

# PERENCANAAN BANGUNAN PEMECAH GELOMBANG LAUT UNTUK MELINDUNGI PEMUKIMAN SEKITAR PANTAI JEMPOL KABUPATEN SUMBAWA

Didin Najimuddin<sup>1</sup>, Pratiwi Dian Ilfiani<sup>2</sup>, Aulia Pratiwi<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup> Universitas Samawa, Sumbawa, Indonesia

Email : [pratiwidianilfiani@gmail.com](mailto:pratiwidianilfiani@gmail.com)

**Abstrak:** Penelitian ini terfokus pada perencanaan bangunan pemecah gelombang di Pantai Jempol Kabupaten Sumbawa. Tujuan penelitian ini mendapatkan dimensi struktur bangunan pemecah gelombang. Perhitungan dimensi bangunan pemecah gelombang menggunakan Metode *Hudson* untuk menentukan lebar puncak, tebal lapis lindung dan tinggi bangunan pemecah gelombang. Selanjutnya data hasil perhitungan digambar tampak melintang dengan variasi kemiringan 1:1,5, 1:2 dan 1:3 menggunakan material batu pecah dan tetrapod. Hasil perhitungan dimensi bangunan pemecah gelombang pada kemiringan 1:1,5 lebar puncak untuk batu pecah diperoleh 5,41 m dan 2,55 m untuk tetrapod. Tebal lapis lindung untuk batu pecah layer I diperoleh 3,61 m dan layer II diperoleh 1,67 m, untuk tetrapod layer I diperoleh 2,55 m dan layer II diperoleh 1,67 m. Tinggi bangunan pemecah gelombang untuk batu pecah diperoleh 13,89 m dan 12,87 m untuk tetrapod. Kemiringan 1:2 lebar puncak untuk batu pecah diperoleh 4,91 m dan 2,32 m untuk tetrapod. Tebal lapis lindung untuk batu pecah pada layer I diperoleh 3,28 m dan layer II diperoleh 1,52 m, untuk tetrapod layer I diperoleh 2,32 m dan layer II diperoleh 1,52 m. Tinggi bangunan pemecah gelombang untuk batu pecah diperoleh 13,83 m dan 12,68 m untuk tetrapod. Kemiringan 1:3 lebar puncak untuk batu pecah diperoleh 4,30 m dan 2,03 m untuk tetrapod. Tebal lapis lindung untuk batu pecah layer I diperoleh 2,87 m dan layer II diperoleh 1,33 m, untuk tetrapod layer I diperoleh 2,03 m dan layer II diperoleh 1,33 m. Tinggi bangunan pemecah gelombang untuk batu pecah diperoleh 13,20 m dan 12,54 m untuk tetrapod.

**Kata Kunci :** Pemecah Gelombang, Pantai Jempol, Metode *Hudson*.

## 1. PENDAHULUAN

Pantai Jempol Sumbawa merupakan pantai yang terabrasi air laut akibat kondisi perairan kurang tenang dimusim penghujan. Tanah di pesisir pantai kian hari semakin terkikis sementara tepat di pesisir pantai terdapat objek wisata kuliner sehingga para wisatawan dan warga yang tinggal di sekitar pantai merasa terganggu akibat naiknya air laut hingga ke permukaan jalan. Untuk menanggulangi abrasi air laut langkah pertama yang harus dilakukan adalah mencari penyebab terjadinya abrasi. Dengan mengetahui penyebabnya, selanjutnya dapat ditentukan cara penanggulangannya, yaitu dengan membuat bangunan pemecah gelombang agar energi gelombang laut yang datang menjadi lebih kecil (Akmal dan Putra, 2021). Tujuan penelitian ini yaitu, mengetahui kondisi eksisting di daerah Pantai Jempol Kabupaten Sumbawa, mendapatkan tinggi gelombang rencana yang akan bekerja pada bangunan pemecah gelombang, mendapatkan dimensi struktur bangunan pemecah gelombang berdasarkan hasil analisis.

