

PERENCANAAN BANGUNAN PENGAMAN PANTAI PADA DAERAH PANTAI BULO DESA RERER KECAMATAN KOMBI KABUPATEN MINAHASA

Afridolin Manuel

M. Ihsan Jasin, Jeffry D. Mamoto

Fakultas Teknik Jurusan Sipil Universitas Sam Ratulangi Manado

Email : Afridolin.manuel@yahoo.com

ABSTRAK

Provinsi Sulawesi Utara adalah salah satu provinsi yang memiliki beberapa kawasan pantai, baik di bagian utara maupun bagian selatan. Wilayah pantai ini merupakan daerah yang dimanfaatkan untuk kegiatan manusia, sebagai kawasan pemukiman dan juga merupakan daerah nelayan. Gelombang merupakan faktor yang mengakibatkan kerusakan yang terjadi di daerah pantai Bulu. Tujuan penelitian ini Memilih tipe bangunan pengaman pantai yang sesuai dengan permasalahan yang terjadi di lokasi penelitian dan menghitung dimensi bangunan pengaman pantai di kawasan pantai Bulu

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 analisis untuk mendapatkan gelombang rencana dan angkutan sedimen pantai. Berdasarkan hasil analisis, tugas akhir ini didapatkan perencanaan bangunan pengaman pantai yang digunakan adalah revetment dengan tinggi 4.42438 meter, lebar puncak 2.17 meter, kemiringan 1 : 2, dan fungsi bangunan untuk mencegah erosi.

Kata kunci : Pantai Bulu, Gelombang, Pengaman Pantai.

PENDAHULUAN

Latar belakang.

Provinsi Sulawesi Utara adalah salah satu provinsi yang memiliki beberapa kawasan pantai, baik di bagian utara maupun bagian selatan. Wilayah pantai ini merupakan daerah yang dimanfaatkan untuk kegiatan manusia, sebagai kawasan pemukiman dan juga merupakan daerah nelayan. Tidak menutup kemungkinan pantai juga mengalami berbagai kerusakan seperti halnya gerusan, dan kemunduran garis pantai, maupun faktor dari pengguna kawasan pantai tersebut.

Salah satu pantai yang ada di Sulawesi Utara adalah Pantai Bulu, Wilayah ini berbatasan dengan wilayah-wilayah sebagai berikut :

- Sebelah Selatan :Desa Kolongan
- Sebelah Utara :Desa Kalawiran
- Sebelah Barat :Pegunungan
- Sebelah Timur :Laut Maluku

Perencanaan bangunan pantai sangatlah mendukung kemajuan suatu daerah dalam meningkatkan potensi yang ada serta dalam rangka melindungi daerah pantai dari terpaan gelombang dan arus. Seperti yang terjadi di Pantai Bulu dimana dari survey yang dilakukan

langsung di lokasi penelitian, terlihat adanya kerusakan daerah pantai yaitu terjadi kemunduran garis pantai dan terjadi gerusan, akibat terpaan gelombang yang dapat menyebabkan kerugian bagi masyarakat yang tinggal di sekitar pantai tersebut, untuk menghindari terjadi kerusakan yang lebih parah di daerah pantai maupun di sekitar pantai maka pantai tersebut perlu dilindungi dengan bangunan pelindung pantai.

Maka dari itu sangat diperlukan perencanaan desain pengaman pantai yang tepat berhubungan dengan permasalahan di kawasan pantai Bulu Desa Rerer Kecamatan Kombi Kabupaten Minahasa.

Dari penelitian sebelumnya oleh Ratu (2015). Keindahan pantai Bulu merupakan daya tarik tersendiri untuk daerah ini, airnya terlihat bersih sehingga disepanjang pantai Bulu bisa digunakan sebagai daerah wisata bahari yang sangat potensial.

Namun demikian pada saat musim gelombang daerah ini cukup potensial mendapatkan gempuran gelombang yang dapat mengakibatkan kerugian bagi masyarakat dan kerusakan terhadap fasilitas yang berada di daerah tersebut.

Dan dari penelitian *Sangkop* (2015), di kawasan pantai terjadi peristiwa-peristiwa alam, pasang surut air laut salah satunya, pasang surut yang merupakan suatu fenomena pergerakan naik turunnya permukaan air laut secara berkala yang diakibatkan oleh kombinasi gaya gravitasi dan gaya tarik menarik dari benda-benda astronomi terutama oleh matahari, bumi, dan bulan.

Di dunia teknik sipil khususnya dalam hal merekayasa suatu bangunan yang berada di tepi laut atau daerah pesisir pantai maka haruslah diperhatikan besarnya pasang surut serta jenis pasang surut yang terjadi sebagai data pendukung dalam perencanaannya.

Rumusan Masalah

Gelombang merupakan faktor yang mengakibatkan kerusakan yang terjadi di daerah pantai Bulu, seperti halnya kemunduran garis pantai dan gerusan. Dengan demikian, diperlukan perencanaan bangunan pengaman pantai yang tepat untuk menahan terpaan gelombang yang terjadi di kawasan pantai Bulu.

