

## BAB V

### PERENCANAAN STRUKTUR

#### 5.1. TINJAUAN UMUM

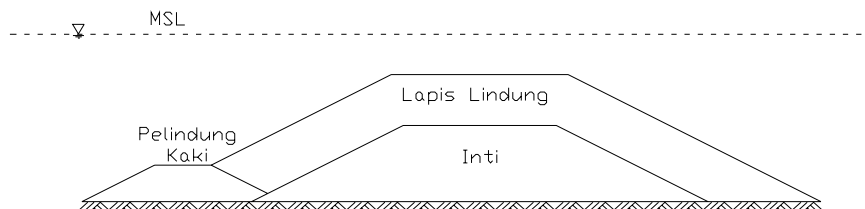
Dalam perencanaan suatu bangunan pantai harus ditetapkan terlebih dahulu parameter-parameter yang berperan dalam perhitungan struktur. Parameter-parameter tersebut meliputi parameter geomorfologi dan parameter hidro-oseanografi pantai. Parameter-parameter tersebut dapat ditentukan berdasarkan perhitungan pada bab sebelumnya maupun dari hasil penelitian dan literatur yang telah ada sebelumnya. Parameter-parameter yang digunakan dalam perencanaan ini adalah :

1. Panjang lokasi perencanaan adalah  $\pm 2$  km (Pemerintah Kota Pekalongan, Dinas Pekerjaan Umum, 2005)
2. Kelerengan dasar pantai,  $\alpha = 1,70^\circ$  (Badan Penelitian dan Pengembangan Propinsi Jawa Tengah, 2004)
3. Gelombang dominan berasal dari arah Utara yang membentuk sudut sebesar  $62^\circ$  terhadap garis pantai
4. Nilai gelombang signifikan ( $H_{33}$ ) dan periode gelombang signifikan ( $T_{33}$ ) adalah :  
Tinggi gelombang signifikan ( $H_{33}$ )                      = 3,711 m  
Periode Gelombang signifikan ( $T_{33}$ )                      = 10,3 dt
5. Elevasi muka air laut berdasarkan analisa pasang surut pada bab sebelumnya adalah :
  - a. Muka air laut tinggi tertinggi, HHWL adalah + 55 cm
  - b. Muka air laut tinggi rata-rata, MHWL adalah +35 cm
  - c. Muka air laut rata-rata, MSL adalah  $\pm 0$
  - d. Muka air laut rendah rata-rata, MLWL adalah -35 cm
  - e. Muka air laut rendah terendah, LLWL adalah -55 cm
6. Dalam perencanaan ini digunakan durasi angin selama 4 jam. Hal ini dikarenakan intensitas terjadinya durasi angin selama 4 jam pali sering.

Untuk perencanaan *breakwater* perlu ditentukan terlebih dahulu spesifikasi *breakwater* sebagai acuan dalam perencanaan selanjutnya. Spesifikasi-spesifikasi tersebut adalah :

1. *Breakwater* merupakan *submerged breakwater* lepas pantai yang terdiri dari beberapa segmen yang dipisahkan oleh sebuah celah
2. *Breakwater* menggunakan konstruksi tumpukan batu dengan kemiringan dinding 1 : 2
3. Gelombang transmisi maksimum adalah 1 meter
4. Elevasi puncak *breakwater* didisain 0,5 meter dibawah permukaan air laut
5. Batu lindung menggunakan batu pecah bersudut kasar sebanyak 2 lapis dengan berat jenis batu,  $\gamma_r = 2,7 \text{ Ton/m}^3$
6. Berat jenis air laut,  $\gamma_w = 1,03 \text{ Ton/m}^3$
7. Tingkat kerusakan struktur pada akhir umur rencana (S) adalah 2 (mulai rusak)

Potongan melintang *breakwater* yang direncanakan dapat dilihat pada gambar 5.1. berikut ini :



Gambar 5.1. Potongan melintang *breakwater*

## 5.2. GELOMBANG PECAH

Sebelum mendesain struktur *breakwater*, terlebih dahulu harus diketahui letak atau kedalaman dari gelombang pecah. Kedalaman gelombang pecah ini sangat penting dalam perencanaan letak *breakwater*.

