

PERENCANAAN BANGUNAN GROIN DENGAN BAHAN BATU BUATAN JENIS TETRAPOD DI PANTAI PURNAMA KABUPATEN GIANYAR

I Ketut Upadana¹⁾, Anak Agung Sagung Dewi Rahadiani²⁾, Dewa Ayu Nyoman Sriastuti³⁾, I Ketut Nudja⁴⁾

E-mail : ketutupadana99@gmail.com¹⁾, dewi.rahadiani@gmail.com²⁾,
dwayusriastuti@gmail.com³⁾, nudja54@gmail.com⁴⁾

^{1,2,3} Program Studi Teknik Sipil Universitas Warmadewa

ABSTRAK

Pantai Purnama terletak di Kabupaten Gianyar dengan Panjang pantai sekitar 2 km yang dominan digunakan sebagai tempat rekreasi dan acara keagamaan masyarakat setempat. Dimana Pantai purnama tercatat beberapa kali mengalami erosi dan kemunduran garis pantai akibat gempuran gelombang. Penangan yang sudah dilaksanakan oleh pemerintah yaitu pembangunan revitmen sepanjang 300 M, namun masih mengalami erosi. Untuk menghindari kerusakan lebih lanjut maka direncanakan bangunan pelindung pantai yaitu Groin. Groin merupakan bangunan pelindung pantai yang dibuat tegak lurus pantai dan berfungsi menahan transport sedimen untuk mengurangi/menghentikan erosi. Bangunan groin yang direncanakan adalah tipe T 1 seri (2 buah) dengan ujung groin overtopping dan lengan groin non overtopping dengan kala ulang gelombang 25 tahun dan umur rencana bangunan 25 tahun dimana bahan yang digunakan adalah batu buatan (Tetrapod). Rencana Anggaran Biaya (RAB) yang diperlukan untuk konstruksi bangunan groin sebesar Rp 8.422.750,000 (Delapan milyar empat ratus dua puluh dua juta tujuh ratus lima puluh ribu rupiah).

Kata kunci: *Erosi, Groin, Purnama, Sedimen, Terapod*

ABSTRACT

One Purnama Beach located in Gianyar Regency with a beach length about 2 km which is dominant to used as a place for recreation and religious events for the local residents. Purnama Beach was recorded several times run into erosion and decline of the coastline due to the onslaught of waves. The government has handled with construction of a 300 m revitalization, but the erosion still occurs. To avoid further damage, the planned is to build a coastal protection structure, namely Groyne. Groyne are coastal protective structures that are made perpendicular to the coast and function to hold sediment transport to reduce/stop erosion. The planned groyne building is type T 1 series (2 pieces) with overtopping groyne at the ends and non-overtopping groyne sleeves with a wave return period of 25 years and the design life of the building is 25 years where the material used is artificial stone (Tetrapod). The Budget Plan (BP) required for the construction of the Groyne building is IDR 8,422,750,000 (Eight billion four hundred twenty two million seven hundred fifty thousand).

Keywords: Erosion, Groyne, Purnama, Sediment, Tetrapod

1. PENDAHULUAN

Pantai Purnama berada di Banjar Lumpang Telabah, Desa Sukawati, Kecamatan Sukawati, Kabupaten Gianyar yang memiliki Panjang pantai sekitar 2 km dan sudah ada bangunan revitment dengan Panjang 300 m. Pantai Purnama juga sering dijadikan tempat kegiatan upacara keagamaan oleh penduduk setempat seperti melasti dan melarung bumi. Pantai Purnama mengalami erosi akibat gempuran gelombang. Dimana Pantai Purnama memiliki kemiringan yang landai, untuk menghindari kerusakan lebih lanjut maka akan direncanakan bangunan pelindung pantai groin.

