

ANALISIS DESAIN REVETMENT BATU ARMOR DALAM PENANGGULANGAN KERUSAKAN PANTAI TEGAL BESAR DI KABUPATEN KLUNGKUNG

I Wayan Diasa ¹, I Gusti Agung Bagus Semarabawa ², Ni Ketut Sri Astatu Sukawati ³

^{1,2} Program Studi Teknik Sipil Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Ngurah Rai

³ Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Mahasaraswati Denpasar

E-mail : diasawayan1963@gmail.com ¹, agungbagus.semarabawa@yahoo.com ²,
sriastatusukawati64956@gmail.com ³

Abstrak - Pantai Tegal Besar berlokasi di Desa Negari, Kecamatan Banjarangkan, Kabupaten Klungkung, merupakan salah satu pantai di Bali yang mengalami abrasi cukup parah akibat gempuran gelombang. Di lokasi studi bangunan-bangunan yang ada seperti vila-vila dan pura sudah sangat dekat dengan laut sehingga hampir tidak ada sempadan pantai. Pada lokasi studi sudah terdapat revetment dengan batu armor sepanjang 230 m untuk mencegah atau mengurangi abrasi yang lebih parah. Tujuan dari studi ini ialah untuk menentukan desain bangunan batu armor pada penanggulangan kerusakan Pantai Tegal Besar, sesuai data yang ada pada pantai tersebut.

Penelitian ini dilakukan dengan mengolah data angin dan peramalan gelombang, analisis kala ulang gelombang rencana, analisis pasang surut, dan analisis refraksi/defraksi yang menggunakan data sekunder diperoleh dari BMKG Bali, Balai Wilayah Sungai Bali Penida (BWS-BP) dan konsultan perencanaan. Selanjutnya hasil analisis digunakan untuk perhitungan perencanaan desain revetment batu armor.

Hasil analisa menunjukkan bahwa abrasi di Pantai Tegal Besar disebabkan oleh gelombang yang cukup tinggi yaitu kala ulang 25 tahun sebesar 3,679 m dan menyusur pantai. Gelombang ini menyebabkan terjadinya perpindahan sedimen menyusur pantai, sehingga direncanakan bangunan revetment dengan lapis batu armor untuk mencegah kemunduran garis pantai di lokasi tersebut. Adapun hasil analisis desain revetment lapis batu armor yang didapat yaitu : tinggi revetment adalah 5,20 m dari LWL dengan sudut kemiringan bangunan 1:2, lapisan utama digunakan batu andesite dengan berat 1500 kg dengan tebal 1,8 m, lapisan kedua menggunakan batu andesite dengan berat 375 kg dengan tebal 1,2 m, lapisan pengisi digunakan batu andesite dan geotextile dengan berat 15 kg dengan tebal 2,2 m, lebar puncak 1,97 m dengan elevasi puncak 5,2 m, tinggi toe protection 1,8 m dengan panjang 3,0 m dan total panjang revetment rencana 750 m.

Kata kunci : Kerusakan Pantai; Revetment pantai; Armor layer.

Abstract - Tegal Besar Beach is located at Negari Village Kecamatan Banjarangkan, Kabupaten Klungkung. Tegal Besar Beach is one of the Beach in Bali that has severe abrasion because of big waves. Near of the beach, there were villas and temples. That case caused there were no beach line. Near to the study location there is a revetment with armor stones as long as 230 meters for reduces more severe abrasion. The objectives of this study was to determine building design of armor stones for prevention of abrasion damages in Tegal Besar Beach based on existing data on the beach.

This studied done by processing the wind data, wave forecasting, wave re-planning analyses, tidal analysis, refraction/diffraction analyzing by used secondary data from BMKG Bali, Balai Wilayah Sungai Bali Penida (BWS-BP) and planning consultant. Analysis results were used for the calculation of armor stone design's planning.

