



## Alternatif Penanganan Kerusakan Pantai Di Desa Mala Timur Kecamatan Melonguane Kabupaten Kepulauan Talaud

Saul Barguna<sup>#a</sup>, Jeffry D. Mamoto<sup>#b</sup>, Nicolaas J. A. Tangkudung<sup>#c</sup>

<sup>#</sup>Program Studi Teknik Sipil Universitas Sam Ratulangi, Manado, Indonesia  
<sup>a</sup>saul080496@gmail.com, <sup>b</sup>jeffrymamoto@unsrat.ac.id, <sup>c</sup>tangkudungnicolaas@gmail.com

### Abstrak

Pantai Malah Timur yang secara geografis berada pada koordinat  $4^{\circ}00'16.7''N$   $126^{\circ}42'23.8''E$  merupakan pantai yang berada di Desa Mala Timur Kecamatan Melonguane Kabupaten Kepulauan Talaud. Sebagian penduduk yang tinggal di dekat pesisir pantai bekerja sebagai nelayan karena potensi hasil laut yang melimpah. Namun hal ini tak lepas dari berbagai masalah seperti daerah rawan bencana, abrasi dan masalah-masalah lain. Dari keterangan warga yang tinggal di pesisir, pada bulan-bulan tertentu tinggi gelombang bisa mencapai 2 meter, bahkan limpasan air laut bisa sampai mendekati infrastruktur seperti jalan. Perencanaan pengaman pantai akan direncanakan dengan mengumpulkan data sekunder yang didapatkan dari Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) Kota Bitung dan Pangkajene Utama TNI AL VIII Kairagi berupa data angin, data gelombang, data pasang surut, juga melalui software penunjang yang ada. Kemudian data tersebut di analisis sehingga didapatkan desain dari pengaman pantai yang diperlukan. Dari hasil analisis data maka didapatkan perencanaan bangunan pengaman pantai dengan jenis bangunan Revetment dengan lapis lindung Buis beton yang dimodifikasi, tinggi mercu 3,5 m, lebar puncak 2,5 m, kemiringan bangunan 1:3, lebar toeprotection 4,4 m, dan tinggi toeprotection 1,67m.

*Kata kunci: pantai Mala Timur, abrasi, alternatif penanganan kerusakan pantai*

## 1. Pendahuluan

### 1.1. Latar Belakang

Indonesia adalah Negara kepulauan terbesar di Dunia. Luas perairan di Indonesia lebih besar dari luas daratan yang ada. Hal ini menyebabkan banyak sekali terdapat pantai di Indonesia dengan panjang garis pantai yang ada kurang lebih 108.000 km (Badan Informasi Geospasial Indonesia, BIG). Abrasi pantai adalah salah satu kerusakan yang disebabkan oleh alam. Abrasi pantai merupakan pengikisan daratan pantai akibat arus, gelombang dan pasang surut air laut. Abrasi pantai dengan tingkat kerusakan yang cukup tinggi mempunyai dampak bagi pelestarian lingkungan, kehidupan sosial ekonomi dan kesehatan masyarakat. Pantai Mala Timur adalah salah satu pantai yang berada di Kabupaten Kepulauan Talaud. Sebagian penduduk yang tinggal di dekat pesisir pantai bekerja sebagai nelayan karena potensi hasil laut yang melimpah. Namun hal ini tak lepas dari berbagai masalah seperti daerah rawan bencana, abrasi dan masalah-masalah lain. Tingginya gelombang pada bulan-bulan tertentu dan pasang air laut di pantai Mala Timur yang cukup tinggi, menyebabkan tergerusnya tebing pantai yang terjadi diduga menjadi salah satu penyebab mundurnya garis pantai yang sudah mendekati jalan dan mulai mengancam pemukiman penduduk yang tinggal di daerah dekat pantai.

