

BAB VII

PERHITUNGAN STRUKTUR BANGUNAN PENGAMAN

7.1 UMUM

Dari pemilihan alternative bangunan pantai yang telah dibahas pada bab sebelumnya bangunan pengaman yang dipilih untuk mengatasi abrasi di jalur Mundu-Balongan adalah revetment. Revetment yang dapat melindungi pantai dari serangan gelombang dan erosi.

7.2 PERHITUNGAN GELOMBANG RENCANA DAN GELOMBANG PECAH

Perhitungan koefisien shoaling dan koefisien refraksi

Suatu deret gelombang merambat dari laut dalam menuju pantai yang mempunyai kontur dasar laut sejajar dalam arah utara di laut dalam.

- ❖ Tinggi gelombang dengan periode ulang 25 tahun = 4m
- ❖ Periode gelombang 10.04 detik
- ❖ Arah datang gelombang dari Timur (α_{50})
- ❖ Kemiringan (m) = 0.0283

Menentukan tinggi dan sudut datang gelombang pada kedalaman 4m

$$L_0 = 1.56T^2 = 1.56 \times 10,04^2 = 157.25 \text{ m}$$

$$C_o = \frac{L}{T_o} = \frac{157,25}{10.04} = 15,66$$

$$\frac{d}{L_0} = \frac{4}{157.25} = 0.02544$$

dari tabel L-1 diperoleh

$$\frac{d}{L} = 0.056262$$

$$n = 0.96141$$

$$K_s = 1.17$$

$$L = \frac{4}{0.056262} = 61.183 \text{ m}$$

$$C = \frac{61.183}{10.04} = 6.09 \text{ m/d}$$

$$\sin \alpha = \frac{C}{C_0} \sin \alpha_0 = \frac{6.09}{15.66} \sin 50 = 0.298 \rightarrow \alpha = 17.33$$

$$K_r = \sqrt{\frac{\cos \alpha_0}{\cos \alpha}} = \sqrt{\frac{\cos 50}{\cos 17.33}} = \sqrt{0.41} = 0.64$$

Tinggi gelombang rencana H berdasarkan perhitungan shoaling dan refraksi

$$H = K_s \times K_r \times H_0 = 1.17 \times 0.64 \times 4 = 3 \text{ m}$$

Perhitungan Tinggi dan gelombang pecah

$$H_0' = K_r \times H_0$$

$$= 0.82 \times 4$$

$$= 3.28 \text{ m}$$

$$\frac{H_0'}{gT^2} = \frac{3.28}{9.81 \times 10.04^2} = 0.0033$$

dari gambar 2.15 diperoleh

$$\frac{H_b}{H_0'} = 1.2$$

$$H_b = 3.94 \text{ m}$$

$$\frac{d_b}{H_b} = \frac{1}{b - (aH_b / gT^2)}$$

$$a = 43,75(1 - e^{-19m}) = 43,75(1 - e^{-19 \times 0.0283}) = 43.75$$

$$b = \frac{1.56}{(1 + e^{-19 \times m})} = \frac{1.56}{(1 + e^{-19 \times 0.0283})} = 0.9847$$

$$\frac{d_b}{3.94} = \frac{1}{0.9847 - (18.196 \times 3.94 / (9.81 \times 10.04^2))}$$

$$d_b = 4.33 \text{ m}$$

❖ Elevasi Muka Air Rencana

$$\text{HHWL} = +1.09$$

$$\text{DWL} = \text{HHWL} + \text{Sw} + \Delta h + \text{SLR}$$

Dimana

DWL : elevasi muka air rencana

Sw : wave set-up

SLR : kenaikan muka air karena pemanasan global (gambar 2.18) = 0.15

- **Wind set-up**

$$S_w = 0.19 \left[1 - 2.82 \sqrt{\frac{H_b}{g \times T^2}} \right] H_b$$

$$S_w = 0.19 \left[1 - 2.82 \sqrt{\frac{3.94}{9.81 \times 10.04^2}} \right] 3.94$$

$$S_w = 0.615$$

- **Wind Set up**

Kecepatan angin periode 100 tahun adalah 6.8 m dengan panjang fetch efektif dari arah barat ($\alpha = 50^\circ$) adalah 399.156 km diperoleh $U_A = 24 \text{ m/d}$,