Analysis result showed the caused of abrasion in Tegal Besar Beach was a high waves which when the 25-year return of 3.679 meters and along the coast. The waves was caused sediment movement along the beach, so the plan of revetment with armor stones layers was to prevent the setback of beach line. The analysis resulted of revetment design with armor stones layer were: revetment high was 5.20 meters from LWL from the slope view of building 1:2, primary layer was used andesite stone by weight 375 kg with 1.2 m of thick, filler layers were used andesite and geotextile stones weight 15 kg with 2.2 m of thick, peak width was 1.97 m with peak elevation 5.2 m, the high of toe protection was 1.8 m with length 3.0 m, and the last the total length of revetment's plan were 750 m.

Keywords: Beach damages; Beach revetment; Armor layers.

1. PENDAHULUAN

Bali merupakan pulau nan eksotis dengan panjang garis pantai 529 km. Pantai memiliki 3 fungsi dalam kehidupan masyarakat Bali yaitu fungsi sosial, ekonomis dan keagamaan. Mengingat fungsi pantai yang sangat vital, upaya untuk mempertahankan kelestariannya merupakan hal yang harus dilakukan. Erosi pantai, perambahan daerah sempadan pantai dan masalah kebersihan pantai merupakan hal yang harus disikapi karena secara langsung menurunkan fungsi dan nilai pemanfaatan pantai. Permasalahan erosi pantai secara historis merupakan dampak dari aspek alamiah dan buatan sehingga upaya menanganinya harus dilakukan secara komprehensif.

Pantai di Bali terus mengalami erosi, hingga tahun 2016 kemunduran garis pantai terus terjadi secara signifikan di seluruh pantai di pulau Bali mencapai 97,470 km, dengan kata lain sekitar 22% dari total pantai Bali mengalami erosi. Upaya penanganan telah dilakukan secara simultan dan terus-menerus, berdasarkan informasi yang diperoleh dari Balai Wilayah Sungai-Bali Penida (BWS-BP), hingga 2016 telah 59 km ditangani (61% dari seluruh total erosi).

Kabupaten Klungkung adalah salah satu Kabupaten di Bali yang memiliki garis pantai sepanjang 113,40 km dan sepanjang 26,008 km ($\pm 44\%$) mengalami erosi. Salah satu pantai di Kabupaten Klungkung yang mengalami erosi parah adalah pantai Tegal Besar. Pantai Tegal Besar adalah pantai yang terletak di Desa Nagari Kecamatan Klungkung. Pantai Tegal Besar memiliki panjang garis pantai 0,620 km dan menurut data Balai Wilayah Sungai-Bali Penida (BWS-BP), Pantai Tegal Besar mengalami erosi sepanjang 0,230 km dan perubahan garis pantai hingga tahun 2016 sepanjang 9, 113 m.

Kondisi Pantai Tegal Besar secara umum yaitu, diapit oleh dua buah sungai, memiliki material berupa kerikil dan batu kecil, serta sebagian kecil pasir halus berwarna hitam, tanah dasar atau sub gradennya berupa tanah asli, pantai Tegal Besar merupakan pantai berlereng (*non-*

cliffed coast) dengan kemiringan 0-2%. Pantai Tegal Besar merupakan kawasan vital bagi masyarakat Klungkung sebagai tempat dilaksanakannya upacara keagamaan, Pantai Tegal Besar juga memiliki potensi di bidang ekonomi pariwisata yang cukup tinggi karena lokasinya yang strategis serta panoramanya yang eksotis. Berdasarkan laporan survey investigasi desain, diperkirakan laju kemunduran garis Pantai Tegal Besar mencapai 1,3 m per tahun. Pada ruas Pantai Tegal Besar telah dibangun bangunan pengaman pantai berupa revetment dengan lapis batu armor sepanjang kurang lebih 230 m untuk melindungi Pura dan beberapa ruas lain bangunan pengaman pantai dibangun untuk melindungi villa milik pribadi. Kondisi tersebut memberikan informasi bahwa pada beberapa ruas Pantai Tegal Besar telah dibangun bangunan perlindungan pantai berupa revetment dengan lapis batu armor, akan tetapi harus dilakukan evaluasi secara mendetail dan hati – hati agar disain penanggulangan yang dilakukan tepat dan tidak berdampak pada sisi lain pantai dan bangunan yang ada harus mampu berusia panjang.