## 1.2. Rumusan Masalah

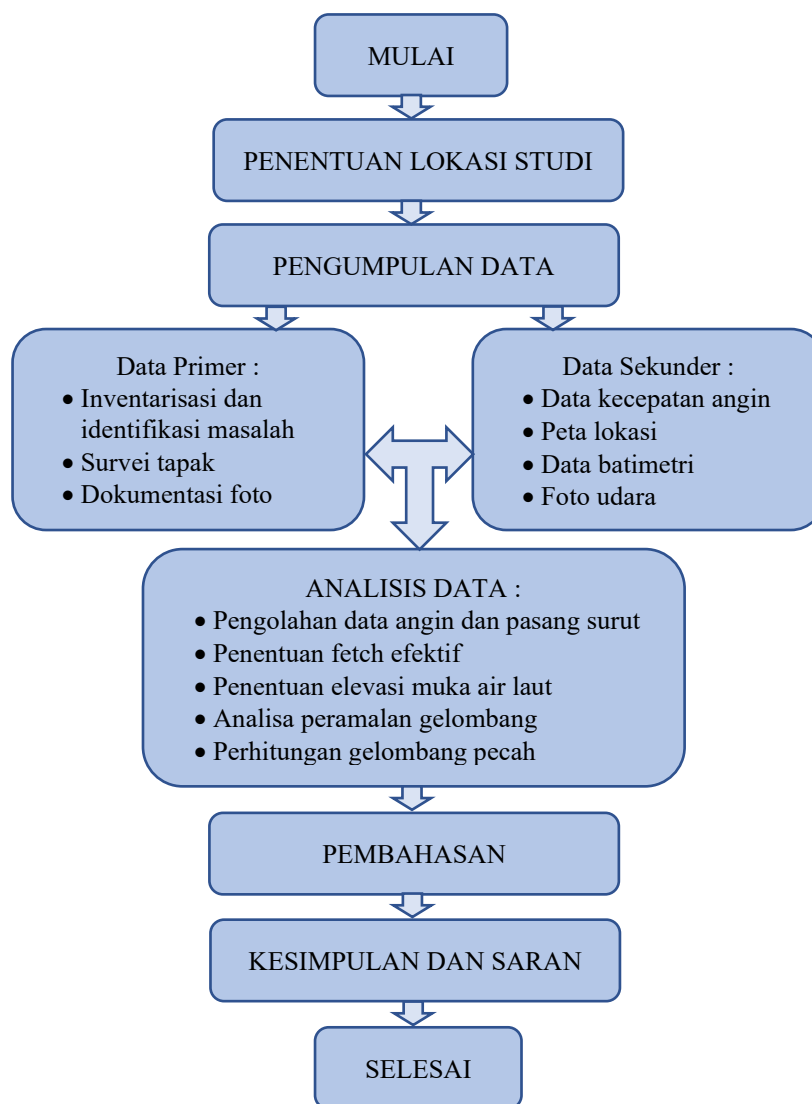
1. Apakah terjadi abrasi di pantai Mala Timur ?
2. Apa pengaruh yang ditimbulkan akibat abrasi pada pantai Mala Timur ?
3. Bagaimana cara menanggulangi kerusakan akibat abrasi pada pantai Mala Timur

## 1.3. Tujuan Penelitian

Untuk dapat merencanakan bangunan pengaman pantai yang tepat dengan permasalahan yang ada di Pantai Mala Timur sebagai alternatif penanganan kerusakan akibat abrasi.

## 2. Metode Penelitian

Dalam penelitian ini dilakukan dengan beberapa tahapan pekerjaan. Tahapan penelitian ditunjukkan pada Gambar 1.



**Gambar 1.** Bagan Alir

## 3. Hasil dan Pembahasan

### 3.1 Perhitungan Pasang Surut Dengan Metode Admiralty

Data dibawah merupakan data mentah dari pengukuran pasang surut pantai Mala Timur

Kec. Melonguane Kab. Kepulauan Talaud selama 15 hari dalam interval waktu 1 jam yang diperoleh dari Pangkalan Utama TNI AL VIII Kairagi.