Kedalaman dan tinggi gelombang pecah dapat dihitung dengan menggunakan rumus- rumus pada bab II serta dengan menggunakan bantuan tabel A-1 pada halaman lampiran. Kedalaman dan tinggi gelombang pecah dapat dihitung dengan memasukkan nilai dari kedalaman dasar laut (h) dengan cara coba-

coba yang kemudian dimasukkan ke dalam rumus-rumus tersebut. Sedangkan untuk nilai  $\tanh(kh)$ ,  $h/L$ , dan  $n$  dapat dicari dengan menggunakan tabel A-1.

Kedalaman dan tinggi gelombang pecah untuk gelombang signifikan harian ( $H_{33}$ ) dapat dilihat pada tabel dibawah dimana:

$$H_0 = 3,711 \text{ m}$$

$$T_0 = 10,3 \text{ detik}$$

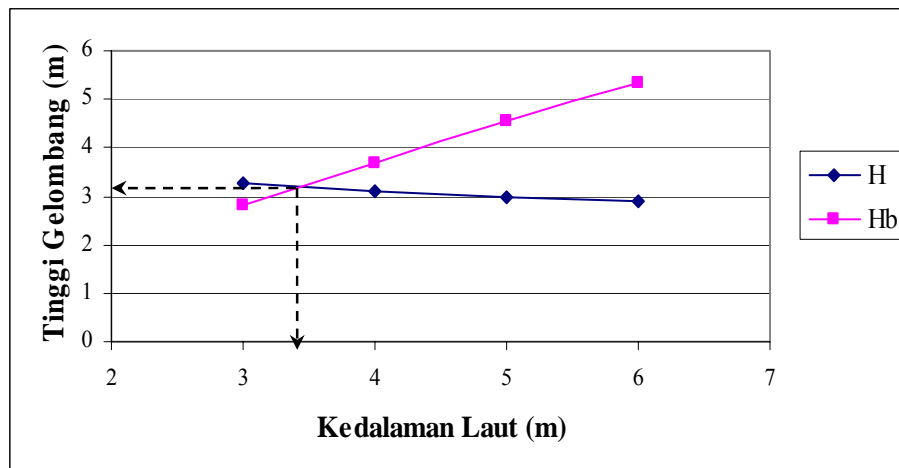
$$L_0 = 165,5 \text{ m}$$

□

□ Tabel 5.1. Perhitungan kedalaman dan tinggi gelombang pecah untuk gelombang signifikan harian ( $H_{33}$ )

Tabel 5.1. Perhitungan kedalaman dan tinggi gelombang pecah untuk gelombang signifikan harian ( $H_{33}$ )

Dari tabel tersebut dapat digambarkan sebuah grafik yang menunjukkan hubungan antara kedalaman dasar laut dengan tinggi gelombang. Dari tabel tersebut kemudian ditentukan kedalaman gelombang pecah yaitu pada saat tinggi gelombang ( $H$ ) sama dengan tinggi gelombang pecah ( $H_b$ ).



Gambar 5.2. Grafik hubungan antara kedalaman dan tinggi gelombang pecah untuk gelombang signifikan harian ( $H_{33}$ )

Dari grafik diatas, diketahui gelombang pecah untuk kondisi gelombang signifikan harian ( $H_{33}$ ) terjadi pada kedalaman ( $h_b$ ) 3,4 m dengan tinggi gelombang pecah ( $H_b$ ) 3,2 m.