Berdasarkan latar belakang, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah bagaimanakah cara mendesain penanggulangan kerusakan Pantai Tegal Besar dengan sistem revetment lapis batu armor?

Adapun tujuan dari penelitian ini ialah untuk menentukan desain bangunan revetment batu lapis batu armor pada penanggulangan kerusakan Pantai Tegal Besar.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian, Jenis - jenis dan Klasifikasi 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

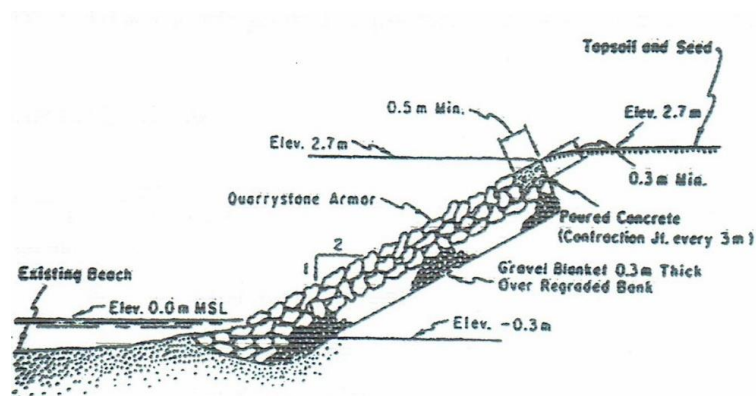
(Neutral shoreline) (Bambang Triatmodjo, 1999, Teknik Pantai).

2.2 Pengertian dan Jenis Bangunan Pelindung Pantai

Alam pada umumnya telah menyediakan mekanisme perlindungan pantai secara ilmiah yang efektif (Nur Yuwono, 1992). Apabila tidak ada lindungan alamiah pantai, atau sudah tidak efektif karena rusak/punah, maka dibuat perlindungan buatan. Ada lima pendekatan dalam perencanaan perlindungan buatan pada pantai, yaitu : mengubah laju angkutan sedimen sejajar pantai (dengan bangunan groin), mengurangi energi gelombang yang mengenai pantai (dengan bangunan breakwater), memperkuat tebing pantai sehingga tahan terhadap gempuran gelombang (dengan

bangunan revetment atau *sea wall*), menambah suplai sedimen ke pantai (dengan cara "*sand by passing*" atau "*beach nourishment*"), melakukan penghijauan daerah pantai (dengan pohon bakau, api – api, atau nipah).

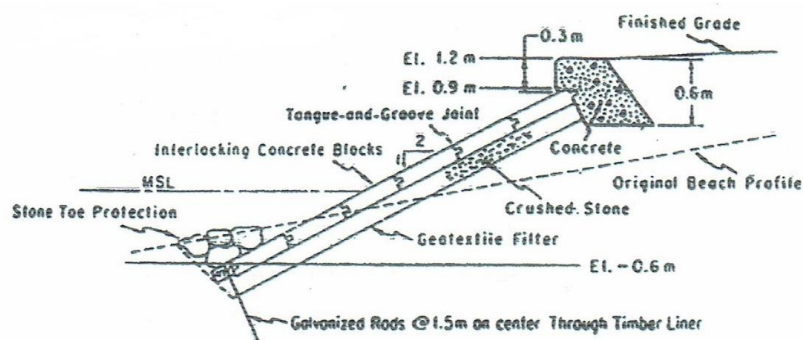
Revetment adalah bangunan berupa dinding penahan gempuran gelombang yang ditempatkan di sepanjang kawasan yang akan dilindungi. Revetment memiliki 2 jenis yaitu tipe massif (kaku) dan tipe tidak massif atau fleksibel. Jenis – jenis revetment yaitu : Quarrystone revetment, struktur ini termasuk struktur fleksibel dengan bahan material batu alam yang dapat memberikan perlindungan yang baik sekali dan dapat tahan terhadap konsolidasi minor atau penurunan tanpa menyebabkan struktur runtuh.



