

BAB VI PERENCANAAN STRUKTUR

6.1 Tinjauan Umum

Pada bab ini akan dibahas mengenai perencanaan struktur bangunan pantai yang direncanakan dalam hal ini bangunan pengaman pantai berupa kombinasi antara *groin* dan *revetment*. Tipe bangunan pantai yang direncanakan merupakan tipe *Rubble Mound Groin*. Tahap ini dilakukan dalam beberapa langkah meliputi:

1. Perencanaan Struktur *Groin*
 - a. Penentuan kedalaman muka air laut di ujung *groin*.
 - b. Perhitungan tinggi dan kondisi gelombang di ujung *groin*.
 - c. Perhitungan elevasi puncak *groin*.
 - d. Perencanaan lapis lindung pada *groin*.
 - e. Pendimensian *groin*.
 - f. Perhitungan *Settlement* (Penurunan).
2. Perencanaan Struktur *Revetment*
 - a. Perhitungan elevasi puncak *revetment*.
 - b. Perencanaan lapis lindung pada *revetment*.
 - c. Pendimensian *revetment*.

6.2 Perencanaan Struktur *Groin*

6.2.1 Penentuan Kedalaman Muka Air Laut di Ujung *Groin*

Kedalaman muka air laut terhadap dasar laut di ujung *groin* ditentukan berdasarkan posisi *groin* dan panjang *groin* yang telah dicari menggunakan program GENESIS. Didapatkan panjang *groin* 50 meter dengan jarak antar *groin* 150 meter. Setelah itu, posisi *groin* dan panjang *groin* diplotkan ke dalam peta bathimetri. Dari peta bathimetri bisa didapatkan elevasi muka air laut di ujung *groin* yaitu -1 meter. Jadi, kedalaman muka air laut di ujung *groin* adalah:

$$\begin{aligned}
 d &= \text{HWL} - \text{elevasi muka air laut di ujung } groin \\
 &= 1,6 - (-1) \\
 &= 2,6 \text{ m}
 \end{aligned}$$

6.2.2 Perhitungan Tinggi dan Kondisi Gelombang di Ujung *Groin*

Dalam perhitungan ini diperlukan beberapa parameter antara lain:

$$\begin{aligned}
 H_{33} &= 2,66 \text{ meter} \\
 T_{33} &= 8,55 \text{ detik} \\
 d &= 2,6 \text{ meter} \\
 \alpha &= 47^\circ
 \end{aligned}$$

1. Perhitungan K_s dan K_r

$$\begin{aligned}
 L_o &= 1,56T^2 \\
 &= 1,56 \times 8,55^2 \\
 &= 114,04 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 C_o &= \frac{L_o}{T} \\
 &= \frac{114,04}{8,55} \\
 &= 13,34 \text{ m/dt}
 \end{aligned}$$

$$\frac{d}{L_o} = \frac{2,6}{114,04} = 0,0228$$

Dari Tabel L-1 didapat :

$$K_s = 1,19$$

$$\frac{d}{L} = 0,0617$$

$$L = \frac{d}{0,0617} = \frac{2,6}{0,0617} = 42,14 \text{ m}$$

$$C = \frac{L}{T} = \frac{42,14}{8,55} = 4,93$$

$$\sin \alpha = \frac{C}{C_o} \sin \alpha_o$$

$$\sin \alpha = \frac{4,93}{13,34} \times \sin 47^\circ$$

$$\alpha = 15,68^\circ$$

$$Kr = \sqrt{\frac{\cos 47^\circ}{\cos 15,68^\circ}} = 0,84$$

2. Tinggi gelombang di ujung bangunan:

$$\begin{aligned} H_1 &= H.Ks.Kr \\ &= 2,66 \times 1,19 \times 0,84 \\ &= 2,659 \text{ m} \end{aligned}$$