Pembangunan bangunan pemecah gelombang dilakukan agar daerah pantai yang ada di belakang bangunan terlindungi dari serangan gelombang sehingga bangunan yang berada di pantai tetap aman begitupun dengan pantai itu sendiri. Pada penelitian ini efektifitas dari struktur bangunan pemecah gelombang dalam melindungi area dibelakangnya akan diujicoba dengan menggunakan bantuan perangkat lunak. Dalam menyelesaikan penelitian ini evaluasi dilakukan dengan menganalisis data sekunder untuk kinerja bangunan pemecah gelombang yang ada. Parameter efektifitas bangunan pelindung pantai yang digunakan dalam pengukuran

ini adalah rasio tinggi gelombang (*wave height ratio*). Rasio tinggi gelombang merupakan salah satu parameter yang dapat digunakan untuk mengukur efektifitas kerja dari sebuah bangunan pelindung pantai yang telah dibangun terhadap kemampuannya dalam melindungi area dibelakang dari bangunan pelindung pantai itu sendiri. Semakin rendah rasio tinggi gelombangnya berarti makin bagus bangunan pelindung pantai itu bekerja mengurangi tinggi gelombang datang.

### Kecepatan Angin

Apabila angin tidak diukur pada elevasi 10 meter, maka kecepatan angin harus dikonversi pada elevasi tersebut. Untuk memudahkan perhitungan, maka dapat digunakan persamaan yang sederhana berikut (Triatmodjo, 1999) :

$$U_{(10)} = U(y) \left(\frac{10}{y}\right)^{1/7} \quad (2.1)$$

Hubungan antara angin di atas laut dan di darat terdekat diberikan dalam rumus :

$$RL = UW/UL \quad (2.2)$$

Kecepatan angin dikonversikan pada faktor tegangan angin diberikan dalam rumus:

$$U_A = 0.71 U^{1.23} \quad (2.3)$$

### Fetch

*Fetch* adalah panjang air yang dilewati angin tertentu tanpa halangan atau panjang keseluruhan suatu daerah pembangkitan gelombang dimana angin berhembus dengan arah dan kecepatan yang konstan (Yuwono, 1992). Jika data untuk menghitung *fetch* terbatas (di laut lepas) maka panjang *fetch* di laut lepas adalah 200 km (Nadia et al., 2013). Arah *fetch* bisa datang dari segala arah, yang besarnya dapat dihitung sebagai berikut :

$$F_{eff} = \frac{\sum x_i \cos \alpha}{\sum \cos \alpha} \quad (2.4)$$

### Gelombang Rencana

Untuk menentukan tinggi gelombang signifikan ( $H_s$ ) dan periode gelombang signifikan ( $T_s$ ), dapat digunakan persamaan berikut (Triatmodjo, 1999):

$$H_s = \frac{\sum n H_{m0}}{n} \quad T_s = \frac{\sum n T_{m0}}{n} \quad (2.5)$$

Kemudian dilanjutkan dengan perhitungan periode ulang gelombang untuk 2, 5, 10, 25, 50 dan 100 tahun menggunakan metode Gumbell (*Fisher-Tippett Type I*):

$$P(H_s \leq H_{sm}) = 1 - \frac{m-0.44}{N_T+0.12} \quad H_{sr} = \hat{A} \ln y_r + B \quad (2.6)$$

$$y_r = -\ln \left\{ -\ln \left( 1 - \frac{1}{L_T r} \right) \right\} \quad y_m = -\ln \{ -\ln P(H_s \leq H_{sm}) \} \quad (2.7)$$

### Gelombang Pecah

Rumus gelombang pecah sebagai berikut (Triatmodjo, 2009):

Menghitung panjang gelombang ( $L_o$ ) dan cepat rambat gelombang di laut dalam ( $C_o$ ), dimana :

$$L_o = 1,56 \times T^2 \text{ dan } C_o = 1,56 \times T \quad (2.8)$$

Menghitung tinggi gelombang hasil refraksi dengan rumus :

$$H = K_s \times K_r \times H_o \quad (2.9)$$

Rumus hubungan antara kedalaman dan tinggi gelombang pecah adalah (Triatmodjo, 1999):

$$\frac{H_b}{H'_{o}} = \frac{1}{3,33 (H'_{o})^{\frac{1}{3}}} \quad \text{dan} \quad \frac{d_b}{H_b} = \frac{1}{b - \left(a \cdot \frac{H_b}{gT^2}\right)} \quad (2.10)$$

