

## 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 :

$$P_{o1} = 23,91 \text{ KN/m}^2$$

z = Jarak tengah antara pusat beban ke base line

$$= \frac{1}{3} \times T = \frac{1}{3} \times 7,23$$

$$= 2,410 \text{ m}$$

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

$$= 1,0 + \frac{5}{0,69} [0,2 - 0,1]$$

$$= 1,73$$

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

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

$$= 1,0 + \frac{20}{0,69} [0,93 - 0,7]^2$$

$$= 2,53$$

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

a) Untuk buritan kapal

$$\begin{aligned} P_{S_1} &= 10 \times (T - Z) + P_{O_1} \times C_{F1} \left(1 + \frac{Z}{T}\right) \\ &= 10 (7,23 - 2,410) + 23,91 \times 1,725 \left[1 + \frac{2,410}{7,23}\right] \\ &= 103,20 \text{ KN/m}^2 \end{aligned}$$

b) Untuk midship kapal

$$\begin{aligned} P_{S_2} &= 10 \times (T - Z) + P_{O_1} \times C_{F2} \left(1 + \frac{Z}{T}\right) \\ &= 10 (7,23 - 2,410) + 23,91 \times 1,725 \left[1 + \frac{2,410}{7,23}\right] \\ &= 80,09 \text{ KN/m}^2 \end{aligned}$$

c) Untuk haluan kapal

$$\begin{aligned} P_{S_3} &= 10 \times (T - Z) + P_{O_1} \times C_{F3} \left(1 + \frac{Z}{T}\right) \\ &= 10 (7,23 - 2,410) + 23,91 \times 1,725 \left[1 + \frac{2,410}{7,23}\right] \\ &= 128,97 \text{ KN/m}^2 \end{aligned}$$

**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 :

$$P_{O_1} = 23,91 \text{ KN/m}^2 \quad \text{untuk plat kulit dan geladak cuaca}$$

$$T = 7,23 \text{ m}$$

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

$$Z = 7,23 + \frac{1}{2} (9,40 - 7,23)$$

$$= 8,32 \text{ m}$$

$$Cf_1 = 1,73 \quad \text{Untuk Buritan Kapal}$$

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

$$Cf_3 = 2,53 \quad \text{Untuk Haluan Kapal}$$

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

a) Untuk Buritan kapal

$$\begin{aligned} P_{S1} &= P_{O1} \times CF_1 \times \left( \frac{20}{10+Z-T} \right) \\ &= 23,91 \times 1,73 \left[ \frac{20}{10+8,32-7,23} \right] \\ &= 74,43 \text{ KN/m}^2 \end{aligned}$$

b) Untuk Midship kapal

$$\begin{aligned} P_{S2} &= P_{O1} \times CF_2 \times \left( \frac{20}{10+Z-T} \right) \\ &= 23,91 \times 1,0 \times \left[ \frac{20}{10+8,32-7,23} \right] \\ &= 41,35 \text{ KN/m}^2 \end{aligned}$$

c) Untuk haluan kapal

$$\begin{aligned} P_{S3} &= P_{O1} \times CF_3 \times \left( \frac{20}{10+Z-T} \right) \\ &= 23,91 \times 2,53 \times \left[ \frac{20}{10+8,32-7,23} \right] \\ &= 109,29 \text{ KN/m}^2 \end{aligned}$$

**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 :

$P_{o1} = 23,91 \text{ KN/m}^2$  untuk plat kulit dan geladak cuaca

$P_{o2} = 17,94 \text{ KN/m}^2$  untuk main frame dan deck beam

$P_{o3} = 14,35 \text{ KN/m}^2$  untuk web frame

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

$H = 9,40 \text{ m}$

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

a) Untuk menghitung Plat kulit :

Dimana :

$Z_1 = 10,5 \text{ m}$

$C_{F1} = 1,73$

$P_{o1} = 23,91 \text{ KN/m}^2$

Sehingga :

$$\begin{aligned} P_{S1} &= P_{o1} \times C_{F1} \times \left( \frac{20}{10 + Z - T} \right) \\ &= 23,91 \times 1,73 \times \left[ \frac{20}{10 + 10,5 - 7,23} \right] \\ &= 62,17 \text{ KN/m}^2 \end{aligned}$$

