

# ALTERNATIF PENANGULANGAN EROSI DI PANTAI LEBIH DENGAN KONSTRUKSI *SUBMERGED* *BREAKWATER*

I Kadek Suarnaya<sup>1)</sup>, Cok Agung Yujana<sup>1)</sup>, Nyoman Surayasa<sup>1)</sup>

1) Jurusan Teknik Sipil, Universitas Warmadewa, Denpasar, Bali.

[alitsuarnaya@gmail.com](mailto:alitsuarnaya@gmail.com)

## ABSTRACT

*Lebih beach every year have changed the shoreline, recorded in 2015 the erosion length along 0.478 km. Considering the current condition, it is necessary to make an alterfnatif planning of beach protection to reduce the erosion effect. Submerged breakwater by using dolos is one of alternative structure for beach protection. Dolos was selected to easy to get the required material weight because dolos is precast concrete. Result of analysis shown top elevation of breakwater is -1.050, width in the top of breakwater is 0.678 m. First layer of dolos weight is 93.2 kg, second layer of stone weight is 9.32 kg, the core layer of stone weight is 0.46 kg. Height of foundation is 0.814 m, width of foundation is 0.610 m and weight of stone in foundation is 24 kg. Bugget plan to construct submerged breakwater in Lebih Beach is IDR.4,501,404,000.00.*

Keywords: breakwater, erosion, Lebih beach

## ABSTRAK

*Pantai Lebih setiap tahunnya mengalami perubahan garis pantai, tercatat pada tahun 2015 Pantai Lebih mengalami erosi sepanjang 0.478 km. Melihat kondisi saat ini perlu dilakukan perencanaan alterfnatif bangunan pantai untuk menanggulangi erosi yang terjadi. Dalam perencanaan ini dipilih bangunan jenis submerged breakwater dengan material dolos, dolos dipilih untuk mempermudah mendapatkan berat bahan yang dibutuhkan karena dolos merupakan beton pracetak. Hasil analisis menunjukkan elevasi tinggi breakwater adalah -1.050 m dengan lebar puncak bangunan adalah 0.678 m. Berat batu lapis lindung pertama adalah 93.2 kg, lapis kedua adalah 9.32 kg, lapis inti adalah 0.46 kg. Tinggi fondasi adalah 0.814 m, lebar fondasi adalah 0.610 m dan berat batu di fondasi bangunan adalah 24 kg. Rencana anggaran biaya untuk merencanakan bangunan submerged breakwater di Pantai Lebih adalah sebesar Rp.4,501,404,000.00.*

Kata Kunci: pemecah gelombang, erosi, Pantai Lebih

## 1 PENDAHULUAN

Pantai Lebih merupakan salah satu pantai yang dimiliki Kabupaten Gianyar. Letak Pantai Lebih berjarak sekitar 7 km dari Kabupaten Gianyar, atau sekitar 20 km dari Kota Denpasar. Pantai Lebih setiap tahunnya mengalami perubahan garis pantai, pada tahun 2015 tercatat panjang garis pantai Lebih 1.00 km dan panjang tererosi 0.478 km dengan laju erosi 3.93 m/tahun (Aryastana, Eryani, & Candrayana, 2106).

Beberapa alternatif bangunan pantai yang dapat digunakan untuk menanggulangi erosi yang terjadi di Pantai Lebih diantaranya adalah *sea wall*, *groin*, *breakwater*, *jetty*. Dalam perencanaan bangunan pantai ini dipilih bangunan jenis *submerged breakwater* dengan bahan *dolos*.

Tujuan perencanaan ini adalah untuk merencanakan struktur *submerged breakwater* di Pantai Lebih dan mendapatkan besaran Rencana Anggaran Biaya (RAB).

## 2 KAJIAN PUSTAKA

### 2.1 Definisi Pantai

Pantai adalah jalur yang merupakan batas antara darat dan laut, diukur pada saat pasang tertinggi dan surut terendah, dipengaruhi oleh fisik laut dan sosial

ekonomi bahari, sedangkan ke arah darat dibatasi oleh proses alami dan kegiatan manusia di lingkungan darat (Yuwono, 1992).

### 2.2 Pemecah Gelombang

Pemecah gelombang (*breakwater*) merupakan pelindung utama bagi pelabuhan utama. Tujuan utama mengembangkan *breakwater* adalah melindungi daerah pedalaman perairan pelabuhan, yaitu memperkecil tinggi gelombang laut, sehingga kapal dapat berlabuh dengan tenang guna dapat melakukan bongkar muat (Kramadibrata, 2002).

### 2.3 Data Angin

Data angin yang diperlukan untuk meramalkan karakteristik gelombang adalah kecepatan angin ( $U_A$ ) dalam satuan m/detik, lama angin bertiup ( $t$ ) dalam satuan jam, jarak seret sumber angin ( $Fetch=F$ ) dalam satuan Km dan arah datangnya angin (Triatmodjo, 1999).

#### 1. Koreksi Ketinggian

Apabila kecepatan tidak diukur pada ketinggian 10 m maka kecepatan angin perlu dikoreksi dengan rumus:

$$U_{(10)} = U_{(z)} \left( \frac{10}{z} \right)^{1/7} \dots \dots \dots (1)$$

2. Kecepatan Angin

$$R_L = U_W / U_L \dots\dots\dots (2)$$

3. Koreksi Tegangan Angin ( $U_A$ )

Kecepatan angin dikonversikan pada faktor tegangan angin dengan menggunakan rumus (Triatmodjo, 2014) :