Batasan Masalah

1. Daerah tinjauan di pantai Bulu Desa Rerer Kecamatan Kombi Kabupaten Minahasa.
2. Data pasang surut, karakteristik gelombang, batimetri, menggunakan data sesuai dengan penelitian sebelumnya.
3. Tidak memperhitungkan biaya konstruksi untuk pembuatan bangunan pengaman pantai di pantai Bulu.

Tujuan Penelitian

1. Memilih tipe bangunan pengaman pantai yang sesuai dengan permasalahan yang terjadi di lokasi penelitian.
2. Menghitung dimensi bangunan pengaman pantai di kawasan pantai Bulu yang terpilih.

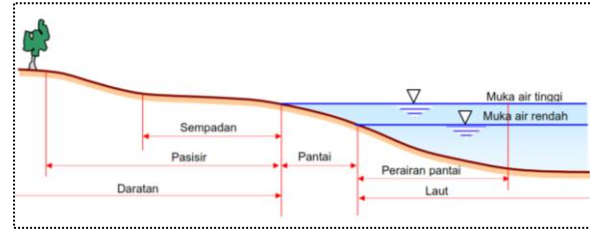
Manfaat Penelitian

1. Memberikan pemahaman mengenai bangunan pengaman pantai yang sesuai dengan masalah yang terjadi di pantai Bulu.
2. Mengetahui pengaruh-pengaruh perencanaan bangunan pengaman pantai di kawasan pantai Bulu.
3. Sebagai bahan referensi dalam mempelajari mengenai bangunan pengaman pantai.

LANDASAN TEORI

Definisi Pantai

Dalam buku *Perencanaan Bangunan Pantai* tulisan Bambang Triatmodjo (2012) ada dua istilah tentang kepantaian dalam bahasa Indonesia yang sering rancu pemakaiannya, yaitu pesisir (*coast*) dan pantai (*shore*). Berdasarkan pada gambar dibawah ini, dapat dijelaskan mengenai beberapa definisi tentang kepantaian.



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 factor*).

Koreksi Elevasi

Karena alat ukur angin tidak selalu berada pada ketinggian 10 meter di atas paras rata-rata laut, maka kecepatan angina dikonversi ke ketinggian 10 meter. $U_{(10)}$ ini ditentukan dengan menggunakan persamaan berikut:

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

Dimana:

$U_{(10)}$ = Kecepatan angina pada ketinggian 10m.

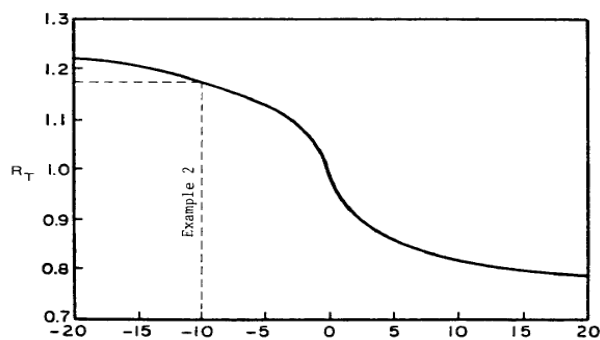
y = Ketinggian pengukuran angin (y < 20m)

Koreksi Stabilitas

Koreksi ini diperlukan, jika terdapat perbedaan temperatur antara udara dan air laut.

Besarnya koreksi dilambangkan dengan R_T , dimana: $U = R_T \cdot U_{10}$

Jika tidak terdapat perbedaan data temperature, maka $R_T = 1,1$

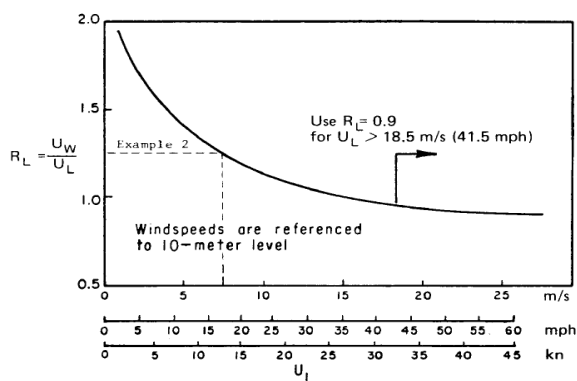


Gambar 2. Faktor koreksi beda suhu di laut dan di darat. (Sumber : SPM' 84)

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:

$$U = R_T \times R_L \times U_L \dots \dots \dots (2)$$



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 : kemirigan dasar laut
- g : percepatan gravitasi
- T : periode gelombang

