

Redesain Bangunan Pengaman Pantai (*Groin* Tipe L) di Pantai Kota Padang

Siti Aisyah¹, Besperi², Gusta Gunawan³

^{1,2,3} Program Sarjana Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Bengkulu
Kandang Limun, Kota Bengkulu 38371
Telp: (0736) 344087
email: sitiaisyahh02@gmail.com

Abstrak— Pantai Kota Padang memiliki bangunan pengaman pantai (*groin*) yang berfungsi untuk menahan transport sedimentasi, akan tetapi bangunan tersebut sudah mengalami kerusakan. Tujuan penelitian ini adalah untuk mendesain ulang bangunan *groin* bentuk L menggunakan material *tetrapod*. Metode pelaksanaan penelitian yang digunakan dengan pengolahan data primer yaitu survei langsung di lapangan (*Hs* dan *Ts*) sedangkan data sekunder menggunakan metode analisis data angin, dan analisis data pasang surut. Hasil dari perhitungan penelitian *groin* bagian I (lengan) *tetrapod* mempunyai panjang 62 m, *groin* bagian II (kepala) 31 m, jarak antara *groin* 186 m, elevasi muka air rencana 2,19 m, elevasi mercu 4,87 m, dan elevasi bangunan 8,87 m, lebar puncak kepala 3 m, lebar puncak lengan 1,57 m. Berat unit lapis pelindung *groin tetrapod* bagian kepala $W=2,07$ ton, $W/10=207$ kg, $W/200=10,35$ kg dan bagian lengan $W=1,04$ ton, $W/10=104$ kg, $W/200=5,2$ kg, dan jumlah lapis pelindung tiap 15 m² sebanyak 17 buah untuk bagian kepala, dan 27 buah untuk bagian lengan.

Kata Kunci— Redesain, Bangunan Pengaman Pantai, *Groin* tipe L, *Tetrapod*

Abstract: Padang City Beach has *groin* to limit the sediment's movement, however this structure had been damaged. The purpose of this research is to redesign *groin* type L using *tetrapod* as material. The research methodology that is used in primer data processing is to conduct survey at site (*Hs* and *Ts*) while the secondary data used wind data analysis method and tides data analysis method. The results from calculation of the first part of *groin* with *tetrapod* as the material has length of 62 m, the second part of *groin* (head) has length of 31 m, the *groin* spacing is 184 m, design water level is 2,19 m, the crest elevation is 4,52 m and the structure elevation is 8,52 meter, the head section has 3 m width, the crest arm has 1,1 m width. The weight of armour layer of *tetrapod* head section is $W=2,07$ ton, $W/10=207$ kg, $W/200=10,35$ kg and the length section is $W=1,04$ ton, $W/10=104$ kg, $W/200=5,2$ kg and there are 17 armour layer for every 15 m² of head section and 27 for the arm section.

Keywords: Redesign, Breakwater, *Groin* Type L, *Tetrapod*

I. PENDAHULUAN

Kota Padang terletak di pesisir barat pantai Sumatera dan berhadapan langsung dengan Samudera Hindia, sehingga ancaman gelombang samudera yang cukup besar dan memberi pengaruh terhadap perubahan garis pantai. Akibat besarnya gelombang yang ada, maka perlu adanya upaya untuk mempertahankan garis pantai.

Pantai Padang sudah memiliki bangunan pengaman pantai yang memiliki konstruksi dari batu pecah yaitu *groin* dan *revetment* yang dibangun pada tahun 1969. Bangunan pantai tersebut berfungsi mencegah kerusakan dan penyempitan wilayah daratan akibat abrasi [1].

Bangunan pengaman pantai (*groin* tipe L) yang terdapat di Pantai Padang menggunakan batu pecah sebagai batu lapis lindung dengan bentuk yang agak bulat dan ukuran yang cukup seragam. Gradasi yang cukup seragam mengakibatkan ikatan antara batu yang satu dengan yang lain kurang mengikat dan banyak celah antar batu, sehingga lebih mudah bergeser akibat serangan gelombang dan arus. Oleh karena itu, untuk mengatasinya maka dibuat batu buatan dari beton dengan bentuk tertentu seperti *tetrapod* yaitu batu lapis buatan yang terbuat dari beton yang mempunyai empat kaki, dimana satu kaki menghadap ke atas dan tiga kaki berada pada bidang datar sehingga dapat mengisi rongga antar *tetrapod* dan dapat mengurangi kemungkinan struktur ambles dengan menerapkan sebaran acak *tetrapod* sehingga saling mengunci. Bangunan pengaman pantai seperti *groin* tipe L juga memiliki keuntungan yang lebih besar dibandingkan dengan *groin* tipe I, karena pada bagian belakang *groin* tipe L yang sejajar pantai dapat mencegah hilangnya pasir ke arah laut [4].