### Elevasi Muka Air Rencana

Elevasi muka air rencana/*Design Water Level* (DWL) sangat menentukan elevasi puncak bangunan. Dari perhitungan parameter-parameter penentu DWL maka untuk perencanaan bangunan pemecah gelombang digunakan :

$$DWL = HWL + S_w + SLR \quad (2.11)$$

### Kenaikan Muka Air Karena Gelombang (*Wave Set Up*)

*Wave set up* di pantai dihitung dengan menggunakan teori *Longuet-Higgins dan Stewart 1963* (dalam CERC 1984) diberikan dalam rumus :

$$S_w = 0,19 \left[ 1 - 2,28 \sqrt{\frac{H_b}{gT^2}} \right] H_b \quad (2.12)$$

### Dimensi Pemecah Gelombang

Dalam perencanaan pemecah gelombang sisi miring, ditentukan berat butir batu pelindung dengan menggunakan rumus Hudson :

$$W = \frac{YrH^3}{KD(Sr-1)^3 \cot \theta} \quad S_r = \frac{Yr}{Ya} \quad (2.13)$$

Tinggi pemecah gelombang :

$$H_{\text{Pem.Gel}} = El_{\text{Pem.Gel}} - El_{\text{Drs.Laut}} \quad (2.14)$$

Lebar puncak dan tebal lapis lindung pemecah gelombang dapat dihitung dengan rumus berikut :

$$B = nK\Delta \left[ \frac{W}{Yr} \right]^{1/3} \quad t = nK\Delta \left[ \frac{W}{Yr} \right]^{1/3} \quad (2.15)$$

## 2. METODOLOGI PENELITIAN

### Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Pantai Jempol Kabupaten Sumbawa.

### Pengumpulan Data

Pengumpulan data primer pada penelitian ini yang tidak dilakukan. Dalam penelitian ini adapun beberapa data sekunder yang dilakukan oleh Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) dan Badan Informasi Geospasial (BIG), data sekunder berupa Peta Batimetri dan Topografi lokasi Pantai Jempol Kabupaten Sumbawa, Data gelombang perairan Pantai Jempol Kabupaten Sumbawa, Data pasang surut perairan Pantai Jempol Kabupaten Sumbawa, Data angin perairan Pantai Jempol Kabupaten Sumbawa selama 10 tahun dari tahun 2012-2021.

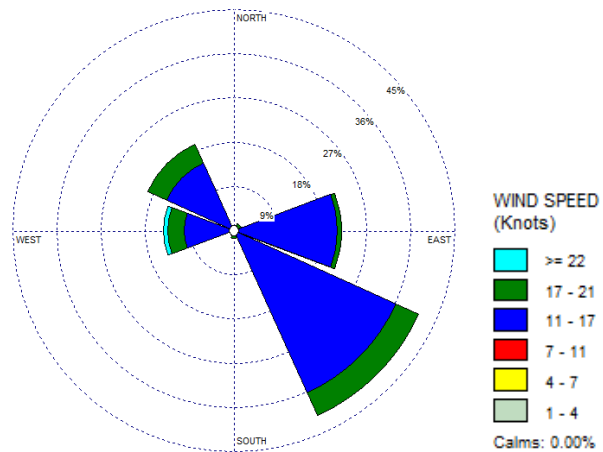
## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

### Analisis Arah Dan Kecepatan Angin

Untuk memperoleh distribusi kecepatan dan arah angin, dilakukan proses pengolahan data angin dari Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) tahun 2012 – 2021 untuk daerah Pantai bagian Utara Pulau Sumbawa (Pantai Jempol).

