

ANALISIS RENCANA *REVTMENT* BATU ARMOR UNTUK MENANGGULANGI KERUSAKAN PANTAI (Studi kasus: Pantai Tegal Besar Kabupaten Klungkung)

*I Wayan Diasa*¹⁾, *I Ketut Soriarta*²⁾, *I Gusti Agung Bagus Semarabawa*³⁾
E-mail : diasawayan1963@gmail.com¹⁾, soriarta88@gmail.com²⁾,
agungbagus.semarabawa@yahoo.com³⁾

Program Studi Teknik Sipil Universitas Ngurah Rai

ABSTRAK

Pantai Tegal Besar yang terletak di Desa Negari Kecamatan Banjarangkan Kabupaten Klungkung merupakan salah satu pantai di Bali yang sudah parah tergerus oleh gempuran ombak. Di daerah penelitian bangunan yang ada seperti villa dan pura sangat dekat dengan laut sehingga hampir tidak ada batas dengan pantai. Di daerah penelitian terdapat revetment batu armor sepanjang 230 m untuk mencegah atau mengurangi abrasi yang lebih parah. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menentukan desain bangunan baru armor untuk mencegah kerusakan pantai Tegal Besar sesuai dengan data yang tersedia di pantai. Penelitian ini dilakukan dengan pengolahan data angin dan peramalan gelombang analisis waktu gelombang rencana yang diprediksi analisis pasut dan analisis refraksi/defraksi dengan menggunakan data sekunder yang diperoleh dari BMKG Bali, Balai Wilayah Sungai Bali Penida (BWS-BP) dan konsultan perencanaan. Selain itu hasil analisis digunakan untuk menghitung desain revetment batu armor. Hasil analisis menunjukkan bahwa abrasi pantai Tegal Besar disebabkan oleh gelombang yang cukup tinggi khususnya selama 25 tahun sepanjang 3,679 m dan sepanjang pantai. Gelombang ini menyebabkan pergerakan sedimen di sepanjang pantai sehingga direncanakan revetment batu armor untuk mencegah kerusakan garis pantai di lokasi ini. Hasil analisis dan perancangan lapis revetment batu armor diperoleh: tinggi revetment 5,20 m dari LWL dengan sudut kemiringan konstruksi 1:2, lapisan utama menggunakan batu andesit seberat 1.500 kg tebal 1,8 m, lapisan kedua adalah batuan andesit seberat 375 kg dengan ketebalan 1,2 m, timbunan batu andesit dan geotekstil seberat 15 kg dengan ketebalan 2,2 m, lebar 1,97 m dengan elevasi puncak 5,2 m, tinggi kaki pengaman 1,8 m dengan panjang 3,0 m dan total panjang revetment 750 m.

Kata kunci: *Kerusakan pantai, Revetment pantai, Armor layer*

ABSTRACT

Tegal Besar Beach located in Negari Village, Banjarangkan, Klungkung is one of the beaches in Bali that has been severely eroded by the onslaught of ombak. Existing mountain research areas such as villas and temples are very close to the sea so there are almost no batas with the beach. In the research area, there is a revetment of armor stones along 230 m to prevent or reduce severe abrasion. The purpose of the study was to determine the design of the new building armor to prevent damage to The Great Tegal beach according to the data available on the beach. This research was conducted by processing wind data and forecasting the time analysis of the plan that predicted the analysis of the couple and the analysis of refraction / defraksi using secondary data obtained from BMKG Bali, Bali Penida River Regional Hall (BWS-BP) and planning consultants. In addition, the results of the analysis are used to calculate the design of the armor stone revetment. The results of the analysis showed that the abrasion of Tegal Besar beach was spread by a fairly high gelombang, especially for 25 years along 3.679 m and along the coast. This gelombang is grounded in the movement of sediment along the coast so it is planned to revetment the armor to prevent damage to the coastline at this location. The results of analyst and design of armor stone revetment layer obtained: revetment height 5,20 m from LWL with a construction slope angle of 1:2, the main layer uses 1.500 kg tebal andesite Batu 1.500 kg tebal 1,8 m, the second layer is batuan andesite as high as 375 kg with a determination of 1,2 m, cucumber Batu andesite and geotextile as high as 15 kg with a validity of 2,2 m, width 1,97 m with a peak elevation of 5,2 m, safety foot height 1,8 m with a length of 3,0 m and a total revetment length of 750 m.

Keywords: *Beach damages, Beach revetment, Armor layers*

1. PENDAHULUAN

Jurnal Teknik Gradien adalah jurnal ilmiah Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Ngurah Rai Denpasar, yang diterbitkan dua kali setahun pada bulan April dan Oktober. Pertama kali diterbitkan pada bulan Maret 2009. Jurnal ini sebagai wadah informasi bidang Teknik Sipil dan Arsitektur, berupa hasil penelitian, studi kepustakaan, maupun tulisan ilmiah terkait. Jurnal Teknik Gradien telah memiliki ISSN NO. 2085 - 2932. Bali adalah pulau eksotis dengan garis pantai sepanjang 529 kilometer. Pantai memiliki tiga fungsi dalam kehidupan masyarakat Bali: sosial, ekonomi dan religi. Mengingat fungsi pantai yang sangat vital, melestarikannya membutuhkan upaya yang berkelanjutan. Masalah erosi pantai, perambahan pantai, dan masalah kebersihan pantai harus segera diatasi karena secara langsung mengurangi fungsi dan nilai guna pantai. Masalah erosi pantai secara historis merupakan dampak dari aspek alam dan buatan, dan upaya untuk mengatasinya harus komprehensif.