Wave set up

Pada waktu gelombang pecah akan terjadi penurunan elevasi muka air rerata terhadap elevasi muka air diam di sekitar lokasi gelombang pecah. Wave set up di pantai diberikan oleh bentuk berikut:

$$S_b = \frac{0,536H_b^{2/3}}{g^{1/2} T} \dots \dots \dots (7)$$

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 (*Bambang Triatmodjo, 1999*) adalah:

$$UA = 0.71 \cdot U^{1.23} \dots\dots\dots (9)$$

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

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

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

$$Kr = \sqrt{\frac{\cos \alpha_0}{\cos \alpha_2}} \dots\dots\dots (13)$$

$$H = H_0 \cdot K_s \cdot K_r \dots\dots\dots (14)$$

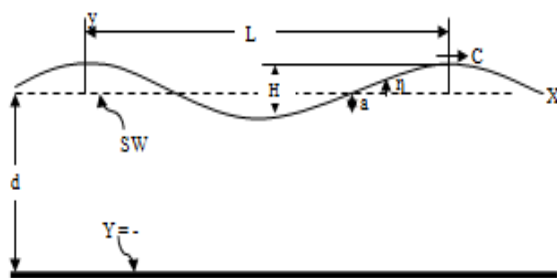
Dimana :

- H = tinggi gelombang rencana (m)
- UA = kecepatan (m/dt)
- F = fetch efektif (m)
- T = periode gelombang (dt)
- H₀ = tinggi gelombang (m)
- L₀ = 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.

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

$$S = 0.014 \times 10^6 \times H_0^2 \times C_o \times K_{KBR}^2 \times \sin \alpha_{br} \times \cos \alpha_{br} \dots\dots\dots (16)$$

Dimana :

- S = Jumlah angkutan sedimen per tahun (m³/tahun)
- H₀ = 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*

Pasang Surut

Pasang surut atau yang sering disebut pasut adalah fluktuasi muka air laut karena adanya gaya tarik menarik benda-benda langit, terutama matahari dan bulan terhadap masa air laut di bumi.

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:

Revetment

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

Tembok Laut (*seawall*)

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

Pemecah gelombang (*Breakwater*)

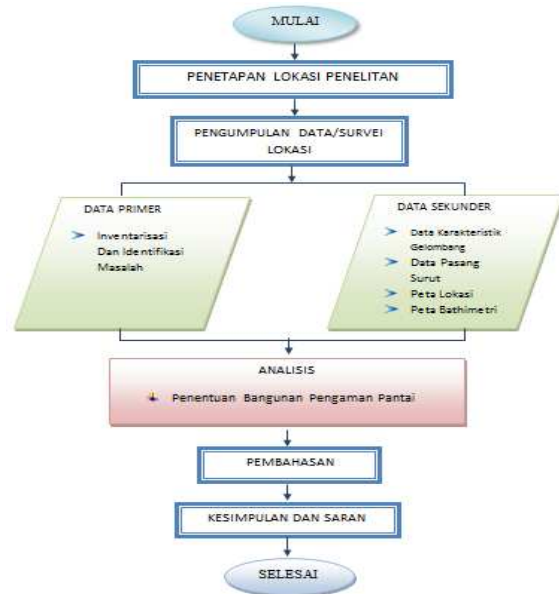
Breakwater dibedakan menjadi dua macam yaitu pemecah gelombang lepas pantai dan pemecah gelombang sambung pantai. Pemecah gelombang lepas pantai adalah bangunan yang dibuat sejajar pantai dan berada pada jarak tertentu dari garis pantai.

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:



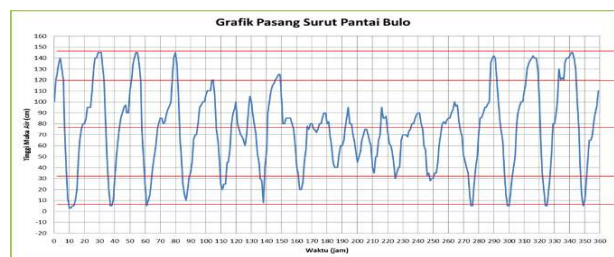
HASIL DAN PEMBAHASAN

Tabel 1. Data Hasil Pengukuran Pasang Surut

No	Tanggal	Bacan Skala Pada Jam																							Jumlah Bacan	Rerata/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
1	3/17/2015	100	120	125	135	140	130	120	75	40	12	3	3	5	5	10	20	50	65	75	80	85	95	95	1668	69.50	
2	3/18/2015	95	110	130	140	145	145	145	130	120	80	45	20	5	5	10	30	50	65	75	85	90	95	97	2052	85.5	
3	3/19/2015	90	90	110	120	135	140	145	145	135	120	75	50	25	5	10	15	25	40	50	60	75	80	85	85	1910	79.58
4	3/20/2015	80	82	88	93	96	100	125	140	145	135	105	65	50	25	15	30	20	30	35	45	66	70	70	80	1770	73.75
5	3/21/2015	95	97	100	100	105	110	110	110	120	120	105	75	65	45	25	20	25	25	45	45	56	80	90	94	1862	77.58
6	3/22/2015	100	80	75	70	68	65	60	70	90	105	100	90	80	71	53	45	30	28	8	40	55	90	100	110	1683	70.13
7	3/23/2015	115	117	120	122	125	125	100	80	85	85	85	85	80	75	60	40	35	20	20	26	46	57	78	1861	77.54	
8	3/24/2015	75	80	75	75	72	75	80	80	85	90	90	80	82	70	60	45	40	40	40	52	60	60	65	1651	68.79	
9	3/25/2015	75	85	95	80	80	70	65	55	45	50	55	65	70	75	75	65	60	40	35	50	50	65	70	1545	64.38	
10	3/26/2015	95	85	85	87	73	62	60	55	45	30	35	40	40	65	70	70	70	68	73	75	80	80	85	88	1616	67.33
11	3/27/2015	90	90	80	75	60	56	33	35	28	30	30	35	35	45	60	70	80	82	80	83	85	85	90	93	1530	63.75
12	3/28/2015	100	96	97	82	73	68	52	46	40	36	15	5	5	25	40	50	68	85	86	90	95	95	98	100	1546	64.42
13	3/29/2015	136	140	142	140	120	100	82	73	64	36	15	5	5	15	30	40	50	80	90	96	100	100	110	115	1884	78.50
14	3/30/2015	130	135	138	140	142	140	140	130	100	68	35	20	5	5	15	30	50	80	80	90	100	100	120	122	2145	89.38
15	3/31/2015	120	136	140	142	145	145	140	130	100	76	43	15	5	10	30	45	65	66	70	83	90	96	110	2141	89.21	

Keterangan : Air Tertinggi : 145.0

Air Terendah : 3.0



Gambar 5. Grafik Pasang Surut Pantai Bulu Berdasarkan MSL

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

Tetapan	F	So	M2	S2	N2	K2	K1	O1	P1	M4	M S4
Amplitudo (cm)		74.58	37.98	6.95	27.52	1.88	31.37	35.3	10.35	7.38	1.5
g^0		-	22.26	197.76	30.85	197.76	139.41	199.35	139.41	236.66	29.49

Sumber : Sangkop Novian (2015)

Penentuan Elevasi Muka Air Laut**Tabel 3.** Elevasi Muka Air Laut

Elevasi Muka Air	Satuan	Data
HHWL	Cm	145
MHWL	Cm	119.5
MSL	Cm	74.6
MLWL	Cm	29.7
LLWL	Cm	3

Range	Cm	89.845
-------	----	--------

Sumber : Sangkop Novian (2015)

Angin, Arah Angin dan Koreksi Kecepatan Angin.**Tabel 4.** Perhitungan Faktor Tekanan Angin Pada Bulan September 2013

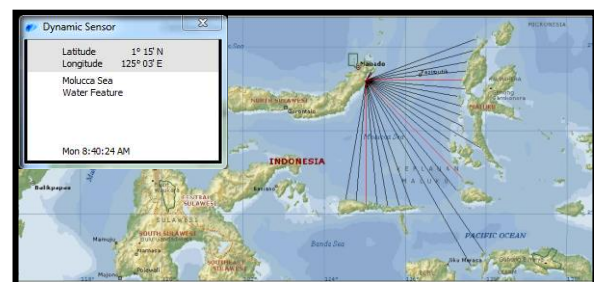
Tanggal	Arah	Uz	$U_{10} = U_z \left(\frac{10}{Z} \right)^{\frac{1}{7}}$	$U_A = R_T \cdot R_L \cdot U_{10}$
1	TG	1	0.91	1.95
2	S	0.6	0.55	1.22
3	S	1.3	1.16	1.88
4	S	1.4	1.25	1.86
5	S	1.9	1.76	1.74
6	S	2	1.86	1.73
7	S	1.9	1.72	1.74
8	S	1.9	1.78	1.74
9	S	1	0.95	1.95
10	S	1.1	0.98	1.94
11	S	1.1	1.05	1.94
12	S	1.1	1.05	1.94
13	S	0.9	0.85	2
14	BD	1.4	1.32	1.86
15	BD	0.9	0.79	2
16	S	1.2	1.1	1.93
17	BD	1.2	1.15	1.93
18	S	1.4	1.25	1.86
19	BD	2.3	2.11	1.7
20	BD	1.9	1.74	1.74
21	S	1.9	1.76	1.74
22	S	1.1	1.01	1.94
23	S	1.8	1.64	1.8
24	S	2.4	2.17	1.69
25	S	3.2	2.9	1.59
26	S	0.9	0.87	2
27	S	1	0.95	1.95
28	U	0.6	0.59	2
29	S	1.3	1.16	1.88
30	S	1.7	1.58	1.82

Sumber : Ratu Aditya Yosua (2015)

Perhitungan Fetch Efektif Pantai Bulu.**Tabel 5.** Perhitungan Panjang *Fetch* Untuk Delapan Arah Mata Angin

