

PERENCANAAN BANGUNAN PENGAMANAN PANTAI PADA DAERAH PANTAI MANGATASIK KECAMATAN TOMBARIRI KABUPATEN MINAHASA

Leonardo Lalenoh

J. D. Mamoto, A. K. T. Dundu

Fakultas Teknik Jurusan Sipil Universitas Sam Ratulangi Manado

Email: lalenoh_leonardo@yahoo.com

ABSTRAK

Pantai Mangatasik yang terletak di Kecamatan Tombariri Kabupaten Minahasa adalah satu kawasan wisata yang ramai dikunjungi oleh wisatawan bukan hanya masyarakat Sulawesi Utara tetapi juga oleh wisatawan dari luar negeri. Hal ini dibuktikan dengan mulai adanya pembangunan home stay/cottage di kawasan pantai ini. Namun Pantai Mangatasik ternyata sudah mulai terancam erosi pantai yang dipengaruhi oleh gelombang. Bila dibiarkan maka lama-kelamaan keadaan ini akan menyebabkan dampak yang negatif yaitu rusaknya pantai yang indah dan juga mengganggu akan aktifitas keseharian masyarakat karena terputusnya jalan transportasi yang menghubungkan Mangatasik dengan desa Poopoh, Teling, Kumu dan Rap Rap. Untuk melindungi pantai Mangatasik dari erosi pantai dan gelombang air laut, maka dibangun bangunan pelindung pantai.

Hal-hal yang diperlukan dalam perencanaan yaitu ketersediaan data primer dan data sekunder. Data-data sekunder tersebut antara lain : data angin dengan periode ulang 10-100 tahun, dan data pasang surut. Kemudian data tersebut di analisa untuk mendapatkan gelombang rencana dan angkutan sedimen pantai.

Berdasarkan hasil analisa Tugas akhir ini didapatkan perencanaan bangunan pengaman pantai yang digunakan adalah Revetment dengan tinggi 6 meter, lebar puncak 2.72 meter, kemiringan 1 : 2, dan fungsi bangunan untuk mencegah erosi. .

Kata kunci: *Pantai Mangatasik, Gelombang, Pengaman Pantai.*

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Pantai Mangatasik terletak di Kecamatan Tombariri Kabupaten Minahasa. Secara geografis Kabupaten Minahasa, terletak pada 1° 01'11''-1°20'25'' LU dan 124° 54'45''-125° 04' 21'' BT dengan ibukota kabupatennya adalah Kota Tondano. Kabupaten Minahasa mempunyai luas wilayah 1125.77 km². Sebagian besar wilayah Kabupaten Minahasa memiliki topografi bergunung yang membentang dari utara ke selatan. Adapun batas-batasnya adalah sebagai berikut:

- Sebelah Utara dengan Kabupaten Minahasa Utara;
- Sebelah Timur dengan Laut Maluku;
- Sebelah Selatan dengan Kabupaten Minahasa Selatan;
- Sebelah Barat dengan Laut Sulawesi

Pantai Mangatasik pada umumnya adalah tempat untuk berwisata bagi penduduk lokal karena mempunyai pantai yang indah, namun dengan hasil pengamatan di lokasi studi akibat

dari himpasan gelombang laut dan transport sedimen mengakibatkan terjadinya erosi. Erosi yang terjadi di Pantai Mangatasik mengakibatkan adanya perubahan fisik yaitu kemunduran garis pantai dan juga mengganggu akan aktifitas keseharian masyarakat yang tinggal di sekitar pantai. Pada daerah studi ini, permasalahan tersebut tentunya membutuhkan penanganan yang khusus yaitu dengan membuat bangunan pengaman pantai (*groin, jetty, revetment, seawall, breakwater*), tetapi juga perlu suatu pemahaman dan ketelitian yang mendalam dalam pemilihan desain pelindung pengaman pantai yang sesuai dengan masalah yang terjadi di pantai yang akan di jadikan studi penelitian.

Pemilihan desain pengaman pantai yang sesuai tentunya akan sangat membantu untuk mencegah dan meminimalisir kemungkinan terjadi adanya abrasi dan erosi yang lebih besar pada daerah pantai akibat diterjang gelombang. Pemilihan desain pengaman pantai yang sesuai dan desain yang tepat terhadap bangunan pengaman pantai adalah suatu hal yang sangat

diperlukan sesuai dengan kebutuhan daerah kawasan pantai tersebut.

Rumusan Masalah

Gelombang dan arus laut yang menyebabkan terjadinya erosi dan abrasi di Pantai Mangatasik. Dengan demikian, membutuhkan penanganan yang khusus yaitu dengan membuat bangunan pengaman pantai yang tepat dilokasi studi yang telah mengalami masalah akibat gelombang laut.

Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin di capai dari penulisan tugas akhir ini yaitu:

- Mendapatkan jenis desain bangunan pengaman pantai yang sesuai dengan kebutuhan permasalahan lokasi studi.
- Membuat perencanaan bangunan pengaman pantai di daerah pantai Mangatasik.

Batasan Masalah

Dalam tugas akhir ini maka di batasi permasalahan:

- Data-data yang diperlukan seperti : *Data Karakteristik Gelombang, Data Pasang Surut, Peta Bathimetri* diambil sesuai dengan penelitian sebelumnya.
- Perencanaan bangunan pengaman pantai hanya sampai pada perhitungan dimensi bangunan dan tidak sampai pada perhitungan strukturnya.
- Tidak memperhitungkan biaya perencanaan (RAB) dan perhitungan volume pekerjaan (BOQ) untuk pembuatan pengaman bangunan pelindung pantai.

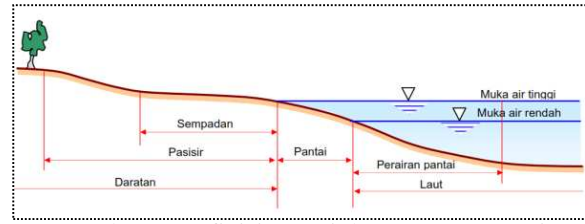
Manfaat Penelitian

- Memberikan pemahaman mengenai bangunan pengaman pantai yang sesuai dengan permasalahan yang terjadi di lokasi Pantai Mangatasik.
- Untuk mengetahui pengaruh-pengaruh pembuatan bangunan pengaman pantai di daerah lokasi studi.
- Sebagai bahan referensi dalam mempelajari mengenai bangunan pengaman pantai.

LANDASAN TEORI

Definisi Pantai

Istilah pantai sering rancu dalam pemakaiannya yaitu antara *coast* (pesisir) dan *shore* (pantai).