3. Perhitungan letak atau kedalaman gelombang pecah

$$H'o = 0,84 \times 2,659 = 2,23$$

$$\frac{H'o}{gT^2} = \frac{2,23}{9,81 \times 9,886^2} = 0,0023$$

Dari Gambar 2.5 didapat: $\frac{Hb}{H'o} = 1,46$

$$H_b = 2,23 \times 1,46 = 3,26 \text{ m}$$

$$\frac{Hb}{gT^2} = \frac{3,26}{9,81 \times 9,886^2} = 0,0034$$

Dari Gambar 2.6 didapat: $\frac{db}{Hb} = 1,1$

$$d_b = 1,1 \times 3,26 = 3,59 \text{ m}$$

Jadi, gelombang pecah akan terjadi pada kedalaman 3,59 m. Karena kedalaman ujung *groin* ($d = 2,6 \text{ m}$) lebih kecil dari kedalaman gelombang pecah ($d_b = 3,59 \text{ m}$) berarti pada ujung bangunan terjadi gelombang pecah.

6.2.3 Perhitungan Elevasi Puncak *Groin*

Parameter-parameter yang digunakan dalam perhitungan ini yaitu:

$$H_1 = 2,659 \text{ m}$$

$$L_o = 114,04 \text{ m}$$

Kemiringan dinding *groin* = 1 : 2

$$\text{HHWL} = +1,6 \text{ m}$$

$$H_b = 3,26 \text{ m}$$

1. *Design Water Level (DWL)*

Rumus yang dipakai dalam menghitung DWL yaitu:

$$DWL = HHWL + S_w + SLR$$

a. Dari analisa pasang surut di dapatkan nilai HHWL = +1,6 m.

$$\begin{aligned} \text{b. Wave Set-Up (S}_w\text{)} &= 0,19 \left[1 - 2,82 \sqrt{\frac{H_b}{g.T^2}} \right] H_b \\ &= 0,19 \left[1 - 2,82 \sqrt{\frac{3,26}{9,81.8,55^2}} \right] .3,26 \\ &= 0,5 \text{ m} \end{aligned}$$

c. Dari grafik perkiraan kenaikan muka air laut karena pemanasan global didapatkan nilai SLR pada tahun 2008 sebesar 0,08 m.

Dari perhitungan diatas dapat dihitung nilai DWL yaitu:

$$\begin{aligned} DWL &= 1,6 + 0,5 + 0,08 \\ &= +2,18 \text{ m} \end{aligned}$$

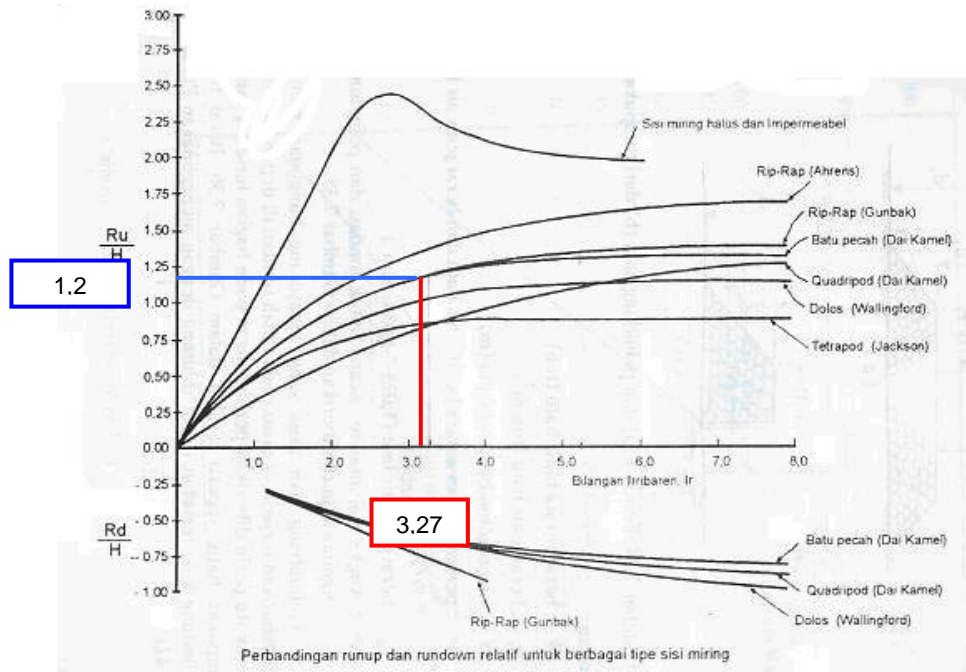
2. Bilangan Iribaren

$$\begin{aligned} Ir &= \frac{tg \theta}{\left(\frac{H_1}{Lo} \right)^{0,5}} \\ &= \frac{0,5}{\left(\frac{2,659}{114,04} \right)^{0,5}} \\ &= 3,27 \end{aligned}$$

3. *Runup*

Dengan menggunakan grafik pada Gambar 6.1 dihitung nilai *runup*. Untuk lapis lindung dari batu pecah (*quarry stone*) dan nilai Ir = 3,27 didapat:

$$\begin{aligned} \frac{Ru}{H_1} &= 1,2 \\ Ru &= 1,2 \times 2,659 \\ &= 3,2 \text{ m} \end{aligned}$$



Gambar 6.1 Grafik Runup Gelombang

4. Elevasi puncak groin

$$\begin{aligned}
 \text{EL puncak groin} &= \text{DWL} + Ru + \text{tinggi jagaan} \\
 &= 2,18 + 3,2 + 0,5 \\
 &= +5,88 \text{ meter}
 \end{aligned}$$

6.2.4 Perencanaan Lapis Lindung pada Groin

Lapis lindung menggunakan batu pecah bersudut kasar dengan kondisi gelombang di lokasi merupakan gelombang pecah, dari Tabel 2.2 dan Tabel 2.3 didapatkan:

$$\begin{aligned}
 K_D &= 1,6 \\
 \text{Cot } \theta &= 2 \\
 \gamma_r &= 2,65 \text{ ton/ m}^3 \\
 \gamma_w &= 1,03 \text{ ton/m}^3 \\
 H_1 &= 3,79 \text{ m}
 \end{aligned}$$

1. Berat butir lapis lindung

Berat butir lapis lindung dihitung dengan rumus Hudson berikut ini:

$$\begin{aligned} W &= \frac{\gamma_r \cdot H_1^3}{K_D \cdot (Sr - 1)^3 \cdot \cot \theta} \\ &= \frac{2,65 \times 2,659^3}{1,6 \times \left[\frac{2,65}{1,03} - 1 \right]^3 \times 2} \\ &= 0,566 \text{ ton} = 566 \text{ kg} \end{aligned}$$

2. Berat butir lapis transisi

$$W_{tr} = \frac{W}{10} = \frac{566}{10} = 56,6 \approx 57 \text{ kg}$$

3. Berat butir lapis inti

$$W_c = \frac{W}{200} = \frac{566}{200} = 2,83 \text{ kg} \approx 3 \text{ kg}$$

6.2.5 Pendimensian Groin

Parameter-parameter yang digunakan yaitu:

$$\begin{aligned} K_\Delta &= 1,15 \\ W &= 310 \text{ kg} \\ W_{tr} &= 31 \text{ kg} \\ P &= 37 \% \\ \gamma_r &= 2,65 \text{ ton/ m}^3 \end{aligned}$$

1. Lebar puncak mercu

Lebar puncak groin untuk $n = 3$ (minimum):

$$B = n \cdot k \Delta \cdot \left[\frac{W}{\gamma_r} \right]^{\frac{1}{3}} = 3 \times 1,15 \times \left[\frac{566}{2650} \right]^{\frac{1}{3}} = 2,06 \text{ m}$$

2. Tebal lapis lindung

$$t = n \cdot k \Delta \cdot \left[\frac{W}{\gamma_r} \right]^{\frac{1}{3}} = 2 \times 1,15 \times \left[\frac{566}{2650} \right]^{\frac{1}{3}} = 1,38 \text{ m}$$

