

STUDI PERENCANAAN REVETMENT PADA PANTAI PEKUTATAN DI KABUPATEN JEMBRANA BALI

Firmansyah Adhy Wijaksana, Eko Noerhayati

E-mail : vrman_adhy_w@yahoo.com

ABSTRAKS

Indonesia adalah negara kepulauan yang mempunyai lebih dari 17.000 pulau dan wilayah kawasan pantai panjangnya mencapai 80.000 km atau keliling bumi dan khatulistiwa. Kawasan pantai di Indonesia sangatlah luas dan sering dimanfaatkan sebagai tempat kegiatan manusia terutama kawasan pariwisata. Aktifitas manusia dan kegiatan pembangunan di daerah pantai serta faktor alam seperti gelombang, pasang surut, dan arus dapat menimbulkan dampak negatif di daerah pantai dengan erosi dan sedimentasi pantai. Erosi pantai dapat menimbulkan mundurnya garis pantai serta rusaknya berbagai fasilitas di daerah tersebut. Oleh karena itu, perlu dilakukan perlindungan terhadap pantai terutama pantai yang lebih sering mengalami erosi. Pantai Pekutatan merupakan salah satu pantai yang terletak di Kabupaten Jembrana Bali dan salah satu objek wisata yang sedang berkembang dengan pariwisata penginapan dan pemandangan pantainya. Kawasan Pantai Pekutatan mengalami erosi yang berdampak pada perkebunan dan fasilitas umum, guna mengantisipasi pengikisan tersebut dengan merencanakan bangunan pengaman pantai yaitu *revetment* yang di harapkan mampu menahan dan menyerap gelombang yang terjadi. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui ketinggian gelombang di Pantai Pekutatan kemudian merencanakan secara teknis bangunan pelindung pantai Pantai Pekutatan serta menghitung stabilitas guling dan geser bangunan yang direncanakan. Dalam merencanakan *revetment* diperlukan data angin, data pasang surut, dan peta bathimetri. Berdasarkan analisa data menggunakan metode *Fisher-Tippett Type I* tersebut kemudian dapat digunakan untuk merencanakan dimensi *revetment* yang sesuai dengan kondisi lokasi. Dari hasil perhitungan data diperoleh gelombang pecah yang terjadi di kedalaman 6,107 m dengan tinggi gelombang 5,453 m. *Revetment* dibangun pada elevasi $\pm 0,00$ m dimana berdasarkan analisa data berarti gelombang yang terjadi adalah gelombang telah pecah, sehingga dimensi bangunan diperoleh dengan tinggi 5,90 m, lebar puncak 4,32 m, dengan kemiringan bangunan 1:1,5 dan panjang *revetment* adalah 120 m. *Revetment* yang dibangun terdiri dari 3 lapis yang menggunakan bahan utama adalah batu pecah.

Kata Kunci : Erosi, Bangunan pelindung pantai, Gelombang, *Revetment*.

Identifikasi Masalah

- 1 Kekuatan hempasan gelombang yang mengakibatkan terjadinya transport sedimen (erosi)
- 2 Garis pantai pada saat ini sudah mendekati fasilitas pariwisata dan perkebunan, sehingga fasilitas tersebut rentan terhadap serangan gelombang pasang.
- 3 Daerah pantai pekutatan tidak memiliki bangunan pelindung pantai.

Rumusan Masalah

- 1 Berapa tinggi maksimal gelombang yang terjadi pada lokasi studi perencanaan ?
- 2 Bagaimanakah bentuk perencanaan konstruksi *revetment* untuk bangunan pelindung pantai Pekutatan ?
- 3 Berapa stabilitas guling dan geser bangunan *revetment* dan apakah memenuhi syarat stabilitas ?