Gambar 1. Definisi Pantai dan Batasan Pantai

Sumber : <http://eprints.undip.ac.id/>

Angin

Angin merupakan sirkulasi yang kurang lebih sejajar dengan permukaan bumi. Angin terjadi akibat adanya perubahan ataupun perbedaan suhu antara suatu tempat dengan tempat yang lain. Dalam perhitungan ini digunakan kecepatan angin maksimum, dimaksudkan agar dapat diperoleh kondisi-kondisi gelombang yang ekstrim. Angin maksimum yang digunakan, terlebih dahulu dikoreksi untuk mendapatkan factor stress-angin (*wind-stress fator*). Koreksi-koreksi tersebut adalah:

✚ Koreksi Elevasi

Kecepatan angin yang digunakan adalah kecepatan angin yang diukur pada elevasi 10 meter. Jika data angin didapat dari pengukuran pada elevasi yang lain (misalnya y meter), maka dapat dikonversi dengan persamaan :

$$U_{(10)} = U(y) \left(\frac{10}{y} \right)^{\frac{1}{7}} \dots\dots\dots(1)$$

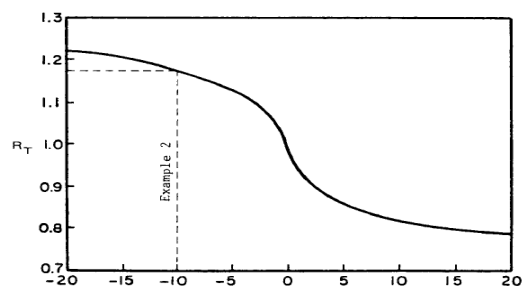
Dimana : $U_{(10)}$ = Kecepatan angin pada ketinggian 10 m.

y = Ketinggian pengukuran angin (y < 20 m)

✚ Koreksi Stabilitas

Koreksi ini diperlukan, jika terdapat perbedaan temperatur antara udara dan air laut. Besarnya koreksi dilambangkan dengan R_T , dimana :

$U = R_T \times U_{10}$,Jika tidak terdapat perbedaan data temperature, maka $R_T = 1.1$

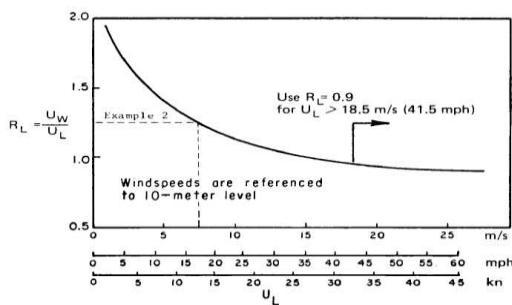


Gambar 2. Faktor koreksi beda suhu di laut dan di darat.(Sumber : SPM' 84)

Koreksi Lokasi Pengamatan

Jika data angin yang dimiliki adalah data angin pengukuran di darat, perlu dilakukan koreksi untuk mendapatkan nilai kecepatan di laut. Faktor koreksi dilambangkan dengan R_L , yang nilainya disajikan Gambar 2. Di dalam gambar tersebut, U_w adalah kecepatan angin di atas laut, sedangkan U_L adalah kecepatan angin di darat. Apabila data kecepatan angin disuatu perairan memerlukan penyesuaian atau koreksi terhadap elevasi, koreksi stabilitas dan efek lokasi maka dapat digunakan persamaan:

$$U = R_T \times R_L \times U_{10} \dots \dots \dots (2)$$



Gambar 3. Hubungan antara kecepatan angin di laut dan di darat
Sumber : SPM'84

Gelombang

Gelombang laut adalah satu fenomena alam yang sering terjadi di laut. Gelombang laut merupakan peristiwa naik turunnya permukaan laut secara vertikal yang membentuk kurva/grafik sinusoidal.

Gelombang Pecah

Jika gelombang menjalar dari tempat yang dalam menuju ke tempat yang makin lama makin dangkal, pada suatu lokasi tertentu gelombang tersebut akan pecah. Kondisi gelombang pecah tergantung pada kemiringan dasar pantai dan kecuraman gelombang. Tinggi gelombang pecah dapat dihitung dengan rumus berikut ini.

$$\frac{H_b}{H'_0} = \frac{1}{3.3 \left(\frac{H'_0}{L_0}\right)^{1/3}} \dots \dots \dots (3)$$

Kedalaman air di mana gelombang pecah diberikan oleh rumus berikut:

$$\frac{d_b}{H_b} = \frac{1}{b - \left(\frac{aH_b}{gT^2}\right)} \dots \dots \dots (4)$$

dimana a dan b merupakan fungsi kemiringan pantai m dan di berikan oleh persamaan berikut:

$$a = 43,75(1 - e^{-19m}) \dots \dots \dots (5)$$

$$b = \frac{1,56}{(1 + e^{-19,5m})} \dots \dots \dots (6)$$

dengan,

- H_b : tinggi gelombang pecah
- H'_0 : tinggi gelombang laut dalam ekivalen
- L_0 : panjang gelombang di laut dalam
- d_b : kedalaman air pada saat gelombang pecah
- m : kemiringan dasar laut
- g : percepatan gravitasi
- T : periode gelombang

a. Wave set up

Pada waktu gelombang pecah akan terjadi penurunan elevasi muka air merata terhadap elevasi muka air diam di sekitar lokasi gelombang pecah.

Wave set up di pantai diberikan oleh bentuk berikut:

$$S_w = 0.19 \left(1 - 2.82 \sqrt{\frac{H_b}{gT^2}}\right) H_b \dots \dots \dots (7)$$

b. Run Up

Struktur bangunan pantai juga harus mampu menahan gesekan air laut akibat adanya rayapan gelombang air laut, terutama pada saat badai atau akibat pasang surut.

$$I_r = \frac{tg\theta}{\left(\frac{H}{L_0}\right)^{0.5}} \dots \dots \dots (8)$$

dimana :

- I_r = bilangan Irrabaren
- θ = sudut kemiringan sisi bangunan
- H = tinggi gelombang dilokasi bangunan
- L_0 = panjang gelombang di laut dalam

Tinggi Gelombang Rencana

Langkah-langkah perhitungan tinggi gelombang rencana:

$$UA = 0.71. U^{1,23} \dots \dots \dots (9)$$

$$T = 6,238 \times 10^{-1} (UA.F)^{\frac{1}{3}} \dots \dots \dots (10)$$

$$H_0 = 1.616 \times 10^{-2} UA.F^{\frac{1}{2}} \dots \dots \dots (11)$$

$$L_0 = \frac{gT^2}{2\pi} \dots \dots \dots (12)$$

$$Kr = \sqrt{\frac{\cos a_0}{\cos a_2}} \dots \dots \dots (13)$$

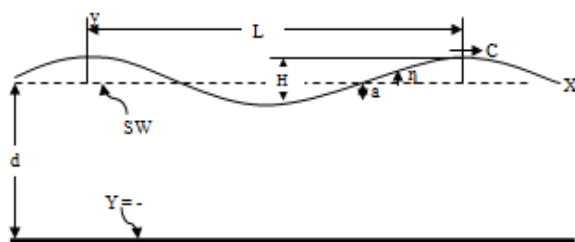
$$H = H_o.K_s.K_r \dots\dots\dots(14)$$

Dimana :

- H = tinggi gelombang rencana (m)
- UA= kecepatan (m/dt)
- F = fetch efektif (m)
- T = periode gelombang (dt)
- Ho = tinggi gelombang (m)
- Lo = panjang gelombang (m)

Teori Gelombang Amplitudo Kecil (Airy)

Teori paling sederhana adalah teori gelombang Airy, yang juga disebut teori gelombang linier atau teori gelombang amplitudo kecil, yang pertama kali dikemukakan oleh Sir. George Biddell Airy pada tahun 1845. Selain mudah dipahami, teori tersebut sudah dapat digunakan sebagai dasar dalam merencanakan bangunan pantai.