$$U_A = 0.71.U_W^{1.23} \dots\dots\dots (3)$$

**2.4 Fetch**

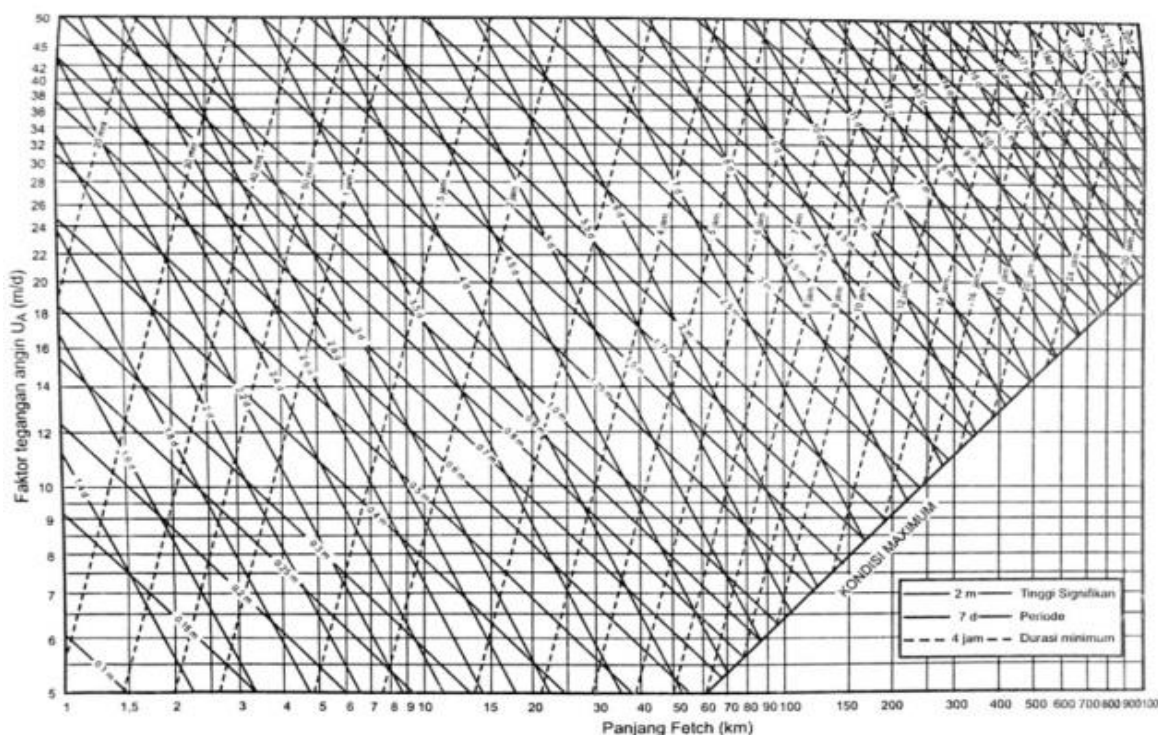
*Fetch* adalah panjang daerah dimana angin berhembus dengan kecepatan dan arah yang konstan (Yuwono, 1992).

$$F_{eff} = \frac{\sum xi . Cos \alpha}{\sum Cos \alpha} \dots\dots\dots (4)$$

**2.5 Gelombang**

**2.5.1 Peramalan Gelombang di Laut Dalam**

Berdasarkan data faktor tegangan angin ( $U_A$ ), panjang *fetch* ( $F_{eff}$ ), dan durasi maka dapat dilakukan peramalan gelombang dengan menggunakan grafik (Gambar 1) peramalan gelombang sehingga didapat tinggi dan periode gelombang signifikan.



**Gambar 1. Grafik peramalan gelombang**  
(Sumber : Triatmodjo, 1999)

### 2.5.2 Gelombang Signifikan

Dalam menentukan tinggi gelombang signifikan ( $H_s$ ) dan periode gelombang signifikan ( $T_s$ ) di laut dalam dapat menggunakan grafik peramalan gelombang dan menggunakan persamaan (Danial, 2008).

$$H_s = 0.0016 \left( \frac{U_A^2}{g} \right) \left( \frac{g F_{eff}}{U_A^2} \right)^{\frac{1}{2}} \dots\dots (5)$$

$$T_s = 0.2857 \left( \frac{U_A}{g} \right) \left( \frac{g F_{eff}}{U_A^2} \right)^{\frac{1}{3}} \dots\dots (6)$$

### 2.5.3 Spektrum Gelombang Pierson dan Moskowitz (P.M.)

Spektrum P.M. dipakai secara luas sebagai spectrum rencana. Spektrum ini diturunkan berdasarkan kondisi FDS (*Full Developed Sea*) (Yuwono, 1992).

$$T_{33} = \bar{T} = 0.33 U \text{ (dt)} \dots\dots\dots (7)$$

$$H_{33} = 0.0056 U^2 \text{ (m)} \dots\dots\dots (8)$$

### 2.5.4 Kala Ulang Gelombang Rencana

Frekuensi gelombang-gelombang besar merupakan faktor yang mempengaruhi perencanaan bangunan pantai, (Yuwono, N. 1992).

**Metode gumbel:**

$$\bar{H} = \frac{\sum HS}{\sum N} \dots\dots\dots (9)$$

$$\sigma H = \sqrt{\frac{\sum (H - \bar{H})^2}{N - 1}} \dots\dots\dots (10)$$

$$H_t = \bar{H} + \frac{\sigma H}{\sigma n} (Y_t - \bar{Y}_n) \dots\dots\dots (11)$$

**Tabel 1. Masa Ulang dan  $Y_t$**

Masa Ulang	$Y_t$
2	0.3665
5	1.4999
10	2.2502
25	3.1985
50	3.9019
100	4.6001

(Sumber: Yuwono, 1992)

**Tabel 2. Nilai  $\bar{Y}_n$**

N	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	.495	.499	.503	.507	.510	.512	.515	.518	.520	.522
20	.523	.525	.526	.528	.529	.530	.532	.533	.534	.535
30	.536	.537	.538	.538	.539	.540	.541	.541	.542	.543

(Sumber: Yuwono, 1992)