Gambar 2.3 Quarrystone revetment
(Bambang Triatmodjo, 1999, Teknik Pantai)

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 2.4 Interlocking Concrete-Block Revetment
(Bambang Triatmodjo, 1999, Teknik Pantai)

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 dipergunakan tinggi gelombang pecah

rencana sebagai berikut : $\frac{ds}{gT^2}$ (grafik 2.10

Tinggi Gelombang Pecah Rencana di Kaki Bangunan)

3. Perhitungan Elevasi Revetment Batu Armour

Tinggi rayapan/bilangan *Irribaren* :

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

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

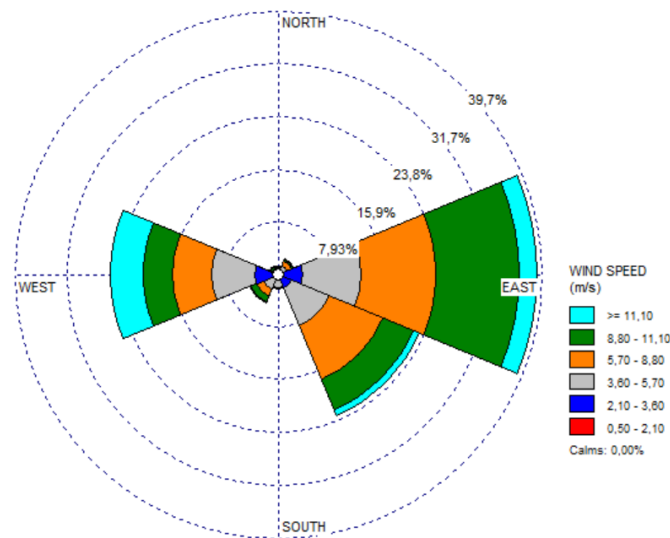
4.1 Pembangkitan Gelombang

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

Tabel 4. 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

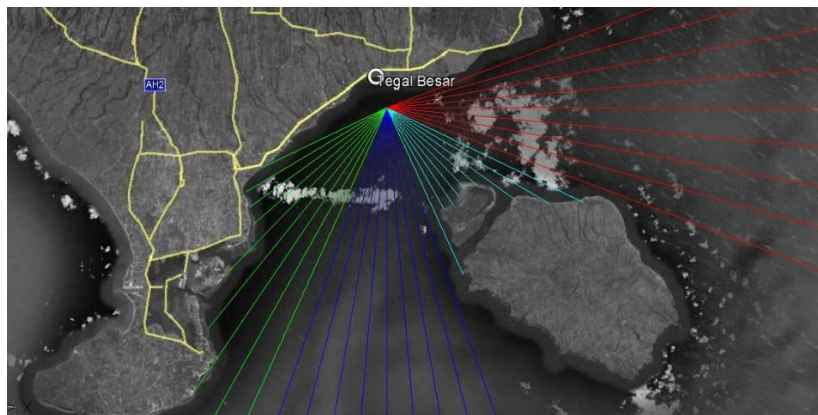
Sumber : Hasil Analisis dengan WR Plot-view



Gambar 4. 1 Windrose Pantai Tegal Besar
Sumber : Hasil Analisis WR Plot-view

2. Perhitungan fetch efektif, pembentukan gelombang oleh angin diukur dari jarak potensial pembentukan gelombang antara lokasi studi dengan pulau-pulau

yang menghadapnya. Gambar fetch masing-masing arah Pantai Tegal Besar dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 4. 2 Fetch Pantai Tegal Besar
Sumber : Hasil Analisis, 2018