Arah	Sudut (α)	F (mil)	F (km)	Cos (α)	Fcos (α)	Feff (km)
Utama	($^\circ$)	(mil)	(km)			
Utara	-20	0	0.00	0.940	0	2.362
	-25	0	0.00	0.966	0	
	-10	0	0.00	0.985	0	
	-5	0	0.00	0.996	0	
	0	0	0.00	1.000	0	
	5	0	0.00	0.996	0	
	10	0	0.00	0.985	0	
	15	0	0.00	0.966	0	
Timur Laut	20	13.7	22.05	0.940	20.73	50.748
	-20	17.2	27.68	0.940	26.02	
	-25	18.1	29.13	0.966	28.14	
	-10	15.3	24.62	0.985	24.25	
	-5	17.6	28.32	0.996	28.21	
	0	19.6	31.54	1.000	31.54	
	5	0	0.00	0.996	0.00	
	10	0	0.00	0.985	0.00	
Timur	15	0	0.00	0.966	0.00	267.649
	20	203	326.70	0.940	307.10	
	-20	201	323.48	0.940	304.07	
	-25	188	302.56	0.966	292.27	
	-10	173	278.42	0.985	274.24	
	-5	171	275.20	0.996	274.10	
	0	113	181.20	1.000	181.20	
	5	166	267.15	0.996	266.08	
Tenggara	10	156	251.06	0.985	247.29	375.125
	15	164	263.93	0.966	254.96	
	20	168	270.37	0.940	254.15	
	-20	178	286.46	0.940	269.28	
	-25	171	275.20	0.966	265.84	
	-10	170	273.59	0.985	269.48	
	-5	181	291.29	0.996	290.13	
	0	231	371.76	1.000	371.76	
Selatan	5	236	379.81	0.996	378.29	294.437
	10	344	553.61	0.985	545.31	
	15	353	568.10	0.966	548.78	
	20	233	374.98	0.940	352.48	
	-20	219	352.45	0.940	331.30	
	-25	213	342.79	0.966	331.14	
	-10	209	336.35	0.985	331.31	
	-5	201	323.48	0.996	322.18	
Barat Daya	0	204	328.31	1.000	328.31	0
	5	200	321.87	0.996	320.58	
	10	198	318.65	0.985	313.87	
	15	196	315.43	0.966	304.71	
	20	0	0	0.940	0.00	
	-20	0	0	0.940	0.00	
	-25	0	0	0.966	0.00	
	-10	0	0	0.985	0.00	
Barat Daya	-5	0	0	0.996	0.00	0
	0	0	0	1.000	0.00	
	5	0	0	0.996	0.00	
	10	0	0	0.985	0.00	
	15	0	0	0.966	0.00	
	20	0	0	0.940	0.00	
	-20	0	0	0.940	0.00	
	-25	0	0	0.966	0.00	

Sumber : Yosua Aditya Ratu,(2015)

**Gambar 6.** Fetch Arah Utara, Timur Laut, Timur, Tenggara, Dan Selatan

Tabel 6. Tabel rekapitulasi arah, tinggi dan periode gelombang dari masing-masing *fetch* berdasarkan *Hindcasting* Gelombang tahun 2003 – 2013

No.	Bulan	H&T	Arah Datang Gelombang					Max Tiap Bulan	
			U	TL	T	TG	S	Arah Dominan	H-T
1	Januari	H (m)	0.0843	0.8621	0.5067	0.0000	0.1371	TL	0.8621
		T (det)	1.7115	1.6787	3.0553	0.0000	1.6787		3.0553
2	Februari	H (m)	0.0774	0.0000	0.2157	0.0132	0.5766	S	0.5766
		T (det)	1.6748	0.0000	2.0665	0.0132	3.2416		3.2416
3	Maret	H (m)	0.0717	0.0500	0.2157	0.0036	0.5766	S	0.5766
		T (det)	1.6432	1.1778	2.0665	0.3141	3.2416		3.2416
4	April	H (m)	0.0254	0.0076	0.0076	0.0117	0.2157	S	0.2157
		T (det)	1.2677	0.4593	0.4593	0.5693	2.0665		2.0665
5	Mei	H (m)	0.0254	0.0045	0.2157	0.1371	1.0324	S	1.0324
		T (det)	1.2677	0.3533	2.0665	0.1371	4.2329		4.2329
6	4 Juni	H (m)	0.0327	0.0000	0.1371	0.0000	0.9643	S	0.9643
		T (det)	1.3497	0.0000	1.6787	0.0000	4.1025		4.1025
7	Juli	H (m)	0.0284	0.0000	0.0036	0.3167	1.0236	S	1.0236
		T (det)	1.3036	0.0000	0.3141	2.4636	4.2162		4.2162
8	Agustus	H (m)	0.0049	0.0000	0.0222	0.0000	1.5642	S	1.5642
		T (det)	0.8391	0.0000	0.7852	0.0000	5.1200		5.1200
9	September	H (m)	0.0066	0.0065	0.1335	0.1548	0.9033	S	0.9033
		T (det)	0.9040	0.4240	1.6589	1.7750	3.9817		3.9817
10	Oktober	H (m)	0.8734	0.0000	0.1542	0.1742	0.7091	U	0.8734
		T (det)	2.0760	0.0000	1.7720	1.8737	3.5638		3.5638
11	November	H (m)	0.1371	0.0070	0.0170	0.0132	0.3620	S	0.3620
		T (det)	1.6787	0.4417	0.6870	0.6046	2.6192		2.6192
12	Desember	H (m)	0.0656	0.0000	0.1371	0.0036	0.4400	S	0.4400
		T (det)	1.6072	0.0000	1.6787	0.0036	2.8641		2.8641
Max Tiap Arah		H (m)	0.8734	0.8621	0.5067	0.3167	1.5642	S	1.5642
		T (det)	2.0760	1.6787	3.0553	2.4636	5.1200		5.1200