**Tabel 3. Nilai  $\sigma_n$**

N	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	0.94	0.96	0.98	0.99	1.00	1.02	1.03	1.04	1.04	1.05
20	1.06	1.06	1.07	1.08	1.08	1.09	1.09	1.10	1.10	1.10
30	1.11	1.11	1.11	1.12	1.12	1.12	1.13	1.13	1.13	1.13

(Sumber: Yuwono, 1992)

### 2.5.5 Klasifikasi gelombang berdasarkan kedalaman

Apabila kedalaman relative  $d/L \geq 0.5$  maka panjang dan cepat rambat gelombang dihitung menggunakan persamaan (Triadmojo, 1999).

$$L_0 = 1.56 \cdot T^2 \dots\dots\dots (12)$$

$$C_0 = L_0/T = \frac{g \cdot T}{2\pi} \dots\dots\dots (13)$$

$$L = \frac{gT^2}{2\pi} \tanh \frac{2\pi d}{L} \dots\dots\dots (14)$$

Untuk gelombang di laut transisi yaitu apabila  $1/20 < d/L < 1/2$ , maka

panjang dan cepat rambat gelombang dihitung menggunakan persamaan:

$$C = \frac{gT}{2\pi} \tanh \frac{2\pi d}{L} \dots\dots\dots (15)$$

### 2.5.6 Refraksi Gelombang

Apabila ditinjau gelombang di laut dalam dan di suatu titik yang ditinjau, maka:

$$\sin \alpha_1 = \left( \frac{C_1}{C_0} \right) \sin \alpha_0 \dots\dots\dots (16)$$

Apabila kontur dasar laut adalah lurus dan sejajar maka jarak  $x$  di titik 0 dan di titik berikutnya adalah sama, sehingga (Triatmojo, 1999).

$$x = \frac{b_0}{\cos \alpha_0} = \frac{b}{\cos \alpha} \dots\dots\dots (17)$$

Sehingga koefisien refraksi dapat dihitung dengan persamaan:

$$K_r = \sqrt{\frac{b_0}{b_1}} = \sqrt{\frac{\cos \alpha_0}{\cos \alpha_1}} \dots\dots\dots (18)$$

### 2.5.7 Gelombang Laut Dangkal

Tinggi gelombang di laut dangkal terjadi akibat pengaruh refraksi gelombang dan *wave shoaling* (pendangkalan gelombang), diberikan oleh rumus berikut (Triatmojo, 1999).

$$H_1 = K_s \cdot K_r \cdot H_0 \dots\dots\dots (19)$$

### 2.5.8 Gelombang Pecah

Gelombang pecah dihitung dengan menggunakan persamaan di bawah ini serta Gambar 2 dan Gambar 3:

$$\frac{d_b}{H_b} = \frac{1}{b - (a \cdot H_b / g \cdot T^2)} \dots\dots\dots (20)$$

Dimana  $a$  dan  $b$  merupakan fungsi kemiringan pantai  $m$  dan diberikan oleh persamaan berikut (Triatmojo, 1999).

$$a = 43.75 (1 - e^{-19 m}) \dots\dots\dots (21)$$

$$b = \frac{1,56}{(1 + e^{-19,5 m})} \dots\dots\dots (22)$$

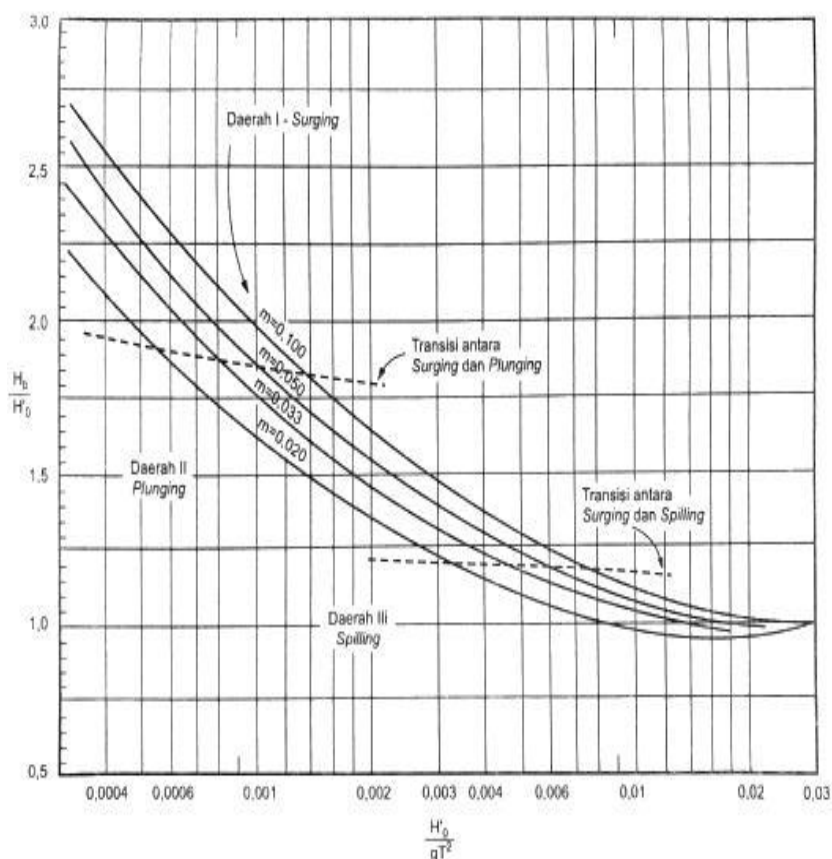
## 2.6 Pemanasan Global

Pemanasan global atau *global warming* adalah adanya proses peningkatan suhu rata-rata atmosfer, laut dan daratan Bumi (Triatmojo, 2008).

