 Vol. II Sec. 4.B.2.1.2)

Dimana :

$$P_{O_1} = 23,93 \text{ KN/m}^2 \quad \text{untuk plat kulit dan geladak cuaca}$$

$$T = 7,2 \text{ m}$$

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

---

---

$$Z = 7,2 + \frac{1}{2} (9,8 - 7,2)$$

$$= 8,5 \text{ m}$$

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

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

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

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

a) Untuk Buritan kapal

$$\begin{aligned} P_{s1} &= P_{o1} \times CF_1 \times \left( \frac{20}{10+Z-T} \right) \\ &= 23,93 \times 1,735 \left[ \frac{20}{10+8,5-7,2} \right] \\ &= 73,33 \text{ KN/m}^2 \end{aligned}$$

b) Untuk Midship kapal

$$\begin{aligned} P_{s2} &= P_{o1} \times CF_2 \times \left( \frac{20}{10+Z-T} \right) \\ &= 23,93 \times 1,0 \times \left[ \frac{20}{10+8,5-7,2} \right] \\ &= 42,39 \text{ KN/m}^2 \end{aligned}$$

c) Untuk haluan kapal

$$\begin{aligned} P_{s3} &= P_{o1} \times CF_3 \times \left( \frac{20}{10+Z-T} \right) \\ &= 23,93 \times 2,556 \times \left[ \frac{20}{10+8,5-7,2} \right] \\ &= 108,20 \text{ KN/m}^2 \end{aligned}$$

**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 :

$P_{o1} = 23,93 \text{ KN/m}^2$                       untuk plat kulit dan geladak cuaca

$P_{o2} = 17,95 \text{ KN/m}^2$                       untuk untuk main frame dan deck  
beam

$P_{o3} = 14,36 \text{ KN/m}^2$                       untuk web frame

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

$H = 9,8 \text{ m}$

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

a) Untuk menghitung Plat kulit :

Dimana :

$Z_1 = 10,9 \text{ m}$

$C_{F1} = 1,735$

$P_{o1} = 23,93 \text{ KN/m}^2$

Sehingga :

$$\begin{aligned} P_{S1} &= P_{o1} \times C_{F1} \times \left( \frac{20}{10 + Z - T} \right) \\ &= 23,93 \times 1,735 \times \left[ \frac{20}{10 + 10,9 - 7,2} \right] \\ &= 60,44 \text{ KN/m}^2 \end{aligned}$$

---



---

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

a) Untuk menghitung Plat kulit :

Dimana :

$$Z_5 = Z_1 = 10,9\text{m}$$

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

$$P_{O1} = 23,93 \text{ KN/m}^2$$

Sehingga :

$$\begin{aligned} P_{S1} &= P_{O1} \times C_{F3} \times \left( \frac{20}{10+Z-T} \right) \\ &= 23,93 \times 2,556 \times \left[ \frac{20}{10+10,9-7,2} \right] \\ &= 89,23 \text{ KN/m}^2 \end{aligned}$$

**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. 2007 Vol. II Sec.4. B.3)

Dimana :

$$T = 7,2 \text{ m}$$

$$P_{O1} = 23,93 \text{ KN/m}^2$$

untuk plat kulit dan geladag cuaca

$$P_{O2} = 17,95 \text{ KN/m}^2$$

untuk untuk frame, deck beam dan bottom

$$C_{f1} = 1,735$$

untuk buritan kapal

$$C_{f2} = 1,0$$

untuk Midship kapal

$$C_{f3} = 2,556$$

untuk Haluan kapal

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

1). Untuk Buritan kapal

$$\begin{aligned} P_{B1} &= 10 \times T + P_{O1} \times C_{f1} \\ &= 10 \times 7,2 + 23,93 \times 1,735 \\ &= 113,39 \text{ KN/m}^2 \end{aligned}$$

2). Untuk Midship kapal

$$\begin{aligned} P_{B2} &= 10 \times T + P_{O1} \times C_{f2} \\ &= 10 \times 7,2 + 23,93 \times 1,0 \\ &= 95,93 \text{ KN/m}^2 \end{aligned}$$

3). Untuk haluan kapal

$$\begin{aligned} P_{B3} &= 10 \times T + P_{O1} \times C_{f3} \\ &= 10 \times 7,2 + 23,93 \times 2,556 \\ &= 133,16 \text{ KN/m}^2 \end{aligned}$$

## 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. 2007 Vol. II Sec. 6.C.1.2)

Dimana :

$$\begin{aligned} P_{S1} &= 103,19 \text{ KN/m}^2 && \text{untuk buritan kapal} \\ P_{S2} &= 79,90 \text{ KN/m}^2 && \text{untuk midship kapal} \\ P_{S3} &= 129,34 \text{ KN/m}^2 && \text{untuk haluan kapal} \\ a &= \text{jarak antar gading} \\ &= 0,6 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} k &= 1,0 && \text{faktor bahan} \\ t_k &= 1,5 && \text{untuk } t_B \leq 10 \text{ mm} \\ t_{\min} &= \sqrt{L \times k} && \text{Untuk } L \geq 50 \text{ m} \\ &= \sqrt{116,5 \times 1,0} \\ &= 10,7 \text{ mm (tebal minimum untuk plat sisi)} \end{aligned}$$