Groin merupakan bangunan pelindung pantai yang biasanya dibuat tegak lurus garis pantai dan berfungsi untuk menahan transport sedimen sepanjang pantai, sehingga dapat mengurangi/menghentikan erosi yang terjadi (Bambang Triatmodjo, 2011). groin ini direncanakan untuk menahan transpot sedimen di Pantai Purnama dengan menggunakan bahan batu buatan (tetrapod). Tetrapod adalah struktur pelindung pantai yang

banyak digunakan saat ini. Kemudahan perawatan dan kontrol dari tetrapod menjadi alasan mengapa konstruksi ini lebih banyak digunakan untuk perlindungan pantai.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Pantai Purnama berada di Banjar Lumpang Telabah, Desa Sukawati, Kecamatan Sukawati, Kabupaten Gianyar yang memiliki Panjang pantai sekitar 2 km dan sudah ada bangunan revitment dengan Panjang 300 m. Pantai Purnama juga sering dijadikan tempat kegiatan upacara keagamaan oleh penduduk setempat seperti melasti dan melarung bumi. Pantai Purnama mengalami erosi akibat gempuran gelombang. Dimana Pantai Purnama memiliki kemiringan yang landai, untuk menghindari kerusakan lebih lanjut maka akan direncanakan bangunan pelindung pantai groin.

Groin merupakan bangunan pelindung pantai yang biasanya dibuat tegak lurus garis pantai dan berfungsi untuk menahan transport sedimen sepanjang pantai, sehingga dapat mengurangi/menghentikan erosi yang terjadi (Bambang Triatmodjo, 2011). groin ini direncanakan untuk menahan transport sedimen di Pantai Purnama dengan menggunakan bahan batu buatan (tetrapod). Tetrapod adalah struktur pelindung pantai yang banyak digunakan saat ini. Kemudahan perawatan dan kontrol dari tetrapod menjadi alasan mengapa konstruksi ini lebih banyak digunakan untuk perlindungan pantai.

3. METODE PENELITIAN

Perencanaan ini mengambil lokasi di Pantai Purnama yang terletak di Banjar Lumpang Telabah, Desa Sukawati, Kecamatan Sukawati, Kabupaten Gianyar.

Data yang dikumpulkan meliputi:

a. Data Primer

Data Primer adalah data yang didapat dari tinjauan langsung/ survey di lokasi survey berupa foto lokasi.

b. Data Sekunder

Data Sekunder adalah data pendukung yang diperoleh langsung dari instansi-instansi. Data Sekunder yang didapat meliputi :

1. Data Topografi Dan Bathimetri

Dari peta topografi dan bathimetri dapat diketahui kedalaman dasar laut di lokasi perencanaan. Peta topografi dan bathimetri ini digunakan untuk menentukan lokasi bangunan pemecah pantai. Di perencanaan ini menggunakan peta bathimetri dari Balai Wilayah Sungai Bali-Penida.