Pantai-pantai di Bali masih mengalami erosi, dan trennya terus meningkat. Pada 2016, garis pantai kehilangan sekitar 97.470 kilometer daratan. Menurut informasi yang diperoleh dari Balai Besar Wilayah Sungai (BWS-BP) Bali Penida, upaya mitigasi sedang dan terus berlangsung, dan pada tahun 2016, 59 km (61% dari total erosi) telah ditangani. Kabupaten Klungkung merupakan salah satu kabupaten di Bali dengan garis pantai sepanjang 113,40 km dan panjang 26.008 km ($\pm 44\%$) yang mengalami erosi. Salah satu pantai di Kabupaten Klungkung yang sangat rentan terhadap erosi adalah pantai Tegal Besar. Pantai Tegal Besar adalah sebuah pantai yang terletak di Desa Negari, Kabupaten Klungkung. Pantai Tegal Besar memiliki panjang garis pantai 0,620 km dan menurut Balai Besar Wilayah Sungai (BWS-BP) Bali Penida, Pantai Tegal Besar mengalami erosi sepanjang 0,230 km dan perubahan garis pantai hingga tahun 2016 sepanjang 9.113 m.

Kondisi umum Pantai Tegal Besar adalah diapit oleh dua sungai, dengan substansi berupa kerikil dan batu-batuan kecil, dan sebagian kecil pasir halus berwarna hitam, tanggul atau tanggulnya merupakan tanah alami, dan Pantai Tegal Besar merupakan pantai non-tebing.) dengan kemiringan 0-2%. Pantai Tegal Besar merupakan kawasan vital bagi warga Klungkung sebagai tempat upacara keagamaan, Pantai Tegal Besar juga memiliki potensi ekonomi pariwisata yang tinggi karena letaknya yang strategis dan panorama yang eksotis. Berdasarkan data survei, diperkirakan garis pantai Tegal Besar mengalami penurunan dengan kecepatan 1,3 meter per tahun. Di bagian pantai Tegal Besar, sebuah bangunan pelindung pantai berbentuk tembok laut dengan lapisan pelindung batu sepanjang sekitar 230 m dibangun untuk melindungi candi, dan beberapa bagian lain dari bangunan pelindung pantai itu adalah milik pribadi. Itu dibangun untuk melindungi vila. Kondisi ini memberikan informasi bahwa beberapa bagian Pantai Tegal Besar telah dibangun dengan struktur pelindung pantai berupa revetment pelindung pantai dari batu, tetapi penilaian yang rinci dan cermat harus dilakukan agar tindakan pencegahan dirancang dengan baik dan sebaliknya. pantai tidak terpengaruh.

Berdasarkan informasi yang diberikan, tampaknya merancang rencana pencegahan untuk Pantai Tegal Besar adalah ide yang baik dengan menerapkan sistem revetment lapis batu armor. Tujuan kajian ini adalah untuk menentukan rencana bangunan revetment batu lapis armour pada penanggulangan kerusakan di Pantai Tegal Besar.

2. KAJIAN PUSTAKA

2.1 Pantai

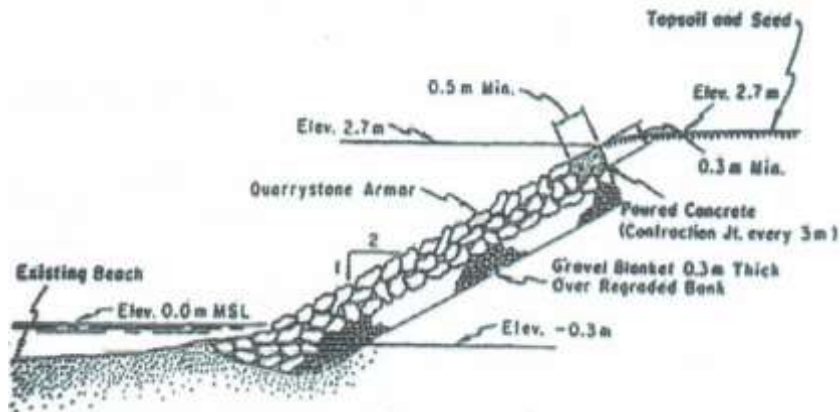
Pantai adalah daerah di tepi perairan yang dipengaruhi oleh air pasang tertinggi dan air surut terendah. Jenis – jenis pantai dibedakan berdasarkan material penyusunnya, proses pembentukannya dan morfologinya. Klasifikasi pantai yaitu pantai yang tenggelam (*Shoreline of submergence*), pantai yang terangkat (*Shorline of emergence*), dan pantai yang netral (*Neutral shoreline*) (Triatmodjo, 1999).