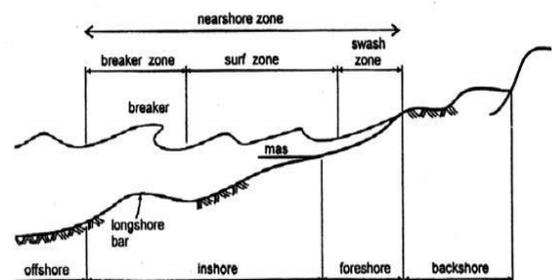
TINJAUAN PUSTAKA

Definisi Pantai

Ada dua istilah tentang kepantaian dalam bahasa Indonesia yang sering rancu dalam pemakaiannya, yaitu pesisir (*coast*) dan pantai (*shore*). Pesisir adalah daerah darat di tepi laut yang masih mendapat pengaruh laut seperti pasang surut, angin laut, dan perembesan air laut. Sedang pantai adalah daerah di tepi perairan yang dipengaruhi oleh air pasang tertinggi dan air surut terendah.

Beberapa definisi pantai dibagi dalam beberapa bagian daerah yang berkaitan dengan karakteristik gelombang di daerah sekitar pantai. (sumber : Bambang Traimojo,1999 : 3)

- *Breaker Zone*
Daerah dimana gelombang yang datang dari laut mencapai ketidak stabilan dan pecah.
- *Suift Zone*
Daerah yang terbentang antara bagian dalam dari gelombang pecah dan batas naik turunnya gelombang di pantai.
- *Swash Zone*
Daerah yang dibatasi oleh garis batas tertinggi naiknya gelombang dan batas terendah turunnya gelombang di pantai.
- *Offshore*
Daerah dari garis gelombang pecah ke arah laut.
- *Inshore*
Daerah antara *offshore* dan *foreshore*.
- *Backshore*
Daerah yang dibatasi oleh *foreshore* dan garis pantai yang terbentuk pada saat terjadi gelombang badai bersamaan dengan muka air tinggi.
- *Foreshore*
Daerah yang terbentang dari garis pantai pada saat muka air rendah sampai batas dari *uprush* pada saat air pasang tinggi

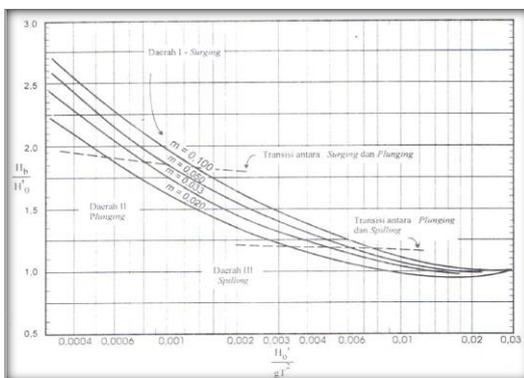


Gambar 3. Definisi Dan Karakteristik Gelombang di Daerah pantai. (Bambang Triatmojo,1999:3)

Gelombang

Gelombang yang merambat dari laut dalam menuju pantai mengalami perubahan bentuk karena pengaruh perubahan kedalaman laut. Berkurangnya kedalaman laut menyebabkan semakin berkurangnya panjang gelombang dan bertambahnya tinggi gelombang. Pada saat kemiringan gelombang (perbandingan antara tinggi dan panjang gelombang) mencapai batas maksimum, gelombang akan pecah. Karakteristik gelombang setelah pecah berbeda dengan sebelum pecah. Gelombang yang pecah tersebut merambat terus ke arah pantai sampai akhirnya gelombang bergerak naik dan turun pada permukaan pantai (*uprush* dan *downrush*).

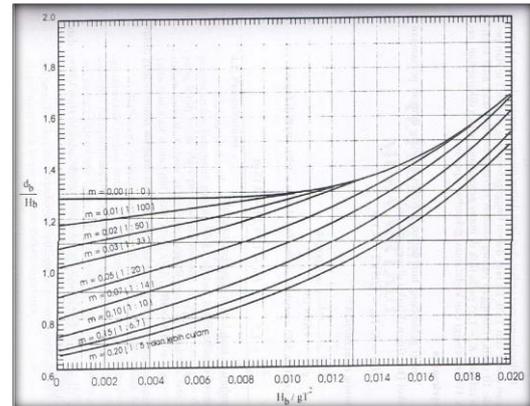
Penentuan tinggi gelombang pecah dan kedalamannya pada umumnya didasarkan pada grafik yang berlaku dalam CERC 1984 membuktikan bahwa H_b/H_o dan D_b/H_o tergantung pada kemiringan gelombang. Gambar 4 adalah grafik yang dibuat goda tentang penentuan tinggi gelombang pecah yang memberikan hubungan H_b/H_o dan H_o/gT^2 .