Hasil perhitungan fetch efektif dapat dilihat pada tabel 4.2 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° :

$\alpha = -20^{\circ}$

Fi (gambar) = 99372.504

Skala gambar = 1: 1000

Sehingga :

Fi (km) = Fi (gambar) / Skala gambar

= $99372.504 / 10000 = 99.37$ km

$\cos \alpha = 0.939$

Fi x $\cos \alpha = 99.37 \times 0.939 = 93.31$ km

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

$$\sum xi . \cos \alpha = 654.69 \text{ km}$$

$$\sum \cos \alpha = 8.768$$

Nilai tersebut diatas dimasukkan ke persamaan diatas 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 4.2 berikut ini

Tabel 4. 2 Fetch efektif Pantai Tegal Besar

No	Arah	Sudut (α)	Fi (skala gambar)	Fi (Km)	$\cos \alpha$	Fi $\cos \alpha$	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

3. 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 :

$U_3 = U_{max} \cdot 0.51444$ (konversi knot ke m/s)

= $21 \times 0.51444 = 10.80$ m/s

$U_{10} = U_3 \times \left(\frac{10}{3}\right)^{1/7}$

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

$U = 1.1 \times 1.09 \times U_{10}$

= $1.1 \times 1.09 \times 12.83 = 15.53$ m/s

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

= $0.71 \times 15.38^{1,23} = 20.8$ m/s

Hasil perhitungan peramalan gelombang berikutnya dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 4. 3 Peramalan gelombang terbatas durasi (*duration limited*)

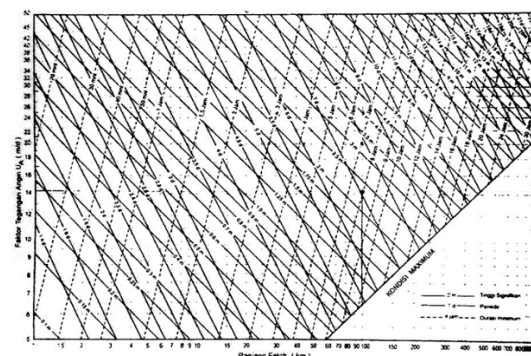
No	Tahun	Arah	U_{max} (knot)	U_3 (m/s)	U_{10} (m/s)	U (m/s)	U_A (m/s)	F_{eff} (km)	T_d (jam)	H_s (m)	T_s (d)
1	1996	SW	21	10.80	12.83	15.38	20.48	59.04	4	2.20	6.00
2	1997	SW	23	11.83	14.05	16.85	22.91	59.04	4	2.35	6.10
3	1998	SE	23	11.83	14.05	16.85	22.91	13.40	4	2.35	6.10
4	1999	SW	26	13.38	15.89	19.05	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 di desain untuk suatu umur rencana tertentu dimana bangunan dapat

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 4. 7 Grafik peramalan gelombang (Bambang Triatmodjo, 1999, Teknik Pantai)

Dari grafik 4.6 diatas, berdasarkan $U_A = 20$. 8 dan $T_d = 4$ jam diperoleh nilai-nilai sebagai berikut:

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

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

kemudiandari ketiga perhitungan tersebut digunakan berdasarkan koefisien korelasi.

Koefisien korelasi mengukur kecocokan terbaik (*goodness of fit*).