Sumber: Ratu Aditya Yosua (2015)

➤ Arah selatan paling maksimum dengan :

- Tinggi Gelombang (H) : 1.5642 Meter
- Periode Gelombang (T) : 5.1200 detik

Perhitungan Angkutan Sedimen Metode CERC

Angkutan Sedimen Sejajar Pantai

Tabel 7. Angkutan Sedimen Sejajar Pantai Bulu.

Arah	Ho	Co	Kbr	α_{br}	S	Total
Selatan	1.5642	7.6599	1.0033	45	75476.359	75476.359 m ³ /tahun

Sumber : Ratu Aditya Yosua (2015)

Tipe Bangunan Pengaman Pantai

Berdasarkan hasil analisa tinggi gelombang di Pantai Mangatasik yang hanya berkisar 1.5642 meter maka bangunan yang direkomendasikan adalah Revetment.

Perhitungan Dimensi Bangunan Pengaman Pantai

Perhitungan Gelombang Rencana dan Gelombang Pecah

1. Perhitungan Koefisien Shoaling (Ks)

Koefisien pendangkalan:

$$K_s = \sqrt{\frac{0.5 \times 37.6118}{0.5021 \times 37.6118}}$$

$$K_s = 0.9979$$

2. Koefisien Refraksi (Kr)

$$K_r = 1.0033$$

Setelah perhitungan koefisien *refraksi* dan *shoaling*, akan didapat nilai tinggi gelombang yang baru :

$$H = H_o \cdot K_r \cdot K_s$$

$$= 1.5642 \times 1.0033 \times 0.9946$$

$$= 1.5610 \text{ meter}$$

Perhitungan Gelombang Pecah

$$H_b/H'_o = 1.1$$

$$H_b = (H_b/H_o) \times H'_o$$

$$= 1.1 \times 1.5726$$

$$= 1.7299 \text{ meter}$$

Elevasi Muka Air Rencana

Elevasi muka air rencana dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$DWL = HHWL + S_w + SLR$$

Dimana :

DWL : *Design water Level* / Elevasi muka air rencana

S_w : *Wave set-up*

SLR : Kenaikan elevasi muka air laut karena pemanasan global (*Sea Level Rise*).

a) *Wave set-up*

$$H_b : 1.7299 \text{ meter}$$

$$T : 4.9102 \text{ detik}$$

Maka besar *wave set-up* adalah :

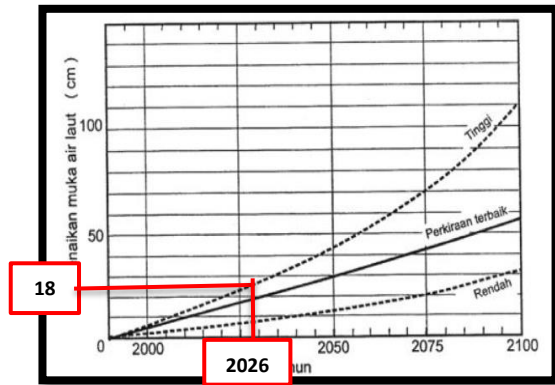
$$S_w = 0.19 \left(1 - 2.82 \sqrt{\frac{H_b}{gT^2}} \right) H_b$$

$$S_w = 0.19 \left(1 - 2.82 \sqrt{\frac{1.7299}{9.81 \times 4.9102^2}} \right) \times 1.7299$$

$$= 0.25 \text{ meter}$$

b) *Sea Level Rise*

Peningkatan konsentrasi gas-gas rumah kaca di atmosfer menyebabkan kenaikan suhu bumi sehingga mengakibatkan kenaikan muka air laut. Perkiraan besar kenaikan muka air laut diberikan pada **Gambar 7**. 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).