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

a) Untuk menghitung Plat kulit :

Dimana :

$Z_5 = Z_1 = 10,5 \text{ m}$

$C_{F3} = 2,53$

$P_{o1} = 23,91 \text{ KN/m}^2$

Sehingga :

$$\begin{aligned}
 P_{S1} &= P_{O1} \times CF_3 \times \left( \frac{20}{10+Z-T} \right) \\
 &= 23,91 \times 2,53 \times \left[ \frac{20}{10+10,5-7,23} \right] \\
 &= 91,30 \text{ KN/m}^2
 \end{aligned}$$

### 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 :

$$T = 7,23 \text{ m}$$

$$P_{O1} = 23,91 \text{ KN/m}^2 \quad \text{untuk plat kulit dan geladag cuaca}$$

$$C_{f1} = 1,725 \quad \text{untuk buritan kapal}$$

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

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

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

1). Untuk Buritan kapal

$$\begin{aligned}
 P_{B1} &= 10 \times T + P_{O1} \times C_{f1} \\
 &= 10 \times 7,23 + 23,91 \times 1,73 \\
 &= 113,55 \text{ KN/m}^2
 \end{aligned}$$

2). Untuk Midship kapal

$$\begin{aligned}
 P_{B2} &= 10 \times T + P_{O1} \times C_{f2} \\
 &= 10 \times 7,23 + 23,91 \times 1,0 \\
 &= 96,21 \text{ KN/m}^2
 \end{aligned}$$

3). Untuk haluan kapal

$$\begin{aligned}
 P_{B3} &= 10 \times T + P_{O1} \times C_{f3} \\
 &= 10 \times 7,23 + 23,91 \times 2,53 \\
 &= 132,88 \text{ KN/m}^2
 \end{aligned}$$

**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 :

$P_{S1}$	= 81,20	KN/m <sup>2</sup>	untuk buritan kapal
$P_{S2}$	= 67,33	KN/m <sup>2</sup>	untuk midship kapal
$P_{S3}$	= 96,66	KN/m <sup>2</sup>	untuk haluan kapal

a = jarak antar gading  
 = 0,6 m (pada AP – fr 9, fr 9 – fr 44 & fr 44 – fr 176)  
 = 0,58 m (pada fr. 176 – fr. 182)  
 = 0,56 m (pada fr. 182 – 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 :

$$= 1,21 \times 0,6 \times \sqrt{81,20 \times 1} + 1,5$$

$$= \mathbf{8,676 \text{ mm} \approx 11 \text{ mm}}$$

2) Tebal plat sisi pada daerah midship

$$t_{s2} = 1,21 \times 0,6 \times \sqrt{67,33 \times 1} + 1,5$$

$$= \mathbf{7,866 \text{ mm} \approx 10 \text{ mm}}$$

3) Tebal plat sisi pada daerah haluan kapal

Tebal plat sisi haluan untuk a = 0,6 m (fr. 149 – fr. 161) :

$$t_{s3} = 1,21 \times 0,58 \times \sqrt{96,66 \times 1} + 1,5$$

$$= \mathbf{9,216 \text{ mm} \approx 11 \text{ mm}}$$

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

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

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

Dimana :

$P_{S1}$	= 74,43 KN/m <sup>2</sup>	untuk buritan kapal
$P_{S2}$	= 43,15 KN/m <sup>2</sup>	untuk midship kapal
$P_{S3}$	= 109,29 KN/m <sup>2</sup>	untuk haluan kapal
a	= jarak antar gading	
	= 0,6 m (pada AP – fr 10 & fr 149 – fr 161)	
	= 0,58 m (pada fr. 176 – fr. 182)	
	= 0,56 m (pada fr. 182 – fr. 189)	
k	= 1,0	faktor bahan
$t_k$	= 1,5	untuk $t_B \leq 10$ mm

jadi :

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

$$\begin{aligned} t_{s1} &= 1,21 \times 0,6 \times \sqrt{74,43 \times 1} + 1,5 \\ &= \mathbf{7,442 \text{ mm} \approx 11 \text{ mm}} \end{aligned}$$