Penelitian sebelumnya, Aprilia (2018) telah melakukan penelitian menganalisis bangunan *groin* bentuk I menggunakan material *tetrapod* di Tapak Paderi Kota Bengkulu. Oleh sebab itu untuk mencegah dan meminimalisir kemungkinan terjadinya abrasi yang lebih besar peneliti tertarik untuk melakukan desain ulang bangunan pengaman pantai (*groin* tipe L) dengan mengganti batu pecah dengan batu buatan dari beton yaitu *tetrapod* untuk memberikan masukan dan saran dalam perbaikan dan penyempurnaan perancangan bangunan pengaman pantai (*groin* tipe L) di Pantai Padang Kota Padang.

II. TEORI

A. Gelombang Signifikan

Gelombang signifikan atau gelombang representatif merupakan gelombang yang digunakan untuk perencanaan bangunan-bangunan pantai, gelombang signifikan perlu dipilih yaitu tinggi dan periode gelombang individu (*individual wave*) yang dapat mewakili suatu deretan (*spektrum*) gelombang [4].

B. Gelombang Laut Dalam Ekuivalen

Analisis transformasi gelombang sering dilakukan dengan menggunakan konsep gelombang laut dalam ekuivalen, yaitu tinggi gelombang di laut dalam apabila gelombang tidak mengalami refraksi. Konsep ini digunakan dalam analisis gelombang pecah, kenaikan (*run-up*) gelombang, dan limpasan gelombang. Tinggi gelombang di laut dalam ekuivalen dalam diberikan dengan rumus [4].

$$H'_0 = K' \times K_r \times H_0 \quad (1)$$

C. Gelombang Pecah

Gelombang pecah dipengaruhi oleh kemiringan, yaitu perbandingan antara tinggi gelombang dan panjang gelombang. Kemiringan yang tajam dari batas maksimum, hal ini menyebabkan kecepatan partikel di puncak gelombang lebih besar dari kecepatan rambat gelombang sehingga terjadi ketidakstabilan dan gelombang pecah [4].

D. Run-Up Gelombang

Besar koefisien nilai *Run-Up* didapatkan berdasarkan fungsi bilangan *irreberen* [4].

$$Ir = \frac{\tan \theta}{\left(\frac{H}{L_0}\right)^{1/2}} \quad (2)$$

E. Design Water Level (DWL)

Berikut adalah rumus mencari nilai DWL

$$DWL = HWL + SW + \Delta h + SLR \quad (3)$$

Keterangan:

DWL = tinggi muka air rencana

HWL = *high water level*

SLR = *sea level rise*

SW = *wave set-up*

Δh = kenaikan elevasi muka air

F. Pasang Surut

Pasang surut adalah fluktuasi (naik turunnya) muka air laut karena adanya gaya tarik benda-benda di langit, terutama bulan dan matahari terhadap massa air laut di bumi [4]

G. Tipe Pasang Surut

Secara umum pasang surut diberbagai daerah dapat dibedakan dalam empat tipe, yaitu pasang surut harian tunggal (*diurnal tide*), harian ganda (*semidiurnal tide*) dan dua jenis campuran [4].

H. Angin

Angin adalah sirkulasi yang hampir sejajar dengan permukaan bumi, dapat terjadi akibat adanya perubahan dan perbedaan suhu antara suatu tempat dengan tempat yang lain. Angin yang berhembus di atas permukaan air akan memindahkan energinya ke air. Kecepatan angin akan menimbulkan tegangan, sehingga permukaan air yang semula tenang akan terganggu dan mengakibatkan riak gelombang kecil di atas permukaan [3].

Hubungan antara angin di atas laut dan angin di atas daratan terdekat diberikan oleh persamaan sebagai berikut dalam:

$$Rl = U_w/U_L \quad (4)$$

$$U_w = R_L U_L \quad (5)$$

$$U_A = 0,71 U_w^{1/3} \quad (6)$$

I. Mawar Angin

Data angin yang sudah didapatkan dari hasil pengamatan beberapa tahun, kemudian disajikan dalam bentuk tabel atau diagram *wind rose* (mawar angin) [3].

J. Fetch

Fetch adalah daerah pembangkit gelombang laut yang dibatasi oleh daratan yang mengelilinginya. Daerah *fetch* merupakan daerah dengan kecepatan angin yang konstan, sedangkan jarak *fetch* merupakan jarak tanpa rintangan angin yang bertiup [3].

$$F_{eff} = \frac{\sum X_i \cdot \cos \alpha}{\cos \alpha} \quad (7)$$

F_{eff} = *Fetch* rata – rata efektif (Panjang segmen *fetch* yang diukur dari titik observasi gelombang ke ujung akhir *fetch*).

α = Deviasi pada kedua sisi dari arah angin, dengan menggunakan pertambahan 6° sampai sudut sebesar 42° pada kedua sisi dari arah angin.