**Tabel 1.** Data Hasil Pengukuran Pasang Surut

No.	TANGGAL	JAM																							Jumlah Bacaan	Bacaan Rerata/jam	
		01.00	02.00	03.00	04.00	05.00	06.00	07.00	08.00	09.00	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			00.00
1	01/06/2022	0,9	1,1	1,5	1,8	2,1	2,3	2,3	2,0	1,6	1,1	0,7	0,4	0,2	0,3	0,6	1,0	1,3	1,7	1,8	1,8	1,6	1,3	1,1	0,9	31,4	1.308
2	02/06/2022	0,9	1,1	1,3	1,7	2,0	2,2	2,3	2,1	1,8	1,3	0,9	0,3	0,3	0,3	0,5	0,8	1,1	1,5	1,7	1,8	1,7	1,4	1,2	1,0	31,2	1.300
3	03/06/2022	0,9	1,0	1,2	1,5	1,8	2,1	2,2	2,2	2,0	1,6	1,1	0,7	0,5	0,4	0,4	0,6	0,9	1,3	1,5	1,7	1,7	1,5	1,3	1,1	31,2	1.300
4	04/06/2022	1,0	1,0	1,1	1,3	1,6	1,9	2,1	2,2	2,0	1,8	1,4	1,0	0,7	0,5	0,5	0,6	0,8	1,1	1,4	1,6	1,7	1,6	1,4	1,2	31,5	1.313
5	05/06/2022	1,1	1,0	1,1	1,2	1,4	1,7	1,9	2,0	2,0	1,9	1,6	1,3	0,9	0,7	0,6	0,6	0,7	0,9	1,2	1,4	1,6	1,6	1,5	1,4	31,3	1.304
6	06/06/2022	1,2	1,1	1,1	1,1	1,2	1,4	1,6	1,8	1,9	1,9	1,7	1,5	1,2	1,0	0,8	0,7	0,7	0,8	1,0	1,3	1,5	1,6	1,6	1,5	31,2	1.300
7	07/06/2022	1,4	1,3	1,2	1,2	1,1	1,2	1,4	1,5	1,7	1,7	1,7	1,6	1,4	1,2	1,0	0,9	0,8	0,8	0,9	1,1	1,3	1,5	1,6	1,6	31,1	1.296
8	08/06/2022	1,6	1,5	1,4	1,2	1,1	1,1	1,1	1,2	1,4	1,5	1,6	1,6	1,6	1,4	1,3	1,1	1,0	0,9	0,9	1,0	1,1	1,3	1,5	1,7	31,1	1.296
9	09/06/2022	1,7	1,7	1,6	1,4	1,2	1,1	1,0	1,0	1,0	1,2	1,4	1,5	1,6	1,6	1,5	1,4	1,2	1,0	0,9	0,9	1,0	1,1	1,4	1,6	31,0	1.292
10	10/06/2022	1,8	1,9	1,8	1,7	1,5	1,2	1,0	0,8	0,8	0,9	1,0	1,3	1,5	1,6	1,7	1,6	1,4	1,2	1,0	0,9	0,9	1,0	1,2	1,5	31,2	1.300
11	11/06/2022	1,8	2,0	2,0	2,0	1,7	1,4	1,1	0,8	0,6	0,6	0,7	0,9	1,2	1,5	1,7	1,8	1,7	1,5	1,2	1,0	0,8	0,8	1,0	1,3	31,1	1.296
12	12/06/2022	1,6	1,9	2,1	2,2	2,0	1,7	1,3	0,9	0,6	0,4	0,4	0,6	0,9	1,3	1,6	1,8	1,8	1,7	1,4	1,1	0,9	0,8	0,8	1,0	30,8	1.283
13	13/06/2022	1,4	1,8	2,1	2,3	2,3	2,1	1,7	1,2	0,7	0,4	0,2	0,3	0,6	0,9	1,6	1,7	1,9	1,9	1,7	1,4	1,0	0,8	0,7	0,8	31,5	1.313
14	14/06/2022	1,1	1,5	1,9	2,3	2,4	2,3	2,0	1,5	1,0	0,5	0,2	0,1	0,3	0,6	1,4	1,5	1,8	2,0	1,9	1,6	1,3	1,0	0,8	0,7	31,7	1.321
15	15/06/2022	0,9	1,3	1,7	2,1	2,4	2,5	2,3	1,9	1,3	0,8	0,4	0,1	0,1	0,3	1,0	1,2	1,6	1,9	2,0	1,8	1,5	1,2	0,9	0,7	31,9	1.329
Air Tertinggi		= 2,5 m																									
Air terendah		= 0,1 m																									

Di bawah ini adalah hitungan untuk tipe pasang surut yang ada di lokasi pengukuran, yaitu pantai Mala Timur.

**Tabel 2.** Komponen Pasang Surut Hasil Analisis Untuk Lokasi Pengukuran Pantai Mala Timur

	SO	M2	S2	N2	K1	O1	M4	MS4	K2	P1
A cm	130	65	22	5	41	18	0	11	6	13
g <sup>0</sup>	0,00	372,72	204,43	441,34	245,51	-208,05	644,16	553,22	204,43	245,51

$$F = \frac{K1 + O1}{M2 + S2} = \frac{41 + 18}{372,72 + 204,43} = 0.10$$

Pasang surut termasuk tipe harian ganda (semi diurnal tide) dengan nilai F < 0.25 dimana F = 0.10

### 3.2 Penentuan Elevasi Muka Air Laut

**Tabel 3.** Elevasi Muka Air

Elevasi Muka Air	Satuan	Data
HHWL	cm	282,05
HWL	cm	250
MHWL	cm	206,21
MSL	cm	130
MLWL	cm	54,53
LLWL	cm	10
Z0	cm	151,68

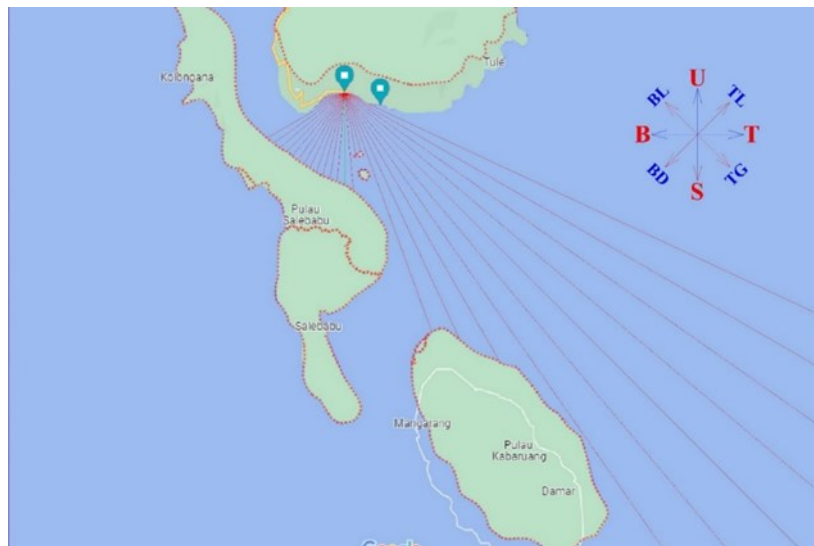
### 3.3 Angin, Arah Angin dan Tekanan Angin