Gambar 4. Sketsa Definisi Gelombang
Sumber : Triatmodjo B. "Perencanaan Bangunan Pantai"

Hindcasting Gelombang

Hindcasting gelombang adalah teknik peramalan gelombang yang akan datang dengan menggunakan data angin dimasa lampau. Data angin dapat digunakan untuk memperkirakan tinggi dan periode gelombang di laut. Terjadinya gelombang di laut paling dipengaruhi oleh tiupan angin.

Fetch

Fetch adalah daerah pembangkit gelombang laut yang dibatasi oleh daratan yang mengelilingi laut tersebut. Daerah *fetch* adalah daerah dengan kecepatan angin konstan. Sedangkan jarak *fetch* merupakan jarak tanpa rintangan dimana angin sedang bertiup³.

Arah *fetch* bisa datang dari segala arah, yang besarnya dapat dihitung sebagai berikut :

$$F_{eff} = \frac{\sum F \cos \alpha}{\sum \cos \alpha} \dots\dots\dots(15)$$

Dimana :

- F_{eff} : *Fetch* efektif
- F : Panjang segmen *fetch* yang diukur dari titik observasi gelombang ke ujung akhir *fetch*.
- α : Deviasi pada kedua sisi dari arah angin, dengan menggunakan pertambahan 6° sampai sudut sebesar 42° pada kedua sisi dari arah angin.

Angkutan Sedimen Pantai

Angkutan sedimen yang terjadi di pantai merupakan akibat dari gabungan antara osilasi gelombang dengan aliran searah yang berupa arus sejajar pantai.

a. Angkutan Sedimen Sejajar Pantai

Angkutan sedimen sejajar pantai banyak menyebabkan permasalahan seperti pendangkalan di pelabuhan, erosi pantai dan sebagainya.

Rumus yang dipakai dalam hal pengangkutan sedimen sepanjang pantai adalah :

Penjabaran rumus CERC :

$$S = 0.014 \times 10^6 \times H_o^2 \times C_o \times K_{KBR}^2 \times \sin \alpha_{br} \times \cos \alpha_{br} \quad (16)$$

Dimana :

- S = Jumlah angkutan sedimen per tahun (m³/tahun)
- Ho = Tinggi gelombang (m/det)
- K_{KBR} = Koefisien refraksi di sisi luar break zone
- α_{br} = Sudut antara puncak gelombang dengan garis pantai di sisi luar break zone

b. Angkutan Sedimen Tegak Lurus Pantai

Gerakan air di dekat dasar menimbulkan tegangan geser pada sedimen dasar. Bila tegangan geser (τ_b) melampaui batas kritis, maka akan terjadi gerakan sedimen.

Untuk arah angkutan sedimen ditentukan berdasarkan penelitian Sunamura (1982) yang mendapatkan hubungan antara parameter Shield ψ_m dan parameter Ursell U_R dalam bentuk grafik.

$$\psi_m = \frac{\left[\frac{H}{\sin h.kh} \sigma \right]^2}{[s.g.d]} \dots\dots\dots(17)$$

$$U_R = H \cdot \frac{L^2}{H^3} \dots\dots\dots(18)$$

Pasang Surut

Pasang Surut Metode Admiralty

Metode Admiralty merupakan metode empiris berdasarkan tabel-tabel pasang surut yang dikembangkan pada awal abad ke 20. Metode ini terbatas untuk menguraikan data pasang surut selama 15 atau 29 hari dengan interval pencatatan 1 jam.

Metode ini menghitung amplitudo dan keteringgalan *phasa* dari sembilan komponen pasut serta muka laut rata-rata (MSL). Tinggi muka air laut rata-rata (MSL) biasanya ditetapkan dari suatu *bench mark* tertentu yang dijadikan acuan leveling di daerah survey

Tipe Bangunan Pengaman Pantai

Dalam usaha penanggulangan dan perbaikan pantai, terdapat alternatif sistem pengaman pantai yang dapat dipilih dengan pertimbangan-pertimbangan tertentu. Alternatif system pengaman pantai dapat berupa:

a. Revetment

Revetment adalah bangunan yang dibangun pada garis pantai dan digunakan untuk melindungi pantai dari serangan gelombang dan limpasan gelombang (*overtopping*) ke darat.

b. Tembok Laut (*seawall*)

Seawall berfungsi sebagai pelindung pantai terhadap serangan gelombang dan untuk menahan terjadinya limpasan gelombang ke daratan di belakangnya.

c. Pemecah gelombang (*Breakwater*)

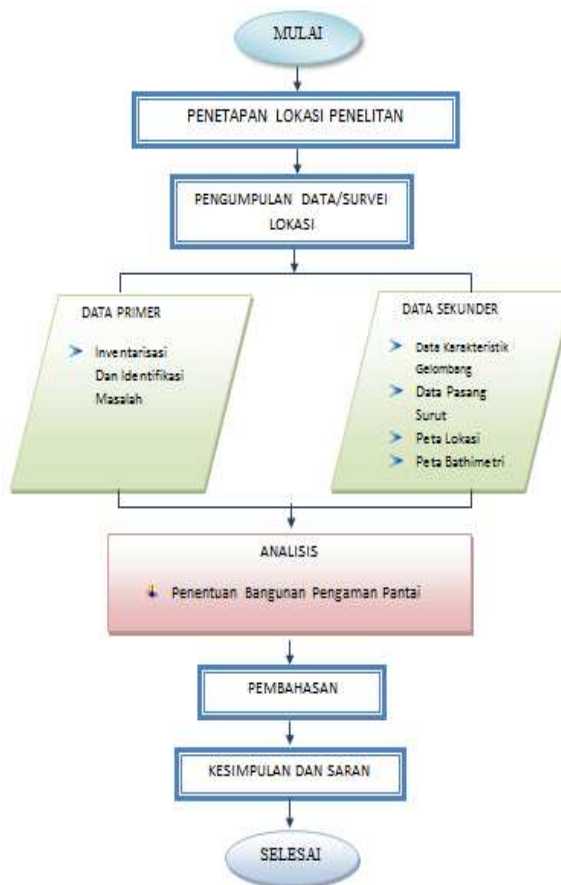
Breakwater dibedakan menjadi dua macam yaitu pemecah gelombang lepas pantai dan pemecah gelombang sambung pantai. Pemecah gelombang lepas pantai adalah bangunan yang dibuat sejajar pantai dan berada pada jarak tertentu dari garis pantai.

d. Groin

Groin adalah bangunan pelindung pantai yang biasanya dibuat tegak lurus garis pantai, dan berfungsi untuk menahan transport sedimen sepanjang pantai, sehingga bisa mengurangi/menghentikan erosi yang terjadi.