3. Tebal lapis transisi

$$t = n.k\Delta \left[\frac{W}{\gamma r} \right]^{\frac{1}{3}} = 2 \times 1,15 \times \left[\frac{57}{2650} \right]^{\frac{1}{3}} = 0,64m$$

4. Jumlah batu pelindung

Jumlah batu pelindung tiap satuan luas (10m²), dihitung dengan rumus:

$$N = A.n.k\Delta \left[1 - \frac{P}{100} \right] \left[\frac{\gamma r}{W} \right]^{\frac{2}{3}} = 10 \times 2 \times 1,15 \times \left[1 - \frac{37}{100} \right] \left[\frac{2650}{566} \right]^{\frac{2}{3}}$$

$$= 40,57 = 41 \text{ buah}$$

6.2.6 Perhitungan Settlement (Penurunan)

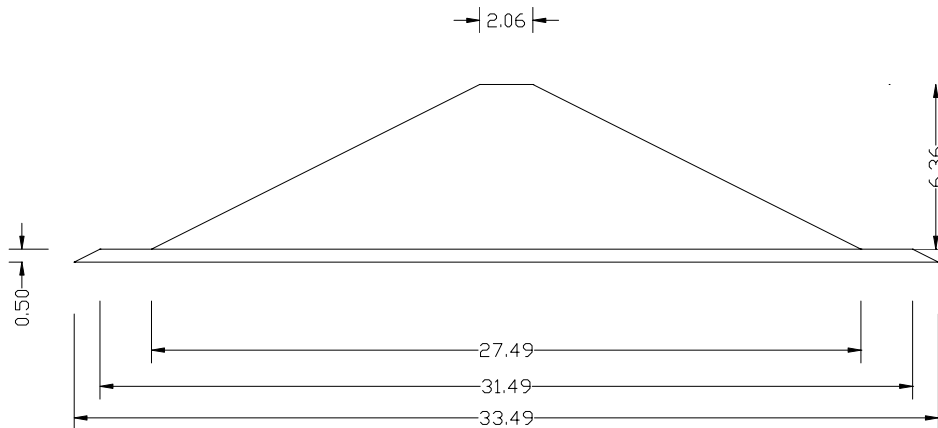
Dari data-data mekanika tanah (lihat Lampiran 5) diketahui :

Berat volume batu (γ_{batu}) = 2,65 ton/m³

Berat volume tanah (γ_{tanah}) = 1,85 ton/m³

Angka pori tanah (e) = 0,63

Compression indeks (Cc) = 0,708



1. Penurunan Seketika (Si)

$$L = \left[\frac{1}{2} \times (33,49 + 31,49) \times 0,5 \right] + \left[\frac{1}{2} \times (27,49 + 2,06) \times 6,36 \right]$$

$$= 16,25 + 93,97$$

$$= 110,22 \text{ m}^2$$

$$\begin{aligned}
 P &= \gamma_{\text{batu}} \times L \times B \\
 &= 2,65 \times 110,22 \times 1 \\
 &= 292,08 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 q &= \frac{P_{\text{tot}}}{L_{\text{alas}}} = \frac{292,08}{33,49 \times 1} \\
 &= 8,72 \text{ t/m}^2
 \end{aligned}$$

$$S_i = qxBx \frac{1-u^2}{E_s} xI_w$$

Dimana:

S_i = penurunan seketika (cm)

q = tegangan kontak (t/m^2)

B = lebar bangunan tiap 1 meter

μ = angka poisson (lihat Lampiran 7)

E_s = modulus elastisitas (lihat Lampiran 7)

I_w = faktor pengaruh yang tergantung dari bentuk bangunan dan kekakuan bangunan.

$$\begin{aligned}
 S_i &= 8,72 \times 1 \times \frac{1-0,15^2}{200} \times 0,95 \\
 &= 0,04 \text{ m} = 4 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

2. Penurunan Konsolidasi (S_{cp})

$$S_{cp} = \frac{Cc \times H}{1 + e_o} \times \left[\text{Log} \frac{P_o + \Delta P}{P_o} \right]$$