Gambar 4 Grafik Penentuan Tinggi Gelombang Pecah (H_b) (Sumber: Bambang Triatmojo, 1999:96)

Gambar 5 adalah grafik dibuat Wiegel yaitu untuk menentukan kedalaman

gelombang pecah yang memberikan antara d_b/H_b dan H_b/gT^2 .



Gambar 5 Grafik Penentuan Kedalaman Gelombang Pecah (D_b) (Sumber: Bambang Triatmojo, 1999:97)

Pasang Surut

Pasang surut adalah fluktuasi muka air laut karena adanya gaya tarik benda-benda di langit, terutama matahari dan bulan terhadap massa air laut di bumi. Meskipun massa bulan jauh lebih kecil dari massa matahari, tetapi karena jaraknya terhadap bumi jauh lebih dekat, maka pengaruh gaya tarik bulan terhadap bumi jauh lebih besar daripada pengaruh gaya tarik matahari. Pengetahuan tentang pasang surut adalah penting didalam perencanaan bangunan pantai dan pelabuhan. Elevasi muka air tertinggi (pasang) dan terendah (surut) sangat penting untuk merencanakan bangunan-bangunan tersebut. (Sumber: Bambang Triatmojo, 1999:115).

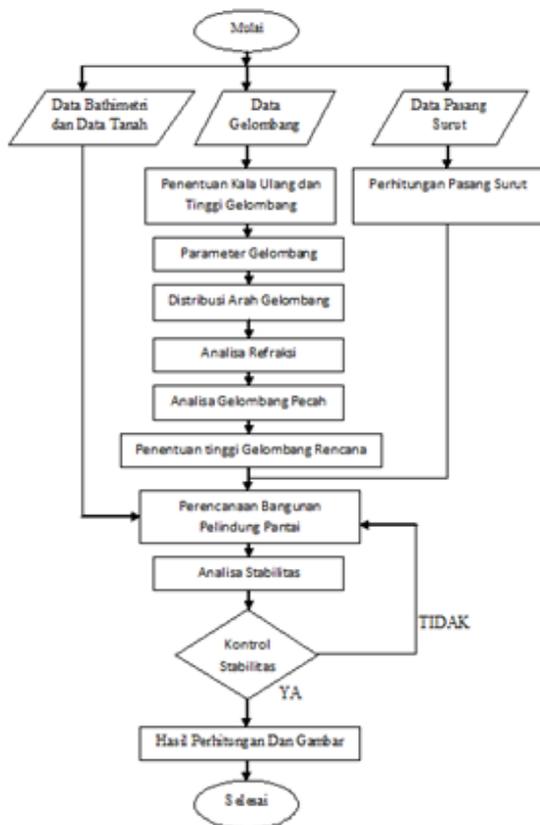
Pembentukan Gelombang Oleh Angin

Angin yang berhembus di atas permukaan air akan memindahkan energinya ke air. Kecepatan angin akan menimbulkan tegangan pada permukaan laut, sehingga permukaan air yang semula tenang akan terganggu dan timbul riak gelombang kecil di atas permukaan air. Apabila kecepatan angin bertambah, riak tersebut akan semakin besar, dan apabila angin berhembus

terus akhirnya akan terbentuk gelombang. Semakin lama dan semakin kuat angin berhembus, semakin besar gelombang terbentuk. Tinggi dan perioda gelombang yang dibangkitkan dipengaruhi oleh angin yang meliputi kecepatan angin U , lama hembusan angin D , arah angin dan fetch F . (Sumber : Bambang Triatmodjo, 1999 : 149)

METODOLOGI PENELITIAN

Berikut ini bagan alir metodologi penelitian.