**Tabel 1 Distribusi Arah dan Kecepatan Angin dalam Berbagai Interval**

No	Direction/ Wind Classes (Knots)	7 - 11	11 - 17	17 - 21	$\geq 22$	Total
1	U	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
2	TL	0.00000	0.00840	0.00840	0.00000	0.01667
3	T	0.00840	0.21008	0.00840	0.00000	0.21667
4	TG	0.00000	0.35294	0.05042	0.00000	0.40833
5	S	0.00000	0.00840	0.00840	0.00000	0.01667
6	BD	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
7	B	0.00000	0.10084	0.03361	0.00840	0.14167
8	BL	0.00840	0.14286	0.04202	0.00000	0.19167
	Sub-Total	0.01667	0.81667	0.15000	0.00833	0.99167
	Missing/ Incomplete					0.00833
	Total					1.00



Gambar 4.1 Windrose Tahun 2012-2021

Berdasarkan tabel rekapitulasi angin dan *Windrose* di Pantai bagian Utara Pulau Sumbawa (Pantai Jempol), pola angin dominan terjadi dari arah Tenggara (*Sout East/SE*) dengan persentase sebesar 0,40833% dan kecepatan angin maksimum 21 knot.

Tabel 2 Koreksi Tegangan Angin ( $U_A$ )

THN	U (knots)	$U_L$ (m/s)	$R_L$ (m/s)	$U_W$ (m/s)	$U_A$ (m/s)
2012	21	10.79	1.11	11.98	15.06
2013	21	10.79	1.11	11.98	15.06
2014	18	9.25	1.19	11.01	13.57
2015	20	10.28	1.13	11.62	14.50
2016	16	8.22	1.25	10.28	12.47
2017	21	10.79	1.11	11.98	15.06
2018	18	9.25	1.19	11.01	13.57
2019	19	9.77	1.16	11.33	14.06
2020	24	12.34	1.05	12.95	16.58
2021	21	10.79	1.11	11.98	15.06

Tabel 3 Panjang *Fetch* Area Tenggara

Fetch Area Tenggara						
Arah	Sudut	Rad	Cos	Xi	Xi Cos a (m)	Xi Cos a (km)
Tg	20	0.35	0.94	1553.81	1460.10	1.46
Tg	15	0.26	0.97	1553.73	1500.79	1.50
Tg	10	0.17	0.98	1539.67	1516.28	1.52
Tg	5	0.09	1.00	1538.09	1532.24	1.53
Tg	0	0.00	1.00	1559.09	1559.09	1.56
Tg	5	0.09	1.00	1612.91	1606.77	1.61
Tg	10	0.17	0.98	1618.60	1594.01	1.59
Tg	15	0.26	0.97	1633.03	1577.39	1.58
Tg	20	0.35	0.94	1660.41	1560.28	1.56
Total			8.77	14269.34	13906.94	13.91
Fetch eff = 1585 = 1.59 km						

Berdasarkan tabel 2 diatas, diperoleh nilai tegangan angin terkoreksi ( $U_A$ ) selama 10 tahun. Tahun 2012, 2013, 2017 dan 2021 memiliki tegangan angin terkoreksi yang sama yaitu sebesar 15,06 m/s. Tahun 2014 dan 2018 memiliki tegangan angin terkoreksi yang sama yaitu sebesar 13,57 m/s. Tahun 2015 memiliki tegangan angin terkoreksi sebesar 14,50 m/s. Tahun 2016 memiliki tegangan angin terkoreksi sebesar 12,47 m/s. Tahun 2019 memiliki tegangan angin terkoreksi sebesar 14,06 m/s. Dan tahun 2020 memiliki tegangan angin terkoreksi sebesar 16,58 m/s.

Dan berdasarkan Tabel 3 diatas, diperoleh 9 panjang *Fetch* dengan interval sudut yang berbeda-beda. *Fetch* terpanjang diperoleh sebesar 1660,41 m, sedangkan *fetch* terpendek diperoleh sebesar 1538,09 m. Total interval sudut (cos) yang diperoleh sebesar 8,77., Kemudian diperoleh panjang *fetch* yang telah dikalikan dengan nilai interval sudut (cos), sehingga diperoleh total sebesar 13906,94 m. Dan panjang *fetch* rerata efektif diperoleh sebesar 15,9 km.