Dimana:

S_{cp} = penurunan konsolidasi

Cc = compression indeks

e = angka pori tanah

H = tinggi lapisan tanah

P_o = muatan/tegangan tanah awal

ΔP = tambahan tegangan tanah

$$\begin{aligned} P_0 &= (\gamma_{\text{tanah}} \times H) + (\gamma_{\text{air}} \times H) \\ &= (1,85 \times 4) + (1,03 \times 4) \\ &= 11,52 \text{ t/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta P &= \frac{q \times B \times L}{(B+z) \times (L+z)} \text{ dengan } Z = \frac{H}{2} = \frac{4}{2} = 2 \text{ m} \\ &= \frac{8,72 \times 1 \times 33,49}{(1+2) \times (33,49+2)} \\ &= 2,82 \text{ t/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S_{cp} &= \frac{0,708 \times 4}{1+0,63} \times \left[\text{Log} \frac{11,52+2,82}{11,52} \right] \\ &= 0,16 \text{ m} = 16 \text{ cm} \end{aligned}$$

3. Penurunan Total (St)

$$\begin{aligned} S_t &= S_i + S_{cp} \\ &= 4 + 16 \\ &= 20 \text{ cm} \end{aligned}$$

4. Waktu Penurunan

$$T_v = \frac{C_v \times t}{H^2}$$

Dimana:

T_v = factor waktu

C_v = koefisien konsolidasi = $0,002 \text{ cm}^2/\text{menit}$

t = waktu

H = tinggi lapisan tanah

U = derajat konsolidasi (%)

$$T_v = \frac{0,002 \times 5 \times 365 \times 24 \times 60}{400^2}$$

$$= 0,033$$

$$T_v = 1,781 - 0,933 \log (100-U)$$

$$0,033 = 1,781 - 0,933 \log (100-U)$$

$$\log (100-U) = \frac{1,781 - 0,033}{0,933} = 1,87$$

$$\begin{aligned}
 100-U &= 10^{1,87} \\
 U &= 100 - 74,13 \\
 &= 25,87 \% \\
 S_{\text{tahun}} &= U \times St \\
 &= 25,87 \% \times 20 \\
 &= 5,174 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

Mencapai derajat konsolidasi 90 % ($T_v = 0,848$)

$$\begin{aligned}
 t &= \frac{T_v \times H^2}{C_v} \\
 &= \frac{0,848 \times 4^2}{0,002} \\
 &= 6,8 \text{ tahun}
 \end{aligned}$$

6.3 Perhitungan Struktur *Revetment*

6.3.1 Perhitungan Elevasi Puncak *Revetment*

Parameter-parameter yang digunakan dalam perhitungan ini yaitu:

$$\begin{aligned}
 \text{HHWL} &= +1,6 \text{ m} \\
 ds &= \text{HHWL} = +1,6 \text{ m} \\
 H &= 0,78 \times ds \text{ m} = 0,78 \times 1,6 = 1,248 \text{ m} \\
 Lo &= 1,56 T^2 = 1,56 \times 8,55^2 = 114,04 \text{ m} \\
 Sw &= 0,5
 \end{aligned}$$

$$\text{Tinggi jagaan} = 0,5 \text{ m}$$

$$\text{Kenaikan karena pemanasan global (Fpg)} = 0,08 \text{ m}$$

$$\text{Kemiringan dinding } \textit{revetment} = 1 : 2$$

1. Bilangan Iribaren

$$\begin{aligned}
 Ir &= \frac{tg \theta}{\left(\frac{H}{Lo}\right)^{0,5}} = \frac{0,5}{\left(\frac{1,248}{114,04}\right)^{0,5}} \\
 &= 4,78
 \end{aligned}$$

2. *Runup*

Dengan menggunakan grafik pada Gambar 6.1 dihitung nilai *runup*. Untuk lapis lindung dari batu pecah (*quarry stone*) dan nilai $I_r = 5,132$ didapat:

$$\begin{aligned}\frac{R_u}{H} &= 1,25 \\ R_u &= 1,25 \times 1,248 \\ &= 1,56 \text{ m}\end{aligned}$$