METODOLOGI PENELITIAN

Tahapan pelaksanaan studi :



Gambar 5. Tahapan Pelaksanaan Studi

HASIL DAN PEMBAHASAN

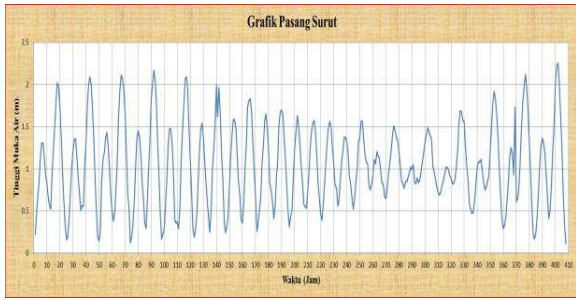
Pasang Surut dan Penentuan Elevasi Muka Air.

Tabel 1. Data Hasil Pengukuran Pasang Surut

No	Berkas	Jam																											
		0:00	1:00	2:00	3:00	4:00	5:00	6:00	7:00	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00	24:00			
1	1	0.22	0.45	0.67	0.88	1.14	1.33	1.53	1.72	1.91	2.09	2.27	2.45	2.63	2.81	2.99	3.16	3.34	3.51	3.68	3.85	4.02	4.19	4.36	4.53	4.70	4.87	5.04	
2	2	0.16	0.39	0.59	0.77	1.01	1.21	1.39	1.55	1.74	1.91	2.08	2.24	2.41	2.58	2.74	2.91	3.08	3.24	3.41	3.57	3.74	3.90	4.07	4.23	4.40	4.56	4.73	
3	3	0.19	0.34	0.51	0.65	1.11	1.30	1.37	1.43	1.50	1.56	1.62	1.69	1.74	1.80	1.86	1.91	1.96	2.01	2.07	2.12	2.17	2.22	2.27	2.32	2.37	2.42	2.47	
4	4	0.55	0.72	0.91	1.02	1.06	1.04	1.03	1.05	1.09	1.16	1.23	1.30	1.37	1.44	1.51	1.58	1.64	1.71	1.78	1.85	1.92	1.99	2.06	2.13	2.20	2.27	2.34	
5	5	0.46	0.57	0.71	0.79	0.91	1.02	1.07	1.14	1.21	1.28	1.34	1.41	1.48	1.54	1.61	1.68	1.74	1.81	1.88	1.94	2.01	2.08	2.15	2.22	2.29	2.36	2.43	
6	6	0.71	0.78	0.91	0.93	0.95	0.97	1.01	1.05	1.10	1.15	1.20	1.25	1.30	1.35	1.40	1.45	1.50	1.55	1.60	1.65	1.70	1.75	1.80	1.85	1.90	1.95	2.00	
7	7	0.85	0.96	1.04	1.05	1.05	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	
8	8	0.96	1.05	1.08	1.05	1.05	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	
9	9	1.08	1.15	1.15	1.12	1.05	1.01	1.02	1.05	1.09	1.13	1.17	1.21	1.25	1.29	1.33	1.37	1.41	1.45	1.49	1.53	1.57	1.61	1.65	1.69	1.73	1.77	1.81	
10	10	1.12	1.15	1.15	1.12	1.05	1.01	1.02	1.05	1.09	1.13	1.17	1.21	1.25	1.29	1.33	1.37	1.41	1.45	1.49	1.53	1.57	1.61	1.65	1.69	1.73	1.77	1.81	
11	11	1.21	1.12	1.02	0.92	0.82	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81	
12	12	1.13	1.05	0.95	0.85	0.75	0.74	0.74	0.74	0.74	0.74	0.74	0.74	0.74	0.74	0.74	0.74	0.74	0.74	0.74	0.74	0.74	0.74	0.74	0.74	0.74	0.74	0.74	
13	13	1.02	0.99	1.01	0.96	0.92	0.89	0.86	0.87	0.86	0.87	0.86	0.87	0.86	0.87	0.86	0.87	0.86	0.87	0.86	0.87	0.86	0.87	0.86	0.87	0.86	0.87	0.86	
14	14	0.8	0.85	0.91	1.02	1.01	0.99	0.92	0.89	0.85	0.82	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	
15	15	0.49	0.62	0.82	1.02	1.08	1.08	1.11	0.97	0.87	0.75	0.79	0.86	0.91	0.91	0.91	0.91	0.91	0.91	0.91	0.91	0.91	0.91	0.91	0.91	0.91	0.91	0.91	
16	16	0.23	0.45	0.66	0.88	1.14	1.22	1.18	0.95	0.73	0.64	0.65	0.73	0.81	0.88	0.94	1.00	1.06	1.12	1.18	1.24	1.30	1.36	1.42	1.48	1.54	1.60	1.66	
17	17	0.23	0.45	0.75	1.08	1.28	1.36	1.37	1.17	0.89	0.62	0.41	0.51	0.61	0.71	0.81	0.91	1.01	1.11	1.21	1.31	1.41	1.51	1.61	1.71	1.81	1.91	2.01	

Keterangan: Air Tertinggi : 2.17

Air Terendah : 0.11



Gambar 6. Grafik Pasang Surut Pantai Mangatasik Berdasarkan MSL
(Sumber : Data Pasang Surut Pantai Mangatik)

Tabel 2. Komponen Pasang Surut Hasil Analisis untuk Lokasi Pengukuran di Pantai Mangatik.

Tetapan Pasut	So	M2	S2	N2	K2	K1	O1	P1	M4	MS4
Amplitudo (cm)	114	59	37	12	9	17	22	5	1	2
g	□	345	166	115	166	37	310	37	-30	149

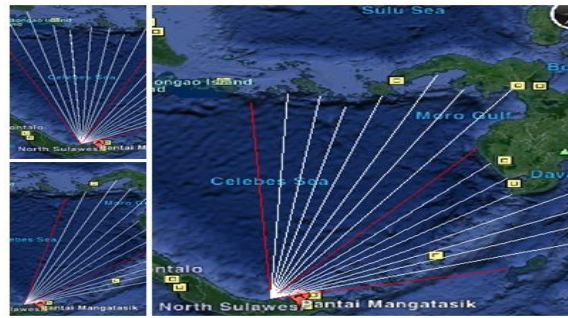
Perhitungan Fetch Efektif Pantai Mangatik.