Tabel 4. 4 Rekap 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

Berdasarkan hasil perhitungan periode gelombang dengan berbagai metode tersebut, digunakan metode yang memiliki 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 fungsi adanya hubungan korelasi linear antar variabel. Sehingga untuk perhitungan selanjutnya digunakan tinggi dan periode gelombang sebagai berikut:

Tabel 4. 5 Tinggi dan periode gelombang berbagai 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 4. 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 4. 7 Transformasi gelombang di Pantai Tegal Besar

d (m)	d/Lo	d/L	$\tanh \frac{2\pi d}{L}$	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 4. 8 Nilai elevasi pasang surut Pantai Tegal Besar

No	Elevasi	Nilai (m)
1	HWL (<i>High Water Level</i>)	2.930
2	MSL (<i>Mean Sea Level</i>)	1.465
3	LWL (<i>Low Water Level</i>)	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 :

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

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 :

$$\begin{aligned} \text{Tinggi gelombang (Hs)} &: 1.47 \text{ m} \\ \text{Slope Bangunan} &: 2.0 (1 : 2.0) \\ \text{Bj. Batu (pr)} &: 2200 \text{ kg/m}^3 \\ &(\text{berat jenis batu andesite quarry Kubus}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Bj. Air laut (pw)} &: 1024 \text{ kg/m}^3 \\ \text{Koef. Kestabilan (Kd)} &: 1.9 \\ &(\text{kestabilan batu bulat dengan kemiringan 1:2} \\ &\text{pemasangan 2 lapis}) \end{aligned}$$

Perhitungan:

$$S_r = \frac{pr}{pw} = 2.146$$

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

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

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 4. 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)

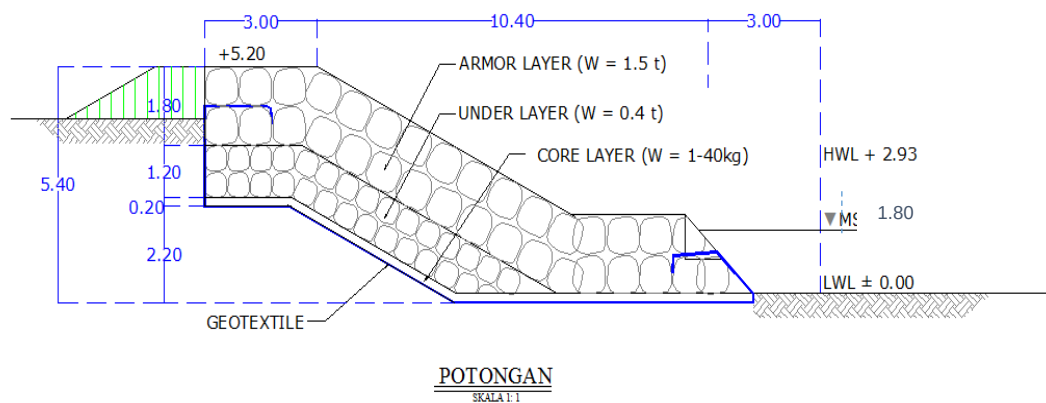
Tinggi toe protection (t) adalah $= 2r = 0.9 \times 2 = 1.8 \text{ m}$

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 4. 14 Tipikal rencana revetment Pantai Tegal Besar

5. KESIMPULAN

Perencanaan revetment pantai Tegal Besar berdasarkan analisis angin dan gelombang serta pasang surut air laut, maka didapat tipe konstruksi sebagai berikut :

a. Tinggi revetment adalah 5,20 m dari LWL dengan sudut kemiringan bangunan 1:2

b. Pada lapisan utama digunakan batu andesite dengan berat 1500 kg, dan tebal lapisan 1,8 m

c. Pada lapisan kedua digunakan batu andesite dengan berat 375 kg, dan tebal lapisan 1,2 m

- d. Pada Lapisan Pengisi digunakan batu andesite dan geotextile dengan berat 15 kg, dan tebal lapisan 2,2 m
- e. Lebar Puncak Revetment ialah 1,97 m dan elevasi puncak revetment 5,2 m
- f. Tinggi toe protection adalah 1,8 m dan panjangnya 3,0 m
- g. Total panjang revetment mencapai 750 m.

6. 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