2. Data Angin.

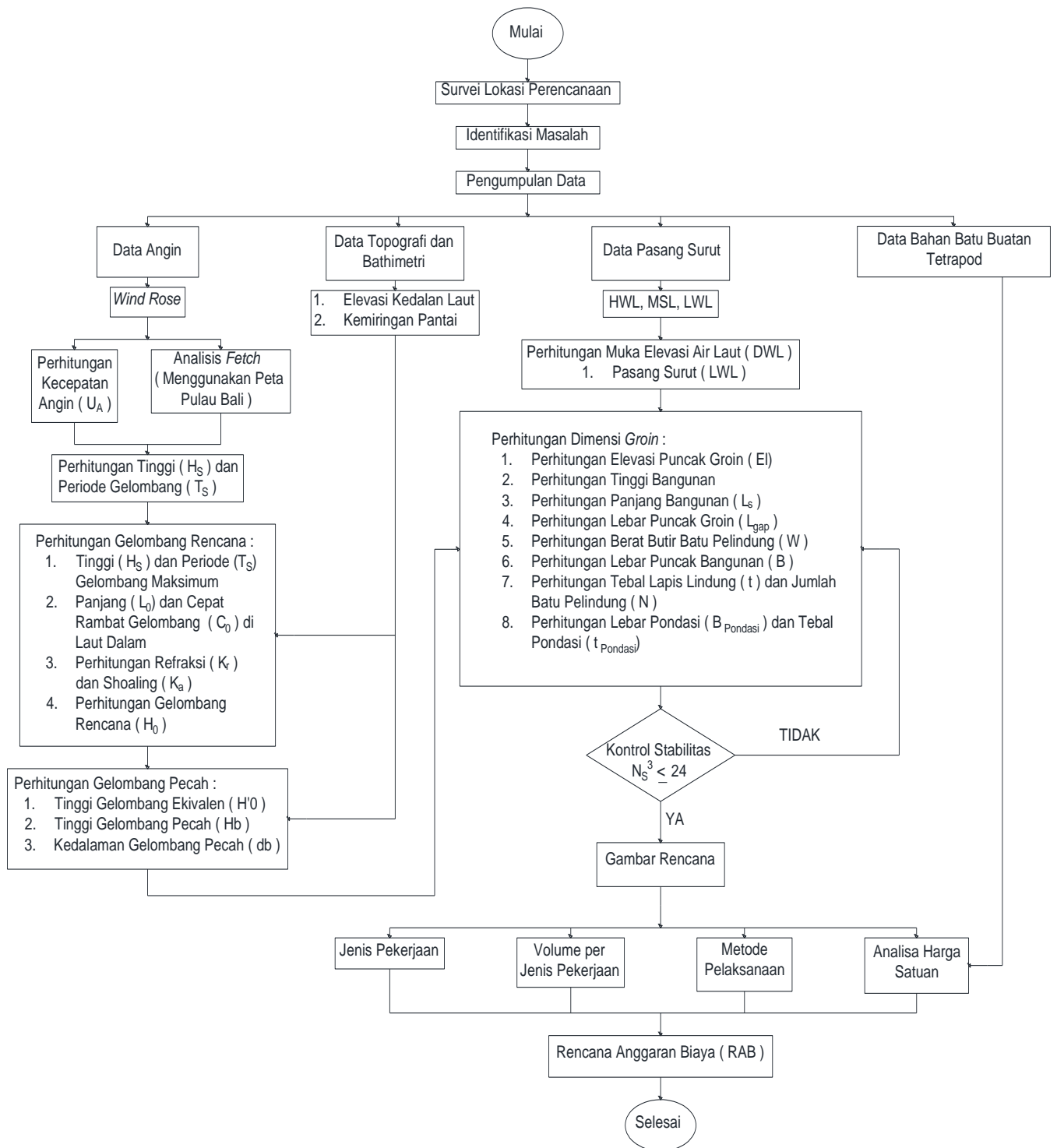
Data angin diperoleh dari Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika (BMKG). Data berupa data angin dari tahun 2011–2020. Data angin yang diperoleh digunakan untuk prediksi tinggi dan arah gelombang rencana untuk perancangan bangunan pantai.

3. Data Pasang Surut

Data pasang surut digunakan untuk menentukan HWL, MSL dan LWL yang digunakan dalam perencanaan dimensi bangunan pemecah gelombang tipe groin. Data pasang surut yang digunakan diperoleh dari Balai Pu Wilayah Sungai-Penida.

4. Data Harga Satuan

Data Harga Satuan diperoleh dari Dinas Pekerjaan Umum Provinsi Bali. Data Harga Satuan digunakan untuk menghitung RAB.



Gambar 1. Kerangka Berpikir

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Data Angin

Data angin yang diperoleh kemudian dikelompokkan berdasarkan kecepatan dan arah anginnya untuk mengetahui persentase arah angin dominan dapat dilihat pada Tabel 1. Setelah persentase kejadian angin diketahui, maka dapat digambarkan dalam bentuk windrose .

Tabel 1. Kejadian Angin Interval Tertentu Tahun 2011-2020

Distribusi Kecepatan dan Arah Angin Berbagai Interval	ARAH ANGIN	JUMLAH DATA					TOTAL	PRESENTASE (%)					TOTAL
		1≤X≤2	3≤X≤4	5≤X≤6	7≤X≤8	9≤X≤10		1≤X≤2	3≤X≤4	5≤X≤6	7≤X≤8	9≤X≤10	
	NE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
E	1	3	40	28	0	72	0.83	2.50	33.33	23.33	0	60.00	
SE	0	0	5	7	0	12	0.00	0.00	4.17	5.83	0	10.00	
S	0	0	1	0	0	1	0.00	0.00	0.83	0.00	0	1	
SW	0	2	16	5	0	23	0.00	1.67	13.33	4.17	0	19.17	
W	0	1	9	0	0	10	0.00	0.83	7.50	0.00	0	8.33	
NW	0	0	2	0	0	2	0.00	0.00	1.67	0.00	0	2	
TOTAL						120						100	

(Sumber : Hasil Analisis 2021)

Hasil perhitungan distribusi kecepatan dan arah angin di Pantai Purnama dalam berbagai interval, maka didapat angin dominan terdapat pada arah timur = 60 % . Setelah itu maka dilanjutkan dengan membuat wind rose.