Gambar 6 Flow Chart Perencanaan Revetment

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penentuan Kala Ulang Dan Tinggi Gelombang

Di dalam perencanaan bangunan pantai revement ini memakai data gelombang dengan kala ulang 10 tahun dengan metode Fisher Tippett Type 1 untuk mendapatkan nilai tinggi gelombang signifikan (H_s) :

Tabel 1 Tinggi Gelombang Maksimum Tahunan :

No.	Tahun	Bulan	Hs (m)
1	2004	Februari	4,73
2	2005	November	3,98
3	2006	Oktober	4,36
4	2007	Januari	4,73
5	2008	Oktober	2,55
6	2009	Januari	4,36
7	2010	Januari	3,62
8	2011	November	3,98
9	2012	Februari	3,62
10	2013	Januari	4,73

Adapun hitungan tinggi gelombang dengan beberapa periode ulang dengan menggunakan metode Fisher – Tippett Type 1. Contoh perhitungan dipakai data gelombang tertinggi pada tahun 2004 samapai 2013 dari tabel 3.1 pada bulan Februari dengan nilai Hsm 4,73 m.

Tabel 2 Hitungan Gelombang Dengan Periode Ulang

No Urut	Hsm (m) (')	P (Hs ≤ Hsm)	ym (m)	Hsm . ym (m²)	ym² (m²)	(Hsm - H̄sm)² (m)	H̄sm (m)	Hsm - H̄sm (m)
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	4,73	0,94	2,78	13,15	7,73	0,441	5,214	-0,484
2	4,73	0,85	1,82	8,61	3,31	0,441	4,724	0,006
3	4,73	0,75	1,24	5,86	1,54	0,441	4,428	0,302
4	4,36	0,65	0,84	3,66	0,71	0,086	4,224	0,136
5	4,36	0,55	0,51	2,22	0,26	0,086	4,056	0,304
6	3,98	0,45	0,22	0,87	0,05	0,007	3,908	0,072
7	3,98	0,35	-0,05	-0,19	0,002	0,007	3,821	0,159
8	3,62	0,25	-0,33	-1,19	0,109	0,199	3,628	-0,008
9	3,62	0,15	-0,64	-2,32	0,41	0,199	3,470	0,150
10	2,55	0,05	-1,1	-2,80	1,21	2,298	3,235	-0,685
Σ	40,66	5,00	5,29	27,87	15,331	4,205		
Rata-Rata	4,066	0,50	0,529	2,787	1,5331	0,4205		

(*) Sumber data dari BMKG () Sumber Perhitungan

Kemudian dilanjutkan dengan menghitung tabel gelombang dengan periode ulang tertentu. Dari perhitungan pada tabel 3.2, didapat beberapa parameter berikut:

$$N = 10 \quad ; \quad \bar{H}_{sm} = 4,066 \text{ m}$$

$$N_T = 10 \quad ; \quad k = 10$$

$$V = \frac{N}{N_T} = \frac{10}{10} = 1 \quad ; \quad \bar{y}_m = 0,529$$

Selanjutnya untuk hasil perhitungan gelombang dengan periode ulang tertentu yang lain dapat di tabelkan sebagai berikut :

Tabel 3 Tinggi Gelombang Dengan Periode Ulang Tertentu

Periode Ulang	Yr	Hsr	Σnr	Σr	Hs ekstrim (Hsr - 1,28.σr)	Hs ekstrim (Hsr + 1,28.σr)
(th)	(th)	(m)			(m)	(m)
1	2	3	4	5	6	7
2	0,3665	3,983	0,164	0,1122	3,839	4,126
4	1,2459	4,431	0,558	0,3458	3,988	4,874
6	1,7020	4,664	0,762	0,5208	3,997	5,331
8	2,0134	4,823	0,901	0,6161	4,034	5,611
10	2,2504	4,944	1,007	0,6885	4,062	5,825

(Sumber: Hasil Perhitungan)