### 5.3. LAY-OUT BREAKWATER

Untuk menghindari kerusakan struktur akibat serangan gelombang, *submerged breakwater* harus ditempatkan pada daerah dimana gelombang telah pecah. Dalam perencanaan ini *breakwater* ditempatkan pada kedalaman 3 meter atau pada jarak  $\pm 100$  meter dari pantai. Tinggi gelombang pada kedalaman ini adalah sebagai berikut :

$$L_0 = 1,56T^2 = 1,56 \cdot 10,3^2 = 165,5 \text{ m}$$

$$C_0 = \frac{L_0}{T} = \frac{165,5}{10,3} = 16,068 \text{ m/dt}$$

$$\frac{d}{L_0} = \frac{3}{165,5} = 0,0181$$

Dari tabel A-1 didapat  $\frac{d}{L} = 0,2139 \longrightarrow L = \frac{3}{0,2139} = 14,023 \text{ m}$

$$K_s = 0,4883$$

$$C = \frac{L}{T} = \frac{14,023}{10,3} = 1,361 \text{ m/dt}$$

Arah datang gelombang pada kedalaman 3 m dihitung dengan menggunakan persamaan berikut :

$$\sin \alpha = \left( \frac{C}{C_0} \right) \sin \alpha_0$$

$$\sin \alpha = \left( \frac{1,361}{16,068} \right) \sin 62^\circ = 0,053 \longrightarrow \alpha = 3,03^\circ$$

Koefisien refraksi

$$K_r = \sqrt{\frac{\cos \alpha_0}{\cos \alpha}}$$

$$K_r = \sqrt{\frac{\cos 62^\circ}{\cos 4,29^\circ}} = 0,686$$

Tinggi gelombang pada lokasi bangunan

$$H = K_s K_r H_0$$

$$H = 0,4883 \cdot 0,686 \cdot 3,711 = 1,243 \text{ m}$$

Berdasarkan konsep Uda et al (1988) untuk *submerged breakwater*, hubungan antara panjang *breakwater* ( $L_B$ ), lebar celah ( $G_B$ ), dan jarak *breakwater* dari pantai ( $X_B$ ) dapat dilihat sebagai berikut :

$$\begin{aligned} L_B / X_B &= 1 \text{ sampai } 3 \\ L_B / G_B &> 4 \end{aligned}$$

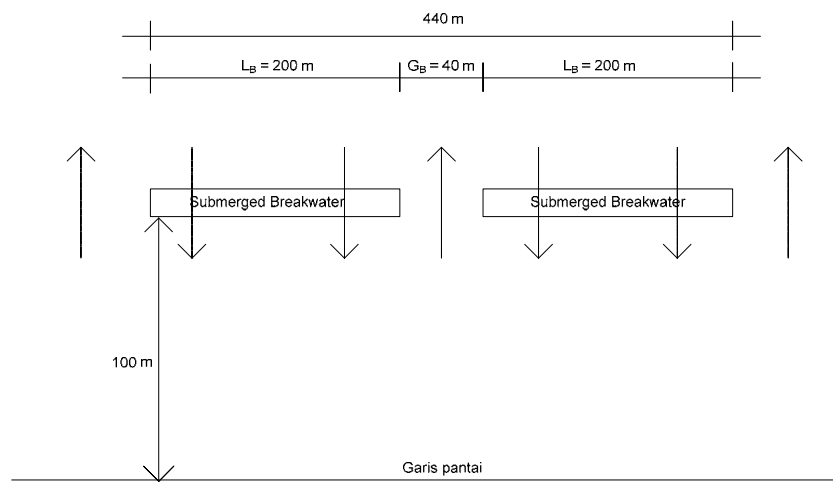
Dengan  $X_B$  100 m, maka  $L_B$  dan  $G_B$  dapat dihitung dengan menggunakan persamaan diatas.

$$L_b / X_B = 2$$

$$L_B = 2 \times 100 = 200 \text{ m}$$

$$L_B / G_B = 5$$

$$G_B = 200 / 5 = 40 \text{ m}$$



Gambar 5.3. *Layout submerged breakwater*

Lebar puncak breakwater dapat dicari berdasarkan grafik dari Tanaka pada gambar 5.5. di bawah. Dengan tinggi gelombang pada lokasi bangunan sebesar 1.243 m, dan gelombang transmisi maksimum 1 m serta puncak bangunan berada pada kedalaman 0,5 m dibawah permukaan air, maka dapat dihitung nilai dari nilai dari koefisien transmisi dan elevasi relatif puncak bangunan.