### Gelombang Rencana

Data angin selama 10 tahun ini digunakan dalam peramalan gelombang. Dari peramalan gelombang tersebut didapatkan tinggi gelombang maksimum adalah 3,78 meter dan periode gelombang 9,26 detik. Kemudian dari data tinggi dan periode gelombang tersebut, dihitung periode ulang 50 tahun sehingga didapat tinggi gelombang 3.33 meter dan periode gelombang 8,6 detik.

### Gelombang Pecah

1. Perhitungan panjang dan cepat rambat gelombang di laut dalam:

$$L_o = 1,56 \times T^2 = 1,56 \times 8,6^2 = 115,09 \text{ m}$$

$$C_o = 1,56 \times T = 1,56 \times 8,6 = 13,40 \text{ m/d}$$

2. Perhitungan Koefisien *Shoaling* ( $K_s$ ) dan Koefisien Refraksi ( $K_r$ )

Pada laut dalam, nilai  $n_o$  adalah 0,5. Maka Koefisien *Shoaling* adalah:

$$K_s = \sqrt{\frac{n_o L_o}{n_1 L}} = \sqrt{\frac{0,5 \times 115,09}{0,8719 \times 68,511}} = 0,982$$

Perhitungan Koefisien Refraksi ( $K_r$ )

$$C = \frac{L}{T} = \frac{68,511}{8,6} = 7,976 \text{ m/d}$$

$$\sin \alpha = \frac{C}{C_o} \sin \alpha_o = \frac{7,976}{13,40} \sin 45^\circ = 0,421 \rightarrow \alpha = 24,55^\circ$$

$$K_r = \sqrt{\frac{\cos \alpha_o}{\cos \alpha}} = \sqrt{\frac{\cos 45^\circ}{\cos 24,55^\circ}} = 0,81$$

Dari perhitungan koefisien di atas didapat tinggi gelombang rencana ( $H$ ) adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} H_l &= K_s \times K_r \times H_o \\ &= 0,982 \times 0,81 \times 3,33 = 2,63 \text{ m} \end{aligned}$$

3. Perhitungan Tinggi Dan Kedalaman Gelombang Pecah

Rumus hubungan antara kedalaman dan tinggi gelombang pecah adalah (Triatmodjo, 1999):

$$H'_o = K_r \times H_o$$

$$H'_o = 0,81 \times 3,33 = 2,683 \text{ m}$$

Menghitung tinggi gelombang pecah :

Dari grafik tinggi dan kedalaman gelombang pecah untuk nilai tersebut dan  $m = 1$  : 20 atau  $m = 0,05$ , diperoleh :

$$\frac{H'_o}{gT^2} = \frac{2,683}{723,75} = 0,004 \text{ m} \quad \frac{H_b}{H'_o} = 1,3 \rightarrow H_b = 1,3 \times 2,683 = 3,487 \text{ m}$$

Menghitung kedalaman gelombang pecah :

$$\frac{H_b}{gT^2} = \frac{3,487}{723,75} = 0,005 \text{ m} \quad \frac{d_b}{H_b} = 1,0 \rightarrow d_b = 1,0 \times 3,487 = 3,487 \text{ m}$$

Dari perhitungan diatas diperoleh pada Pantai Jempol gelombang pecah terjadi pada kedalaman 3,487 meter dan tinggi gelombang pecah adalah 3,487 meter.

### Perhitungan DWL

Dalam perhitungan DWL menggunakan data pasang surut. Karena tidak dilakukan survey pasang surut, maka digunakan data pasang surut dari BIG (Badan Informasi Geospasial). Berdasarkan perkiraan elevasi muka air laut akibat pemanasan global (*Sea Level Rise*) pada tahun 2022 meningkat menjadi 20 cm.

$$HHWL = 2,59 \text{ m} + 0,20 \text{ m} = 2,79 \text{ m}$$

$$MSL = 1,63 \text{ m} + 0,20 \text{ m} = 1,83 \text{ m}$$

$$LLWL = 0,37 \text{ m} + 0,20 \text{ m} = 0,57 \text{ m}$$

Dari perhitungan parameter-parameter penentu DWL maka untuk perencanaan bangunan pemecah gelombang digunakan :

$$\begin{aligned} DWL &= HWL + S_w + SLR \\ &= 2,59 + 0,5329 + 0,20 = 3,3229 \text{ m} \end{aligned}$$