K. Bangunan Pengaman Pantai

Bangunan pengaman pantai yaitu konstruksi yang dibangun sejajar atau tegak lurus dengan garis pantai yang berfungsi untuk melindungi pantai terhadap kerusakan karena serangan gelombang dan arus [4].

L. Groin

Groin adalah bangunan pelindung pantai yang dibangun tegak lurus garis pantai, dan berfungsi untuk menahan transpor sedimen sepanjang pantai. Salah satu fungsi yang sangat penting dibangun *groyne* yaitu untuk mengurangi atau menghentikan erosi yang terjadi [2].

III. METODOLOGI

Pengumpulan data untuk meredesain bangunan pengaman pantai (*groyne* tipe L) dilakukan secara primer yaitu pengamatan secara langsung dan secara sekunder yang berupa data angin selama 10 tahun, data batimetri, dan data gelombang selama 5 tahun.

Lokasi penelitian terletak pada koordinat 00°56'13,94" Lintang Selatan dan 100° 21'15,15" Bujur Timur dan dapat dilihat pada Gambar 1 (Google Earth, 2019).



Gambar 1. Lokasi Penelitian

Pengambilan data tinggi gelombang dilakukan pada saat pasang surut purnama yaitu pada tanggal 20 April – 21 April 2019 dan pengambilan data dilakukan 3 kali sehari yaitu pada waktu pagi, siang, dan sore hari. Untuk waktu pengambilan data tinggi gelombang sendiri dapat ditentukan berdasarkan data pasang surut PT. Pelindo II. Dari data ini dapat dilihat waktu pasang tertinggi dan surut terendah, sehingga pada waktu itulah pengambilan data dilakukan. Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan alat ukur *Total Station*.

IV. ANALISIS

A. Analisis Data Angin

Data angin yang diperlukan adalah data arah dan kecepatan angin. Data tersebut diperoleh dari BMKG Maritim Teluk Bayur, Padang. Data yang digunakan adalah data angin selama 10 tahun, yaitu dari tahun 2009-2018. Data angin diolah untuk mendapatkan arah dan kecepatan angin dominan.

Tabel 1. Pengelompokan Kejadian Angin

Kecepatan (m/det)	Arah Angin (%)							
	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW
0-1	1,36	0,63	-	-	-	-	-	-
1-2	1,75	1,01	-	-	0,02	0,05	-	-
2-3	11,36	1,67	0,43	0,520	2,43	2,76	1,17	0,38
3-4	23,52	1,86	0,60	1,232	10,92	6,10	1,72	0,57
4-5	11,58	1,15	0,38	0,301	5,39	1,64	0,27	0,21
>5	3,72	0,65	0,24	0,110	1,12	0,60	0,30	0,16
Jumlah	53,28	6,98	1,66	2,163	19,90	11,17	3,47	1,34
Total	100%							

Berdasarkan perhitungan Tabel 1 dapat dilihat jumlah persentase kejadian angin yang bertiup dari utara (*north*) sebesar 53,28 %, angin yang bertiup dari arah timur laut (*north east*) sebesar 6,98 %, angin yang bertiup dari timur (*east*) sebesar 1,67 %, angin yang bertiup dari tenggara (*south east*) sebesar 2,16 %, angin yang bertiup dari selatan (*south*) sebesar 19,90 %, angin yang bertiup dari barat laut (*north west*) sebesar 1,34 %, dan angin yang bertiup dari barat (*west*) sebesar 3,47 %. Sehingga, dapat disimpulkan bahwa angin dominan berasal dari utara (*north*).

B. Analisis Fetch

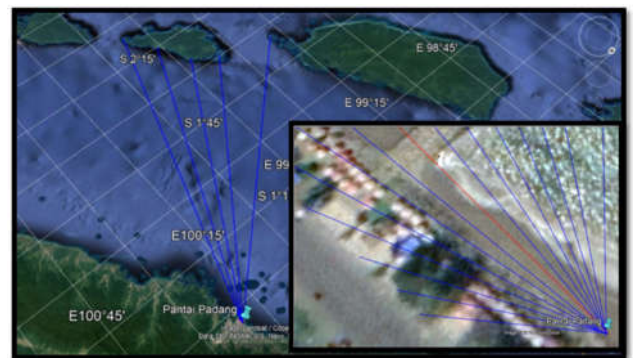
tinjauan pembangkitan gelombang laut, *fetch* dibentuk daratan yang mengelilingi laut.