$$\frac{H_t}{H_i} = \frac{1}{1,243} = 0,8$$

$$\frac{h_c}{H_o} = \frac{-0,5}{1,243} = -0,4$$

Sedangkan panjang gelombang pada lokasi *breakwater* dapat dicari dengan menggunakan rumus berikut :

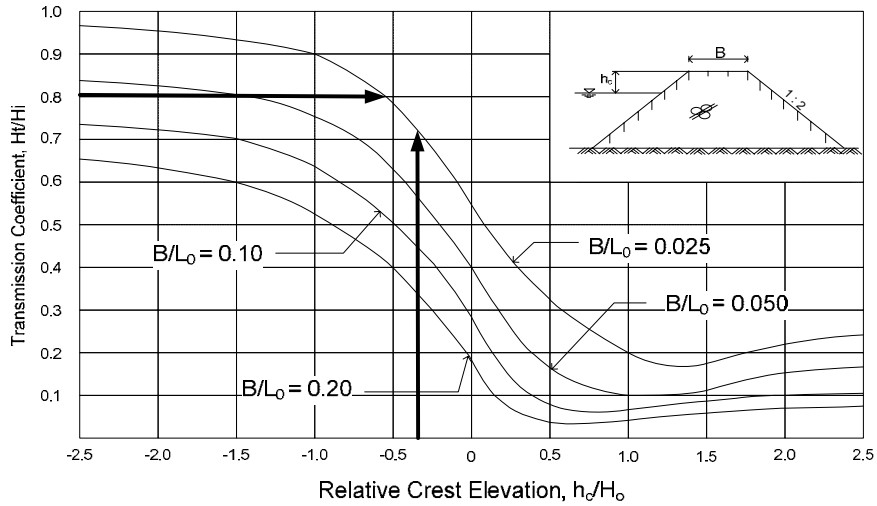
$$L_0 = \frac{gT^2}{2\pi} \tanh \frac{2\pi h}{L_0}$$

dimana :  $L_0$  = panjang gelombang pada kealaman h (m)

T = periode gelombang (dt)

h = kedalaman lokasi (m)

Dengan menggunakan persamaan diatas, panjang gelombang ( $L_0$ ) dapat dicari dengan metode iterasi (coba-coba). Panjang gelombang pada kedalaman 3 m adalah 54,82 m.



Gambar 5.4. Koefisien transmisi untuk gelombang regular pada *breakwater* tumpukan batu (Tanaka 1976)

Dari grafik diatas diketahui nilai  $B/L_0 \approx 0,025$ . Dengan  $L_0$  sebesar 54,82 m maka  $B = 1.37 \text{ m} \approx 2 \text{ m}$

## 5.4. DIMENSI *BREAKWATER*

### 5.4.1. LAPIS LINDUNG

#### 1. Berat butir lapis lindung

Berdasarkan percobaan yang dilakukan oleh Van Der Meer, stabilitas lapis lindung pada kedalaman yang terbatas lebih baik digunakan nilai karakteristik tertinggi dari distribusi tinggi gelombang ( $H_{2\%}$ ) dari pada  $H_s$ . sedangkan nilai dari  $H_{2\%}/H_s$  adalah 1,4.

$$\zeta_m = \frac{\tan \alpha}{\sqrt{\frac{2\pi H_s}{gT_m^2}}}$$

Untuk gelombang *plunging* (pada air dangkal) :

$$\frac{H_{2\%}}{\Delta D_{n50}} = 8,7P^{0,18} \left( \frac{S}{\sqrt{N}} \right)^{0,2} \zeta_m^{-0,5}$$

Untuk gelombang *surging* (pada air dangkal) :

$$\frac{H_{2\%}}{\Delta D_{n50}} = 1,4P^{-0,13} \left( \frac{S}{\sqrt{N}} \right)^{0,2} \sqrt{\tan \alpha} \zeta_m^{-0,5}$$