Perhitungan Parameter Gelombang

Parameter gelombang di laut dalam dapat dihitung dengan menggunakan persamaan . diketahui tinggi gelombang signifikan dengan periode ulang 10 tahun (Hs ekstrim) adalah 5,825 m, maka :

$$H_s \text{ ekstrim} = 0,0056.U^2$$

$$U = \sqrt{\left(\frac{H_s \text{ ekstrim}}{0,0056}\right)}$$

$$= \left(\frac{H_s \text{ ekstrim}}{0,0056}\right)^{1/2}$$

$$= \left(\frac{5,825}{0,0056}\right)^{1/2}$$

$$U = 32,252 \text{ knot}$$

$$T = 0,33.U$$

$$= 0,33.(32,252) = 10,643 \text{ detik}$$

Distribusi Arah Gelombang

Distribusi arah gelombang dilakukan dengan cara meninjau gelombang yang terjadi suatu tempat dari berbagai arah. Arah yang ditinjau biasanya hanya beberapa arah saja dengan interval 45°. Arah gelombang

disesuaikan dengan urutan arah mata angin, yaitu : Utara, Timur Laut, Tenggara, Selatan, Barat Daya, Barat, Barat Laut. Adapun berdasarkan data di lapangan arah angin yang mengakibatkan gelombang dominan yang terjadi di pantai pekutatan datang dari arah barat laut dengan sudut (α_0) = 50° terhadap garis kontur normal pantai.

Penentuan Tinggi Gelombang Rencana

Untuk menentukan tinggi gelombang rencana dilokasi bangunan pelindung pantai yang terletak pada elevasi $\pm 0,00$ m, hal yang perlu diperhitungkan adalah perubahan gelombang dilokasi bangunan. Perubahan gelombang adalah perubahan yang di akibatkan adanya peristiwa refraksi dan pendangkalan gelombang (*Wave shoaling*) tinggi gelombang ekstrim (H_s ekstrim,) adalah tinggi gelombang dengan periode tertentu, yang berada di laut dalam dan merupakan tinggi gelombang pertama yang menjalar ke lokasi pengaman pantai, adapun nilai H_s ekstrim berdasarkan perhitungan sebelumnya yaitu 5,825 m, sehingga tinggi gelombang dilokasi bangunan pengaman pantai yang terletak di elevasi $\pm 0,00$ m adalah sebagai berikut :

$$\alpha_0 = 50^\circ$$

$$T = 10,643 \text{ detik}$$

Selanjutnya hasil perhitungan tinggi gelombang rencana di tabelkan pada tabel 3.4 sebagai berikut :

Tabel 4 Tinggi Gelombang Rencana

D (m)	$\frac{d}{L_0}$	$\frac{d}{L}$	Ks	L (m)	C (m/dt)	α o	Kr	Hr (m)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
Laut				176,71	16,60	50		5,825
Dalam								
20	0,1132	0,15218	0,924	131,42	12,35	34,75	0,883	4,752
15	0,0849	0,12773	0,948	117,43	11,03	30,60	0,864	3,892
10	0,0566	0,10132	1,001	98,70	9,27	25,34	0,843	3,284
9	0,0509	0,09520	1,019	94,34	8,88	24,20	0,840	2,811
7	0,0400	0,08329	1,064	84,04	7,90	21,35	0,831	2,485
5	0,0283	0,06878	1,141	72,69	6,83	18,36	0,823	2,333
4	0,0226	0,06200	1,189	64,32	6,06	16,26	0,818	2,269
3	0,0170	0,05296	1,271	56,65	5,32	14,18	0,814	2,342
1,38	0,0078	0,03553	1,521	38,84	3,65	9,67	0,807	2,878

(Sumber : Hasil Perhitungan)

Analisa Run-up Gelombang

perhitungan analisa *Run-up* gelombang di gunakan bilangan *Irribaren*

$$L_0 = 176,71 \text{ m}$$

$$H_r = 2,878 \text{ m}$$

Rumus mencari bilangan *Irribaren* (persamaan 2.30):

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

$$\text{Sehingga : } I_r = \frac{tg\theta}{\left(\frac{H}{L_0}\right)^{0,5}} = \frac{1/1,5}{\left(\frac{2,878}{176,71}\right)^{0,5}} = 3,03$$

Dengan menggunakan grafik pada gambar 2.15 dihitung nilai Run-up. Untuk nilai $\frac{R_u}{H_r}$ pada grafik run-up gelombang diambil posisi pada batu pecah.

$$\frac{R_u}{H_r} = 1,10 \text{ Sehingga :}$$

$$R_u = 1,10 \times H_r$$

$$= 1,10 \times 2,878 = 3,166 \text{ m}$$

Perhitungan Elevasi Muka Air Rencana

Elevasi muka air rencana dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$DWL = HWL + Sw$$

Dimana :

DWL : Elevasi muka air rencana

Sw : *Wave set-up*

a. *Wave set-up*

Untuk perhitungan *wave set-up* digunakan data dari perhitungan gelombang rencana (*Bambang Triatmodjo 2011 : 94*) dimana, $H_b = 5,453 \text{ m}$, $T = 10,643 \text{ detik}$.