Gambar 7. Grafik perkiraan besarnya kenaikan muka air laut (Sea Level Rise) dari tahun 1990-2100 (Sumber: Bambang Triatmodjo, 1999)

Sehingga didapatkan elevasi muka air rencana adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} DWL &= HHWL + S_w + SLR \\ DWL &= 1.45 \text{ m} + 0.25 \text{ m} + 0.18 \text{ m} \\ Dwl &= +1.88 \text{ meter} \end{aligned}$$

Perhitungan Elevasi Mercu Revetment

Elevasi mercu bangunan dihitung dengan rumus sebagai berikut:
Elevasi Mercu = DWL + Ru + Fb

a) Run-up gelombang

Direncanakan:

Jenis bangunan = *revetment*

Lapis lindung = batu alam kasar

Tinggi gelombang(H) = 1.5726 meter

Kemiringan bangunan = 1: 2

$$\begin{aligned} 1. \quad L_o &= 1.56 T^2 = 1.56 \times 5.4686^2 \\ &= 46.64436 \text{ meter} \\ 2. \quad I_r &= \frac{\tan \theta}{\left(\frac{H}{L_o}\right)^{0.5}} = \frac{1/2}{\left(\frac{4.9102}{37.6118}\right)^{0.5}} = 1.38 \end{aligned}$$

Run up gelombang didapat dari hasil plot berdasarkan.Bilangan *Irrabaren* di atas, maka didapat:

$$\frac{Ru}{H} = 1.3$$

$$Ru = 1.3 \times 1.5726 = 2.04438 \text{ meter}$$

$$\begin{aligned} \text{b) Elevasi mercu} &= DWL + Ru + Fb \\ &= 1.88 + 2.04438 + 0.5 \\ &= +4.42438 \text{ meter} \end{aligned}$$

Perhitungan Lapis Lindung

1. 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:

a) Lapis pelindung luar (*armour stone*)

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

Dimana : γ_r = berat jenis batu (2.65 t/m²)

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

$$\begin{aligned} \text{b). } W_1 &= \frac{\gamma_r H^3}{K_D (S_r - 1)^3 \cot \theta} \\ &= \frac{2.65 \times 1.5726^3}{2 \times \left(\frac{2.65}{1.03} - 1\right)^3 \times 2} \\ &= 0.66 \text{ ton} = 660 \text{ kg} \end{aligned}$$

c). Diameter Batu

$$D = \left(\frac{W}{\gamma_r}\right)^{1/2} = \left(\frac{0.66}{2.65}\right)^{1/3} = 0.63 \text{ meter}$$

d). Tebal Lapis Lindung (t_1)

Untuk nilai dari Koefisien Lapis (K_Δ) = 1.15. (lih. Lampiran)

$$\begin{aligned} t_1 &= n K_\Delta \left(\frac{W}{\gamma_r}\right)^{1/3} \\ &= 2 \times 1.15 \times \left(\frac{0.66}{2.65}\right)^{1/3} \\ &= 1.4 \text{ meter} \end{aligned}$$

2. Lapis pelindung kedua (*secondary stone*)

$$\frac{W}{10} = \frac{0.66}{10} = 0.066 \text{ ton}$$

a) Diameter Batu

$$\begin{aligned} D &= \left(\frac{W}{\gamma_r}\right)^{1/2} \\ &= \left(\frac{0.066}{2.65}\right)^{1/3} \\ &= 0.29 \text{ meter} \end{aligned}$$

b) Tebal Lapis Lindung (t_1)

Untuk nilai dari Koefisien Lapis (K_{Δ}) = 1.15.
(lih. Lampiran)

$$\begin{aligned} t_2 &= n K_{\Delta} \left(\frac{W}{\gamma_r} \right)^{1/3} \\ &= 2 \times 1.15 \times \left(\frac{0.066}{2.65} \right)^{1/3} \\ &= 0.67 \text{ meter} \end{aligned}$$

c). W₂ Lapis *core layer*

$$\frac{W}{200} = \frac{0.66}{200} = 0.003 \text{ ton}$$

3. Lebar Puncak *Revetment*

Lebar puncak *Revetment* untuk $n = 3$ (minimum) dan koefisien lapis (K_{Δ}) = 1.15 maka untuk B puncak adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} B &= n K_{\Delta} \left[\frac{W}{\gamma_r} \right]^{1/3} \\ &= 3 \times 1.15 \times \left[\frac{0.66}{2.65} \right]^{1/3} \\ &= 2.17 \text{ meter} \end{aligned}$$

4. Jumlah Batu Pelindung

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

$$\begin{aligned} N &= A \cdot n \cdot K_{\Delta} \cdot \left[1 - \frac{P}{100} \right] \times \left[\frac{Y_r}{W} \right]^{2/3} \\ &= 10 \cdot 2 \cdot 1.15 \cdot \left[1 - \frac{37}{100} \right] \times \left[\frac{2.65}{0.66} \right]^{2/3} \\ &= 36.60 \text{ buah} \approx 37 \text{ buah} \end{aligned}$$

Toe Protection

Perhitungan tinggi *toe protection* dengan r (tebal lapis rerata) direncanakan = 0.75 m, tinggi gelombang rencana $H = 1.5726$ m, maka:

- a) **Tinggi toe protection (t)**

$$t_{t0e} = r = 0.75 \text{ meter}$$

- b)
- Lebar *toe protection***

$$B = 2H = 2 \times 1.5726$$
$$= 3.1452 \text{ meter}$$

- c) **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 di atas.