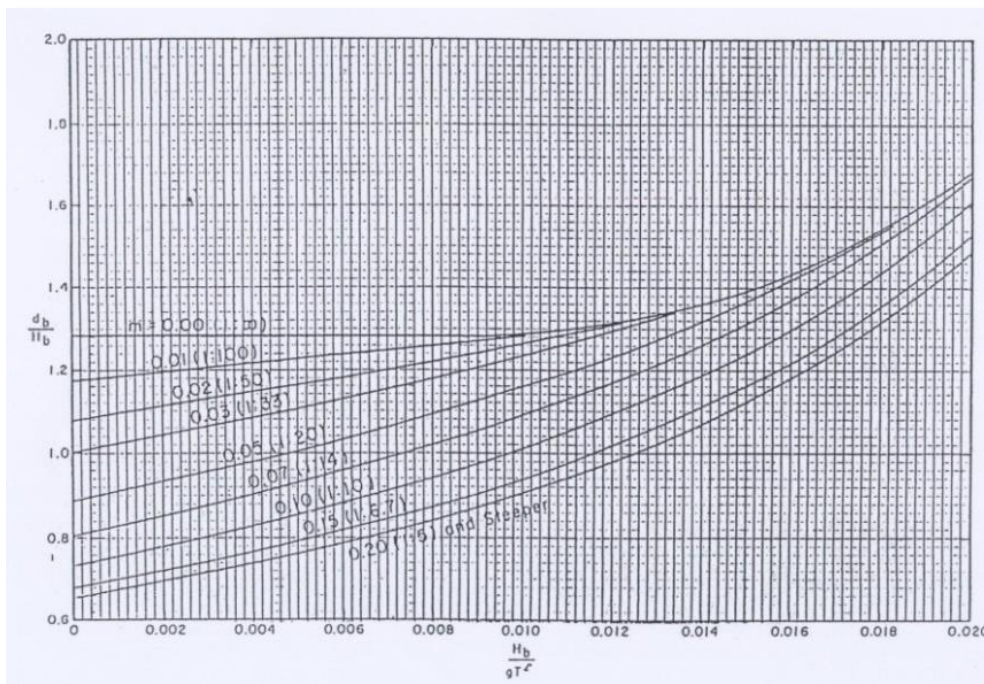
## 2.7 Perhitungan Elevasi Muka Air Laut Rencana

Elevasi muka air laut rencana merupakan parameter sangat penting dalam perencanaan bangunan pantai. Elevasi muka air laut rencana dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (Triatmojo, 1999).

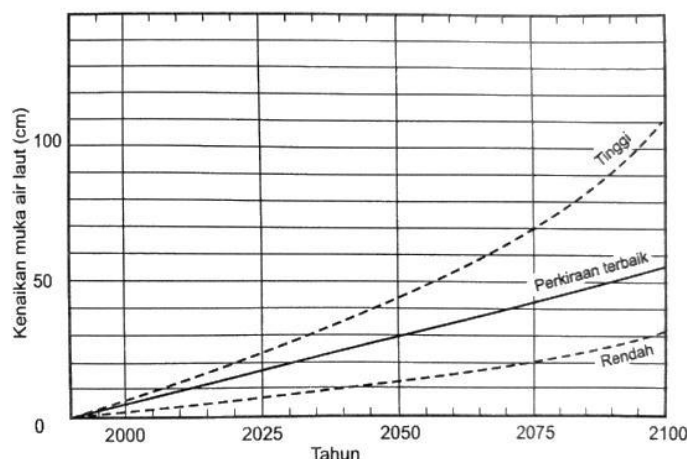
$$DWL = LWL - d + SLR. \dots\dots\dots (23)$$



**Gambar 2. Penentuan tinggi gelombang pecah ( $H_b$ )**  
(Sumber: Triatmodjo, 1999)



**Gambar 3. Penentuan kedalaman gelombang pecah ( $d_b$ )**  
(Sumber: Triatmodjo, 1999)



**Gambar 4. Grafik perkiraan kenaikan permukaan laut karena pemanasan global**  
(Sumber: Triatmodjo, 2008)

## 2.8 Perhitungan Dimensi Bangunan *Submerged Breakwater*

### 2.8.1 Berat Batu Pelindung

Berat butir lapis lindung dapat dihitung dengan rumus *Hudson* (Triatmodjo, 1999):

$$W = \frac{\gamma_r H^3}{K_D (Sr - 1)^3 \cot \theta} \dots\dots\dots (24)$$

$$Sr = \frac{\gamma_r}{\gamma_a} \dots\dots\dots (25)$$

### 2.8.2 Elevasi Puncak *Submerged Breakwater*

Elevasi puncak bangunan dihitung dengan persamaan (Triatmodjo, 1999):

$$\text{Elevasi mercu} = \text{DWL} \dots\dots\dots (26)$$

### 2.8.3 Penentuan Lebar Puncak *Submerged Breakwater*

Penentuan lebar puncak bangunan pantai dapat dihitung dengan rumus berikut (Triatmodjo, 1999):

$$B = n \cdot k\Delta \left[ \frac{W}{\gamma_r} \right]^{1/3} \dots\dots\dots (27)$$

### 2.12 Penentuan Tebal dan Jumlah Batu Pelindung Bangunan

Jumlah butir batu pelindung tiap satuan luas ( $10 \text{ m}^2$ ) dihitung dengan rumus berikut (Triatmodjo, 1999).

$$t = n \cdot k\Delta \left[ \frac{W}{\gamma_r} \right]^{1/3} \dots\dots\dots (28)$$

$$N = A \cdot n \cdot k\Delta \left[ 1 - \frac{P}{100} \right] \left[ \frac{\gamma_r}{W} \right]^{2/3} \dots\dots\dots (29)$$