Untuk perhitungan dibawah ini menggunakan data yang diambil dari BMKG Kota Bitung untuk pantai Mala Timur Kecamatan Melonguane Kabupaten Kepulauan Talaud.

**Tabel 4.** Perhitungan Faktor Tekanan Angin Pada Tahun 2016

Perhitungan Wind Stress Factor Pada Tahun 2016					Z = ±	10
					RT	1,13
Bulan	Arah	U <sub>z</sub>	U <sub>z</sub> ( BULAT )	$U_{10} = U_z \left( \frac{10}{Z} \right)^{0,2}$	R <sub>L</sub>	U <sub>A</sub> = R <sub>T</sub> · R <sub>L</sub> · U <sub>10</sub>
2016						
Januari	NE	3,995	4	3,99	1,5	6,77
Februari	E	3,715	4	3,71	1,53	6,42
Maret	NE	4,110	4	4,11	1,49	6,92
April	E	2,548	3	2,55	1,68	4,84
Mei	SE	2,259	2	2,26	1,7	4,34
Juni	S	2,813	3	2,81	1,63	5,18
Juli	S	3,429	3	3,43	1,56	6,04
Agustus	S	4,741	5	4,74	1,45	7,77
September	S	2,918	3	2,92	1,62	5,34
Oktober	SW	2,839	3	2,84	1,63	5,23
November	SW	3,121	3	3,12	1,61	5,68
Desember	SW	3,523	4	3,52	1,55	6,17

### 3.4 Hindcasting Gelombang

**Gambar 2.** Fetch Arah Timur Tenggara, Selatan, Barat Daya dan Barat

Hasil dari Perhitungan Fetch Efektif dari Delapan Arah Mata Angin di Pantai Desa Mala Timur ditampilkan pada Tabel 5.

**Tabel 5.** Perhitungan Fetch Efektif Pantai Mala Timur

Arah Mata Angin	$(\alpha)$	Jarak Sebenarnya	Jarak Sebenarnya	Fcos( $\alpha$ )	cos( $\alpha$ )	Feff (km)
		(m)	(km)			
TIMUR (E)	-20	0,000	0,000	0,000	0,940	0,282597
	-15	0,000	0,000	0,000	0,966	
	-10	0,000	0,000	0,000	0,985	
	-5	0,000	0,000	0,000	0,996	
	0	0,000	0,000	0,000	1,000	
	5	0,000	0,000	0,000	0,996	
	10	545,400	0,545	0,537	0,985	

	15	917,800	0,918	0,887	0,966	
	20	1123,400	1,123	1,056	0,940	
TENGGARA (SE)	-20	16441,700	16,442	15,450	0,940	160,3919
	-15	18823,800	18,824	18,182	0,966	
	-10	200000,000	200,000	196,962	0,985	
	-5	200000,000	200,000	199,239	0,996	
	0	200000,000	200,000	200,000	1,000	
	5	200000,000	200,000	199,239	0,996	
	10	200000,000	200,000	196,962	0,985	
	15	200000,000	200,000	193,185	0,966	
	20	200000,000	200,000	187,939	0,940	
	SELATAN (S)	-20	5018,000	5,018	4,715	
-15		5125,100	5,125	4,950	0,966	
-10		5264,300	5,264	5,184	0,985	
-5		5365,700	5,366	5,345	0,996	
0		5513,900	5,514	5,514	1,000	
5		5868,300	5,868	5,846	0,996	
10		3811,100	3,811	3,753	0,985	
15		3673,300	3,673	3,548	0,966	
20		15369,600	15,370	14,443	0,940	
BARAT DAYA (SW)	-20	2076,900	2,077	1,952	0,940	4,727679
	-15	5366,900	5,367	5,184	0,966	
	-10	5193,600	5,194	5,115	0,985	
	-5	5068,500	5,069	5,049	0,996	
	0	4986,300	4,986	4,986	1,000	
	5	4943,800	4,944	4,925	0,996	
	10	4938,100	4,938	4,863	0,985	
	15	4925,100	4,925	4,757	0,966	
20	4944,000	4,944	4,646	0,940		
BARAT (W)	-20	0,000	0,000	0,000	0,940	0,553881
	-15	0,000	0,000	0,000	0,966	
	-10	0,000	0,000	0,000	0,985	
	-5	0,000	0,000	0,000	0,996	
	0	0,000	0,000	0,000	1,000	
	5	854,700	0,855	0,851	0,996	
	10	1154,300	1,154	1,137	0,985	
	15	1371,400	1,371	1,325	0,966	
20	1645,700	1,646	1,546	0,940		
					Feff (total)	0,000
					Feff (dominan)	6,075