- 2) Tebal plat sisi pada daerah midship

$$\begin{aligned} t_{s2} &= 1,21 \times 0,6 \times \sqrt{43,15 \times 1} + 1,5 \\ &= \mathbf{5,613 \text{ mm} \approx 10 \text{ mm}} \end{aligned}$$

- 3) Tebal plat sisi pada daerah haluan kapal

Tebal plat sisi haluan untuk a = 0,58 m (fr. 176 – fr. 182) :

$$\begin{aligned} t_{s3} &= 1,21 \times 0,58 \times \sqrt{109,29 \times 1} + 1,5 \\ &= \mathbf{8,013 \text{ mm} \approx 11 \text{ mm}} \end{aligned}$$

Tebal plat sisi haluan untuk a = 0,56 m (fr. 182 – fr. 189)

$$\begin{aligned} t_{s3} &= 1,21 \times 0,56 \times \sqrt{109,29 \times 1} + 1,5 \\ &= \mathbf{7,736 \text{ mm} \approx 11 \text{ mm}} \end{aligned}$$

**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)

$$\begin{aligned} t_{S_1} &= 1,21 \times 0,6 \times \sqrt{62,17 \times 1} + 1,5 \\ &= \mathbf{6,718 \text{ mm} \approx 8 \text{ mm}} \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} t_{S_5} &= 1,21 \times 0,58 \times \sqrt{91,30 \times 1} + 1,5 \\ &= \mathbf{7,613 \text{ mm} \approx 10 \text{ mm}} \end{aligned}$$

- 3) Tebal plat sisi winch deck

$$\begin{aligned} t_{S_6} &= 1,21 \times 0,56 \times \sqrt{36,03 \times 1} + 1,5 \\ &= \mathbf{5,208 \text{ mm} \approx 8 \text{ mm}} \end{aligned}$$

**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 :

$$\begin{aligned} P_{B1} &= 113,55 \quad \text{KN/m}^2 && \text{untuk buritan kapal} \\ P_{B2} &= 96,21 \quad \text{KN/m}^2 && \text{untuk midship kapal} \\ P_{B3} &= 132,88 \quad \text{KN/m}^2 && \text{untuk haluan kapal} \end{aligned}$$

$$n_f = 1,0$$

a = jarak antar gading

$$= 0,6 \text{ m (pada AP - fr 10 \& fr 149 - fr 161)}$$

$$= 0,58 \text{ m (pada fr. 176 - fr. 182)}$$

$$= 0,56 \text{ m (pada fr. 182 - fr. 189)}$$

$$k = 1$$

$$tk = 1,5$$

- 1) Tebal plat alas pada daerah buritan kapal

$$\begin{aligned} t_{B_1} &= 1,21 \times 1,0 \times 0,6 \times \sqrt{113,55 \times 1} + 1,5 \\ &= \mathbf{9,095 \text{ mm} \approx 13 \text{ mm}} \quad (\text{diambil tebal minimum}) \end{aligned}$$



2) Tebal plat alas pada daerah midship

$$\begin{aligned} t_{B_1} &= 1,21 \times 1,0 \times 0,7 \times \sqrt{96,21 \times 1} + 1,5 \\ &= \mathbf{8,532 \text{ mm} \approx 12 \text{ mm}} \quad (\text{diambil tebal minimum}) \end{aligned}$$

3) Tebal plat alas pada daerah haluan kapal

Tebal plat alas pada haluan untuk a = 0,58 m (fr. 176 – fr. 182) :

$$\begin{aligned} t_{B_1} &= 1,21 \times 1,0 \times 0,58 \times \sqrt{132,88 \times 1} + 1,5 \\ &= \mathbf{9,403 \text{ mm} \approx 13 \text{ mm}} \quad (\text{diambil tebal minimum}) \end{aligned}$$

Tebal plat alas pada haluan untuk a = 0,56 m (fr. 182– fr. 189) :

$$\begin{aligned} t_{B_1} &= 1,21 \times 1,0 \times 0,56 \times \sqrt{132,88 \times 1} + 1,5 \\ &= \mathbf{9,130 \text{ mm} \approx 13 \text{ mm}} \quad (\text{diambil tebal minimum}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} t_{\min} &= \sqrt{Lxk} && \text{Untuk } L \geq 50 \text{ m} \\ &= \sqrt{113 \times 1,0} \\ &= \mathbf{10,630 \text{ mm}} \end{aligned}$$