Sehingga tebal plat alas minimum :

$$\begin{aligned} t_{\min} + 1,5 &= 10,7 + 1,5 \\ &= 12,29 \text{ mm (tebal minimum untuk plat alas)} \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned}
 ts_1 &= 1,21 \times 0,6 \times \sqrt{103,19 \times 1} + 1,5 \\
 &= \mathbf{8,46 \text{ mm} \approx 11 \text{ mm}} \text{(tebal minimum plat sisi)}
 \end{aligned}$$

- 2) Tebal plat sisi pada daerah midship

$$\begin{aligned}
 ts_2 &= 1,21 \times 0,6 \times \sqrt{79,90 \times 1} + 1,5 \\
 &= \mathbf{7,57 \text{ mm} \approx 11 \text{ mm}} \text{(tebal minimum plat sisi)}
 \end{aligned}$$

- 3) Tebal plat sisi pada daerah haluan kapal

$$\begin{aligned}
 ts_3 &= 1,21 \times 0,6 \times \sqrt{129,34 \times 1} + 1,5 \\
 &= \mathbf{9,34 \text{ mm} \approx 11 \text{ mm}} \text{(tebal minimum plat sisi)}
 \end{aligned}$$

**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. 2007 Vol. II Sec. 6.C.1.2)

Dimana :

$P_{S1}$	$= 73,33 \text{ KN/m}^2$	untuk buritan kapal
$P_{S2}$	$= 42,39 \text{ KN/m}^2$	untuk midship kapal
$P_{S3}$	$= 108,20 \text{ KN/m}^2$	untuk haluan kapal
a	$= \text{jarak antar gading}$	
	$= 0,6 \text{ m}$	
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 :

$$\begin{aligned}
 ts_1 &= 1,21 \times 0,6 \times \sqrt{73,33 \times 1} + 1,5 \\
 &= \mathbf{7,30 \text{ mm} \approx 11 \text{ mm}} \text{(tebal minimum plat sisi)}
 \end{aligned}$$

- 2) Tebal plat sisi pada daerah midship

$$\begin{aligned}
 ts_2 &= 1,21 \times 0,6 \times \sqrt{42,39 \times 1} + 1,5 \\
 &= \mathbf{5,81 \text{ mm} \approx 11 \text{ mm}} \text{(tebal minimum plat sisi)}
 \end{aligned}$$

3) Tebal plat sisi pada daerah haluan kapal

$$t_{s3} = 1,21 \times 0,6 \times \sqrt{108,20 \times 1} + 1,5$$

$$= \mathbf{8,64 \text{ mm} \approx 11 \text{ mm}} \text{ (tebal minimum plat sisi)}$$

**c. Tebal Plat Sisi Bangunan Atas**

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

(Ref : BKI Th. 2007 Vol. II Sec. 6.C.1.2)

1) Tebal plat sisi geladak kimbul (poop deck)

$$T_s = 1,21 \times 0,6 \times \sqrt{60,44 \times 1} + 1,5$$

$$= \mathbf{6,7 \text{ mm} \approx 8 \text{ mm}}$$

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

$$T_s = 1,21 \times 0,6 \times \sqrt{89,23 \times 1} + 1,5$$

$$= \mathbf{7,94 \text{ mm} \approx 10 \text{ mm}}$$

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

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

(Ref : BKI Th. 2007 Vol. II Sec. 6.B.1.1)

Dimana :

$$P_{B1} = 113,39 \quad \text{KN/m}^2 \quad \text{untuk buritan kapal}$$

$$P_{B2} = 95,93 \quad \text{KN/m}^2 \quad \text{untuk midship kapal}$$

$$P_{B3} = 133,16 \quad \text{KN/m}^2 \quad \text{untuk haluan kapal}$$

$$n_f = 1,0$$

a = jarak antar gading

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

$$k = 1$$

$$t_k = 1,5$$

1) Tebal plat alas pada daerah buritan kapal

$$t_{B1} = 1,21 \times 0,6 \times \sqrt{113,39 \times 1} + 1,5$$

$$= \mathbf{8,81 \text{ mm} \approx 13 \text{ mm}} \text{ (tebal minimum plat alas)}$$

2) Tebal plat alas pada daerah midship

$$t_{B1} = 1,21 \times 0,6 \times \sqrt{95,93 \times 1} + 1,5$$

$$= \mathbf{8,19 \text{ mm} \approx 13 \text{ mm}} \text{ (tebal minimum plat alas)}$$