### 2.13 Stabilitas Fondasi

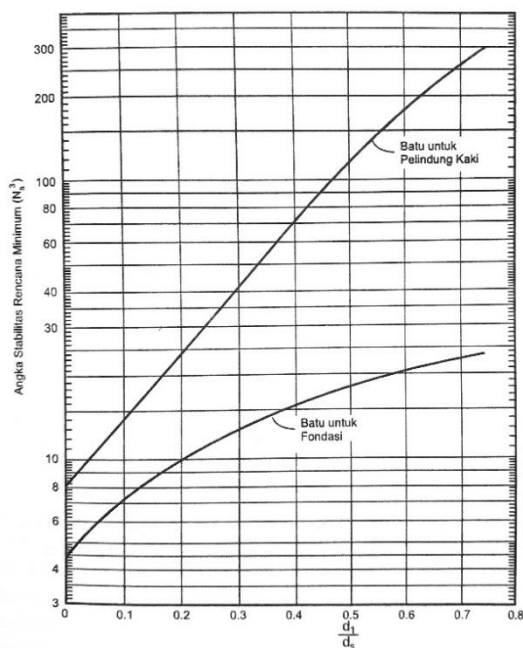
Stabilitas Bangunan tergantung pada kemampuan fondasi terhadap erosi yang ditimbulkan serangan gelombang-gelombang besar. Berat butir batu untuk fondasi dan pelindung kaki bangunan dapat dilihat pada persamaan berikut (Triatmodjo, 1999):

$$W = \frac{\gamma_r H^3}{N_s^3 (Sr - 1)^3} \dots\dots\dots (30)$$

Tabel 4. Koefisien stabilitas KD untuk berbagai jenis butir

Lapis Lindung	n	Penempatan	Lengan Bangunan		Ujung (kepala) bangunan		Kemiringan Cot $\theta$
			$K_D$		$K_D$		
			Gelomb. Pecah	Gelomb. Tidak Pecah	Gelomb. Pecah	Gelomb. Tidak Pecah	
Batu pecah							
Bulat Halus	2	Acak	1,2	2,4	1,1	1,9	1,5-3,0
Bulat Halus	>3	Acak	1,6	3,2	1,4	2,3	$\ast^2$
Bersudut Kasar	1	Acak	$\ast^1$	2,9	$\ast^1$	2,3	$\ast^2$
Bersudut Kasar	2	Acak	2,0	4,0	1,9	3,2	1,5
Bersudut Kasar	>3	Acak	2,2	4,5	1,6	2,8	2,0
Bersudut Kasar	2	Khusus $\ast^3$	5,8	7,0	1,3	2,3	3,0
Paralelepipedum	2	Khusus	7,0-20,0	8,5-24,0	2,1	4,2	$\ast^2$
Tetrapod					5,3	6,4	$\ast^2$
dan					-	-	
Quadripod	2	Acak	7,0	8,0	5,0	6,0	1,5
					4,5	5,5	2,0
Tribar	2	Acak	9,0	10,0	3,5	4,0	3,0
					8,3	9,0	1,5
Dolos	2	Acak	15,8	31,8	7,8	8,5	2,0
					6,0	6,5	3,0
Kubus dimodifikasi	2	Acak	6,5	7,5	8,0	16,0	2,0
Hexapod	2	Acak	8,0	9,5	7,0	14,0	3,0
Tribar	1	Seragam	12,0	15,0	-	5,0	$\ast^2$
Batu pecah ( $K_{RR}$ )	-	Acak	2,2	2,5	-	-	$\ast^2$

(Sumber: Triatmodjo, 1999)

Gambar 5. Angka stabilitas  $N_s$  untuk fondasi pelindung kaki

(Sumber: Triatmodjo, 1999)