Sehingga tebal plat alas minimum :

$$\begin{aligned} t_{\min} + 1,5 &= 10,630 + 1,5 \\ &= \mathbf{12,130 \approx 12 \text{ mm}} \quad (\text{tebal minimum}) \end{aligned}$$

### 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 = 13 mm

2) Tebal plat-plat lajur bilga pada daerah 0,4 L midship = 12 mm

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

b. Lebar lajur bilga tidak boleh kurang dari :

$$\begin{aligned} b &= 800 + 5 L \\ &= 800 + 5 (113) \\ &= \mathbf{1365 \text{ mm} \approx 1400 \text{ mm}} \end{aligned}$$

(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 :

## SHELL EXPANSION

### TUGAS AKHIR KM "SONIC SHIP" GC 4990 BRT

---

$$\begin{aligned}b &= 800 + 5 L \\ &= 800 + 5 (113) \\ &= 1365 \text{ mm} \approx 1400 \text{ mm}\end{aligned}$$

(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  $t = 0,5 (11 + 11)$   
 $= 11 \text{ mm}$
- 2) Pada 0,4L Midship  $t = 0,5 (10 + 10)$   
 $= 10 \text{ mm}$
- 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. 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 :

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

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) :

## SHELL EXPANSION

### TUGAS AKHIR KM "SONIC SHIP" GC 4990 BRT

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

$$\begin{aligned} b &= 800 + 5 L \\ &= 800 + 5 (113) \\ &= 1365 \text{ mm} \approx 1400 \text{ mm} \end{aligned}$$

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 :

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

$$\begin{aligned} t &= (0,6 + 0,4 \cdot 0,9) \times (0,08 \cdot 113 + 6) \sqrt{1} \\ &= 14,44 \text{ mm} \approx 25 \text{ mm} \end{aligned}$$

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

#### B.6. Bukaan pada plat kulit

- Bukaan 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 :

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

## SHELL EXPANSION

### TUGAS AKHIR KM "SONIC SHIP" GC 4990 BRT

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

Dimana :

$$P = 2 \text{ Mws}$$

$$a = 0,7 \text{ m}$$

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

$$= 11,68 \text{ mm} \approx \text{diambil } 14 \text{ mm}$$

#### 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)

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

$$= 0,65\sqrt{113}$$

$$t = 6,909 \text{ mm} \approx 8 \text{ mm}$$

- b. Tinggi kubu-kubu minimal = 1000 mm

c.

- d. Stay Bulwark

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

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

Dimana :

$$P_s = 43,15 \text{ KN/m}^2$$

e = jarak antar stay (m)

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

l = panjang stay (m)

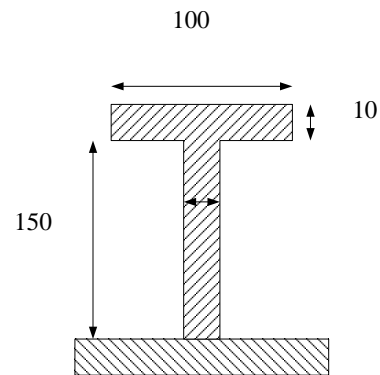
$$= 1 \text{ m}$$

Sehingga :

$$W = 4 \times 43,15 \times 1,2 \times (1^2)$$

$$= 207,12 \text{ cm}^3$$

Profil T = 150 × 10 FP 100 × 10



Koreksi modulus :

Lebar berguna  $(40 - 50) = 50$

$$f = 10 \times 1,0 = 8 \text{ cm}^2$$

$$f_s = 16 \times 1,0 = 16 \text{ cm}^2$$

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

$$f/F = 0,25$$

$$f_s/F = 0,38$$

$$w = 0,35$$

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

$$= 0,35 \times 40 \times 15$$

$$= 207,12 \text{ cm}^3$$

W rencana > W perhitungan

$$207,12 > 198,40 \text{ (memenuhi)}$$

d. Freeing Ports

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

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

Dimana :

A = panjang freeing ports (m)

L = panjang bulwark (m)

$$= 79,2 \text{ m}$$

Sehingga :

$$A = 0,07 \times 79,2$$

$$= 5,54 \text{ m}$$