Arah Utama	α (°)	F (km)	cos (°)	Fcos (km)	F efektif (km)	Arah Utama	α (°)	F (km)	cos (°)	Fcos (km)	F efektif (km)
Utara	-20	746	0.940	701.01	421.43	Selatan	-20	0	0.940	0.00	0.00
	-15	701	0.966	677.11			-15	0	0.966	0.00	
	-10	720	0.985	709.06			-10	0	0.985	0.00	
	-5	518	0.996	516.03			-5	0	0.996	0.00	
	0	490	1.000	490.00			0	0	1.000	0.00	
	5	521	0.996	519.02			5	0	0.996	0.00	
Timur Laut	10	22.2	0.985	21.86	36.97	Barat Daya	10	0	0.985	0.00	0.00
	15	42	0.966	40.57			15	0	0.966	0.00	
	20	24.1	0.940	22.65			20	0	0.940	0.00	
	-20	25.1	0.940	23.59			-20	0	0.940	0.00	
	-15	24.5	0.966	23.67			-15	0	0.966	0.00	
	-10	160	0.985	157.57			-10	0	0.985	0.00	
Timur	-5	24.4	0.996	24.31	0.00	Barat	-5	0	0.996	0.00	0.00
	0	24.2	1.000	24.20			0	0	1.000	0.00	
	5	23.1	0.996	23.01			5	0	0.996	0.00	
	10	24.7	0.985	24.32			10	0	0.985	0.00	
	15	24.5	0.966	23.67			15	0	0.966	0.00	
	20	0	0.940	0.00			20	0	0.940	0.00	
Tenggara	-20	0	0.940	0.00	0.00	Barat Laut	-20	0	0.940	0.00	474.92
	-15	0	0.966	0.00			-15	0	0.966	0.00	
	-10	0	0.985	0.00			-10	0	0.985	0.00	
	-5	0	0.996	0.00			-5	638	0.996	635.57	
	0	0	1.000	0.00			0	1107	1.000	1107.00	
	5	0	0.996	0.00			5	635	0.996	632.58	
10	0	0.985	0.00	10	639	0.985	629.29				
15	0	0.966	0.00	15	598	0.966	577.62				
20	0	0.940	0.00	20	622	0.940	584.49				

Penentuan Elevasi Muka Air Laut.

Tabel 3. Elevasi Muka Air Laut Hasil dari Perhitungan Pasang Surut.

Elevasi Muka Air	Satuan	Data
HHWL	cm	217
MHWL	cm	191.5
MSL	cm	114
MLWL	cm	36.5
LLWL	cm	11
Range	cm	155



Gambar 7. Fetch Arah Utara, Timur Laut, Barat Laut (Sumber: Google Earth)

Angin, Arah Angin dan Koreksi Kecepatan Angin.

Tabel 4. Perhitungan Koreksi Kecepatan Angin Bulan Desember Tahun 2005.

Tanggal	Arah	U _z Max Knot	U ₁₀ Knot	R _L	U _f Knot	t	U/U3600	U	U _a	
					m/det	detik		m/det	m/det	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12
1	U	9	10.69	1.33	16.02	8.251	195.053	1.12375	7.34	8.25
2	S	6	7.13	1.48	11.94	6.149	261.719	1.10035	5.59	5.89
3	B	6	7.13	1.48	11.94	6.149	261.719	1.10035	5.59	5.89
4	U	3	3.56	1.73	6.96	3.586	448.831	1.006512	3.37	3.16
5	U	8	9.5	1.37	14.73	7.584	212.202	1.11674	6.79	7.49
6	U	10	11.88	1.29	17.26	8.891	181.01	1.13017	7.87	8.98
7	U	10	11.88	1.29	17.26	8.891	181.01	1.13017	7.87	8.98
8	S	8	9.5	1.37	14.73	7.584	212.202	1.11674	6.79	7.49
9	U	10	11.88	1.29	17.26	8.891	181.01	1.13017	7.87	8.98
10	U	4	4.75	1.63	8.77	4.516	356.378	1.07899	4.19	4.13
11	U	5	5.94	1.55	10.41	5.364	300.035	1.09049	4.92	5.04
12	U	6	7.13	1.48	11.94	6.149	261.719	1.10035	5.59	5.89
13	U	6	7.13	1.48	11.94	6.149	261.719	1.10035	5.59	5.89
14	B	6	7.13	1.48	11.94	6.149	261.719	1.10035	5.59	5.89
15	U	15	17.82	1.14	22.87	11.739	136.626	1.15601	10.19	12.34
16	U	6	7.13	1.48	11.94	6.149	261.719	1.10035	5.59	5.89
17	B	28	33.25	0.95	35.67	18.368	87.613	1.20161	15.29	20.32
18	U	28	33.25	0.95	35.67	18.368	87.613	1.20161	15.29	20.32
19	B	35	41.5	0.92	43.12	22.206	72.47	1.2225	18.16	25.13
20	B	40	47.51	0.91	48.85	25.159	63.964	1.23657	20.35	28.89
21	B	20	23.75	1.04	27.8	14.315	112.424	1.17537	12.18	15.37
22	B	25	29.69	0.97	32.62	16.797	95.808	1.19203	14.09	18.39
23	B	18	21.38	1.07	25.87	13.325	120.769	1.16813	11.41	14.18
24	U	18	21.38	1.07	25.87	13.325	120.769	1.16813	11.41	14.18
25	B	12	14.25	1.22	19.62	10.103	159.292	1.14159	8.85	10.37
26	B	10	11.88	1.29	17.26	8.891	181.01	1.13017	7.87	8.98
27	B	15	17.82	1.14	22.87	11.739	136.626	1.15601	10.19	12.34
28	B	15	17.82	1.14	22.87	11.739	136.626	1.15601	10.19	12.34
29	B	8	9.5	1.37	14.73	7.584	212.202	1.11674	6.79	7.49
30	B	9	10.69	1.33	16.02	8.251	195.057	1.12375	7.34	8.25
31	U	8	9.5	1.37	14.73	7.584	212.202	1.11674	6.79	7.49

Tabel 5. Contoh Tabel Perhitungan Tinggi Gelombang dan Periode Signifikan Bulan Desember Tahun 2003 Untuk Daerah Pantai Mangatik.

Tanggal	Arah	t (det)	U _a (m/det)	F _{eff} (m)	F _{min} (m)	gt/U _a	t _c (det)	H _{ms} (m)	T _p (det)
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	U	195.053	8.25	421430.00	42932.52	106390.774	60096.28	0.872749	4.41025
2	S	261.719	5.89	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3	B	261.719	5.89	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4	U	448.831	3.16	421430.00	92769.60	382214.552	23030.07	0.491639	4.141448
5	U	212.202	7.49	421430.00	46435.09	120910.095	54598.24	0.824613	4.384569
6	U	181.010	8.98	421430.00	40044.75	95004.5904	65421.00	0.917568	4.432745
7	U	181.010	8.98	421430.00	40044.75	95004.5904	65421.00	0.917568	4.432745
8	S	212.202	7.49	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
9	U	181.010	8.98	421430.00	40044.75	95004.5904	65421.00	0.917568	4.432745
10	U	356.378	4.13	421430.00	75040.77	267448.039	30102.05	0.577954	4.219066
11	U	300.035	5.04	421430.00	64020.81	205219.495	36716.53	0.651134	4.275427
12	U	261.719	5.89	421430.00	56416.55	166461.964	42957.53	0.71514	4.319172
13	U	261.719	5.89	421430.00	56416.55	166461.964	42957.53	0.71514	4.319172
14	B	261.719	5.89	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
15	U	136.626	12.34	421430.00	30788.45	62157.1843	89930.52	1.105985	4.515268
16	U	261.719	5.89	421430.00	56416.55	166461.964	42957.53	0.71514	4.319172
17	B	87.613	20.32	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
18	U	87.613	20.32	421430.00	20289.94	31958.1239	148111.79	1.478695	4.640257
19	B	72.470	25.13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
20	B	63.964	28.89	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
21	B	112.424	15.37	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
22	B	95.808	18.39	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
23	B	120.769	14.18	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
24	U	120.769	14.18	421430.00	27427.55	51647.8509	103332.37	1.199439	4.550506
25	B	159.292	10.37	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
26	B	181.010	8.98	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
27	B	136.626	12.34	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
28	B	136.626	12.34	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
29	B	212.202	7.49	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
30	B	195.053	8.25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
31	U	212.202	7.49	421430.00	46435.09	120910.10	54598.24	0.824613	4.384569