maka besar Wind set up adalah

$$U_A = 0.71U^{1.23} \Rightarrow U = 17.5 \text{ m/d}$$

$$V_y = U \sin \alpha = 17.5 \sin 50 = 13.4 \text{ m/d}$$

$$F_y = F \sin \alpha = 399.156 \sin 50 = 305.77 \text{ km}$$

Perbandingan kedalaman air dengan panjang gelombang dilaut dalam adalah

$$\frac{d}{L_o} = \frac{1}{2} \Rightarrow \frac{1}{2} 157.25 = 78.625$$

$$\Delta h = Fc \frac{V^2}{2gd} = 305770 \times 3.5 \times 10^{-6} \frac{13.4^2}{2 \times 9.81 \times 50}$$

$$\Delta h = 0.13 \text{ m}$$

$$\text{DWL} = 1.0995 + 0.615 + 0.15 + 0.2$$

$$\text{DWL} = +1.99 \text{ m} \approx +2 \text{ m}$$

7.3 Perencanaan revetment

Dinding pantai atau revetment adalah bangunan yang memisahkan daratan dan perairan pantai, yang berfungsi sebagai pelindung pantai terhadap erosi dan lintasan gelombang (*overtopping*). Permukaan dapat berbentuk sisi tegak, miring, lengkung dan bertangga.

Dalam perencanaan bangunan pelindung pantai digunakan revetment. Revetmen dipilih karena perairan lokasi perencanaan relatif dangkal selain itu tekanan yang ditimbulkan oleh revetment relative kecil sehingga dapat dibangun di lokasi perencanaan yang mempunyai daya dukung tanah yang lunak. Revetmen juga mempunyai kelebihan yaitu dapat menyerap dan menghancurkan energi gelombang dengan baik.

- ❖ **Analisis Perencanaan Revetment**

Elevasi dasar revetment direncanakan +0,00 dari dasar laut

$$DWL = MHWS + S_w + SLR$$

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

$$d_s = +2 - 0 \text{ m} = +2 \text{ m}$$

$$\frac{d_s}{gT^2} = \frac{2}{9.81 \times 10.04^2} = 0.002$$

dari gambar 2.17 diperoleh

$$\frac{H_b}{d_s} = 0.975$$

$$H_b = 0.975 \times 1.79 = 1.745 \text{ m}$$

Tinggi gelombang berdasarkan koefisien shoaling dan refraksi = 3 m

$$\text{Tinggi gelombang rencana} = H_D = 1.75 \text{ m}$$

$$\text{Elevasi mercu} = DWL + \text{Run-up} + F$$

Dimana :

DWL : elevasi muka air rencana

Ru : Run-up yang merupakan fungsi dari bilangan irrebaren (I_r), dilihat pada gambar 2.21

F : Tinggi jagaan, direncanakan = 0.5 m

$$I_r = \frac{\text{tg } \theta}{\left(\frac{H}{L_0}\right)^{0.5}} \Rightarrow I_r = \frac{1/2}{(1.75/157.25)^{0.5}} = 4.74$$

dari grafik 2.21 diperoleh

$$\frac{R_u}{H} = 0.8$$

$$R_u = 0.8 \times 1.75 = 1.4$$

$$\text{Elevasi mercu} = DWL + \text{Run-up} + F$$

$$\text{Elevasi mercu} = 2 + 1.4 + 0.5$$

$$= +3.9 \text{ m}$$

❖ Analisis Perencanaan Bangunan revetmen

1. Lapis pelindung luar (*armour stone*)

- Berat butirbatu pelindung dengan menggunakan rumus Hudson (“Teknik Pantai”, 1999, Bambang Triamojo)

$$W = \frac{\gamma_r H^3}{K_D \left[\frac{\gamma_r}{\gamma_a} - 1 \right] \cot \theta}$$

$$W = \frac{2.4 \times 1.75^3}{7 \times \left[\frac{2.4}{1.03} - 1 \right] \times 2} = 0.390 \text{ ton}$$

- Tebal lapis pelindung

$$t = nk_{\Delta} \left[\frac{W}{\gamma_r} \right]^{\frac{1}{3}} = 2 \times 1.04 \times \left[\frac{0.390}{2.4} \right]^{\frac{1}{3}} = 1.135 \text{ m}$$