**Tabel 6.** Rekapitulasi Arah, Tinggi dan Periode Gelombang Berdasarkan Hindcasting Gelombang Tahun 2016-2020

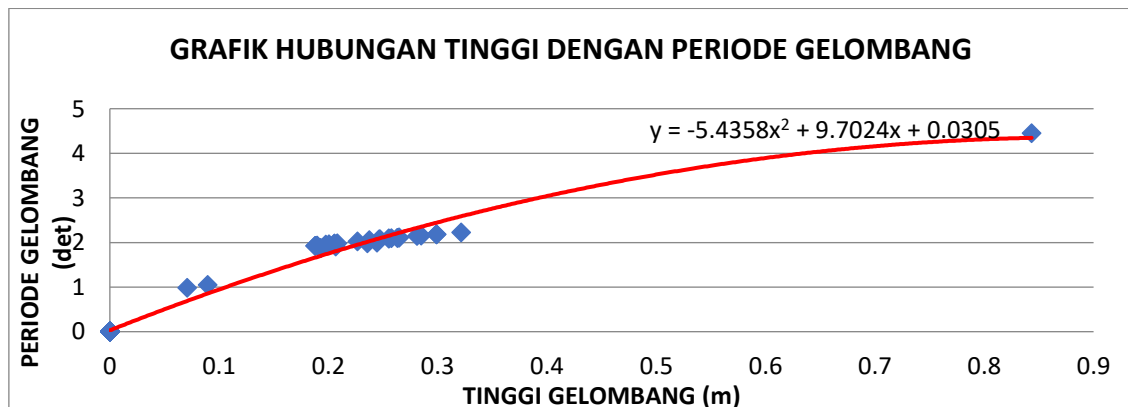
Bulan	H - T	Arah Datang Gelombang					Max Tiap Bulan	
		NE	E	SE	S	SW	Arah	H - T
JANUARI	H (m)	0,000	0,000	0,000	0,263	0,000	S	0,26
	T (det)	0,000	0,000	0,000	2,108	0,000		2,11
FEBRUARI	H (m)	0,000	0,090	0,843	0,000	0,244	SE	0,84
	T (det)	0,000	1,050	4,449	0,000	1,999		4,45
MARET	H (m)	0,000	0,000	0,000	0,247	0,236	S	0,25
	T (det)	0,000	0,000	0,000	2,072	1,979		2,07
APRIL	H (m)	0,000	0,071	0,000	0,200	0,000	S	0,20
	T (det)	0,000	0,986	0,000	1,960	0,000		1,96
MEI	H (m)	0,000	0,000	0,000	0,197	0,000	S	0,20
	T (det)	0,000	0,000	0,000	1,953	0,000		1,95
JUNI	H (m)	0,000	0,000	0,000	0,208	0,000	S	0,21
	T (det)	0,000	0,000	0,000	1,980	0,000		1,98
JULI	H (m)	0,000	0,000	0,000	0,285	0,000	S	0,28
	T (det)	0,000	0,000	0,000	2,153	0,000		2,15
AGUSTUS	H (m)	0,000	0,000	0,000	0,321	0,000	S	0,32
	T (det)	0,000	0,000	0,000	2,223	0,000		2,22
SEPTEMBER	H (m)	0,000	0,000	0,000	0,299	0,000	S	0,30
	T (det)	0,000	0,000	0,000	2,181	0,000		2,18
OKTOBER	H (m)	0,000	0,000	0,000	0,237	0,193	S	0,24
	T (det)	0,000	0,000	0,000	2,051	1,877		2,05
NOVEMBER	H (m)	0,000	0,000	0,000	0,189	0,207	SW	0,21
	T (det)	0,000	0,000	0,000	1,931	1,911		1,93
DESEMBER	H (m)	0,000	0,000	0,000	0,281	0,000	S	0,28
	T (det)	0,000	0,000	0,000	2,145	0,000		2,14
MAX TIAP ARAH	H (m)	0,000	0,090	0,843	0,321		SE	0,84
	T (det)	0,000	1,050	4,449	2,223			4,45

Didapat arah Tenggara paling maksimum dengan tinggi gelombang (H) = 0.84 m dan periode (T) = 4,45d.