4.2 Perhitungan Fetch

Hasil perhitungan distribusi kecepatan dan arah angin di Pantai Purnama dalam berbagai interval, maka didapat angin dominan terdapat pada arah timur = 60 % . Setelah itu maka dilanjutkan dengan membuat wind rose.

Tabel 2. Perhitungan Panjang Fetch

Perhitungan Fetch Rerata Efektif	Arah	Sudut α	Cos α	Xi (Km)	Xi.Cos α
	TIMUR	36	0.8090	7.59	6.14
TIMUR	30	0.8660	9.10	7.88	
TIMUR	24	0.9135	11.47	10.48	
TIMUR	18	0.9511	86.67	82.43	
TIMUR	12	0.9781	79.90	78.15	
TIMUR	6	0.9945	82.14	81.69	
TIMUR	0	1	82.14	82.14	
TIMUR	6	0.9945	80.55	80.10	
TIMUR	12	0.9781	56.54	55.30	
TIMUR	18	0.9511	24.45	23.25	
TIMUR	24	0.9135	15.94	14.56	
TIMUR	30	0.8660	15.83	13.70	
TIMUR	36	0.8090	17.14	13.86	
TIMUR	42	0.7431	20.04	14.89	
TOTAL (Σ)			11.96	564.59	

(Sumber : Hasil Analisis 2021)

Fetch rerata efektif pada pantai Purnama dihitung dengan menggunakan persamaan 2.5 berikut :

$$\begin{aligned}
 Feff &= \frac{\sum xi .cos \alpha}{\sum cos \alpha} \\
 Feff &= \frac{564,59}{11,96} \\
 Feff &= 47,2125 \text{ km}
 \end{aligned}$$

4.3 Perhitungan Gelombang

Untuk tinggi gelombang signifikan (H_s) pada tahun 2013.

$$\frac{g.H_s}{U_{A^2}} = 0,0016 \left(\sqrt{\frac{gF_{eff}}{U_{A^2}}} \right)$$

$$H_s = \frac{0,0016 \times \left(\sqrt{\frac{gF_{eff}}{U_{A^2}}} \right) \times U_{A^2}}{g}$$

$$H_s = \frac{0,0016 \times \left(\sqrt{\frac{9,81 \text{ m/dt}^2 \times 47212,5 \text{ m}}{(8,09 \text{ m/dt})^2}} \right) \times (8,09 \text{ m/dt})^2}{(9,81 \text{ m/dt})}$$

$$H_s = 0.90 \text{ m}$$

Untuk periode gelombang signifikan (T_s) tahun 2013.

$$T_s = \frac{0,2857 \times \left(\frac{gF_{eff}}{U_{A^2}} \right)^{\frac{1}{3}} \times U_A}{g}$$

$$T_s = \frac{0,2857 \times \left(\frac{9,81 \text{ m/dt}^2 \times 47212,5 \text{ m}}{(8,09 \text{ m/dt})^2} \right)^{\frac{1}{3}} \times 8,09 \text{ m/dt}}{(9,81 \text{ m/dt})}$$

$$T_s = 4,52 \text{ dt}$$

Tabel 3. Perhitungan Tinggi (H_s) dan periode (T_s) gelombang signifikan

Tinggi dan Periode Gelombang Signifikan	Tahun	Panjang Fecth (m)	Tinggi Gelombang Signifikan (H_s) (m)	Periode Gelombang Signifikan (T_s) (dt)
	2011	47212.5	0.774	4.306
2012	47212.5	0.898	4.523	
2013	47212.5	0.898	4.523	
2014	47212.5	0.898	4.523	
2015	47212.5	0.903	4.532	
2016	47212.5	0.903	4.532	
2017	47212.5	0.898	4.523	
2018	47212.5	0.898	4.523	
2019	47212.5	0.871	4.477	
2020	47212.5	0.871	4.477	
Total	$\Sigma H_s =$	8.81	$\Sigma T_s =$	44.94