2. Lapis pelindung ke dua (*secondary stone*)

- Berat butir

$$\frac{W}{10} = \frac{0.390}{10} = 0.039 \text{ ton} = 39 \text{ kg}$$

- Tebal lapis pelindung

$$t = nk_{\Delta} \left[\frac{W}{\gamma_r} \right]^{\frac{1}{3}} = 2 \times 1.04 \times \left[\frac{0.039}{2.4} \right]^{\frac{1}{3}} = 0.527 \text{ m}$$

3. Lapis core Layer

- Berat butir

$$\frac{W}{200} = \frac{0.39}{200} = 0.00195 \text{ ton} = 1.95 \text{ kg}$$

$$t = nk_{\Delta} \left[\frac{W}{\gamma_r} \right]^{\frac{1}{3}} = 2 \times 1.04 \times \left[\frac{0.00195}{2.4} \right]^{\frac{1}{3}} = 0.194 \text{ m}$$

4. Berm kaki revetment

Direncanakan tinggi pelindung kaki bangunan (t) = 0.5

$$d_1 = d_s - t = 1.5 \text{ m}$$

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

$$d_1/d_s = 0.75 \text{ dari gambar 2.43 di peroleh } N_s^3 = 225$$

- Berat butir

$$W = \frac{\gamma_r H^3}{N_s^3 (S_r - 1)^3} = \frac{2.65 \times 1.75^3}{225 \left(\frac{2.65}{1.03} - 1 \right)^3} = 0.0174 \text{ ton}$$

- Lebar berm kaki

$$B = 3H = 3 \times 1.75 = 5.25 \text{ m}$$

❖ **Lebar puncak pemecah revetmen**

$$B = nk_{\Delta} \left[\frac{W}{\gamma_r} \right]^{\frac{1}{3}} = 3 \times 1.04 \times \left[\frac{0.39}{2.4} \right]^{\frac{1}{3}} = 1.7 \text{ m}$$

❖ **Jumlah lapis pelindung tiap satuan luas (10 m²)**

$$N = Ank_{\Delta} \left[1 - \frac{P}{100} \right] \left[\frac{W}{\gamma_r} \right]^{\frac{2}{3}}$$

$$N = 10 \times 2 \times 1.04 \left[1 - 0.5 \right] \left[\frac{0.39}{2.4} \right]^{\frac{2}{3}} = 3$$

Berdasarkan hubungan antara volume dan berat suatu benda maka volume tetrapod :

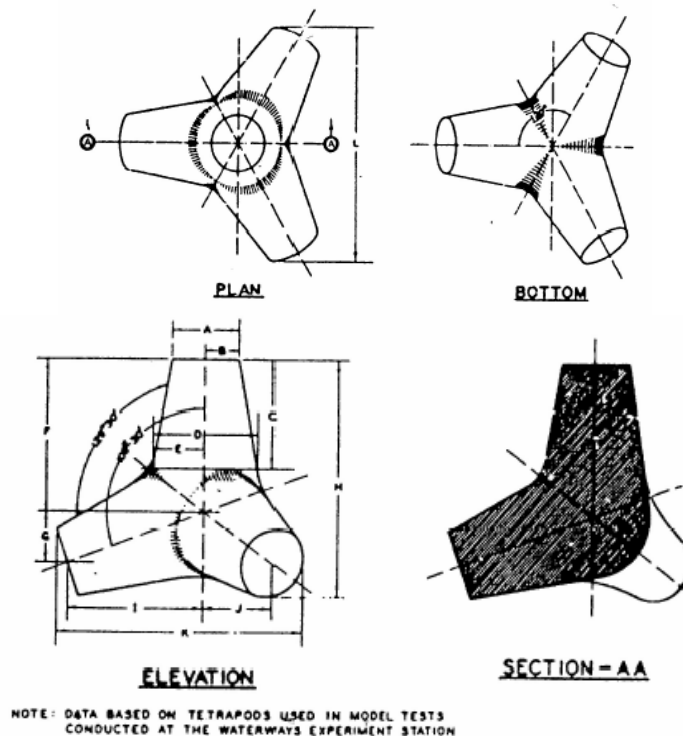
$$\text{Berat} = V \gamma_c$$

$$V = \frac{\text{berat}}{\gamma_c} = \frac{0.39}{2.4} = 0.1625 \text{ m}^3$$

$$\text{Volume} = 0.28 H^3$$

$$H = 0.834 \text{ m}$$

Ukuran cetakan tetrapod dari masing-masing berat butir tetrapod berdasarkan pada ukuran yang tercantum pada SPM vol II 1984 hal. 7-218 disajikan pada gambar 7.1.