Dalam perencanaan ini dipakai tipe *plunging*

$$\zeta_m = \frac{0,029}{\sqrt{\frac{2 \cdot \pi \cdot 3,711}{9,18 \times 10,3^2}}} = 0,187$$

S adalah tingkat kerusakan struktur dengan nilai desain  $S = 2$ , dan P adalah faktor permeabilitas sebesar 0,4 karena struktur yang digunakan adalah struktur batu alam dengan permukaan kasar.

$$\Delta = \frac{2700}{1030} - 1 = 1,621$$

N adalah jumlah dari serangan gelombang pada struktur yaitu :

$$N = \frac{\text{storm duration}}{\text{wave period}} = \frac{4 \cdot 60 \cdot 60}{10,3} = 1398,058 \text{ kali} \approx 1398 \text{ kali}$$

Sehingga diameter batu yang dipakai adalah

$$\frac{1,4 \cdot 3,711}{1,621 D_{n50}} = 8,7 \cdot 0,4^{0,18} \left( \frac{2}{\sqrt{1398}} \right)^{0,2} 0,187^{-0,5} = 0,35 \text{ m}$$

Sehingga didapat nilai  $D_{n50} = 0,35 \text{ m}$  dengan berat = 115.76 kg  $\approx$  120 kg

Untuk konstruksi, dipakai batu dengan diameter 0,35 m (berat 120 kg) sampai dengan 0,57 m (berat 500 kg).

## 2. Tebal lapis lindung

Tebal dari lapis lindung dapat diencanakan dengan menggunakan persamaan rumus (SPM, 1984) :

$$t_a = n \cdot K_{\Delta} \cdot D_{n50}$$

dimana :  $t_a$  = tebal lapis lindung (m)  
 $K_{\Delta}$  = koefisien dari tebal lapis lindung  
 $D_{n50}$  = diameter nominal batu (0,57 m)  
 $n$  = jumlah dari lapis lindung



Pada perencanaan ini, koefisien tebal lapis lindung untuk 2 lapis batu alam kasar adalah 1,15 sehingga di dapat :

$$t_a = 2.1,15.0,57 = 1,3 \text{ m}$$

#### 5.4.2. INTI

Untuk ukuran dan berat batu inti yang terdapat dibawah lapis lindung menurut SPM (1984) adalah memiliki nilai antara 1/10 sampai dengan 1/15  $M_{50A}$  dari lapis lindung, dengan nilai :

$$M_{50c} = \frac{1}{10} M_{50a} = \frac{1}{10} (120 \text{ s/d } 500) = 12 \text{ kg s/d } 50 \text{ kg}$$

dari berat tersebut didapat diameter dengan ukuran :

$$D_{n50c} = \left( \frac{12 \text{ s/d } 50}{2700} \right)^{1/3} = 0.16 \text{ m s/d } 0,26 \text{ m}$$

#### 5.4.3. PELINDUNG KAKI

##### 1. Berat butir pelindung kaki

Diameter batu pelindung kaki ( $D_{n50T}$ )

$$\frac{D_{n50A}}{D_{n50T}} = 2$$

$$D_{n50T} = \frac{D_{n50A}}{2}$$

$$D_{n50T} = \frac{0,57}{2} = 0,285 \approx 0,3 \text{ m}$$

Dengan diameter batu sebesar 0,3 m, maka berat butir batu pelindung kaki = 72,9 kg  $\approx$  75 kg

##### 2. Lebar puncak pelindung kaki

Lebar puncak berm pelindung kaki sama dengan lebar dari tiga butir batu pelindung yang disusun berdampingan ( $n = 3$ ).

$$B = n K_{\Delta} D_{n50T}$$

$$B = 3.1,15.0,3 = 1,04 \text{ m} \approx 1,1 \text{ m}$$

3. Tebal pelindung kaki

Untuk tebal lapis berm dengan jumlah susunan batu,  $n = 2$

$$t = n K_{\Delta} D_{n50T}$$

$$t = 2 \cdot 1,15 \cdot 0,3 = 0,69 \text{ m} \approx 0,7 \text{ m}$$