Tabel 2. Perhitungan Faktor Tegangan Angin

Sudut deviasi (°)	(°)	(km)	(km)
42	0,74	160,14	118,50
36	0,81	147,91	119,81
30	0,87	147,10	127,98
24	0,91	159,67	145,30
18	0,95	172,22	163,61
12	0,98	6,08	5,96
6	0,99	2,98	2,95
0	1,00	3,03	3,03
-6	0,99	0,54	0,53
-12	0,98	0,21	0,21
-18	0,95	0,11	0,10
-24	0,91	0,07	0,06
-30	0,87	0,06	0,05
-36	0,81	0,04	0,03
-42	0,74	0,04	0,03
Σ	13,50	800,20	688,16

$$F_{eff} = \frac{688,16}{13,50} = 50,97 \text{ km} \approx 51 \text{ km}$$

Sehingga *fetch* efektif yang didapat yaitu sebesar 51 km. Gambar *fetch* pada Pantai Padang bisa dilihat pada Gambar 4.2.



Gambar 2. Fetch

C. Analisis Gelombang

Data angin yang digunakan dalam penelitian ini diperoleh dari pengukuran di daratan sedangkan rumus-rumus pembangkit gelombang diperhitungkan untuk data angin yang diperoleh dipermukaan laut sehingga dibutuhkan transformasi kecepatan angin. Konversi kecepatan angin dilakukan untuk

mencari peramalan tinggi gelombang signifikan (H_s) dan periode gelombang (T_s). Perhitungan dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Perhitungam H_s dan T_s

Tahun	Kec. Maksimal (m/s)	RL	UW (m/s)	UA (m/s)	H_s (m)	T_s (dtk)
2009	9	1,2	10,8	13,255	1,6	5,6
2010	8	1,23	9,84	11,821	1,45	5,45
2011	8	1,23	9,84	11,821	1,45	5,45
2012	18	1	18	24,845	2,9	6,9
2013	7	1,25	8,75	10,231	1,25	5,25
2014	8	1,23	9,84	11,821	1,45	5,45
2015	10	1,1	11	13,557	1,70	5,75
2016	8	1,23	9,84	11,821	1,45	5,45
2017	15	1,05	15,75	21,082	2,35	6,4
2018	7	1,25	8,75	10,231	1,25	5,25

D. Analisis Data Pasang Surut

Data pasang surut di gunakan untuk menentukan elevasi muka air rencana pada lokasi penelitian. Data pasang surut diperoleh dari PT. Pelindo II. Cara mencari data pasang surut yaitu dengan mencari nilai pasang surut tertinggi dari data 5 tahun. Penelitian ini mendesain ulang bangunan *groin* bentuk L pada kedalaman yang berkisar 4 meter di bawah permukaan laut, sehingga nilai kedalaman air di lokasi rencana bangunan diperhitungkan kedalaman air berdasarkan nilai muka air tinggi dan muka air rendah, yaitu:

$$d_{HWL} = 1,4 - (-4) = 5,4 \text{ meter}$$

$$d_{LWL} = 0,1 - (-4) = 4,1 \text{ meter}$$

$$d_{MWL} = 0,7 - (-4) = 4,07 \text{ meter}$$

Sehingga dalam perhitungan selanjutnya, nilai d_{HWL} dianggap sebagai kedalaman air (d) dengan nilai $d = 5,4$ meter.

V. PEMBAHASAN

A. Perhitungan Refraksi

Kedalaman laut merupakan faktor yang menyebabkan terjadinya refraksi, periode gelombang adalah nilai terbesar periode dari tahun 2009-2018 pada tahun 2012, yaitu 6,9 detik.

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

$$L_0 = \frac{9,81 \times 6,9^2}{2\pi}$$

$$L_0 = 74,37 \text{ meter}$$

Maka didapat nilai panjang gelombang yang terjadi di laut dalam (L_0) sebesar 74,37 m. Selanjutnya dapat diperhitungkan nilai cepat rambat gelombang di laut dalam (C_0) dengan rumus berikut.

$$C_0 = \frac{L_0}{T_s}$$

$$C_0 = \frac{74,37}{6,9}$$

$$C_0 = 10,78 \text{ m/s}$$

Dari perhitungan didapat cepat rambat gelombang di laut dalam (C_0) sebesar 10,78 m/s. Selanjutnya menghitung nilai $\frac{d}{L_0}$, dengan nilai $d = 5,4$ meter.

$$L_0$$

$$\frac{d}{L_0} = \frac{5,4}{74,37} = 0,073$$

Dari Tabel A-1 $\frac{d}{L_0}$ pada Lampiran 5, nilai $\frac{d}{L} = 0,11675$

dengan nilai $K_s = 0,966$ dan $n = 0,8573$

$$\frac{d}{L} = 0,11675$$

$$L = \frac{5,4}{0,11675}$$

$$L = 46,25 \text{ meter}$$

Panjang gelombang (L) adalah 46,25 meter, kemudian dapat dihitung nilai cepat rambat gelombang (C):

$$C = \frac{L}{T}$$

$$C = \frac{46,25}{6,9}$$

$$C = 6,70 \text{ m/s}$$

Cepat rambat gelombang (C) adalah 6,70 m/s,

$$\sin \alpha_1 = \left(\frac{C}{C_0}\right) \sin \alpha_0$$

Dimana α_0 sudut antara garis puncak gelombang di laut dalam dan garis kontur dasar laut arah gelombang diperhitungkan dari utara $\alpha = 20^\circ$, $H_0 = 2,9$ m dan $T = 6,9$ detik.