Tabel 6. Rekapitulasi Tinggi dan Periode Gelombang Ekstrim untuk Daerah Pantai Mangatasik Tahun 1995 s/d 2005.

No	Tahun	H _{mo}	T _p
1	1995	1.138349	4.527835
2	1996	1.812712	4.727109
3	1997	1.367669	4.606934
4	1998	1.072138	4.501676
5	1999	1.257029	4.57074
6	2000	1.395224	4.615462
7	2001	1.257029	4.57074
8	2002	1.340182	4.598244
9	2003	1.534777	4.656119
10	2004	1.395224	4.615462
11	2005	1.312669	4.589352

Perkiraan Gelombang dengan Periode Ulang

Tabel 7. Analisa Tinggi Gelombang Rencana Metode Log-Pearson III untuk Daerah Pantai Mangatasik.

No	Tahun	X=H _{mo} (m)	log X	log X-Log Xr	(log X-Log Xr) ²	(log X-Log Xr) ³
1	1995	1.138349	0.0563	-0.0710134	0.005042903	-0.000358114
2	1996	1.812712	0.2583	0.1310399	0.017171455	0.002250146
3	1997	1.367669	0.1360	0.0086919	7.55491E-05	6.56665E-07
4	1998	1.072138	0.0303	-0.0970382	0.009416412	-0.000913752
5	1999	1.257029	0.0993	-0.0279436	0.000780845	-2.18196E-05
6	2000	1.395224	0.1446	0.0173549	0.000301193	5.22717E-06
7	2001	1.257029	0.0993	-0.0279436	0.000780845	-2.18196E-05
8	2002	1.340182	0.1272	-0.0001253	1.57001E-08	-1.96722E-12
9	2003	1.534777	0.1860	0.0587563	0.003452303	0.000202845
10	2004	1.395224	0.1446	0.0173549	0.000301193	5.22717E-06
11	2005	1.312669	0.1182	-0.0091337	8.34245E-05	-7.61974E-07
Rata-rata			0.127281818	Jumlah	0.037406137	0.001147835
Simpangan Baku			s=	0.061161		
Koef. Kemencengan			G=	0.613219		
Banyaknya Data			n=	11		

Perhitungan Refraksi Gelombang

Tabel 8. Perhitungan Nilai-nilai C1/C2 Untuk Analisa Refraksi Pantai Mangatasik dengan T = 5.5 detik, dan Lo = 46.6 meter.

		T=5.5			Lo=46.6				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	
d (m)	d/L ₀	d/L ₀ -A	d/L ₀ -B	tanh(2πd/L)-A	tanh(2πd/L)-B	tanh(2πd/L)	C1/C2	C2/C1	
20	0.4288	0.428	0.429	0.9912	0.9313	0.9313			
12	0.2573	0.257	0.258	0.9381	0.9388	0.9383	1.0565	0.94654218	
8	0.1715	0.171	0.172	0.8515	0.8529	0.8522	1.101	0.90826753	
4	0.0858	0.085	0.086	0.6655	0.6685	0.6678	1.2762	0.783562	
2	0.0429	0.042	0.043	0.4911	0.4964	0.4958	1.347	0.7424032	

Tabel 9. Koefisien Refraksi per Segmen (Antar Patok) di Pantai Mangatasik.

No	Segmen Patok	Kr
1	MP02-MP04	0.91
2	MP04-MP06A	0.81
3	MP18-MP21A	0.87
4	MP37-MP40A	0.86
5	MP61-MP63A	0.98
6	MP63A-MP64	0.87
7	MP73-MP74	0.95
8	MP74-MP76	0.91
9	MP93-MP94	0.98
10	MP95-MP95A	1
11	MP111A-MP112A	0.97
12	MP116-MP117	0.98
13	MP117-MP119A	0.98
Rata-rata		0.92846154

Perhitungan Gelombang Pecah

Tabel 10. Perhitungan Gelombang Pecah Pantai Mangatasik.

No	Kala Ulang (tahun)	H ₀ (m)	T ₀ (detik)	C ₀ (m/detik)	L ₀ (m)	m rata-rata	Kr
1	5	1.5875	5.1134	7.975533	40.78244	0.1	0.928
2	10	1.7235	5.2124	8.129933	42.37676	0.1	0.928
3	15	1.8908	5.3240	8.303994	44.21075	0.1	0.928
4	20	2.0122	5.3989	8.420802	45.46327	0.1	0.928
5	25	2.132	5.4686	8.529482	46.64436	0.1	0.928

Tabel 11. Perhitungan Gelombang Pecah Pantai Mangatasik (Lanjutan).

No	H' ₀	H' ₀ /gT ²	Grafik	H _b	H _b /gT ²	Grafik	d _b
			H _b /H' ₀	(m)		d _b /H _b	(m)
1	1.4732	0.005749	1.25	1.841527	0.007187	0.95	1.749451
2	1.5994	0.006007	1.24	1.983287	0.007449	0.95	1.884123
3	1.7547	0.006317	1.24	2.175838	0.007833	0.95	2.067046
4	1.8673	0.006537	1.24	2.315428	0.008106	0.96	2.222811
5	1.9785	0.006751	1.25	2.47312	0.008439	0.97	2.398926

Perhitungan Run-up Gelombang

Tabel 12. Perhitungan Run-up Gelombang Pantai Mangatasik.

No	Kala Ulang (tahun)	H' ₀	H' ₀ /gT ²	d _s /H' ₀	Grafik R/H' ₀	R (m)
1	5	1.4732	0.006	0.678784	1.4	2.06251
2	10	1.5994	0.006	0.625225	1.4	2.239195
3	15	1.7547	0.006	0.569895	1.4	2.456591
4	20	1.8673	0.007	0.535538	1.4	2.614193
5	25	1.9785	0.007	0.505434	1.4	2.769894

Perhitungan Angkutan Sedimen Metode CERC

Angkutan Sedimen Sejajar Pantai

Tabel 13. Angkutan Sedimen Sejajar Pantai Mangatasik.