(Sumber : Hasil Analisis 2021)

4.4 Perhitungan Gelombang Rencana

Berdasarkan peta topografi dan batimetri Pantai Purnama, dipilih kedalaman (d) pada kedalaman 2 m. Dari perhitungan kedalaman di laut didapat nilai $\frac{d}{L_0} = 0,066$, maka didapat nilai $\frac{d}{L} = 0,11014$ dan tanah $\frac{2\pi d}{L} = 0,5993$. Karena nilai $\frac{d}{L} = 0,11014$, masuk kedalam kategori kedalaman relatif $1/20 < d/L < 1/2$. Panjang gelombang di laut transisi $L = 18,08$ m dengan Kecepatan gelombang dilaut transisi $C = 4,11$ m/dt, Arah datangnya gelombang pada kedalaman 0,42 m $\alpha = 24,83$ °, Koefisien refraksi didapatkan sebesar $K_r = 0,88$. Untuk menghitung koefisien pendangkalan (K_s) dicari berdasarkan nilai $\frac{d}{L}$ diatas, sehingga didapat nilai K_s adalah 0,979. Jadi tinggi gelombang rencana didapatkan $H_0 = 0,9$ m. Maka tinggi gelombang yang sudah mengalami proses refraksi (tinggi gelombang rencana) adalah $H_0 = 0,9$ m yang selanjutnya dipakai dalam perhitungan gelombang pecah.

4.5 Perhitungan Gelombang Pecah

Tinggi gelombang ekuivalen pada kedalaman 2 m didapatkan $\frac{H_0'}{gT^2} = 0,0040$, dengan nilai $H_b = 0,95$ m. Melalui grafik penentuan tinggi gelombang pecah hubungan antara H_b/H_0' dan H_0'/gT^2 dengan berdasarkan kemiringan Pantai Purnama ($m = 0,033$) maka didapat nilai $H_0'/gT^2 = 0,0040$ pada kemiringan pantai $m = 0,033$ maka diperoleh nilai $H_b/H_0' = 1,11$. Sehingga nilai diperoleh sebesar $H_b = 0,95$ m. Melalui nilai H_b yang menggunakan grafik, sehingga selanjutnya dihitung :

$$\frac{H_b}{gT^2} = \frac{0,95 \text{ m}}{9,81 \text{ m/dt}^2 \times (4,40 \text{ dt})^2}$$
$$\frac{H_b}{gT^2} = 0,0050$$

Berdasarkan grafik penentuan kedalaman gelombang pecah hubungan antara db/H_b dan H_b/gT^2 berdasarkan kemiringan Pantai Purnama ($m = 0,033$) maka diperoleh nilai $H_b/gT^2 = 0,0050$ pada kemiringan pantai ($m = 0,033$) maka diperoleh nilai $db/H_b = 1,11$. dengan nilai $db = 1,05$ m. Sehingga gelombang pecah akan terjadi pada kedalaman $db = 1,05$ m, maka jarak perjalanan setelah pecahnya $x_p = 4,2$ m.

4.6 Perhitungan Run Up Gelombang

Groin dengan bahan batu pecah direncanakan memiliki kemiringan 1:3, sehingga tinggi *run-up* diperoleh nilai $I_r = 1,98$. Dengan menggunakan grafik *run-up* gelombang, dihitung nilai *run-up* untuk bangunan pengaman pantai groin dari bahan batu buatan *tetrapod* sebagai berikut :

$$\frac{Ru}{H} = 0,74$$
$$Ru = 0,74 \times H$$
$$Ru = 0,74 \times 0,9 \text{ m}$$
$$Ru = 0,64 \text{ m}$$

4.7 Perhitungan Elevasi Muka Air Rencana

Berdasarkan data pasang surut yang diperoleh dari Dinas PU Bagian Pengairan Bali-Penida maka diperoleh tinggi muka air sebagai berikut : Elevasi muka air tertinggi = + 1,31 m, Elevasi muka air rata-rata (MSL) = ± 0,00 m, dan Elevasi muka air terendah (LWL) = - 1,28 m. Elevasi muka air rencana berdasarkan HWL = +1,31 m dihitung dengan persamaan 2.39 sebagai berikut :

$$DWL = HWL + S_w + \Delta h + \text{pemanasan global}$$
$$DWL = 1,31 \text{ m} + 0,14 \text{ m} + 0,07 \text{ m} + 0,29 \text{ m}$$
$$DWL = 1,82 \text{ m}$$