Maka ,

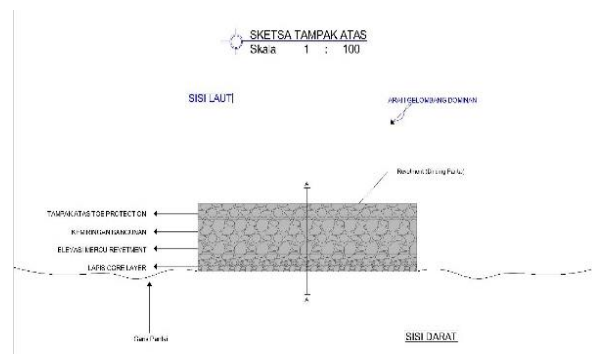
$$\begin{aligned} W &= \frac{\gamma_r H^3}{N s^3 (S_r - 1)^3} \\ &= \frac{2.65 \times 1.5726^3}{140^3 \left(\frac{2.65}{1.03} - 1 \right)^3} = 0.0190 \text{ ton} = 19 \text{ kg} \end{aligned}$$

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

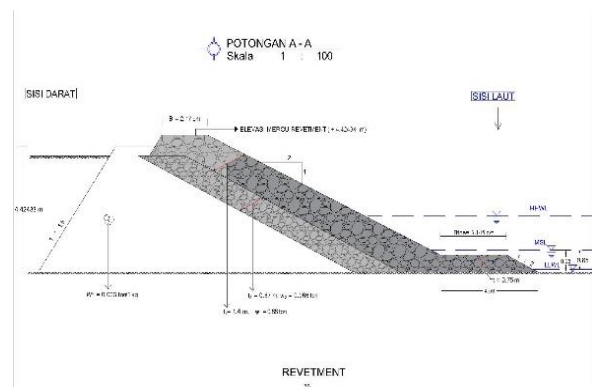
$$\begin{aligned} W &= 0.5 \times 0.66 \text{ ton} \\ &= 0.33 \text{ ton} \\ &= 330 \text{ kg} \end{aligned}$$

Maka berat butir *toe protection* (W) diambil sebesar yaitu $W = 330 \text{ kg}$.

Dimensi Rivetment



Gambar 8. Tampak atas Revetmen



Gambar 9. Tampak Samping Revetmen

PENUTUP

Kesimpulan

Dalam perencanaan bangunan pengaman pantai di Pantai Bulu, maka:

- 1). Bangunan terpilih adalah *Revetmen*
- 2). Berdasarkan hasil analisa, diperoleh perencanaan dimensi *Revetment* sebagai berikut :
Jenis Bangunan : *Revetment*
Tinggi Bangunan : 4.42438 meter
Lebar Puncak : 2.17 meter
Kemiringan : 1 : 2
Fungsi Bangunan : Mencegah erosi

Saran

1. Diharapkan hasil studi ini dapat menjadi bahan pertimbangan bagi instansi terkait untuk mengatasi masalah dilokasi studi Pantai Bulu.
2. Penelitian ini diharapkan dapat digunakan untuk perencanaan-perencanaan bangunan pengaman pantai pada segmen-segmen berikutnya di lokasi studi.

DAFTAR PUSTAKA

- Data Angin 2003-2013*, Badan Meteorologi dan Geofisika Stasiun Pengamatan Winangun, Manado, 2013.
- Nur Yuwono*, 1992. “ Teknik Pantai Volume I dan II”, Universitas Gajah Mada, Yogyakarta.
- Ratu Aditya Yosua*, 2015. “ Analisa Karakteristik Gelombang Pantai Bulu Desa Rerer Kecamatan Kombi Kabupaten Minahasa ”, Skripsi S1, Program Studi Teknik Sipil Unsrat, Manado.
- Sangkop Novian*, 2015. “ Pasang Surut pada daerah Pantai Bulu Desa Rerer Kecamatan Kombi Kabupaten Minahasa ”, Skripsi S1, Program Studi Teknik Sipil Unsrat, Manado.
- Triatmodjo, Bambang*, 2009. Perencanaan Pelabuhan, Beta Offset, Yogyakarta.
- Triatmodjo, Bambang*, 1999. Teknik Pantai, Beta Offset, Yogyakarta.
- Triatmodjo, Bambang*, 2012. Perencanaan Bangunan Pantai, Beta Offset, Yogyakarta.
- US Army Corps Of Engineering* “Shore Protection Manual Volume I-II”, Coastal Engineering Reseach Center (CERC), , Washington, 1984.