3) Tebal plat alas pada daerah haluan kapal

$$t_{B_1} = 1,21 \times 0,6 \times \sqrt{133,16 \times 1} + 1,5$$

$$= 9,46 \text{ mm} \approx 13 \text{ mm} \text{ (tebal minimum plat alas)}$$

### 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. 2007 Vol. II Sec 6.B.4.2*).

1) Tebal plat-plat lajur bilga pada daerah 0,05 L dari AP = 13 mm

2) Tebal plat-plat lajur bilga pada daerah 0,4 L midship = 13 mm

3) Tebal plat-plat lajur bilga pada daerah 0,1 L dari FP = 13 mm

b. Lebar lajur bilga tidak boleh kurang dari :

$$b = 800 + 5 L$$

$$= 800 + 5 (116,5)$$

$$= 1382 \text{ mm}$$

(*Ref : BKI Th. 2007 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 :

$$b = 800 + 5 L$$

$$= 800 + 5 (116,5)$$

$$= 1360 \text{ mm}$$

(*Ref : BKI Th. 2007 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. 2007 Vol. II Sec. 6.C.3.2*)

Dimana :

$t_D$  : Tebal plat geladak

$t_S$  : Tebal plat sisi

1) Pada 0,5L dari AP  $t = 0,5 (11 + 11)$   
 $= 11 \text{ mm}$

2) Pada 0,4L Midship  $t = 0,5 (11 + 11)$   
 $= 11 \text{ mm}$

3) Pada 0,5L dari FP  $t = 0,5 (11 + 11)$   
 $= 11 \text{ mm}$

---



---

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

(Ref : BKI Th. 2007 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 :

$$\begin{aligned} t_1 &= \text{tebal plat sisi pada } 0,4 L \text{ tengah kapal} \\ &= 10 \text{ mm} \end{aligned}$$

Maka :

$$\begin{aligned} t &= 1,5 + 10 \\ &= 11,5 \text{ mm maka diambil } 12 \text{ mm} \end{aligned}$$

- c. Tebal Plat lunas,  $t_k = t_a + 2 = 13 + 2 = 15 \text{ mm}$

Lebar plat lunas tidak boleh kurang dari) :

(Ref : BKI Th. 2007 Vol. II Sec. 6.B.5.1)

$$\begin{aligned} b &= 800 + 5 L \\ &= 800 + 5 (116,5) \\ &= 1360 \text{ mm} \approx 1400 \text{ mm} \end{aligned}$$

- 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. 2007 Vol II Sec 13.B.2.1)

Dimana :

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

$$\begin{aligned} t &= (0,6 + 0,4 \cdot 0,9) \times (0,08 \cdot 116,5 + 6) \sqrt{1} \\ &= 14,36 \text{ mm} \approx 20 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$t_{\max} = 25 \sqrt{1} \text{ mm} \\ = 25 \text{ mm}$$

### B.6. Bukaannya pada plat kulit

- Bukan untuk jendela, lubang udara dan lubang pembuangan katub laut sudut-sudutnya harus dibuat lengkung 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 :

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

(Ref : BKI Th. 2007 Vol. II Sec. 8.B.5.4.1)

Dimana :

$$P = 2 Mws$$

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

$$t = 12 \times 0,6 \times \sqrt{2 \times 1} + 1,5 \\ = 12,53 \text{ mm} \approx \text{diambil } 13 \text{ mm}$$

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

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

(Ref : BKI Th. 2007 Vol. II Sec. 6.K.1)

$$t = 0,65 \sqrt{L} \\ = 0,65 \sqrt{116,5}$$

$$t = 7,01 \text{ mm} \approx 8 \text{ mm}$$

- Tinggi kubu-kubu minimal = 1000 mm
- Stay Bulwark

(BKI Th 2007 Vol II Sec 6.K.4)

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

Dimana :

$$P_s = 42,39 \text{ KN/m}^2$$

e = jarak antar stay (m)

$$= 2 \times 0,6 = 1,2 \text{ m}$$

l = panjang stay (m)

$$= 1 \text{ m}$$

Sehingga :

$$W = 4 \times 42,39 \times 1,2 \times (1^2)$$

$$= 203,47 \text{ cm}^3$$

Profil T = 150×12 FP 90 × 12

Koreksi modulus :

Lebar berguna (40 – 50) = 50

$$f = 9 \times 1,2 = 9 \text{ cm}^2$$

$$f_s = 15 \times 1,2 = 15 \text{ cm}^2$$

$$F = 50 \times 0,8 = 40 \text{ cm}^2$$

$$f/F = 0,27$$

$$f_s/F = 0,45$$

$$w = 0,37$$

$$W = w \times F \times h$$

$$= 0,37 \times 40 \times 15$$

$$= 219 \text{ cm}^3$$

W rencana > W perhitungan

$$219 > 203,47 \text{ (memenuhi)}$$

d. Freeing Ports

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

(BKI Th 2007 Vol II Sec 21.D.2.2)

Dimana :

A = panjang freeing ports (m)

L = panjang bulwark (m)

$$= 70 \text{ m}$$

Sehingga :

$$A = 0,07 \times 70$$

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