$$\alpha = \left(\frac{6,70}{10,78}\right) \sin 20^\circ = 0,21 = 12,12^\circ$$

Maka didapat koefisien refraksinya, yaitu :

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

$$K_r = \sqrt{\frac{\cos 20^\circ}{\cos 12,12^\circ}} = 0,98$$

Jadi didapatkan koefisien refraksi sebesar 0,98

Untuk mengitung koefisien pendangkalan (K_s) dicari nilai n dengan menggunakan Tabel A-1 fungsi d/L untuk pertambahan nilai d/L_0 , berdasarkan nilai d/L_0 diatas (0,073) maka didapat:

$$n = 0,8573 \text{ dan } n_0 = 0,5 \text{ (untuk laut dalam)}$$

$$K_s = \sqrt{\frac{n_0 L_0}{n L}}$$

$$K_s = \sqrt{\frac{(0,5)(74,37)}{(0,8573)(46,25)}}$$

$$K_s = 0,97$$

Maka tinggi gelombang pada kedalaman 5,4 m didapat :

$$H_1 = K_s \times K_r \times H_0$$

$$H_1 = (0,97)(0,98)(2,9) = 2,76 \text{ m}$$

M. Perhitungan Tinggi di Laut Dalam Ekuivalen (H'_0)

Ekuivalen tinggi gelombang laut dalam dihitung dengan rumus :

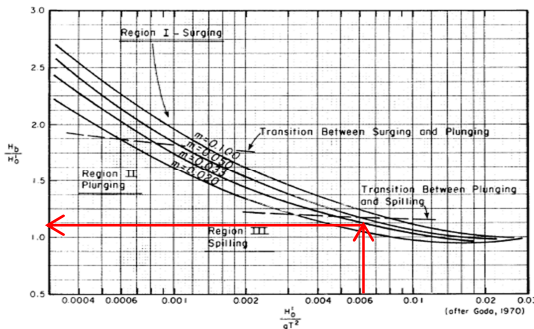
$$H'_0 = K_r \times H_0$$

$$H'_0 = 0,98 \times 2,9 = 2,84 \text{ m}$$

N. Perhitungan Tinggi Gelombang Pecah

Perhitungan gelombang pecah ini digunakan rumus berikut :

$$\frac{H'_0}{gT^2} = \frac{2,84}{9,81 \times 6,9^2} = 0,0061$$



Gambar 3. Grafik tinggi Gelombang Pecah

Berdasarkan grafik di atas didapatkan nilai $\frac{H_b}{H'_0} = 1,125$.

Kemudian mencari tinggi gelombang pecah sebagai berikut :

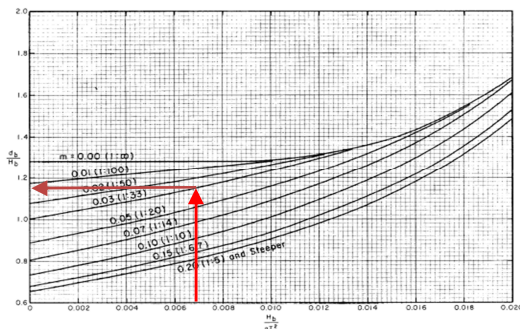
$$\frac{H_b}{H'_0} = 1,125$$

$$H_b = 1,125 \times 2,84$$

$$H_b = 3,2 \text{ meter}$$

Setelah diperoleh nilai H_b maka selanjutnya mencari nilai d_b , berikut adalah langkah-langkah mencari nilai d_b :

$$\frac{H_b}{gT^2} = \frac{3,20}{9,81 \times 6,90^2} = 0,00685$$



Gambar 4. Penentuan Kedalaman Gelombang Pecah

Berdasarkan Gambar 7 maka diperoleh nilai $\frac{d_b}{H_b} = 1,17$

$$d_b = 1,17 \times 3,20$$

$$d_b = 3,74 \text{ meter}$$

Dari peta kontur kedalaman laut (m) kemiringan dasar pantai 0,03 pada kedalaman gelombang pecah = 3,74 m dan didapat lebar *surf zone* berikut ini :

$$L_s = \frac{d_b}{m} = \frac{3,74}{0,03} = 124,67 \text{ meter}$$

O. Penentuan Elevasi Muka Air Rencana

Hasil dari grafik perkiraan kenaikan muka air laut karena pemanasan global didapat sebesar 24 cm selama 20 tahun.