### Perhitungan Wave Set Up

Wave set up dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$\begin{aligned} S_w &= 0,19 \{ 1 - 2,82 \sqrt{[H_b / (gT^2)]} \} H_b \\ &= 0,19 \{ 1 - 2,82 \sqrt{[3,487 / (9,81 \times 8,6^2)]} \} 3,487 \\ &= 0,5329 \text{ m} = 53,29 \text{ cm} \end{aligned}$$

### Hasil Perhitungan Dimensi Pemecah Gelombang

a. Untuk  $\cot \theta = 1,5$

• Lebar Puncak

$$\text{Batu Pecah} = 5,41 \text{ m} \quad \text{Tetrapod} = 2,55 \text{ m}$$

• Tinggi Bangunan Pemecah Gelombang

$$\text{Batu Pecah} = 13,89 \text{ m} \quad \text{Tetrapod} = 12,87 \text{ m}$$

• Tebal Lapis Lindung

$$\text{Batu Pecah} \quad \text{Tetrapod}$$

$$\text{-Layer I} = 3,61 \text{ m} \quad \text{-Layer I} = 2,55 \text{ m}$$

$$\text{-Layer II} = 1,67 \text{ m} \quad \text{-Layer II} = 1,67 \text{ m}$$

b. Untuk  $\cot \theta = 2$

• Lebar Puncak (m)

$$\text{Batu Pecah} = 4,91 \text{ m} \quad \text{Tetrapod} = 2,32 \text{ m}$$

• Tinggi Bangunan Pemecah Gelombang

$$\text{Batu Pecah} = 13,83 \text{ m} \quad \text{Tetrapod} = 12,68 \text{ m}$$

• Tebal Lapis Lindung

$$\text{Batu Pecah} \quad \text{Tetrapod}$$

$$\text{-Layer I} = 3,28 \text{ m} \quad \text{-Layer I} = 2,32 \text{ m}$$

$$\text{-Layer II} = 1,52 \text{ m} \quad \text{-Layer II} = 1,52 \text{ m}$$

c. Untuk  $\cot \theta = 3$

• Lebar Puncak (m)

$$\text{Batu Pecah} = 4,30 \text{ m} \quad \text{Tetrapod} = 2,03 \text{ m}$$

• Tinggi Bangunan Pemecah Gelombang

$$\text{Batu Pecah} = 13,20 \text{ m} \quad \text{Tetrapod} = 12,54 \text{ m}$$

• Tebal Lapis Lindung

$$\text{Batu Pecah} \quad \text{Tetrapod}$$

$$\text{-Layer I} = 2,87 \text{ m} \quad \text{-Layer I} = 2,03 \text{ m}$$

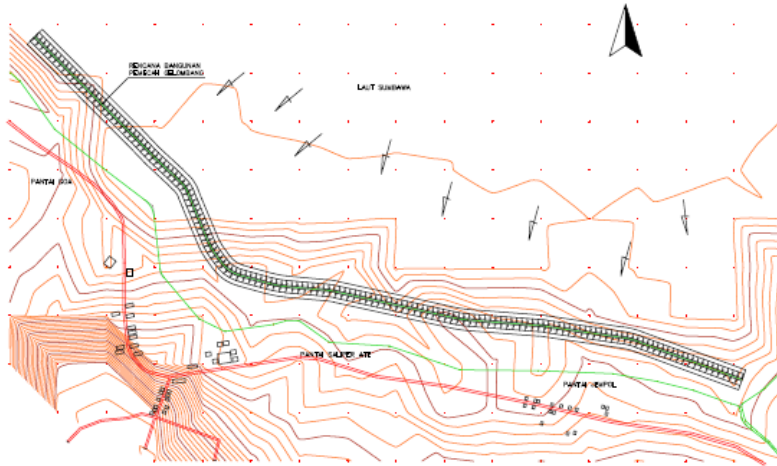
$$\text{-Layer II} = 1,33 \text{ m} \quad \text{-Layer II} = 1,33 \text{ m}$$

d. Stabilitas Pelindung Kaki (*Toe Protection*)

$$d_s = 2,99 \text{ m} \quad d_1 = 2,99 \text{ m} - 2,51 \text{ m} = 0,48 \text{ m}$$