### 3. METODE PERENCANAAN

### 3.2 Skema Perencanaan

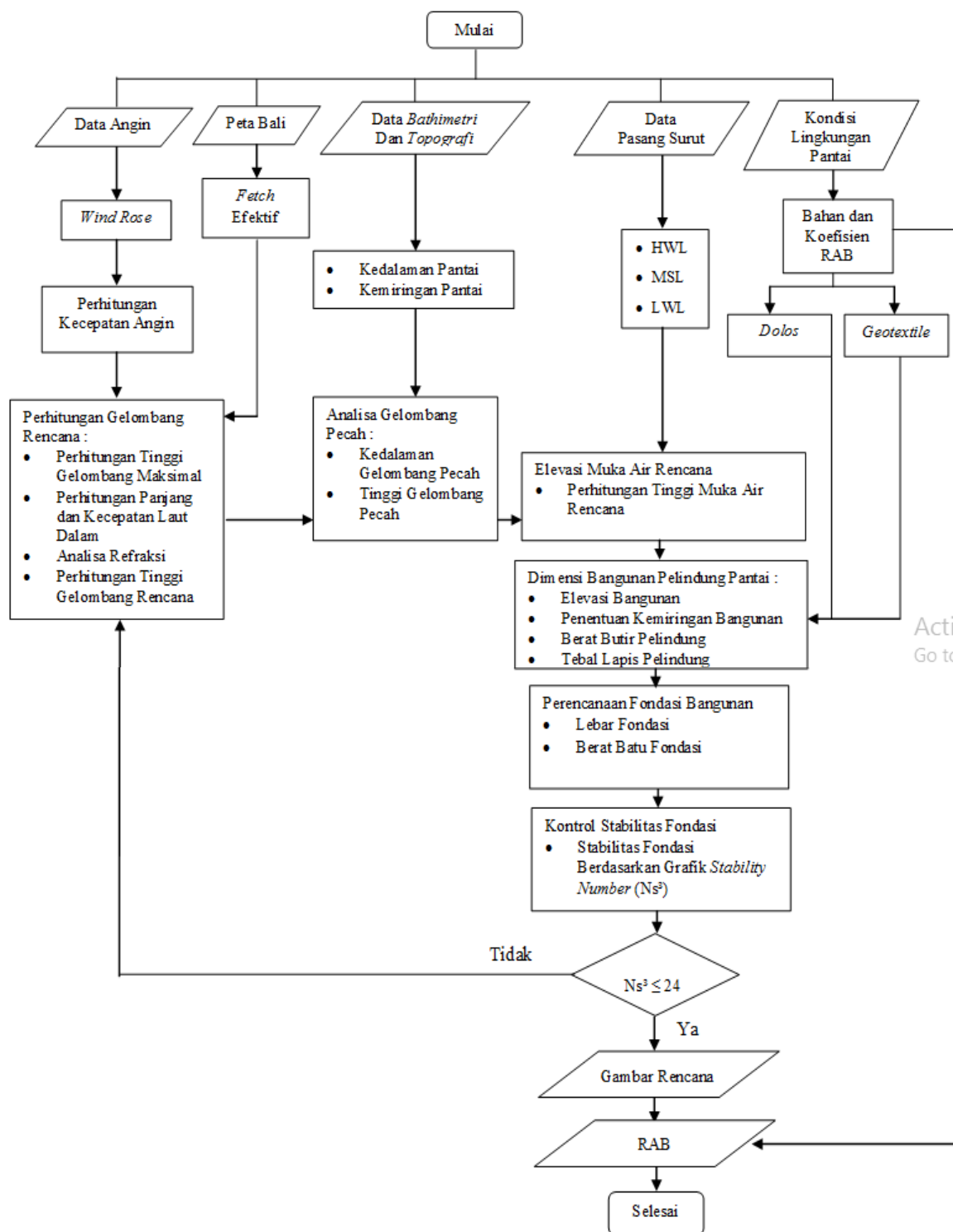
#### 3.1 Lokasi Perencanaan

Skema perencanaan pelaksanaan

Perencanaan ini dilaksanakan di Pantai Lebih Banjar Lebih Desa Blahbatuh Kabupaten Gianyar.

disajikan pada Gambar 6.





Gambar 6. Skema alur perencanaan *submerged breakwater*

## 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Analisis Kecepatan dan Arah Angin

Dari hasil analisis didapatkan arah angin yang dominan bertiup dari arah Tenggara sebesar 35.088% dengan kecepatan angin yang paling dominan pada *range* 5-10 knot. Koreksi terhadap elevasi pengukuran:

$$U_{10} = 5.14 \times \left(\frac{10}{15}\right)^{1/7} = 4.85 \text{ m/dt}$$

Koreksi terhadap lokasi pengukuran:

$$1.43 = \frac{U_w}{4.85}, \text{ maka } U_w = 6.94 \text{ m/d}$$

Setelah mendapatkan nilai  $U_w$ , maka selanjutnya dapat dihitung koreksi tegangan angin ( $U_A$ )

$$U_A = 0.71 \times 6.94^{1.23} = 7.69 \text{ m/d}$$

### 4.2 Perhitungan *Fetch* Efektif

Panjang *fetch* dihitung dengan menggunakan persamaan 4:

$$F_{eff} = \frac{324.522}{9.227} = 35.171 \text{ km}$$

### 4.3 Peramalan Gelombang

Dengan menggunakan bantuan grafik pada Gambar 1, maka diperoleh  $H_s = 0.735 \text{ m}$  dan  $T_s = 3.910 \text{ dt}$ .

### 4.4 Perhitungan Tinggi Gelombang Maksimum

Menghitung tinggi gelombang rata-rata:

$$\overline{H_s} = \frac{7.162}{10} = 0.716 \text{ m}$$

$$\sigma H = \sqrt{\frac{0.608}{10^{-1}}} = 0.26 \text{ m}$$

$$H_{25} = 0.716 \text{ m} + \frac{0.260 \text{ m}}{0.94} (3.1985 - 0.495) = 1.464 \text{ m}$$

$$H_{25} = 0.0056 \cdot U^2$$

$$U = \sqrt{\frac{1.464}{0.0056}} = 16.16 \text{ m/dt}$$

$$T_{33} = 0.33 \times 16.16 = 5.34 \text{ dt}$$

$$L_0 = 44.45 \text{ m}$$

$$C_0 = 8.43 \text{ m/dt}$$

### 4.5 Analisis Gelombang Pecah

$$\frac{d}{L_0} = \frac{3 \text{ m}}{44.45 \text{ m}} = 0.067$$

$$K_s = 0.977$$

$$\frac{d}{L} = 0.11109$$

Maka dapat dihitung panjang gelombang ( $L$ )

$$\frac{3}{L} = 0.11109$$

$$L = 27 \text{ m}$$

$$C = 8.945 \text{ m/dt}$$

### 4.6 Refraksi Gelombang

$$\sin \alpha_1 = 0.794$$

$$\alpha_1 = 45.5^\circ$$

$$K_r = \sqrt{\frac{\cos 45^\circ}{\cos 45.4^\circ}}$$

$$K_r = 1.007$$

### 4.7 Tinggi Gelombang di Laut Dalam Ekuivalen

$$H_0' = 1.007 \times 1.464 \text{ m}$$

$$H_0' = 1.47 \text{ m}$$

#### 4.8 Tinggi Gelombang Pecah

$$\frac{H_0'}{gT^2} = \frac{1,47 \text{ m}}{9,81 \text{ m/dt}^2 \cdot (5,34 \text{ dt})^2}$$

$$\frac{H_0'}{gT^2} = 0.0052$$

Dengan menggunakan Gambar 2, maka diperoleh:

$$\frac{H_b}{H_0'} = 1.19, \text{ sehingga}$$

$$H_b = 1.190 \cdot 1.47 \text{ m}$$

$$H_b = 1.749 \text{ m}$$

#### 4.9 Kedalaman Gelombang Pecah

$$a = 43.75 (1 - e^{-19 \cdot 0.02}) = 13.831$$

$$b = \frac{1,56}{(1 + e^{-19,5 \cdot 0,02})} = 0.93$$

Setelah mendapatkan nilai a dan b, masukan nilai a dan b ke persamaan 20, sehingga diperoleh:

$$d_b = 2.075 \text{ m}$$

$$\frac{H_b}{gT^2} = \frac{1.749 \text{ m}}{9,81 \text{ m/dt}^2 \cdot (5,34 \text{ dt})^2} = 0.0062$$