Gambar 7.1 Dimensi tetrapod

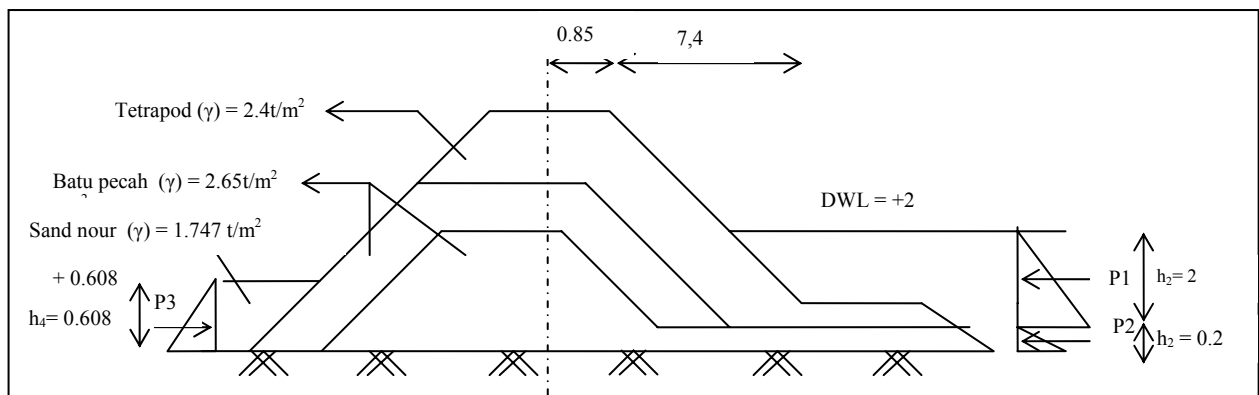
Dimana:

$$\begin{aligned}
 A &= 0,302 H & D &= 0,470 H & G &= 0,215 H & J &= 0,303 H \\
 B &= 0,151 H & E &= 0,235 H & H &= 1 H = 0,834 & K &= 1,091 H \\
 C &= 0,477 H & F &= 0,644 H & I &= 0,606 H & L &= 1,201 H
 \end{aligned}$$

Tabel 7.1 dimensi tetrapod berdasarkan berat butir tetrapod

Dimensi tetrapod	W = 390 kg Tinggi tetrapod H = 0.834m
A	0.252
B	0.126
C	0.398
D	0.392
E	0.196
F	0.537
G	0.209
H	0.834
I	0.505
J	0.253
K	0.91
L	1.002

7.4 Perhitungan penurunan "Settlement"



Gambar 7.3 Diagram tegangan revetmen

Dari data-data lapangan diketahui

$$\gamma_{\text{sat}} = \text{berat volime tanah basah} = 1.747 \text{ ton/m}^3$$

$$\gamma' = \gamma_{\text{sat}} - \gamma_w = 1.747 - 1 = 0.747 \text{ ton/m}^3$$

$$C_c = \text{koefisien gradasi} = 0.332$$

$$G_s = \text{berat jenis tanah} = 2.677$$

$$H = \text{tebal segmen tanah} = 2.00 \text{ m}$$

$$z = H/2 = 2/2 = 1 \text{ m}$$

S = derajat kejenuhan = 1

w = kadar air = 40.11%

Tegangan kontak pada alas bangunan groin adalah

$$q = \frac{(\gamma_{timb} + \gamma_{beton} + \gamma_{batu})}{3} h = 2.28 * 2 = 4.56 \text{ t/m}^2$$

$$a/z = 7.4/1 = 7.4$$

$$b/z = 0.85/1 = 0.85$$

dari gambar 2.44 didapat $I = 0.485$

tambahan tegangan satu sisi bangunan $\Delta p_1 = q \cdot I = 4.56 \times 0.485 = 2.21 \text{ t/m}^2$

tambahan tegangan ke dua sisi bangunan $\Delta p = 2 \times \Delta p_1 = 2 \times 2.21 = 4.42 \text{ t/m}^2$