2.2 Bangunan Pelindung Pantai

Alam secara umum telah menyediakan mekanisme pertahanan pantai yang efektif secara ilmiah (Nur Yuwono, 1992). Jika tidak ada pelindung pantai alami, atau sudah tidak efektif lagi karena rusak/punah, maka dilakukan perlindungan buatan. Terdapat lima pendekatan dalam perencanaan perlindungan pantai buatan, yaitu: mengatur kecepatan pengangkutan pasir di sepanjang pantai

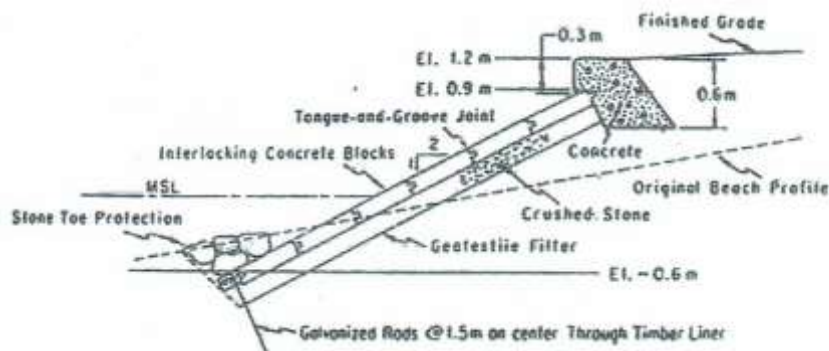
(bangunan groin), mengurangi energi gelombang yang menghantam pantai (bangunan breakwater), memperkuat tebing pantai sehingga mereka menahan serangan gelombang (bangunan revetment atau *sea wall*), menambah suplai sedimen ke pantai *sand by passin* atau *beach nourishment*), melakukan penghijauan daerah pantai (pohon bakau, api – api, atau nipah).

Revetment merupakan bangunan berupa dinding resistor gempuran gelombang yang ditempatkan pada sepanjang tempat yg akan dilindungi. Revetment mempunyai dua jenis yaitu tipe masif (kaku) & tipe tidak masif atau fleksibel. Jenis – jenis revetment yaitu: Quarrystone revetment, struktur ini termasuk struktur fleksibel menggunakan bahan material batu alam yg bisa menaruh proteksi yg baik sekali & bisa tahan terhadap konsolidasi minor atau penurunan tanpa mengakibatkan struktur runtuh.



Gambar 1. Revetment dengan Quarrystone
(Triatmodjo, 1999)

Interlocking Concrete-Block revetment, struktur ini termasuk fleksibel dengan bahan material blok beton juga dapat memberikan perlindungan yang baik sekali terhadap gelombang, stabilitas sambungan pada blok beton sangat tergantung pada interlocking sambungannya.



Gambar 2. Revetment dengan Interlocking Concrete-Block
(Triatmodjo, 1999)

2.3 Pengolahan Data dan Analisis Data

Pengolahan serta analisis data meliputi analisis data angin, data gelombang, serta data pasang surut. Pengolahan dan analisis data ini bertujuan untuk menentukan tinggi gelombang rencana yang akan digunakan untuk mendesain bangunan pelindung pantai

3. METODE PENELITIAN

3.1 Lokasi Penelitian

Penelitian yang bertujuan untuk menanggulangi kerusakan pantai ini berlokasi di Pantai Tegal Besar, Kabupaten Klungkung.

3.2 Jenis Data

Data yang didapatkan berupa data angin, data topografi dan bathymetri dan data pasang surut gelombang yang didapatkan dari Badan Meteorologi dan Geofisika Bali, Balai Wilayah Sungai Bali – Penida (BWS-BP) dan Konsultan Perencana.

3.3 Pengolahan Data

1. Pengolahan data angin dan peramalan gelombang meliputi analisis data angin, perhitungan fetch efektif dan peramalan gelombang pada laut dalam (*deep water*).
2. Analisis kala ulang gelombang rencana menggunakan metode analisis statistik (*Fisher Tippet Type I, Weibull, dan Gumbel*). Kemudian digunakan metode yang memiliki koefisien kecocokan yang terbaik (*Goodness of Fit*) yang mendekati 1.
3. Analisis pasang surut dengan mengetahui pola pergerakan muka air (pola pasang surut) pada lokasi tertentu maka dapat ditentukan tinggi minimum struktur bangunan pelindung pantai yang harus direncanakan.
4. Analisis refraksi/defraksi adalah peristiwa berubahnya arah perambatan dan tinggi gelombang akibat perubahan dasar laut, perhitungan refraksi menggunakan konsep gelombang laut dalam ekuivalen, yang tinggi gelombang di laut dalam apabila gelombang tidak mengalami refraksi (Bambang Triatmodjo, 1999).

3.4 Perencanaan Revetment Batu Armor

1. Kondisi Perencanaan yaitu pengumpulan data untuk perencanaan Revetment sebagai berikut:
 - a) Periode gelombang di laut dalam (T)
 - b) Kemiringan pantai (m)
 - c) Kedalaman di kaki ujung bangunan (ds)
 - d) Mercu revetment direncanakan tanpa *overtopping*
 - e) Kemiringan revetment
 - f) Data tanah.

2. Perhitungan Tinggi Gelombang Pecah Rencana

Untuk menghitung tinggi gelombang dipergunakan tinggi gelombang pecah rencana sebagai berikut: $\frac{ds}{gT^2}$ (sesuai grafik Tinggi Gelombang Pecah Rencana di Kaki Bangunan)

3. Perhitungan Elevasi Revetment Batu Armour

Tinggi rayapan/bilangan *Irribaren* :

$$Ir = \frac{\tan \theta}{\left(\frac{H}{L_o}\right)^{0,5}}$$

Dimana :

- θ = Sudut kemiringan bangunan
H = Tinggi gelombang dilokasi bangunan
Lo = Panjang gelombang di laut dalam
Ir = Bilangan *Irribaren*

4. Menghitung Berat Batu Armour

Untuk mencegah terjadinya erosi di kaki tembok/revetment, maka di depan kaki revetment perlu dipasang pelindung berupa batu armour. Pelindung kaki dipasang 1,0 m diatas dasar bangunan, rumus yang digunakan adalah :

$$W = \frac{WrH^3}{Kd^3(Sr-1)^3 \cot \theta}$$

Dimana :