### 3.5 Analisa Transformasi Gelombang

Langkah-langkah perhitungan untuk mendapatkan koefisien refraksi:

1. Tentukan sudut datang gelombang ( $\alpha$ ). Sudut datang gelombang ( $\alpha$ ) =  $22.5^\circ$
2. Tentukan kedalaman (d), untuk mengetahui perubahan tinggi gelombang akibat pendangkalan.
3. Kedalaman diambil mulai dari -10 m sampai -0.5 m.
4. Untuk memperoleh periode gelombang maksimum berdasarkan perubahan kedalaman, maka dibuat hubungan antara tinggi gelombang maksimum dan periode gelombang maksimum (5 tahun data masukan) yang telah dihitung dengan metode hindcasting untuk mendapatkan persamaan dari grafik hubungan.



**Gambar 3.** Hubungan Tinggi dan Periode Gelombang

**Tabel 7.** Perhitungan Refraksi

$a_0$	d	Ho	T	Lo	d/Lo	d/L	L	Co	C	sin a	a	cos a <sub>0</sub> /cos a	Kr
22,5	10	0,843	4,347	29,476	0,3393	0,3474	28,783	6,781	6,622	0,374	19,261	1,168	1,081
19,2609	8	0,840	3,200	15,972	0,5009	0,5027	15,914	4,992	4,973	0,329	16,842	1,144	1,069
16,8421	5	0,881	4,215	27,718	0,1804	0,2087	23,962	6,576	5,685	0,250	12,733	1,323	1,150
12,7325	2	0,847	4,173	27,162	0,0736	0,1173	17,049	6,509	4,086	0,138	6,980	1,824	1,351
6,9799	1	1,061	4,290	28,717	0,0348	0,0772	12,946	6,693	3,017	0,055	2,757	2,532	1,591
2,7567	0,5	2,008	0,693	0,749	0,6675	0,6678	0,749	1,081	1,080	0,048	2,419	1,140	1,068

**Tabel 8.** Perhitungan Shoaling

Lo	d/Lo	d/L	L	no	n	Kr	Ks	H
29,476	0,3393	0,3474	28,783	0,500	0,5555	1,0808	0,922	0,840
15,972	0,5009	0,5027	15,914	0,500	0,5116	1,0694	0,981	0,881
27,718	0,1804	0,2087	23,962	0,500	0,6925	1,1501	0,835	0,847
27,162	0,0736	0,1173	17,049	0,500	0,8584	1,3506	0,928	1,061
28,717	0,0348	0,0772	12,946	0,500	0,9325	1,5912	1,189	2,008
0,749	0,6675	0,6678	0,749	0,500	0,5022	1,0676	0,996	2,136

**Tabel 9.** Perhitungan Gelombang Pecah

H'o	H'o/gT <sup>2</sup>	m	Hb/H'o	Hb
0,9148	0,005	0,10	1,35	1,235
0,8565	0,009	0,09	1,20	1,028
1,0554	0,006	0,11	1,30	1,372
0,9123	0,005	0,09	1,28	1,168
0,8923	0,005	0,08	1,32	1,178
2,0164	0,428	0,09	1,00	2,016

### 3.6 Perhitungan Angkutan Sedimen Metode CERC

Rumus yang di pakai dalam hal pengangkutan sedimen sepanjang pantai adalah mengikuti perhitungan CERC (dari Army Coastal Engineering Research Center). Di ambil sampel tinggi dan Periode gelombang pada bulan Agustus dari arah Tenggara.

- Angkutan Sedimen Sejajar Pantai (longshore transport)

Bulan Agustus arah Tenggara

Dik :

$$\begin{aligned} H_b &= 1,235 \text{ m} \\ g &= 9,81 \\ db &= 1,111 \text{ m} \\ K &= 0,39 \text{ (Shore Protection Manual, chapter 4-96)} \\ n &= 0,4 \\ \alpha_b &= 22,5^\circ \end{aligned}$$

$$\text{Rapat masa air laut} = \rho = 1030 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Rapat masa sedimen} = \rho_s = 2650 \text{ kg/m}^3$$

$$Q_s = \frac{K}{(\rho_s - \rho) \times g \times (1-n)} \times P_l$$

$$P_l = \frac{\rho \cdot g}{8} \times H_b^2 \times C_b \times \sin \alpha_b \times \cos \alpha_b$$

$$C_b = \sqrt{g \cdot db}$$

Jawaban :

$$C_b = \sqrt{9,81 \times 1,111}$$

$$\begin{aligned}
 &= 3,302 \text{ m/d} \\
 P_1 &= \frac{1030 \times 9,81}{8} \times 1,235^2 \times 3,302 \times \sin 22,5 \times \cos 22,5 \\
 &= 229,252 \text{ kg m/d} \\
 Q_s &= \frac{0,39}{(2650-1030) \times 9,81 \times (1-0,4)} \times 229,252 \\
 &= 0,325 \text{ kgm}^3/\text{d} \\
 &= 0,000325 \text{ m}^3/\text{d} \\
 &= 0,000325 \times 24 \times 3600 = 28,067/\text{hari} \\
 &= 28,067 \times 365 = 10.244,47 \text{ m}^3/\text{tahun}
 \end{aligned}$$

Nilai angkutan sedimen untuk sejajar pantai adalah 10,244,47 m<sup>3</sup>/tahun

- Angkutan Sedimen Tegak Lurus Pantai (onshore-offshore transport)

Dikarenakan terbatasnya waktu maka untuk menentukan ukuran butir diambil ukuran butir yang paling mendekati dengan ukuran butiran yang ada di lokasi yaitu butiran sedang dengan ukuran diameter partikel 0,25 mm.