Tegangan efektif awal

$$P_1 = (\gamma_{tetra} - 1) \times h_2 = (2.4 - 1) \times 2 = 2.8 \text{ t/m}^2$$

$$P_2 = (\gamma_{batu} - 1) \times h_3 = (2.65 - 1) \times 0.2 = 0.33 \text{ t/m}^2$$

$$P_3 = (\gamma_{sand}) \times h_4 = 1.747 \times 0.608 = 1.602 \text{ t/m}^2$$

$$P_{\text{total}} = (P_1 + P_2 + P_3 - P_4) = 2.528 \text{ t/m}^2$$

angka pori $e = G_s \times w / S = 2.677 \times 0.4011 / 1 = 1.073$

Penurunan konsolidasi:

$$S_c = C_c \frac{H}{e} \log \frac{P_{tot} + \Delta p}{P_{tot}}$$

$$S_c = 0.332 \frac{2}{1.074} \log \frac{2.528 + 3.96}{2.528}$$

$$S_c = 0.143 \text{ m} = 143 \text{ mm}$$

Untuk menghitung penurunan tanah terhadap waktu, dihitung dengan rumus

$$t = TV * H^2 / CV$$

dimana :

t = lama (waktu) terjadinya penurunan, tahun, bulan, dan lain-lain

TV = time factor

H = tebal lapisan tanah = 20 m

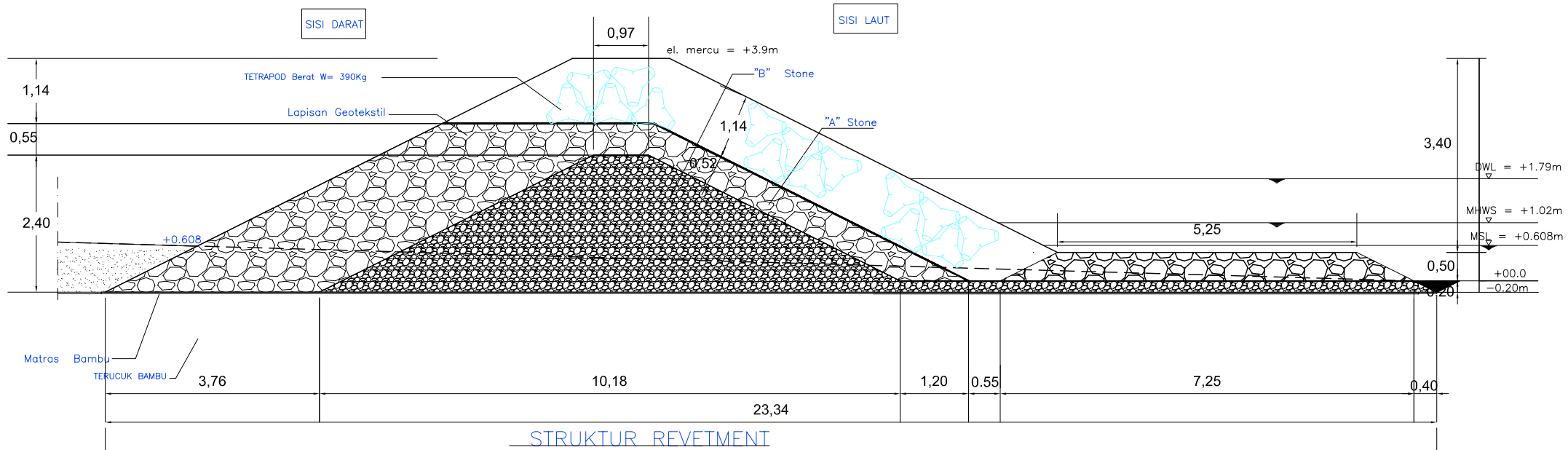
CV = koefisien konsolidasi (cm^2/det)

Derajat konsolidasi

Dari hasil hitungan, penurunan tanah (*settlement*) terjadi sebesar 30.5 cm.

Koefisien konsolidasi (CV) adalah = $3.704 * 10^{-4}$

$$t = \frac{0.008 * 2000^2}{3.704 * 10^{-4}}$$
$$t = 86393088.55 \text{ det}$$
$$t = 2.73 \text{ tahun}$$



"B" Stone Berat Butiran Batu @ 1.95 Kg (D = 9.7 cm -12 cm)
 "A" Stone = Berat Butiran Batu @ 39 Kg (D= 26 s.d 30 cm)