3. Elevasi puncak *revetment*

$$\begin{aligned}\text{EL puncak } \textit{revetment} &= \text{DWL} + R_u + \text{tinggi jagaan} \\ &= (\text{HHWL} + S_w + F_{pg}) + R_u + \text{tinggi jagaan} \\ &= (1,6 + 0,5 + 0,08) + 1,56 + 0,5 \\ &= +4,24 \text{ m}\end{aligned}$$

6.3.2 Perencanaan Lapis Lindung pada *Revetment*

Lapis lindung menggunakan batu pecah bersudut kasar dengan kondisi gelombang di lokasi merupakan gelombang pecah, dari Tabel 2.2 dan Tabel 2.3 didapatkan:

$$\begin{aligned}K_D &= 1,6 \\ \text{Cot } \theta &= 2 \\ N_s &= 120 \\ \gamma_r &= 2,65 \text{ ton/ m}^3 \\ \gamma_w &= 1,03 \text{ ton/m}^3 \\ H &= 1,248 \text{ m}\end{aligned}$$

1. Berat butir lapis lindung

Berat butir lapis lindung dihitung dengan rumus Hudson berikut ini:

$$\begin{aligned}W &= \frac{\gamma_r \cdot H^3}{K_D \cdot (S_r - 1)^3 \cdot \text{cot } \theta} = \frac{2,65 \times 1,248^3}{1,6 \times \left[\frac{2,65}{1,03} - 1 \right]^3 \times 2} \\ &= 0,414 \text{ ton} = 414 \text{ kg}\end{aligned}$$

2. Berat *toe protection*

$$\begin{aligned}
 Wt &= \frac{\gamma_b \cdot H^3}{Ns^3(Sr-1)} \\
 &= \frac{2,65 \cdot 1,248^3}{120(2,573-1)} \\
 &= 0,027 \text{ ton} = 27 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

6.3.3 Pendimensian *Revetment*

Parameter-parameter yang digunakan yaitu:

$$\begin{aligned}
 W &= 414 \text{ kg} \\
 \gamma_r &= 2,65 \text{ ton/ m}^3 \\
 ds &= 1,6 \text{ m}
 \end{aligned}$$

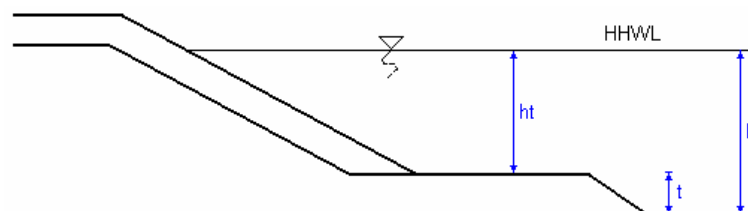
1. Lebar puncak mercu

$$\begin{aligned}
 B &= n \cdot K_{\Delta} \left[\frac{W}{\gamma_b} \right]^{1/3} \\
 &= 3 \times 1,15 \times \left[\frac{414}{2650} \right]^{1/3} \\
 &= 1,86 = 2 \text{ m}
 \end{aligned}$$

2. Tebal lapis lindung

$$\begin{aligned}
 t &= 2x_{de} = 2x \left[\frac{W}{\gamma_b} \right]^{1/3} = 2x_{de} = 2x \left[\frac{0,414}{2,65} \right]^{1/3} \\
 &= 1,1 \text{ m}
 \end{aligned}$$

3. Tinggi *toe protection*



Gambar 6.2 *Revetment* rencana.

$$h = \text{HHWL} = +1,6 \text{ m}$$

$$\text{direncanakan } h_t = 1 \text{ m}$$

$$h_t/h = 1/1,6 = 0,625$$

$$t = h - h_t$$

$$= 1,6 - 1$$

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

4. Lebar *toe protection*

$$B = 2 \times h$$

$$= 2 \times 1,6$$

$$= 3,2 \text{ m}$$