Dengan menggunakan Gambar 3, maka diperoleh:

$$\frac{d_b}{H_b} = 1.195$$

$$d_b = 1.195 \times 1.749 \text{ m} = 2.09 \text{ m}$$

#### 4.10 Tinggi Gelombang di Lokasi Bangunan

$$H_1 = K_s \cdot K_r \cdot H_0$$

$$H_1 = 0.977 \cdot 1.00 \cdot 1.464 = 1.430 \text{ m}$$

#### 4.11 Pasang Surut Air Laut

$$\text{HWL} = + 0.90$$

$$\text{MSL} = \pm 0.00$$

$$\text{LLWL} = - 1.05$$

#### 4.11 Pemanasan Global

Umur bangunan direncanakan 25 tahun, sehingga untuk menghitung kenaikan muka air laut digunakan Gambar 4 dimana tahun akhir umur rencana adalah 2042, Berdasarkan Gambar 4 diperoleh kenaikan muka air laut karena pemanasan global adalah 24.5 cm = 0.245 m.

#### 4.12 Perhitungan Elevasi Muka Air Laut Rencana

$$\text{DWL} = \text{LWL}$$

$$\text{DWL} = -1.05 \text{ m}$$

#### 4.13 Dimensi Bangunan Pengaman Pantai *Submerged Breakwater*

Dalam perencanaan ini *submerged breakwater* ditempatkan pada kedalaman 3 m atau pada jarak  $\pm 79$  meter dari pantai. Dengan XB 79 m, maka LB dan GB dapat dihitung dengan menggunakan persamaan diatas.

$$LB / XB = 1$$

$$LB = 1 \times 79 = 79 \text{ m}$$

$$LB / GB = 4$$

$$GB = 79 / 4 = 19.75 \text{ m}$$

Dari hasil perhitungan didapat panjang *submerged breakwater* (LB) yaitu 79 meter dengan lebar celah (GB) 19.75 meter, jumlah bangunan yang akan direncanakan adalah 2 buah bangunan.

#### 4.14 Elevasi Mercu *Submerged Breakwater*

$$\text{El mercu} = \text{DWL} = -1.05$$

#### 4.15 Berat Butir Lapis Lindung *Submerged Breakwater*

$$\gamma_r = 2400 \text{ kg/m}^3 = 2.40 \text{ ton/m}^3$$

$$\gamma_a = 1.03 \text{ ton/m}^3$$

$$S_r = \frac{\gamma_r}{\gamma_a} = \frac{2.40 \text{ ton/m}^3}{1.03 \text{ ton/m}^3} = 2.3301$$

$$n = 2$$

$$K_D = 16$$

$$\text{Cot } \theta = 2.0$$

$$W_1 = \frac{2.40 \text{ ton/m}^3 \cdot (1.430 \text{ m})^3}{16 \cdot (2.3301 - 1)^3 \cdot 2} \approx 93.2 \text{ kg}$$

$$W_2 = \frac{0.0932}{10} = 0.00932 \text{ ton} \approx 9.32 \text{ kg}$$

$$W_3 = \frac{0.0932}{200} = 0.00046 \text{ ton} \approx 0.46 \text{ kg}$$

#### 4.17 Lebar Puncak *Revetment*

$$B = 2 \cdot 1.00 \cdot \left( \frac{0.0932 \text{ ton}}{2.4 \text{ ton/m}^3} \right)^{\frac{1}{3}} = 0.678 \text{ m}$$

Tebal lapis pelindung bangunan pengaman pantai *submerged breakwater*:

$$t_1 = 2 \cdot 1.00 \left( \frac{0.0932 \text{ ton}}{2.4 \text{ ton/m}^3} \right)^{\frac{1}{3}} = 0.678 \text{ m}$$

Tebal lapis lindung kedua ( $t_2$ ):

$$t_2 = 2 \cdot 1.00 \left( \frac{0.00932 \text{ ton}}{2.4 \text{ ton/m}^3} \right)^{\frac{1}{3}} = 0.314 \text{ m}$$

#### 4.19 Fondasi *submerged breakwater*

Berat batu lapis lindung lapisan fondasi adalah:

$$\frac{W}{10} = \frac{0.0932 \text{ ton}}{10} = 0.00932 \text{ ton}$$

Lebar berm tumit fondasi breakwater adalah:

$$B = n k_{\Delta} \left( \frac{W_{\text{berm}}}{\gamma_r} \right)^{\frac{1}{3}}$$

$$B = 3 \cdot 1.00 \cdot \left( \frac{0.00932 \text{ ton}}{2.4 \text{ ton/m}^3} \right)^{\frac{1}{3}}$$

$$B = 0.610 \text{ m}$$

Tinggi berm tumit dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$t = n k_{\Delta} \left( \frac{W_{\text{berm}}}{\gamma_r} \right)^{\frac{1}{3}}$$

$$t = 4 \cdot 1.00 \cdot \left( \frac{0.00932 \text{ ton}}{2.4 \text{ ton/m}^3} \right)^{\frac{1}{3}}$$