Dik :

$$\begin{aligned}
 D &= 0,25 \text{ mm} \\
 \rho_s &= 2650 \text{ kg/m}^3 \\
 \rho &= 1030 \text{ kg/m}^3 \\
 g &= 9,81 \\
 H_b &= 1,235 \text{ m} \\
 \alpha_b &= 22,5^\circ \\
 Q_s &= \frac{\tau_b}{(\rho_s - \rho) \times g \times D} \\
 \tau_b &= \rho_s \times U_*^2 \\
 U_* &= \sqrt{D/2}
 \end{aligned}$$

Penyelesaian :

$$\begin{aligned}
 U_* &= \sqrt{0,25/2} \\
 &= 0,4 \\
 \tau_b &= 2650 \times 0,4^2 \\
 &= 331,250 \\
 Q_s &= \frac{331,250}{(2650-1030) \times 9,81 \times 0,25} \\
 &= 0,501 \text{ kg m}^3/\text{d} \\
 &= 0,000501 \text{ m}^3/\text{d} \\
 &= 0,000501 \times 24 \times 3600 = 43,327 \text{ m}^3/\text{hari} \\
 &= 15.814,537 \text{ m}^3/\text{tahun}
 \end{aligned}$$

Didapat nilai angkutan sedimen tegak lurus pantai adalah 15.814,537 m<sup>3</sup>/tahun.

### 3.7 Perhitungan Gelombang Rencana dan Gelombang Pecah Revetment

Pada saat gelombang mejalar dari perairan dalam ke pantai dimana bangunan pantai akan dibangun, maka gelombang tersebut mengalami proses perubahan tinggi dan arah gelombang. Perubahan ini antara lain disebabkan karena proses refraksi, difraksi, pendangkalan dan pecahnya gelombang. Keempat proses perubahan (deformasi) gelombang dapat menyebabkan tinggi gelombang bertambah atau berkurang. Oleh karena itu tinggi gelombang rencana yang akan digunakan di lokasi pekerjaan harus ditinjau terhadap proses ini. Tinggi gelombang rencana terpilih adalah tinggi gelombang maksimum yang mungkin terjadi di lokasi pekerjaan, maka gelombang rencana yang dipakai adalah tinggi gelombang pecah (H<sub>b</sub>) di lokasi pekerjaan. Tinggi gelombang pecah ini biasanya dikaitkan dengan kedalaman perairan (d<sub>s</sub>) dan landai dasar pantai (m). Apabila pantai relatif datar, maka tinggi gelombang pecah dapat ditentukan dengan rumus (CERC, 1984):



$$H_b = 0,78d_s$$

Keterangan :

$H_b$  = Tinggi gelombang pecah

$d_s$  = Kedalaman air lokasi bangunan

Dengan demikian tinggi gelombang rencana ( $H_d$ ) dapat ditentukan dengan rumus :

$$H_d = H_b$$

Elevasi dasar Revetment akan direncanakan pada LLWL yaitu 10 cm. Ketinggian muka air pada ujung bangunan revetment yang menghadap ke laut direncanakan sebesar HHWL yaitu 282,05cm dari dasar laut.

$$d_s = HHWL = 2,82 \text{ m}$$

$$H_b = 0,78 \times d_s$$

$$= 0,78 \times 2,82 = 2,2 \text{ m}$$

$$H_d = H_b$$

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

### 3.8 Perhitungan Elevasi Mercu Revetment

Elevasi mercu bangunan dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$\text{Elevasi Mercu} = DWL + R_u + F_b$$

Dimana:

$DWL$  = Design Water Level (elevasi muka air rencana)

$R_u$  = Run-up gelombang (Rayapan gelombang) yang merupakan fungsi dari bilangan Irrabaren ( $I_r$ )

$F_b$  = Tinggi jagaan direncanakan = 0,5 meter

Run-up gelombang

Direncanakan :