Maka besar *wave set-up* adalah:

$$Sw = 0,19 \left[1 - 2,82 \sqrt{\frac{H_b}{g \cdot T^2}} \right] H_b$$

$$= 0,19 \left[1 - 2,82 \sqrt{\frac{5,453}{9,81 \cdot 10,643^2}} \right] 5,453 = 0,829 \text{ m}$$

Sehingga diperoleh elevasi muka air rencana:

$$DWL = HWL + Sw$$

$$DWL = 1,38 + 0,829 = 2,209 \text{ m}$$

Perhitungan Elevasi Mercu Revetment

Elevasi puncak revetment ditentukan berdasarkan tinggi run-up, kemiringan sisi bangunan revetment, elevasi muka air rencana jagaan. Adapun perhitungannya sebagai berikut:

$$\text{Elevasi puncak} = DWL + Ru + Fb$$

$$= 2,209 + 3,166 + 0,5$$

$$= 5,875 \text{ m} \approx 5,90 \text{ m}$$

Perhitungan Lapis Lindung

Berat Lapis Lindung

a. Lapis pelindung luar

$$W = \frac{\gamma_r \cdot H r^3}{K_D \cdot (S_r - 1)^3 \cot \theta} \text{ dimana } S_r = \frac{\gamma_r}{\gamma_a}$$

$$W_1 = \frac{2,6 \cdot 2,878^3}{2 \cdot \left(\frac{2,6}{1,03} - 1\right)^3 \cdot 1,5} = 5,84 \text{ ton} = 5840 \text{ kg}$$

Tebal lapis lindung

$$(t_1): t_1 = n \cdot K_\Delta \left[\frac{W}{\gamma_r} \right]^{1/3}$$

$$\rightarrow t_1 = 2 \cdot 1,15 \left[\frac{5,84}{2,6} \right]^{1/3} = 3,01 \text{ m}$$

b. Lapis lindung kedua:

$$W_2 = \frac{W}{10} = \frac{5,84}{10} = 0,584 \text{ ton} = 584 \text{ kg}$$

Tebal lapis lindung kedua:

$$t_2 = n \cdot K_\Delta \left[\frac{W}{\gamma_r} \right]^{1/3}$$

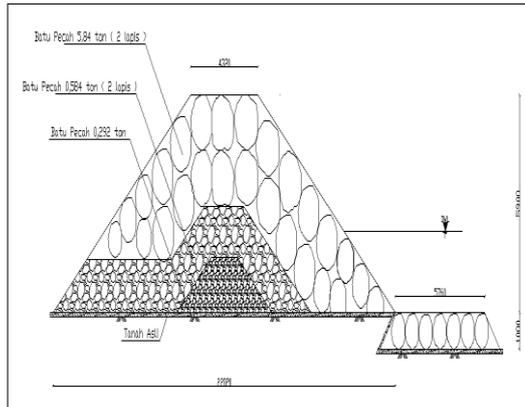
$$t_2 = 2 \cdot 1,15 \left[\frac{0,584}{2,6} \right]^{1/3} = 1,40 \text{ m}$$

c. Lapis *core layer*:

$$W_3 = \frac{W_1}{200} = \frac{5,84}{200} = 0,0292 \text{ ton} = 29,2 \text{ kg}$$

Lebar Puncak Revetment

$$B = n \cdot K_\Delta \left[\frac{W}{\gamma_r} \right]^{1/3} \rightarrow B = 3,1,10 \left[\frac{5,84}{2,6} \right]^{1/3} = 4,32 \text{ m}$$