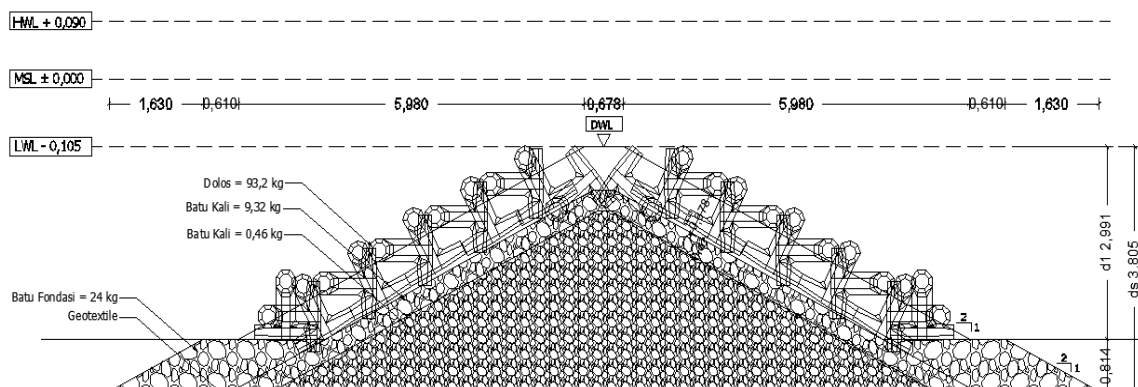
$$t = 0.814 \text{ m}$$

Setelah mendapatkan nilai dari  $\frac{d1}{ds} = 0.78$ , maka dimasukan ke Gambar 5 dimana diperoleh angka stabilitas  $N_s^3 N_s^3 = 23 < 24$ , jadi kontrol memenuhi syarat. Untuk perhitungan berat butir fondasi padat dihitung sebagai berikut:

$$\begin{aligned} W &= \frac{\gamma_r \cdot H^3}{N_s^3 (S_r - 1)^3} \\ &= \frac{2.4 \cdot 1.430^3}{23(2.3301 - 1)^3} \\ &= 0.024 \text{ ton} \\ &\approx 24 \text{ kg} \end{aligned}$$

#### 4.20 Rencana Anggaran Biaya

Rencana Anggaran Biaya (RAB) untuk pekerjaan pembangunan submerge breakwater adalah sebesar Rp.4,501,404,000.00 (empat milyar lima ratus satu juta empat ratus empat ribu rupiah), dimana secara rinci dapat dilihat pada table di bawah ini:



Gambar 7. Gambar rencana submerged breakwater

Tabel 5. Rekapitulasi Rencana Anggaran Biaya

NO	JENIS PEKERJAAN	JUMLAH HARGA (Rp.)
A	MOBILISASI DAN DEMOBILISASI	16,500,000.00
B	PEKERJAAN <i>UITSET</i> / PENGUKURAN	9,203,273.73
C	PEKERJAAN PASANG BOWPLANK	82,543,078.20
D	PEKERJAAN MENGANGKUT MATERIAL	7,202,993.50
E	PEKERJAAN GALIAN PONDASI	42,723,736.12
F	PEKERJAAN GEOTEXTILE	416,573,962.20
G	PEKERJAAN TUMPUKAN BATU	2,104,497,670.62
H	PEKERJAAN TUMPUKAN <i>DOLOS</i>	1,412,940,748.47
<b>TOTAL A+B+C</b>		<b>4,092,185,462.84</b>
<b>PPN 10 %</b>		<b>409,218,546.28</b>
<b>JUMLAH</b>		<b>4,501,404,009.12</b>
<b>DIBULATKAN</b>		<b>4,501,404,000.00</b>

**TERBILANG :**  
**EMPAT MILYAR LIMA RATUS SATU JUTA EMPAT RATUS EMPAT RIBU RUPIAH**

## 5 SIMPULAN

Dimensi perencanaan *submerged breakwater* adalah sebagai berikut:

1. Elevasi puncak adalah - 1.050 m, lebar puncak adalah 0.678 m. Berat batu lapis lindung adalah 93.2 kg, lapis kedua 9.32 kg, lapis inti 0.46 kg. Fondasi bangunan diperoleh tinggi adalah 0.814 m, lebar fondasi adalah 0.610 m dan berat batu di fondasi bangunan adalah 0.024 ton.

2. Rencana anggaran biaya (RAB) bangunan *submerged breakwater* di Pantai Lebih adalah sebesar Rp. 4,501,404,000.00 (empat milyar lima ratus satu juta empat ratus empat ribu rupiah).

## 6 DAFTAR PUSTAKA

- Aryastana, P., Eryani, I. G., & Candrayana, K. W. (2016). Perubahan Garis Pantai dengan Citra Satelit di Kabupaten Gianyar. *PADURAKSA*, 5(2), 70-81.

- Balai Wilayah Sungai Bali-Penida. (2017). *Wilayah Pantai Provinsi Bali*. Bali.
- Dinas Pekerjaan Umum Kabupaten Gianyar. (2017). *Daftar Harga Pekerjaan Kabupaten Gianyar Tahun 2017*. Bali.
- Djojowirono, S. (1984). *Manajemen Konstruksi I*, KMTS.UGM, Yogyakarta.
- Ibrahim, H. B. (1993). *Rencana Dan Estimate Real Of Cost*. Cetakan ke-2. Jakarta: Bumi Aksara.
- Iskandar, Z. (2011). *Rencana Anggaran Biaya (RAB)*. Website: <http://iskandarzulkarnainpolinela.blogspot.com>
- Lakosono, TD. (2011). *Perbaikan Tanah Menggunakan Geotekstil*. <http://e-journal.unwiku.ac.id/index.php/JT/article/download/75/61>
- Mukomoko, J.A. (1987). *Dasar Penyusunan Anggaran Biaya Bangunan*, Gaya Media Pratama, Jakarta.
- Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. (2016). *Analisis Pekerjaan Bidang Pekerjaan Umum*. Jakarta.
- Suarnaya, I. K. (2018). *Perencanaan Submerged Breakwater Dengan Bahan Dolos Di Pantai Lebih, Blahbatuh, Gianyar*. Depasar: Jurusan Teknik Sipil Universitas Warmadewa.
- Triatmodjo, B. (1999). *Teknik Pantai*, Beta Offset, Yogyakarta.
- Triatmodjo, B. (2008). *Teknik Pantai*, Beta Offset, Yogyakarta, di Yogyakarta.
- Yuwono, N. (1982). *Teknik Pantai Volume I*, Yogyakarta.
- Yuwono, N. (1992). *Dasar-Dasar Perencanaan Bangunan Pantai*, Yogyakarta.