- W = Berat satu unit batuan pelapis/armour
Wr = Berat satuan batu
Ww = Berat satuan air laut
H = Tinggi gelombang rencana di lokasi bangunan
Kd = Koefisien stabilitas (dari tabel koefisien stabilitas untuk berbagai jenis batu).

$$Sr = Sr = \frac{Wr}{Ww}$$

θ = Sudut kemiringan bangunan

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

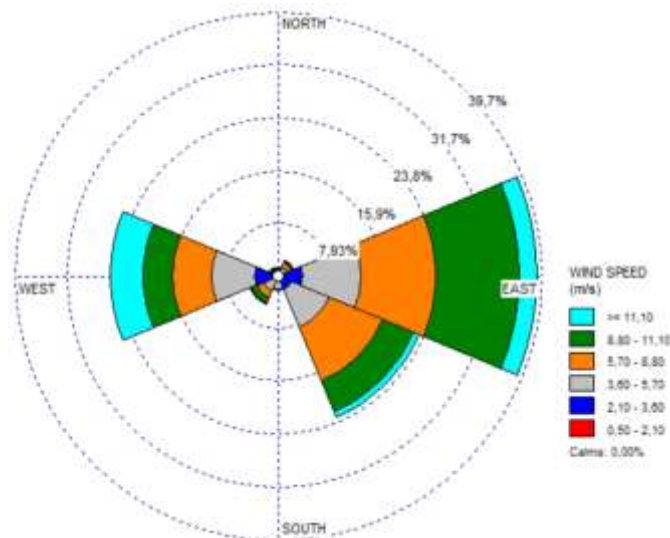
4.1 Pembangkitan Gelombang

1. Analisis data angin, sebagai bentuk menghasilkan distribusi kecepatan beserta arah angin, dilakukan proses pengolahan data angin yang didapat dari stasiun BMKG Ngurah Rai. Data angin yang diproses yaitu data yang digunakan selama 20 tahun dari tahun 1996 sampai dengan 2015. Data angin diproses dengan software WR Plot-View untuk dijadikan mawar angin (*wind rose*).

Tabel 1. Klasifikasi angin 1996-2015

No.	Arah Angin	Klasifikasi Angin(m/s)						Total (%)
		0,5 - 2,1	2,1 - 3,6	3,6 - 5,7	5,7 - 8,8	8,8 - 11,1	>=11,1	
1	Utara (N)	0.192	0.438	0.520	0.082	0.055	0.055	1.342
2	Timur Laut (NE)	0.137	0.383	0.931	0.821	0.246	0.137	2.655
3	Timur (E)	0.767	3.039	8.653	11.309	12.514	2.574	38.856
4	Tenggara (SE)	0.329	1.862	6.243	8.708	4.819	0.958	22.919
5	Selatan (S)	0.274	0.685	1.068	0.137	0.027	0.027	2.218
6	Barat Daya (SW)	0.137	0.739	1.588	1.123	0.958	0.274	4.819
7	Barat (W)	0.685	3.012	6.353	5.887	4.436	4.819	25.192
8	Barat Laut (NW)	0.055	0.137	0.575	0.329	0.246	0.219	1.561
Sub-Total (%)		2.576	10.295	25.931	28.396	23.301	9.063	99.562
Calms (%)								0.000
Tidak Tercatat (%)								0.438
Total (%)								100.000

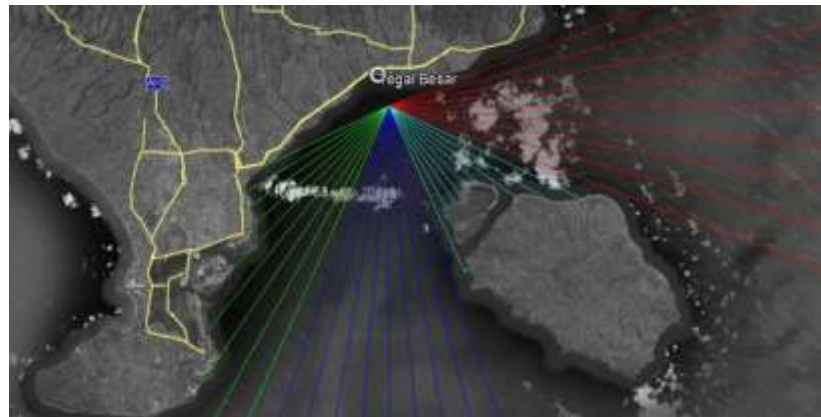
Sumber : Hasil Analisis dengan WR Plot-view



Gambar 3. Windrose Pantai Tegal Besar

Sumber: Hasil Analisis WR Plot-view

2. Perhitungan fetch efektif, pembentukan gelombang oleh angin diukur dari jarak potensial dengan pembentukan gelombang antara lokasi studi dengan pulau-pulau yang menghadapnya. Gambar fetch setiap arah Pantai Tegal Besar dicermati dalam gambar berikut.



Gambar 4. Fetch Pantai Tegal Besar
Sumber : Hasil Analisis, 2018

Hasil perhitungan fetch efektif dapat dilihat pada tabel fetch dan perhitungan ini dicari dengan menggunakan rumus :

$$F_{eff} = \frac{\sum xi . Cos \alpha}{\sum Cos \alpha}$$

Dengan :

F_{eff} = Fetch efektif yang diukur dari titik observasi gelombang ke ujung akhir fetch.

xi = Panjang segmen fetch yang diukur dari titik observasi gelombang ke ujung akhir fetch.