Gambar 7. Dimensi Revetment (Sumber:Hasil Perhitungan)

Perhitungan Gaya Dan Momen

Tabel 5 Perhitungan Gaya Dan Momen Yang Terjadi

GAYA	LUAS (m ²)	w (t/m)	H (ton)	LENGAN (m)	MV (ton)	MH (tonm)
1	26,11	67,88		16,12	1094,22	
2	12,74	33,13		11,01	364,81	
3	12,74	33,13		11,01	364,81	
4	26,11	67,88		5,9	400,49	
5	0,5	1,3		3,213	4,18	
6	5,76	14,98		0	0,000	
7	0,5	1,3		-3,213m	- 4.18	
Rs			16,32			30,63
Rm			13,37			46,86
Total		221,6	29,69		2224,33	77,49

(Sumber : Hasil Perhitungan)

PENUTUP

Kesimpulan

Dari hasil analisa dan perhitungan data pada skripsi ini dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Tinggi gelombang laut signifikan di lokasi dengan periode 10 tahun ($H_{ekstrim}$) diperoleh 5,825 m,

panjang gelombang di laut dalam adalah 176,71 m dan kecepatan gelombang 10,643 detik.

2. Bangunan yang digunakan untuk pelindung Pantai Pekutatan adalah bangunan revetment dengan pasangan batu pada elevasi $\pm 0,00$ m dengan tinggi gelombang rencana di lokasi bangunan (H_r) = 2,878 m. Diperoleh dimensi bangunan yaitu , elevasi tinggi bangunan 5,90 m, lebar puncak bangunan 4,32 m, sedangkan untuk *toe protection* (pelindung kaki) diperoleh dimensi yaitu , tinggi *toe protection* 1,00 m, lebar *toe protection* 5,76 m.
3. Stabilitas bangunan terhadap guling dan geser yaitu, Stabilitas guling = $7,24 \geq 1,5$ (Aman), dan Stabilitas geser = $4,16 \geq 1,5$ (Aman).

Saran

1. Pemilihan tipe pengaman pantai didasarkan kondisi lokasi dan kemudahan material yang mudah didapat di lokasi.
2. Agar ada tindak lanjut oleh pengambil keputusan untuk menjaga fasilitas dan infrastruktur di sekitar pantai.
3. Untuk kondisi pantai dengan kerusakan yang sangat parah, bangunan pelindung pantai sangat diperlukan, namun memerlukan dana yang cukup besar, sebaiknya untuk mengantisipasi kerusakan lebih baik menggunakan pelindung pantai alami yaitu hutan bakau, berfungsi sebagai pelindung pantai dan juga minim biayanya.

DAFTAR PUSTAKA

Abidin, Zainal. 2007, "Perencanaan Pemecah Gelombang Lepas Pantai Dan Bangunan Dinding Pelindung Pantai

Sebagai Alternatif Penanggulangan Abrasi Di Pantai Kalibuntu Kabupaten Probolinggo”, Skripsi Teknik Sipil Universitas Islam Malang. Malang.

Burhan Utomo, Basrindu dan Dwi Prasetyo Wibowo. 2008, *”Perencanaan Bangunan Pelindung Pantai Tambak Mulyo Semarang”*, Tugas Akhir Teknik Sipil Universitas Diponegoro. Semarang.

Esti Lestari, Ni Putu Novi, 2011, *”Perencanaan Revetment Menggunakan Tumpukan Bronjong Di Pantai Medewi Jembrana”* Jurnal Teknik Sipil Universitas Warmadewa.

Kementerian Pekerjaan Umum. 1987, *”Pedoman Perencanaan Pembebanan*

Rumah dan Gedung”, Kementerian Pekerjaan Umum.

Triatmojo, B. 1999, *”Teknik Pantai “*, Beta Offset. Yogyakarta.

Triatmojo, B. 2011, *”Perencanaan Bangunan Pantai Edisi 1”*, Beta offset. Yogyakarta.

Yuwono, Nur. 1982, *”Teknik Pantai Volume I”*, Biro Penerbit Keluarga Mahasiswa Teknik Sipil Fakultas Teknik UGM. Yogyakarta.