Arah	p	H ₀	C ₀	K _{br}	a _{br}	S	Total
Utara	44.52	2.1320	8.529482	0.928	23	2352366.233	2548189.574 m ³ /tahun
Timur Laut	2.90	2.1320	8.529482	0.928	60	-136924.5069	
Barat Laut	6.77	2.1320	8.529482	0.928	69	332747.8474	

Angkutan Sedimen Tegak Lurus Pantai

Angkutan sedimen tegak lurus pantai :

$$\begin{aligned}
 q_s &= \Phi \cdot W_0 \cdot d \\
 &= 10.3 \cdot 30 \cdot 0.56 \\
 &= 173 \text{ cm}^3 / \text{detik} \\
 &= \mathbf{5459.4648 \text{ m}^3 / \text{tahun}}
 \end{aligned}$$

Seleksi Tipe Bangunan Pengaman Pantai

Berdasarkan hasil analisa tinggi gelombang di Pantai Mangatasik yang hanya berkisar 2.1320 meter maka bangunan yang direkomendasikan adalah Revetment.

Perhitungan Dimensi Bangunan Pengaman Pantai

Perhitungan Gelombang Rencana dan Gelombang Pecah

Perhitungan Koefisien Shoaling (Ks)

Koefisien Pendangkalan

$$K_s = \sqrt{\frac{n_0 L_0}{n L}} = \sqrt{\frac{0.5 \times 46.64436}{0.9153 \times 46.64436}} = 0.7391$$

Koefisien Refraksi (Kr)

Kr = 0.928

Perhitungan tinggi gelombang rencana (H) berdasarkan perhitungan koefisien shoaling dan koefisien refraksi yang ada.

$$H = K_s \times K_r \times H_0 = 0.7391 \times 0.928 \times 2.1320 = 1.4623 \text{ meter}$$

Perhitungan Gelombang Pecah

$$H_b = (H_b/H_0) \times H_0 = 1.25 \times 1.978496 = 2.47312 \text{ meter}$$

Elevasi Muka Air Rencana

Elevasi muka air rencana dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$DWL = HHWL + S_w + SLR$$

Wave set-up

$$H_b : 2.47312 \text{ meter}$$

$$T : 5.4686 \text{ detik}$$

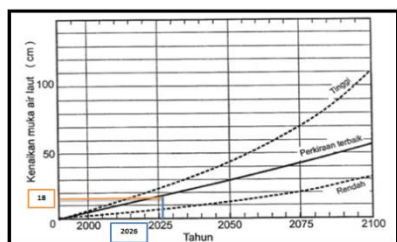
Maka besar *wave set-up* adalah :

$$S_w = 0.19 \left(1 - 2.82 \sqrt{\frac{H_b}{gT^2}} \right) H_b$$

$$S_w = 0.19 \left(1 - 2.82 \sqrt{\frac{2.47312}{9.81 \times 5.4686^2}} \right) \times 2.4731 = 0.34 \text{ meter}$$

Sea Level Rise

Perkiraan besar kenaikan muka air laut diberikan pada Gambar dibawah. Dari gambar didapatkan kenaikan muka air laut yang terjadi tahun 2026 dengan perkiraan terbaik adalah 18 cm = 0.18 meter (direncanakan umur bangunan = 10 tahun).



Sehingga didapatkan elevasi muka air rencana adalah sebagai berikut :

$$DWL = HHWL + S_w + SLR$$

$$DWL = 2.17 \text{ m} + 0.34 \text{ m} + 0.18 \text{ m}$$

$$Dwl = + 2.69 \text{ meter}$$

Perhitungan Elevasi Mercu Revetment

Elevasi mercu bangunan dihitung dengan rumus sebagai berikut:

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

Run-up gelombang

Direncanakan:

- Jenis bangunan = revetment
- Lapis lindung = batu alam kasar
- Tinggi gelombang(H) = 1.9785 meter
- Kemiringan bangunan = 1: 2

$$L_0 = 1.56 T^2 = 1.56 \times 5.4686^2 = 46.64436 \text{ meter}$$

$$I_r = \frac{\text{tg } \theta}{\left(\frac{H}{L_0}\right)^{0.5}} = \frac{1/2}{\left(\frac{5.4686}{46.64436}\right)^{0.5}} = 1.46$$

Berdasarkan Bilangan *Irrabaren* di atas, maka didapat :

$$\frac{Ru}{H} = 1.4$$

$$Ru = 1.4 \times 1.9785 = 2.769894 \text{ meter}$$

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

$$= 2.69 + 2.769894 + 0.5$$

$$= + 5.959894 \text{ meter}$$

Perhitungan Lapis Lindung

Berat Butir Lapis Lindung

Berat butir lapis lindung dihitung dengan rumus Hudson berikut ini. Untuk lapis lindung dari batu pecah bersudut kasar dengan n = 2, penempatan acak, gelombang telah pecah dan K_D lengan bangunan = 2.

Perhitungan sebagai berikut :

⊕ **Lapis pelindung luar (armour stone)**

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

Dimana :

γ_r = berat jenis batu (2.65 t/m²)
 γ_α = berat jenis air laut (1.03 t/m²)

- $W_1 = \frac{\gamma_r H^3}{K_D (S_r - 1)^3 \cot \theta}$
- $= \frac{2.65 \times 1.9785^3}{2 \times \left(\frac{2.65}{1.03} - 1\right)^3 \times 2}$
- $= 1.31 \text{ ton} = 1310 \text{ kg}$

• **Diameter Batu**

$$D = \left(\frac{W}{\gamma_r}\right)^{1/2} = \left(\frac{1.31}{2.65}\right)^{1/3} = 0.79 \text{ meter}$$

• **Tebal Lapis Lindung (t_1)**

Untuk nilai dari Koefisien Lapis (K_Δ) = 1.15.

$$\begin{aligned} t_1 &= n K_\Delta \left(\frac{W}{\gamma_r}\right)^{1/3} \\ &= 2 \times 1.15 \times \left(\frac{1.31}{2.65}\right)^{1/3} \\ &= 1.8 \text{ meter} \approx 2.00 \text{ meter} \end{aligned}$$

⊕ **Lapis pelindung kedua (secondary stone)**

$$\frac{W}{10} = \frac{1.31}{10} = 0.131 \text{ ton}$$

• **Diameter Batu**

$$\begin{aligned} D &= \left(\frac{W}{\gamma_r}\right)^{1/2} \\ &= \left(\frac{0.131}{2.65}\right)^{1/3} \\ &= 0.36 \text{ meter} \end{aligned}$$

• **Tebal Lapis Lindung (t_1)**

Untuk nilai dari Koefisien Lapis (K_Δ) = 1.15. t_1

$$\begin{aligned} &= n K_\Delta \left(\frac{W}{\gamma_r}\right)^{1/3} \\ &= 2 \times 1.15 \times \left(\frac{0.131}{2.65}\right)^{1/3} \\ &= 0.84 \text{ meter} \approx 1.00 \text{ meter} \end{aligned}$$