α = Deviasi pada kedua sisi dari arah angin, dengan menggunakan pertambahan 5° sampai sudut sebesar 45° pada kedua sisi dari arah angin.

Berikut adalah contoh perhitungan fetch yang dilakukan untuk salah satu arah mata angin dan selanjutnya yang lain ditabelkan :

Arah Timur, sudut -20° :

α = -20°

F_i (gambar) = 99372.504

Skala gambar = 1: 1000

Sehingga :

F_i (km) = F_i (gambar) / Skala gambar
= $99372.504 / 10000 = 99.37$ km

$Cos \alpha$ = 0.939

$F_i \times Cos \alpha$ = $99.37 \times 0.939 = 93.31$ km

Langkah tersebut di atas dilanjutkan untuk masing-masing sudut pada arah yang sama, sehingga diperoleh:

$\sum xi . Cos \alpha$ = 654.69 km

$\sum Cos \alpha$ = 8.768

Nilai tersebut di atas dimasukkan ke persamaan di atas sehingga diperoleh nilai Fetch efektif sebagai berikut:

$$F_{eff} = \frac{\sum xi . Cos \alpha}{\sum Cos \alpha}$$

$$= \frac{654.697}{8.768} = 74.67 \text{ km}$$

Untuk perhitungan arah datang gelombang lainnya, ditampilkan dalam tabel 2 berikut ini

Tabel 2. Fetch efektif Pantai Tegal Besar

No	Arah	Sudut (α)	Fi (skala gambar)	Fi (Km)	cos α	Fi cos α	Fetch Efektif (Km)
1	Timur (E)	-20	99372.50	99.373	0.939	93.311	74.669
		-15	77573.57	77.574	0.965	74.858	
		-10	73893.21	73.893	0.984	72.711	
		-5	75692.63	75.693	0.996	75.390	
		0	76750.23	76.750	1	76.750	
		5	76950.34	76.950	0.996	76.643	
		10	75960.65	75.961	0.984	74.745	
		15	63494.92	63.495	0.965	61.273	
		20	52200.82	52.201	0.939	49.017	
		Total			8.768	654.69727	
2	Tenggara (SE)	-20	20114.93	20.115	0.939	18.888	13.396
		-15	17256.96	17.257	0.965	16.653	
		-10	14328.54	14.329	0.984	14.099	
		-5	10883.57	10.884	0.996	10.840	
		0	10209.59	10.210	1	10.210	
		5	10388.09	10.388	0.996	10.347	
		10	10775.99	10.776	0.984	10.604	
		15	10550.36	10.550	0.965	10.181	
		20	16651.41	16.651	0.939	15.636	
		Total			8.768	117.45669	
3	Selatan (S)	-20	200000	200.000	0.939	187.800	200.000
		-15	200000	200.000	0.965	193.000	
		-10	200000	200.000	0.984	196.800	
		-5	200000	200.000	0.996	199.200	
		0	200000	200.000	1	200.000	
		5	200000	200.000	0.996	199.200	
		10	200000	200.000	0.984	196.800	
		15	200000	200.000	0.965	193.000	
		20	200000	200.000	0.939	187.800	
		Total			8.768	1753.6	
4	Barat Daya (SW)	-20	200000.00	200.000	0.939	187.800	59.043
		-15	200000.00	200.000	0.965	193.000	
		-10	31294.19	31.294	0.984	30.793	
		-5	26113.94	26.114	0.996	26.009	
		0	21577.32	21.577	1	21.577	
		5	16440.08	16.440	0.996	16.374	
		10	15619.85	15.620	0.984	15.370	
		15	15159.84	15.160	0.965	14.629	
		20	12927.55	12.928	0.939	12.139	
		Total			8.768	517.69276	

Sumber: Hasil Analisis, 2018

Pembangkitan gelombang (*hindcasting*) menggunakan data angin dan daerah pembentukan gelombang (fetch). Berikut adalah perhitungan pembangkitan gelombang berdasarkan data angin maksimum dan fetch efektif hasil analisa.

Perhitungan transformasi gelombang berdasarkan *wind rose* :

Data:

U_{max} = 21 knot (kecepatan angin maksimum tahun 1996)

Arah = Barat Daya (arah angin maksimum)

F_{eff} Barat Daya = 59.04 km (hasil analisa fetch)

1 knot = 0.5144444

T_d = 4 jam (lama hembus angin maks)

Perhitungan :

U₃ = U_{max} . 0.51444 (konversi knot ke m/s)

= 21 x 0.51444 = 10.80 m/s

U₁₀ = U₃ x $\left(\frac{10}{3}\right)^{1/7}$

= 10.80 x $\left(\frac{10}{3}\right)^{1/7}$ = 12.96 m/s

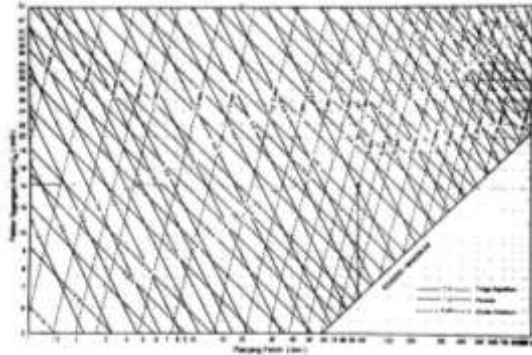
U = 1.1 x 1.09 x U₁₀

= 1.1 x 1.09 x 12.83 = 15.53 m/s

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

= 0.71 x 15.38²³ = 20.8 m/s

Selanjutnya, dari gambar dibawah dicari nilai H_s dan T_s berdasarkan nilai U_A dan terbatas oleh T_d. Berikut ini ialah penggunaan grafik peramalan gelombang tersebut:



Gambar 5. Grafik peramalan gelombang (Triatmodjo, 1999)

Dari gambar 5 di atas, berdasarkan $U_A = 20.8$ dan $T_d = 4$ jam diperoleh nilai-nilai sebagai berikut:

Nilai H_s (tinggi gel significant) berada diantara 3.5m dan 4m, dari grafik tersebut diambil nilai $H_s = 3,8$ m

Nilai T_s (periode gelombang significant) berada diantara 7.0s dan 8.0s, dari grafik tersebut diambil nilai $T_s = 7.5$ s

Hasil perhitungan peramalan gelombang berikutnya dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 3. Peramalan gelombang terbatas durasi (*duration limited*)

No	Tahun	Arah	U max (knot)	U_3 (m/s)	U_{10} (m/s)	U (m/s)	U_A (m/s)	F_{eff} (km)	T_d (jam)	H_s (m)	T_s (d)
1	1996	SW	21	10.80	12.83	15.38	20.48	59.04	4	2.20	6.00
2	1997	SW	23	11.83	14.05	16.85	22.91	59.04	4	2.35	6.10
3	1998	SE	23	11.83	14.05	16.85	22.91	13.40	4	2.35	6.10
4	1999	SW	26	13.38	15.89	19.05	26.63	59.04	4	2.65	6.80
5	2000	E	15	7.72	9.16	10.99	13.54	74.67	4	1.25	4.75
6	2001	SE	17	8.75	10.39	12.45	15.79	13.40	4	1.47	5.20
7	2002	SE	18	9.26	11.00	13.19	16.94	13.40	4	1.70	5.50
8	2003	E	14	7.20	8.55	10.26	12.44	74.67	4	1.15	4.60
9	2004	SE	16	8.23	9.78	11.72	14.66	13.40	4	1.45	5.10
10	2005	SE	18	9.26	11.00	13.19	16.94	13.40	4	1.70	5.50
11	2006	SE	23	11.83	14.05	16.85	22.91	13.40	4	1.70	5.50
12	2007	SW	18	9.26	11.00	13.19	16.94	59.04	4	1.70	5.50
13	2008	SW	20	10.29	12.22	14.65	19.29	59.04	4	2.15	5.60
14	2009	SW	29	14.92	17.72	21.24	30.46	59.04	4	3.50	7.10
15	2010	S	21	10.80	12.83	15.38	20.48	74.67	4	2.20	6.00
16	2011	E	12	6.17	7.33	8.79	10.29	74.67	4	0.90	4.25
17	2012	E	13	6.69	7.94	9.52	11.35	74.67	4	1.10	4.40
18	2013	SW	20	10.29	12.22	14.65	19.29	59.04	4	2.15	5.60
19	2014	SW	17	8.75	10.39	12.45	15.79	59.04	4	1.47	5.20
20	2015	E	15	7.72	9.16	10.99	13.54	74.6689404	4	1.25	4.75

Sumber : Hasil Analisis, 2018

4.2 Gelombang Kala Ulang

Dalam perencanaan bangunan pengaman pantai, bangunan didesain untuk suatu umur rencana tertentu dimana bangunan dapat menahan segala gaya-gaya yang bekerja, termasuk tinggi gelombang dengan kala ulang tertentu. Analisis periode gelombang dengan beberapa metode meliputi: Fisher Tippet Type I, Weibull, dan Gumbel, setelah itu dari ketiga perhitungan tersebut digunakan menurut koefisien korelasi. Koefisien korelasi difungsikan untuk mengukur kecocokan terbaik (*goodness of fit*).

Tabel 4. Hasil analisa statistik gelombang

Kala ulang (Tahun)	Metode					
	Fisher Tippet		Weibull		Gumbell	
	H (m)	r	H (m)	r	H (m)	r
2	1.909	0.985	1.827	0.939	1.726	0.962
5	2.588	0.985	2.618	0.939	2.392	0.962
10	3.065	0.985	3.367	0.939	2.834	0.962
25	3.679	0.985	4.489	0.939	3.391	0.962
50	4.138	0.985	5.416	0.939	3.805	0.962
100	4.595	0.985	6.402	0.939	4.216	0.962

Sumber : Hasil Analisis, 2018

Berdasar analisis hitung periode gelombang dengan berbagai metode tersebut, digunakan metode dengan koefisien korelasi kecocokan terbaik (goodness of fit) yaitu Metode Fisher Tippet Type I yang menghasilkan nilai $r = 0.985$. Nilai ini mendekati angka 1 yang berarti adanya hubungan korelasi linear antara variabel. Sehingga dapat diberikan kesimpulan bahwa untuk perhitungan selanjutnya dapat digunakan tinggi dan periode gelombang sebagai berikut:

Tabel 5. Tinggi dan periode gelombang kala ulang

No	Kala Ulang	Tinggi Gelombang (m)	Periode (s)
1	2	1.909	5.587
2	5	2.588	6.394
3	10	3.065	6.963
4	25	3.679	7.694
5	50	4.138	8.240
6	100	4.595	8.784