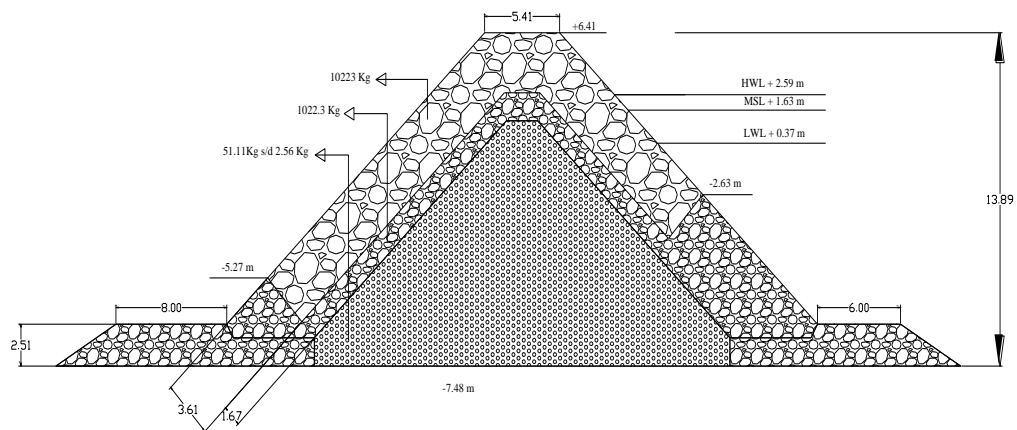
$$\frac{d_1}{d_s} = \frac{0,48}{2,99} = 0,16 \text{ m}$$

Jadi perhitungan stabilitas pelindung kaki di peroleh nilai  $\frac{d_1}{d_s} = 0,16 \text{ m}$ . Selanjutnya dimasukkan ke dalam grafik Angka Stabilitas  $N_s$  untuk Fondasi dan Pelindung Kaki dimana diperoleh angka stabilitas untuk pelindung kaki  $N_s^3 = 11 < 300$  dan untuk fondasi  $N_s^3 = 6 < 24$ , jadi kontrol memenuhi syarat dan masuk dalam kategori aman.



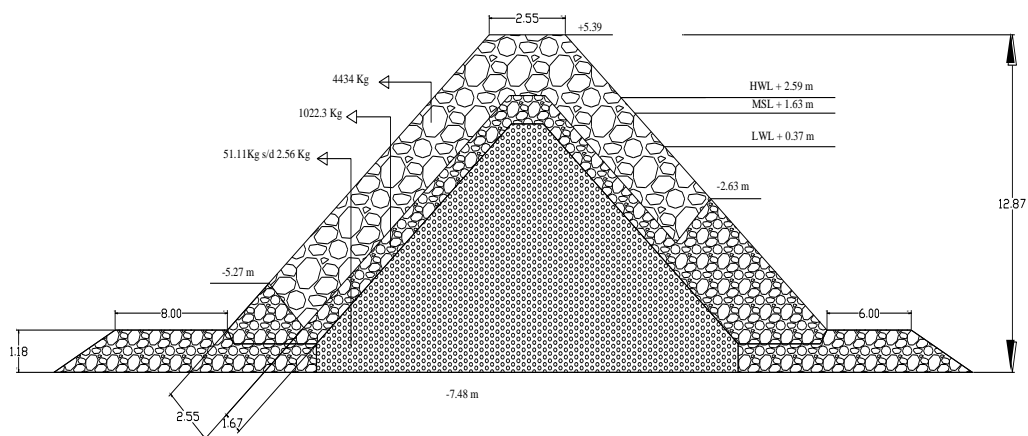
Gambar 4.2 Site Plan Bangunan Pemecah Gelombang

Desain I Batu Pecah (kemiringan 1,5)



Gambar 4.3 Potongan Melintang Bangunan Pemecah Gelombang Batu Pecah

Desain I Tetrapod (kemiringan 1,5)