• **Lapis core layer**

$$\frac{W}{200} = \frac{1.31}{200} = 0.006$$

Lebar Puncak Revetment

Lebar puncak *Revetment* untuk $n = 3$ (minimum) dan koefisien lapis (K_Δ) = 1.15 maka untuk B puncak adalah sebagai berikut

$$\begin{aligned} B &= n K_\Delta \left[\frac{W}{\gamma_r}\right]^{1/3} \\ &= 3 \times 1.15 \times \left[\frac{1.31}{2.65}\right]^{1/3} \\ &= 2.72 \text{ meter} \approx 3.00 \text{ meter} \end{aligned}$$

Jumlah Batu Pelindung

Jumlah butir batu pelindung tiap satu satuan luas (10 m^2) dan porositas = 37, dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$\begin{aligned} N &= A \cdot n \cdot K_\Delta \cdot \left[1 - \frac{P}{100}\right] \times \left[\frac{\gamma_r}{W}\right]^{2/3} \\ &= 10 \cdot 2 \cdot 1.15 \cdot \left[1 - \frac{37}{100}\right] \times \left[\frac{2.65}{1.31}\right]^{2/3} \\ &= 23.17 \text{ buah} \approx 24 \text{ buah} \end{aligned}$$

Toe Protection

Perhitungan tinggi *toe protection* dengan r (tebal lapis merata) direncanakan = 0.75 m, tinggi gelombang rencana $H = 1.9785 \text{ m}$, maka:

Tinggi *toe protection* (t)

$$t_{toe} = r = 0.75 \text{ meter}$$

Lebar *toe protection*

$$B = 2H = 2 \times 1.9785 = 3.957 \text{ meter}$$

Berat butir *toe protection*

$$ds = 2.17 \text{ m}$$

$$d1 = ds - t_{toe} = 2.17 - 0.75 = 1.42 \text{ m}$$

$$\frac{d1}{ds} = \frac{1.42}{2.17} = 0.65$$

Harga N_s^3 diperoleh sebesar = 140 berdasarkan hasil plot grafik.

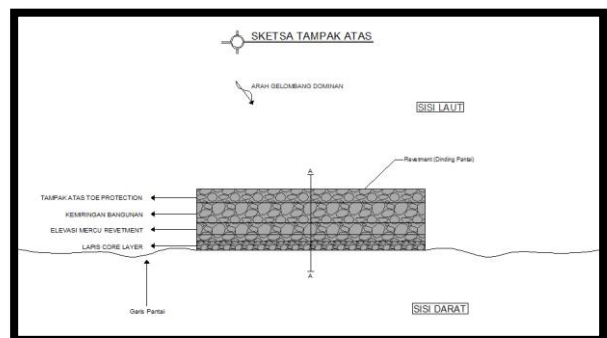
$$\begin{aligned} W &= \frac{\gamma_r H^3}{N_s^3 (S_r - 1)^3} \\ &= \frac{2.65 \times 1.9785^3}{140^3 \left(\frac{2.65}{1.03} - 1\right)^3} \\ &= 0.0190 \text{ ton} = 19 \text{ kg} \end{aligned}$$

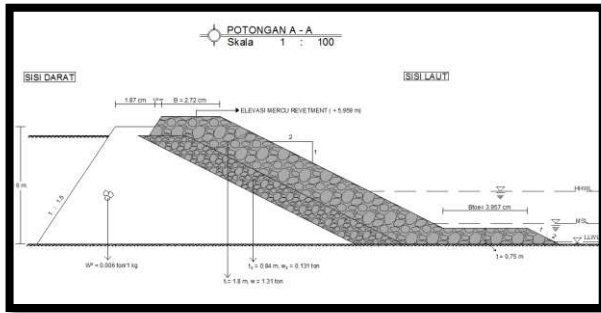
Berat batu lapis lindung *toe protection* dipergunakan kira-kira setengah dari yang dipergunakan pada dinding tembok (0.5W)

$$\begin{aligned} W &= 0.5 \times 1.31 \text{ ton} \\ &= 0.655 \text{ ton} \\ &= 655 \text{ kg} \end{aligned}$$

Maka berat butir *toe protection* (W) diambil sebesar yaitu $W = 655 \text{ kg}$.

Dimensi Rivetment





PENUTUP

Kesimpulan

Dari seluruh rangkaian proses pengamatan sampai dengan analisa dapat disimpulkan beberapa hal penting berkaitan dengan perencanaan bangunan pengaman pantai di Pantai Mangatasik, antara lain adalah :

1. Dari hasil analisa dan pengamatan gelombang selama 10 tahun saat ini telah dan sedang terjadi proses erosi di Pantai Mangatasik yang menyebabkan berubahnya garis pantai, dan mengancam jalan transportasi penghubung, sarana sosial lainnya serta kelestarian pantai wisata itu sendiri.
2. Berdasarkan hasil analisa dengan menggunakan data – data yang ada seperti : data angin dan data pasang surut, diperoleh

perencanaan bangunan pengaman pantai berupa *Revetment*. *Revetment* dipilih untuk pengaman pantai di Pantai Mangatasik karena :

- a. Dapat menahan erosi
 - b. Dapat mengurangi limpasan gelombang yang terjadi, sehingga dapat melindungi tanah di belakang bangunan pengaman dari gempuran gelombang supaya tanah tidak tererosi.
3. Berdasarkan hasil analisa, diperoleh perencanaan dimensi *Revetment* sebagai berikut :
 - Jenis Bangunan : *Revetment*
 - Tinggi Bangunan : 6 meter
 - Elevasi Mercu : 5.959894 meter
 - Lebar Puncak : 2.72 meter
 - Kemiringan : 1 : 2
 - Fungsi Bangunan : Mencegah erosi

Saran

1. Sebagai alternatif pemecahan masalah kerusakan pantai yang terjadi di Pantai Mangatasik.
2. Diharapkan dapat digunakan untuk perencanaan-perencanaan bangunan pengaman pantai pada segmen-segmen berikutnya di lokasi studi.

DAFTAR PUSTAKA

- “Data Angin 1995-2005”, Badan Meteorologi dan Geofisika Stasiun Pengamatan Winangun, Manado, 2005.
- Koba, John. 2007. *Studi Pengamanan Pantai Mangatasik Kabupaten Minahasa*. Manado: Universitas Sam Ratulangi.
- Modul 1 Admiralty. www.academia.edu/7203382/Modul_1_Admiralty diakses juli 2016.
- Triatmodjo, Bambang., 1999. *Teknik Pantai*. Yogyakarta: Beta Offset.
- Triatmodjo, Bambang., 2009. *Perencanaan Pelabuhan*. Yogyakarta: Beta Offset.
- Triatmodjo, Bambang., 2012. *Perencanaan Bangunan Pantai*. Yogyakarta: Beta Offset.
- US Army, 1984. “*Shore Protection Manual Volume I-II*”, Coastal Engineering Research Center (CERC), Corps Of Engineering, Washington.
- Yuwono, Nur., 1992. “*Teknik Pantai Volume I dan II*”, Universitas Gajah Mada, Yogyakarta.