4.8 Perhitungan Dimensi Bangunan Groin

Berdasarkan perhitungan tinggi $El_{\text{ujung groin}} = 1,82$ m, $El_{\text{lengan groin}} = 2,95$ m

- A. Pada Bagian ujung (kepala) dengan perhitungan berat butir lapis pertama (W_1) = 0,65 ton, berat butir lapis kedua (W_2) = 0,065 ton = 65 kg, dan Berat batu lapisan ketiga (W_3) = 1,6 ~ 3,3 kg. Perhitungan Lebar puncak $B_1 = 2,11$ m, Perhitungan tebal lapis lindung $t = 1,41$ m $t_2 = 0,75$ m, Perhitungan Lebar Pondasi $B_{\text{berm}} = 2,45$ m, Perhitungan Tebal Pondasi $t_{\text{berm}} = 1,64$ m. Dari grafik (N_s) untuk batu pondasi dengan memplotkan nilai $\frac{d_1}{d_s}$ ke garis bantu untuk pondasi, maka diperoleh nilai $N_s^3 = 20$ dengan syarat $N_s^3 \leq 24$ sehingga untuk nilai $20 \leq 24$ pada bagian kepala groin memenuhi syarat.
- B. Pada Bagian lengan dengan perhitungan berat butir lapis pertama (W_1) = 0,54 ton, berat butir lapis kedua (W_2) = 0,054 ton = 54 kg, dan Berat batu lapisan ketiga (W_3) = 1,4 ~ 2,7 kg. Perhitungan Lebar puncak $B_2 = 1,99$ m, Perhitungan tebal lapis lindung $t = 1,33$ m $t_2 = 0,70$ m, Perhitungan Lebar Pondasi $B_{\text{berm}} = 2,32$ m, Perhitungan Tebal Pondasi $t_{\text{berm}} = 1,55$ m. Dari grafik (N_s) untuk batu pondasi dengan memplotkan nilai $\frac{d_1}{d_s}$ ke garis bantu untuk pondasi, maka diperoleh nilai $N_s^3 = 22$ dengan syarat $N_s^3 \leq 24$ sehingga untuk nilai $22 \leq 24$ pada bagian lengan groin memenuhi syarat.

4.9 Rencana Anggaran Biaya

Rencana Anggaran Biaya (RAB) pada perencanaan bangunan groin di Pantai Purnama adalah Rp 8.422.750.000 (Delapan miliar empat ratus dua puluh dua juta tujuh ratus lima puluh ribu rupiah), dapat dilihat pada tabel 4.

Tabel 4. Rencana Anggaran Biaya (RAB)

No	Uraian Pekerjaan	Volume	Satuan	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
1	Pek. Galian Pasir dari elevasi -2.00 sampai dengan $\pm 0,00$	1221.025	m ³	Rp 63.716	Rp 77,799.035
2	Pek. Pemasangan <i>Geotextile</i>				
a.	Pada Kepala <i>Groin</i>	2090	m ²	Rp 64.544	Rp 134,896.124
b.	Pada Lengan <i>Groin</i>	1693.9	m ²	Rp 64.544	Rp 109,330.404
3	Pek. Tumpukan Batu Lapis Inti				
a.	Pada Kepala <i>Groin</i>	683.05	m ³	Rp 613.514	Rp 419,060.738
b.	Pada Lengan <i>Groin</i>	1280.5	m ³	Rp 613.514	Rp 785,604.677
4	Pek. Tumpukan Batu Lapis Kedua				
a.	Pada Kepala <i>Groin</i>	727.7	m ³	Rp 816.749	Rp 594,348.175
b.	Pada Lengan <i>Groin</i>	709.15	m ³	Rp 816.749	Rp 579,197.482
5	Pek. Tumpukan Batu Pondasi				
a.	Pada Kepala <i>Groin</i>	865.45	m ³	Rp 862.893	Rp 746,790.574
b.	Pada Lengan <i>Groin</i>	529.1	m ³	Rp 862.893	Rp 456,556.580
6	Pek. Tumpukan Batu Lapis Lindung (<i>Tetrapod</i>)				
a.	Pada Kepala <i>Groin</i>	1107.7	m ³	Rp 1,600.920	Rp 1,773,339.270
b.	Pada Lengan <i>Groin</i>	1186.25	m ³	Rp 1,600.920	Rp 1,899,091.549
7	Pek. Urugan Kembali Pasir Sisi Bangunan <i>Groin</i>	691.925	m ³	Rp 117.108	Rp 81,029.962
TOTAL					Rp 7,657,044.570
PPN 10%					Rp 765,704.457
JUMLAH					Rp 8,422,749.027
DIBULATKAN					Rp 8,422,750.000