Gambar 4.4 Potongan Melintang Bangunan Pemecah Gelombang Tetrapod

#### 4. KESIMPULAN

Dalam perencanaan bangunan pemecah gelombang di Pantai Jempol Kabupaten Sumbawa ini dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Kondisi iklim angin di daerah Pantai Jempol Kabupaten Sumbawa dianalisis dari data angin tahun 2012-2021 didapatkan kejadian pola angin dominan selama 10 tahun terjadi dari arah Tenggara (*Sout East/SE*) dengan persentase sebesar 0,40833% dan kecepatan angin maksimum 21 knot.  
Data angin selama 10 tahun ini digunakan dalam peramalan gelombang. Dari peramalan gelombang tersebut didapatkan tinggi gelombang maksimum adalah 3,78 meter dan periode 9,26 detik. Kemudian dari data tinggi dan periode gelombang tersebut, dihitung periode ulang 50 tahun sehingga didapat tinggi gelombang 3.33 meter dan periode 8,6 detik. Dan tinggi gelombang rencana yang akan bekerja pada bangunan pemecah gelombang berdasarkan analisis refraksi didapatkan sebesar 2.63 m.
2. Dimensi struktur bangunan pemecah gelombang dihitung menggunakan Rumus Hudson, pada  $\cot \theta = 1,5$  lebar puncak untuk batu pecah diperoleh 5,41 m dan 2,55 m untuk tetrapod. Tebal lapis lindung untuk batu pecah layer I diperoleh 3,61 m dan layer II diperoleh 1,67 m, untuk tetrapod layer I diperoleh 2,55 m dan layer II diperoleh 1,67 m. Tinggi bangunan pemecah gelombang untuk batu pecah diperoleh 13,89 m dan 12,87 m untuk tetrapod. Pada  $\cot \theta = 2$  lebar puncak untuk batu pecah diperoleh 4,91 m dan 2,32 m untuk tetrapod. Tebal lapis lindung untuk batu pecah pada layer I diperoleh 3,28 m dan layer II diperoleh 1,52 m, untuk tetrapod layer I diperoleh 2,32 m dan layer II diperoleh 1,52 m. Tinggi bangunan pemecah gelombang untuk batu pecah diperoleh 13,83 m dan 12,68 m untuk tetrapod. Pada  $\cot \theta = 3$  lebar puncak untuk batu pecah diperoleh 4,30 m dan 2,03 m untuk tetrapod. Tebal lapis lindung untuk batu pecah layer I diperoleh 2,87 m dan layer II diperoleh 1,33 m, untuk tetrapod layer I diperoleh 2,03 m dan layer II diperoleh 1,33 m. Tinggi bangunan pemecah gelombang untuk batu pecah diperoleh 13,20 m dan 12,54 m untuk tetrapod.

#### 5. DAFTAR PUSTAKA

- Akmal dan Putra, S. (2021). Evaluasi Bangunan Pelindung Pantai Sisi Miring Dalam Upaya Penanggulangan Abrasi Pesisir Pantai. *Journal of Civil Engineering*, 10(1), 28–32. <https://doi.org/https://doi.org/10.37598/tameh.v10i1.129>
- BMKG. (2021). *Data Arah Dan Kecepatan Angin Stasiun Sumbawa Besar tahun 2012-2021*. Sumbawa: Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika.
- CERC. (1984). *Shore Protection Manual (Vol. I)*. Washington, DC: US Army Corps of Engineer.
- Nadia, P., Ali, M., & Besperi. (2013). PENGARUH ANGIN TERHADAP TINGGI GELOMBANG PADA STRUKTUR BANGUNAN BREAKWATER DI TAPAK PADERI KOTA BENGKULU. *Jurnal Inersia*, 5(1), 41–56.
- Triatmodjo, Bambang. (1999). *Teknik Pantai*. Yogyakarta: Beta Offset.
- Triatmodjo, Bambang. (2009). *Perencanaan Pelabuhan*. Yogyakarta: Beta Offset.
- Yuwono, Nur. (1992). *Dasar-dasar Perencanaan Bangunan Pantai*. Yogyakarta: BP KMTS