Sumber: Hasil Analisis, 2018

4.3 Gelombang Rencana

Tabel 6. Tinggi dan kedalaman gelombang pecah

No	Kala Ulang	H0 (m)	T0 (s)	Co (m/s)	Lo (m)	Kemiringan	Hb	a	b	db (m)
1	2	1.91	5.587	8.728	48.764	0.04	1.704	21.554	1.041	1.850
2	5	2.59	6.394	9.988	63.866	0.04	2.283	21.554	1.041	2.486
3	10	3.07	6.963	10.877	75.731	0.04	2.705	21.554	1.041	2.945
4	25	3.68	7.694	12.018	92.463	0.04	3.266	21.554	1.041	3.550
5	50	4.14	8.240	12.871	106.059	0.04	3.697	21.554	1.041	4.012
6	100	4.60	8.784	13.721	120.526	0.04	4.137	21.554	1.041	4.481

Sumber : Hasil Analisis, 2018

Tabel 7. Transformasi gelombang di Pantai Tegal Besar

d (m)	d/Lo	d/L	$\frac{\tanh 2\pi d/L}{L}$	Ks	L (m)	T detik	C m/dt	a (°)	Kr	Hi (m)
Laut Dalam	-	-	-	-	92.463	7.694	12.018	6.000	-	3.679
10.00	0.108	0.148	0.730	0.683	67.613	7.702	8.779	4.384	0.999	2.511
5.00	0.074	0.118	0.629	0.795	42.481	6.579	6.457	2.753	0.999	1.994
3.55	0.084	0.127	0.662	0.735	27.998	5.205	5.379	1.814	1.000	1.466
2.00	0.071	0.115	0.618	0.801	17.406	4.248	4.098	1.128	1.000	1.173
1.00	0.057	0.101	0.563	0.833	9.872	3.353	2.944	0.639	1.000	0.977

Sumber : Hasil Analisis, 2018

4.4 Analisa Pasang Surut

Tabel 8. Nilai elevasi pasang surut Pantai Tegal Besar Klungkung

No	Keterangan Elevasi	Nilai Angka (m)
1	HWL (High Water Level)	2,930
2	MSL (Mean Sea Level)	1,465
3	LWL (Low Water Level)	0,000

Sumber : Konsultan Perencana, 2018

4.5 Analisa Dimensi Revetment

1. Elevasi mercu bangunan dihitung dengan mempertimbangkan beberapa nilai seperti rayapan (*run-up*), tinggi jagaan, peningkatan muka air laut (*sea level raise*), *storm surge*.
 - a. Perhitungan rayapan (*run-up*) gelombang menggunakan rumus sebagai berikut :

$$I_r = \frac{\text{tg } \theta}{\left(\frac{H}{L_0}\right)^{0,5}}$$

Sehingga I_r : $I_r = \frac{0.500}{0.228} = 2.18$

Dari grafik R_u/H untuk bilangan Iribaren (I_r) = 2.18 dengan bahan batu

$$\frac{R_u}{H} = 1.8, \text{ sehingga } R_u = 2,63 \text{ m}$$

Untuk tipe bangunan dengan permukaan kasar dan lolos air, maka nilai run-up dikalikan dengan 0,75 sehingga :

$$R_u = 2,63 \times 0,75 = 1,97 \text{ m}$$

Sehingga run-up yang terjadi ialah sebesar 1,97 m

- b. Sea level raise atau kenaikan muka air laut dengan kala ulang gelombang 50 tahun diperoleh 0,38 m.

- c. Storm surge

$$SS = \frac{g^{0.5} \cdot H_o^2 \cdot T}{64 \cdot \pi \cdot db^{1.5}}$$

$$SS = 0.0263 \text{ m}$$

- d. Tinggi jagaan umumnya diambil dengan besaran 0, 5 m

- e. Berdasarkan analisa penentuan elevasi mercu bangunan diatas, maka diperoleh elevasi mercu revetment adalah :

$$\begin{aligned} \text{Elv. Mercu} &= \text{HWL} + R_u + \text{SLR} + SS + \text{Tinggi jagaan} \\ &= 2.90 + 1.97 + 0.38 + 0.026 + 0.5 \\ &= 5.12 \text{ m} \approx 5.20 \text{ m} \end{aligned}$$

Maka elevasi mercu revetment adalah 5.20m dari HWL

2. Berat lapis penyusun revetment, analisa ini menggunakan rumus/persamaan Hudson. Berikut adalah analisa berat batu lapis penyusun:

Data-data :

Tinggi gelombang (H_s) : 1.47 m

Slope Bangunan : 2.0 (1 : 2.0)

Bj. Batu (ρ_r) : 2200 kg/m³ (berat jenis batu andesite quarry Kubus)

Bj. Air laut (ρ_w) : 1024 kg/m³

Koef.Kestabilan (K_d) : 1.9 (*kestabilan batu bulat dengan kemiringan 1:2 pemasangan 2 lapis*)

Perhitungan:

$$S_r = \frac{\rho_r}{\rho_w} = 2.146$$

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

$$W = \frac{2200 \cdot 1,47^3}{1.9(2,146 - 1)^3 \cdot 2,0} = 1210 \text{ kg} \approx 1,5 \text{ ton}$$

Menghitung tebal lapis pelindung revetment :

$$t = nk \Delta \left[\frac{W}{\rho_r} \right]^{\frac{1}{3}} = 2 \times 1,15 \left[\frac{1,5}{2,2} \right]^{\frac{1}{3}} = 1,8 \text{ m}$$

Jumlah batu setiap 10 m² pada armor layer

$$N = \text{Ank} \Delta \left[1 - \frac{P}{100} \right] \left[\frac{\rho_r}{W} \right]^{\frac{2}{3}} = 10.2.1,15 \left[1 - \frac{37}{100} \right] \left[\frac{2,2}{1,5} \right]^{\frac{2}{3}} = 18,7 \approx 18$$

Berikut adalah dimensi lapisan revetment berdasarkan hasil perhitungan.