Nilai *wind set-up* diperoleh dari:

$$S_w = 0,19 \left[1 - 2,82 \sqrt{\frac{H_b}{gT^2}} \right] H_b$$

$$S_w = 0,19 \left[1 - 2,82 \sqrt{\frac{3,20}{9,81 \times 6,90^2}} \right] 3,20 = 0,46 \text{ m}$$

Panjang *fetch* efektif dari arah barat dengan sudut ($\alpha = 20^\circ$) adalah 51 km dan $U_A = 24,24 \text{ m/s}$, maka besar *wind set up* adalah

$$U = 0,71 U_A^{1,23}$$

$$U = 35,83 \text{ m/s}$$

$$V_y = U \sin \alpha$$

$$V_y = 35,81 \sin 20^\circ = 12,25 \text{ m/s}$$

$$F_y = F \sin \alpha$$

$$F_y = 51 \sin 20^\circ = 17,44 \text{ km}$$

Perbandingan kedalaman air dengan panjang gelombang di laut dalam adalah:

$$\frac{d}{L_0} = \frac{5,4}{74,37} = \frac{1}{13,77}$$

$$d = \frac{1}{13,77} \times 74,37 = 5,40 \text{ meter}$$

$$\Delta h = F_y \frac{V^2}{2gd}$$

$$\Delta h = 17440 \times (3,5 \times 10^{-6}) \frac{12,25^2}{2 \times 9,81 \times 5,40}$$

$$\Delta h = 0,086 \text{ meter}$$

Dari data yang diperoleh maka nilai DWL :

$$DWL = HWL + S_w + \Delta h + SLR$$

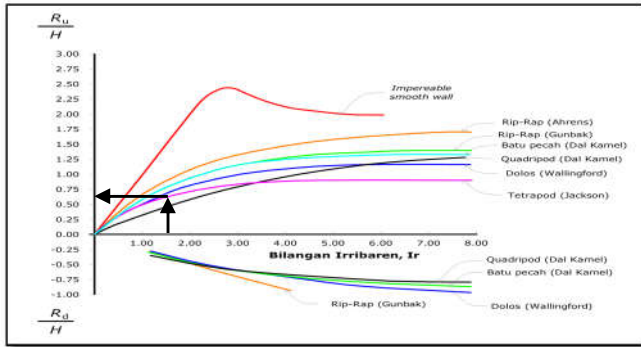
$$DWL = 1,4 + 0,46 + 0,086 + 0,24 = 2,19 \text{ meter}$$

P. Penentuan Elevasi Puncak Groin

Bilangan Iribaren :

$$ir = \frac{\tan \theta}{\left(\frac{H}{L_0} \right)^{1/2}} = \frac{1/3}{\left(\frac{2,9}{74,37} \right)^{1/2}} = 1,69$$

Dengan menggunakan grafik dibawah ini, dihitung nilai *run-up*, Untuk lapis lindung dari *tetrapod*.



Gambar 5. Grafik Run-up Gelombang

Dari Gambar 8 didapat nilai 0,63

$$Ru = 0,63 \times 2,9 = 1,83 \text{ m}$$

Sehingga elevasi puncak groin dapat dihitung sebagai berikut :

$$\begin{aligned} EI_{\text{puncak}} &= DWL + Ru + 0,5 \\ &= 2,19 + 1,83 + 0,5 \\ &= 4,52 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} EI_{\text{bangunan}} &= \text{Elevasi}_{\text{puncak}} - \text{Elevasi}_{\text{dasar laut}} \\ &= 4,52 - (-4) \\ &= 8,52 \text{ m} \end{aligned}$$

Elevasi bangunan groin yang didapat dari perhitungan di atas sebesar 8,83 meter.

Q. Analisis Berat Lapis Lindung

Menghitung berat dan tebal lapis lindung dengan *tetrapod* untuk nilai Koefisien Stabilitas (K_D) berdasarkan *Shoore Protection Manual* 1984 menggunakan rumus sebagai berikut:

Bagian ujung atau kepala KD = 4

Bagian lengan KD = 8

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

1. Analisis Lapis lindung groin bagian ujung atau kepala bangunan

Lapisan pelindung luar :

$$W = \frac{2,4 \times 2,9^3}{4 \times \left(\frac{2,4}{1,03} - 1\right)^3 \times 3} = 2,07 \text{ ton}$$

Lapisan pelindung kedua:

$$\frac{W}{10} = \frac{2,07}{10} = 207 \text{ kg}$$

Berat batu lapis inti (core) :

$$\frac{W}{200} = \frac{2,07}{200} = 10,4 \text{ kg}$$

2. Analisis Lapisan lindung groin bagian lengan atau badan bangunan

$$W = \frac{2,4 \times 2,9^3}{8 \times \left(\frac{2,4}{1,03} - 1\right)^3 \times 3} = 1,04 \text{ ton}$$