(Sumber : Hasil Analisis 2021)

5. KESIMPULAN

Dari hasil yang di dapat dalam perencanaan bangunan Groin tipe T dimensi bangunan dan hasil perhitungan Rencana Anggaran Biaya (RAB) maka didapat hasil seperti berikut.

1. Perhitungan dimensi bangunan Groin tipe T untuk kepala dan lengan
 - A. Perhitungan pada fetch dan gelombang
 - a. Angin dominan berasal dari arah timur dengan kecepatan maksimum 8 knot
 - b. Panjang fetch efektif Pantai Purnama adalah $F_{eff} = 47,2125$ km
 - c. Tinggi gelombang di laut dalam pada kala ulang 25 tahun adalah $H_{25} = 0,99$ m dengan periode gelombang $T_{25} = 4,40$ dt
 - d. Gelombang pecah di Pantai Purnama berada di kedalaman $db = 1,05$ m dengan tinggi gelombang $H_b = 0,95$ m
 - e. Bangunan groin di Pantai Purnama akan diletakkan pada kedalaman 2,0 m dari elevasi $\pm 0,00$ dengan panjang groin (L_{groin}) = 65 m dan panjang kepala groin 95 m dan jarak $3L_{groin} = 285,00$ m
 - f. Groin yang direncanakan yakni *overtopping* pada ujung (kepala) groin dan *non overtopping* pada lengan groin
 - B. Berdasarkan kontrol stabilitas pondasi pada ujung (kepala) didapat hasil $Ns^3 = 20 < 24$, kontrol aman
 - C. Berdasarkan kontrol stabilitas pondasi pada lengan didapat hasil $Ns^3 = 22 < 24$, kontrol aman

2. Pada perhitungan Rencana Anggaran Biaya (RAB) pada perencanaan bangunan groin di Pantai Purnama diperoleh RAB sebesar Rp 8.422.750,000 (Delapan miliar empat ratus dua puluh dua juta tujuh ratus lima puluh ribu rupiah).

6. DAFTAR PUSTAKA

- Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika Wilayah III Denpasar, 2020, *Data Arah dan Kecepatan Angin Rata-Rata Tahun 2011-2020 di Stasiun Klimatologi Denpasar*. Departemen Perhubungan Udara, Jakarta.
- Program Studi Teknik Sipil Universitas Warmadewa, 2021, *Pedoman Tugas Akhir (TA) 2021*. Fakultas Teknik dan Perencanaan. Universitas Warmadewa.
- Triadmojo, Bambang, 1999, *Teknik Pantai*. Beta Offset. Yogyakarta.
- Triatmodjo, Bambang, 2014, *Perencanaan Bangunan Pantai*. Beta Offset. Yogyakarta.
- Triatmodjo, B, 2008, *Teknik Pantai*. Beta Offset. Yogyakarta.
- Triatmodjo, B, 2014, *Perencanaan Bangunan Pantai*. Beta Offset. Yogyakarta.
- Wiguna Putra, I Kadek Sandi, 2017, *Perencanaan Bangunan Pengaman Pantai*. Vol. 6 No. 2, Desember 2017, 178-179.
- Yuwono, Nur, 1992, *Dasar-dasar Perencanaan Bangunan Pantai*, Vol. 2, Laboratorium Hidraulika dan Hidrologi PAU-IT-UGM. Yogyakarta.