Tabel 9. Dimensi lapisan revetment

No	Lapisan	Berat	Keterangan	Tebal Lapisan (m)	
				1 Lapis	2 Lapis
1	Armor layer	1.50		0.90	1.8
2	Under layer	0.375	1/4 armor layer	0.60	1.2
3	Core layer	0.015	1/100 armor layer	0.20	0.4

Sumber : Hasil Analisis, 2018

3. Perhitungan toe protection

$$H = 1.47 \text{ m}$$

Tebal lapis pertama = 0.9 m (satu diameter batu)

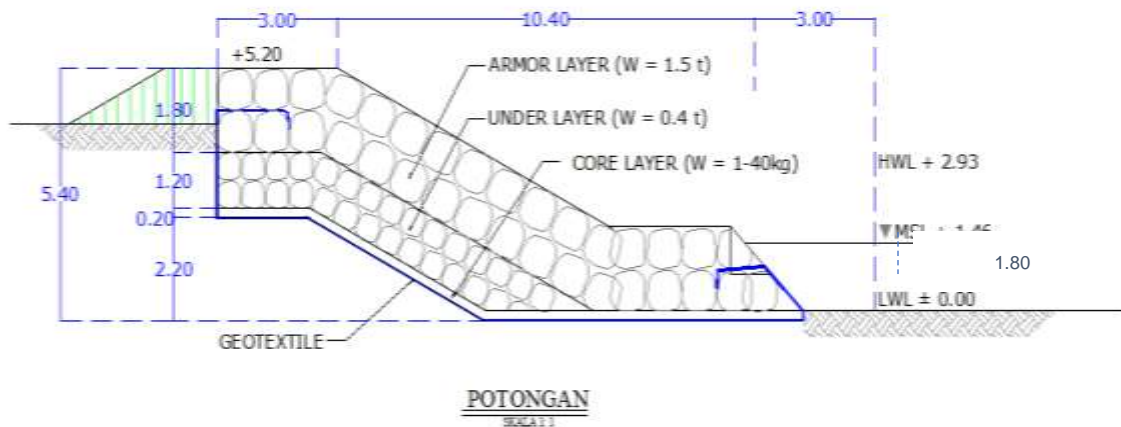
Tinggi toe protection (t) adalah $= 2r = 0.9 \times 2 = 1.8 \text{ m}$

Panjang toe protection (l) adalah $l = 2H - 3H$

$$\text{Diambil } l = 2H \longrightarrow l = 2 \times 1.47 \text{ m} = 2.94 \approx 3 \text{ m}$$

4.6 Gambar Rencana

Berikut adalah gambar rencana berdasarkan perhitungan yang dilakukan.



Gambar 6. Rencana revetment Pantai Tegal Besar

5. KESIMPULAN

Analisis hasil perencanaan revetment pantai Tegal Besar yang didapat berdasarkan perhitungan angin dan gelombang beserta pasang surut air laut, didapat tipe konstruksi sebagai berikut:

- Analisis tinggi revetment mencapai 5,20 m dari LWL dan sudut kemiringan bangunan 1:2.
- Analisis revetment pada lapisan utama digunakan batu andesite dengan berat 1500 kg, tebal lapisan 1,8 m.
- Analisis revetment lapisan kedua menggunakan batu andesite dengan berat 375 kg, dan tebal lapisan 1,2 m
- Analisis revetment dengan bagian lapisan pengisi digunakan batu andesite dan geotextile dengan berat 15 kg, tebal lapisan 2,2 m.
- Untuk lebar Ppncak Revetment didapat 1,97 m serta elevasi puncak revetment 5,2 m
- Untuk tinggi toe protection didapat 1,8 m dan panjangnya didapat 3,0 m
- Total panjang revetment berdasarkan analisis mencapai 750 m.

DAFTAR PUSTAKA

- Afridolin Manuel. 2017. *Perencanaan Bangunan Pengaman Pantai Pada Daerah Pantai Bulu Desa Rerer Kecamatan Kombi Kabupaten Minahasa*, Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sam Ratulangi, Manado.
- Bambang Triatmodjo. 1999. *Teknik Pantai*, Beta Offset, Yogyakarta.
- Budiana I Made. 2013. *Analisis Penanggulangan Kerusakan Pantai Tianyar, Di Kec. Kubu, Kab. Karangasem Dengan Bangunan Revetment*. Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Ngurah Rai.
- Direktorat Bina Teknik SDA. 2003. *Pedoman Umum Pengamanan dan Penanganan Kerusakan Pantai*, Jakarta.
- Nur Yuwono. 1982. *Teknik Pantai*, Edisi Kedua, Biro Penerbit, Keluarga Mahasiswa Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Subdit Rawa dan Pantai. 1997. *Pedoman Survei Investigasi Dan Desain Pengaman Pantai*. Sub Direktorat Rawa dan Pantai Direktorat Bina Teknik, Jakarta.

- Sugiartana I Nyoman. 2014. *Analisa Alternatif Struktur Pengaman Pantai Pencegah Overtopping Pada Pantai Gumicik*. Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Ngurah Rai.
- Windy Candrayana Kadek, ST, MT. 2018. *Data Bathimetri dan Topografi, Data Gelombang, Data Pasang Surut Pantai Tegal Besar Kabupaten Klungkung*, PT. Parama Krida Pratama, Denpasar.