Lapisan pelindung kedua:

$$\frac{W}{10} = \frac{1,04}{10} = 104 \text{ kg}$$

Berat batu lapis inti (core) :

$$\frac{W}{200} = \frac{1,04}{200} = 5,2 \text{ kg}$$

R. Analisis Lebar Puncak

Untuk menentukan lebar puncak groin digunakan rumus :

$$B = n \times K_{\Delta} \left[\frac{W}{\gamma_r} \right]^{\frac{1}{3}}$$

Bagian ujung atau kepala :

$$B = n \times K_{\Delta} \left[\frac{W}{\gamma_r} \right]^{\frac{1}{3}} = 3 \times 1,04 \left[\frac{2,07}{2,4} \right]^{\frac{1}{3}} = 2,97 \approx 3 \text{ m}$$

Bagian lengan atau badan :

$$B = n \times K_{\Delta} \left[\frac{W}{\gamma_r} \right]^{\frac{1}{3}} = 3 \times 1,04 \left[\frac{1,04}{2,4} \right]^{\frac{1}{3}} = 1,1 \text{ m}$$

S. Analisis Tebal Lapis Lindung

Tebal lapis lindung dihitung dengan menggunakan rumus :

$$t = n \times K_{\Delta} \left[\frac{W}{\gamma_r} \right]^{\frac{1}{3}}$$

1. Analisis Tebal lapisan lindung bagian ujung atau kepala bangunan

Lapisan pelindung luar:

$$t = n \times K_{\Delta} \left[\frac{W}{\gamma_r} \right]^{\frac{1}{3}} = 2 \times 1,04 \left[\frac{2,07}{2,4} \right]^{\frac{1}{3}} = 1,98 \approx 2 \text{ m}$$

Lapisan pelindung kedua:

$$t = n \times K_{\Delta} \left[\frac{W}{\gamma_r} \right]^{\frac{1}{3}} = 2 \times 1,04 \left[\frac{0,207}{2,4} \right]^{\frac{1}{3}} = 0,92 \text{ m}$$

2. Analisis Tebal lapisan lindung bagian lengan atau badan bangunan

Lapisan pelindung luar:

$$t = n \times K_{\Delta} \left[\frac{W}{\gamma_r} \right]^{\frac{1}{3}} = 2 \times 1,04 \left[\frac{1,04}{2,4} \right]^{\frac{1}{3}} = 1,57 \text{ m}$$

Lapisan pelindung kedua:

$$t = n \times K_{\Delta} \left[\frac{W}{\gamma_r} \right]^{\frac{1}{3}} = 2 \times 1,04 \left[\frac{0,104}{2,4} \right]^{\frac{1}{3}} = 0,73 \text{ m}$$

T. Analisis Pelindung Kaki

Batu pelindung terdiri dari batu pecah dengan berat sebesar $w/10$.

1. Analisis Berat batu pelindung kaki untuk bagian kepala:

$$\frac{W}{10} = \frac{2,07}{10} = 207 \text{ kg}$$

2. Analisis Berat batu pelindung kaki untuk bagian lengan:

$$\frac{W}{10} = \frac{1,04}{10} = 104 \text{ kg}$$

3. Analisis Lebar pelindung kaki dapat dihitung dengan rumus:

$$B = 2 \times H$$

Perhitungan lebar kaki bagian kepala:

$$B = 2 \times 2,9 = 5,8 \text{ meter}$$

U. Analisis Jumlah Batu Lapis Lindung

Jumlah batu lapis lindung dengan rumus:

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

1. Analisis jumlah batu lindung bagian ujung atau kepala bangunan groin

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

$$N = 15 \times 2 \times 1,04 \left[1 - \frac{50}{100} \right] \times \left[\frac{2,4}{2,07} \right]^{\frac{2}{3}} = 17,22 \approx 17 \text{ buah}$$

2. Analisis jumlah batu lindung bagian lengan atau badan bangunan groin

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

$$N = 15 \times 2 \times 1,04 \left[1 - \frac{50}{100} \right] \times \left[\frac{2,4}{1,04} \right]^{\frac{2}{3}} = 27,24 \approx 27 \text{ buah}$$

Jadi, hasil perhitungan jumlah butir tiap satuan luas 15 m^2 adalah 17 buah untuk bagian ujung atau kepala, dan 27 buah untuk bagian lengan atau badan.

V. Analisis Panjang dan Jarak Groin

1. Analisis panjang groin:

- Panjang groin bagian I (lengan):

$$\begin{aligned} L_g &= 0,5 (L_s) \\ &= 0,5 (124,67 \text{ m}) \\ &= 62,3 \text{ m} \approx 62 \text{ m} \end{aligned}$$

- Panjang groin bagian II (kepala):

$$\begin{aligned} L_g &= \frac{1}{2} \times \text{panjang groin bagian I} \\ &= \frac{1}{2} \times 62 = 31 \text{ meter} \end{aligned}$$

Dimana :

L_g = Panjang Groin 40% - 60% dari lebar *Surf Zone*

L_s = Lebar *Surf Zone* (124,67 m)

2. Analisis Jarak antara groin

$$\begin{aligned} X_g &= 3 \times L_g \\ &= 3 \times 62 = 186 \text{ m} \end{aligned}$$

Dimana :

X_g = Jarak antar groin

L_g = Panjang groin (62 m)

Jadi, panjang groin bagian I (lengan) adalah 62 meter, panjang groin bagian II (kepala) adalah 31 meter, dan didapat 3 buah groin dengan jarak antara groin yaitu 186 meter dari groin 1 ke groin 3.

W. Membandingkan Hasil Perhitungan dengan Bangunan Existing

Pengukuran dimensi bangunan yang lama dilakukan dengan cara pengukuran langsung dilapangan. Pengukuran dilakukan menggunakan alat meteran dengan mengukur lebar, panjang, dan tinggi bangunan. Hasil perbandingan antara perhitungan dengan bangunan yang telah ada dengan hasil perhitungan dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Perbandingan Dimensi Bangunan Pengaman Pantai

Bagian Desain	Desain Lama (<i>Desain Existing</i>)	Desain Perhitungan
Tinggi Bangunan	2,8 m	4,52 m
Panjang bangunan I	57 m	62 m
Panjang bangunan II	25 m	31 m
Lebar Puncak kepala	4,8 m	3 m
Lebar Puncak lengan	4,8 m	1,1 m

VI. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil perhitungan dalam penelitian ini maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Berdasarkan data BMKG dalam waktu 10 tahun 2009-2018 tinggi gelombang signifikan (H_s) terbesar yaitu pada tahun 2012 setinggi 2,9 meter dan periode gelombang signifikan (T_s) sebesar 6,9 detik. Sedangkan data yang diperoleh dari pengamatan langsung dilapangan didapatkan nilai tinggi gelombang pasang dan periode gelombang pasang adalah sebesar 2,01 meter dan 6,34 detik dan data tersebut hanya mewakili saja karena pengamatannya tidak dilakukan selama 12 jam. Nilai yang digunakan dalam perhitungan perencanaan adalah perbandingan nilai dilapangan yang terbesar dengan nilai gelombang pecah dari data BMKG.
2. Berdasarkan hasil pengukuran langsung di lapangan bahwa desain lama (*desain existing*) groin bagian I (lengan) batu pecah dengan panjang 57 meter, dan panjang bagian II (kepala) 25 meter, dengan lebar puncak 4,8 meter, dan tinggi bangunan 2,8 meter. Sedangkan, berdasarkan perhitungan dari tinggi gelombang yang didapatkan melalui perbandingan antara angin dari BMKG dan hasil penelitian langsung dilapangan maka didapatkan hasil perhitungan groin menggunakan *tetrapod* dengan panjang bangunan groin bagian I (lengan) = 62 meter, panjang groin bagian II (kepala) = 31 meter, jarak antara groin 186 meter yang mempunyai lebar puncak 3 m pada bagian kepala dan 1,1

m pada bagian lengan. Berat unit lapis pelindung bagian kepala $W=10$ ton, $W/10=1$ ton, $W/200=0,05$ kg dan bagian lengan $W=10$ ton, $W/10=1$ ton, $W/200=0,05$ kg.

B. Saran

Diharapkan perbaikan bangunan pengaman pantai segera dilakukan pembangunan karena groin banyak mengalami kerusakan akibat kondisi alam yang tidak menentu sehingga dapat mengakibatkan abrasi pantai.

REFERENSI

- [1] Dalrino, Syofyan, E, R. *Kajian Terhadap Unjuk Kerja Bangunan Pengaman Pantai Dengan Penerapan Simulasi Numerik One Line Model, Poli Rekayasa, Volume 10, No 2*. Program Studi Teknik Sipil Politeknik Negeri Padang, Sumatera Barat. 2015
- [2] Lalenoh, dkk., *Perencanaan Bangunan Pengamanan Pantai Pada Daerah Pantai Mangasik Kecamatan Tombariri Kabupaten Minahasa, Jurnal Sipil Statik, Volume 4, No, 12*, Program Studi Teknik Sipil, Manado : Universitas Sam Ratulangi Manado. 2016
- [3] Liunsanda, dkk., *Perencanaan Bangunan Pengaman Pantai Di PAL Kabupaten Minahasa Utara, Jurnal Sipil Statik, Volume 5, No, 9*. Program Studi Teknik Sipil. Manado : Universitas Sam Ratulangi Manado. 2017
- [4] Triatmodjo, B., *Teknik Pantai*. Yogyakarta: Beta Offset. 1999