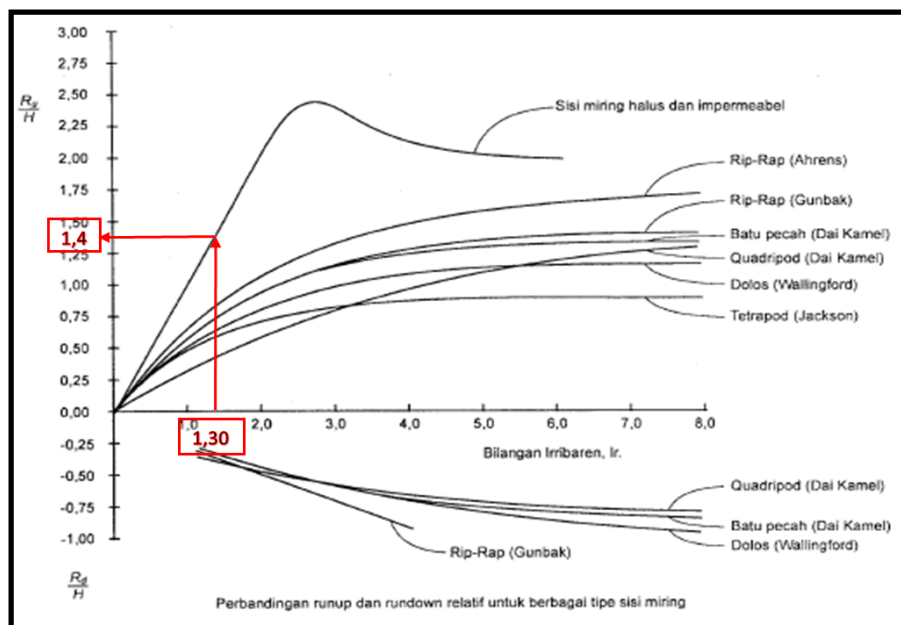
Jenis bangunan = Revetmen

Lapis lindung = Blok beton

Tinggi gelombang ( $H_d$ ) = 2,2 meter

$$- \quad L_o = 1,56 T^2 = 1,56 \times 4,347^2 = 29,476 \text{ meter}$$

$$- \quad I_r = \frac{\text{tg } \theta}{\left(\frac{T}{L_o}\right)^{0.5}} = \frac{1/2}{\left(\frac{4,347}{29,476}\right)^{0.5}} = 1,30$$



**Gambar 4.** Grafik Run Up Gelombang

Bilangan *Irrabaren* di atas, maka didapat :

$$\frac{Ru}{H} = 1,4$$

$$Ru = 1,4/2,2 = 0,64$$

$$\text{Elevasi mercu} = DWL + Ru + Fb = 2,44 + 0,64 + 0,5 = 3,6 \text{ m}$$

**3.9** Perhitungan Lapis Lindung

Berat butir lapis lindung dihitung dengan rumus Hudson berikut ini. Untuk lapis lindung dari Beton kubus modifikasi dengan  $n = 2$ , penempatan random, gelombang telah pecah dan  $K_D$  lengan bangunan = 6,5.

Lapis pelindung luar (*armour stone*)

$$\begin{aligned} - \quad W_1 &= \frac{\gamma_r H^3}{K_D (S_r - 1)^3 \cot \theta} \\ &= \frac{2,3 \times 2,2^3}{6,5 \times \left(\frac{2,3}{1,03} - 1\right)^3 \times 2} \\ &= 1,005 \text{ ton} = 1.005 \text{ kg} \end{aligned}$$

- Tebal Lapis Lindung ( $t_1$ )

Untuk nilai dari Koefisien Lapis ( $K_\Delta$ ) = 1,10

$$\begin{aligned} t_1 &= n K_\Delta \left(\frac{W}{\gamma_r}\right)^{1/3} \\ &= 2 \times 1,10 \times \left(\frac{1,005}{2,3}\right)^{1/3} \\ &= 1,67 \text{ m} \end{aligned}$$

Lapis pelindung kedua (*secondary stone*)

$$\begin{aligned} - \quad W_2 &= \frac{W}{10} = \frac{1,005}{10} \\ &= 0,1005 \text{ ton} \\ &= 100,5 \text{ kg} \end{aligned}$$

- Diameter batu

$$D = \left(\frac{W}{\gamma_r}\right)^{1/3} = \left(\frac{0,1005}{2,65}\right)^{1/3} = 0,34 \text{ m}$$

- Tebal Lapis Lindung ( $t_2$ )

Untuk nilai dari Koefisien Lapis ( $K_\Delta$ ) = 1,10. (lih. Lampiran)

$$\begin{aligned} t_2 &= n K_\Delta \left(\frac{W}{\gamma_r}\right)^{1/3} = 2 \times 1,10 \times \left(\frac{0,1005}{2,65}\right)^{1/3} \\ &= 0,74 \text{ m} \end{aligned}$$

Lebar Puncak *Revetment*

Lebar puncak *Revetment* untuk  $n = 3$  (minimum) dan koefisien lapis ( $K_\Delta$ ) = 1.10 maka untuk B puncak:

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

$$= 3 \times 1,10 \times \left[ \frac{1,004}{2,3} \right]^{1/3}$$

$$= 2,5 \text{ meter}$$

Jumlah Block Beton Pelindung

Jumlah butir Beton pelindung tiap satu satuan luas ( $10 \text{ m}^2$ ) dan porositas = 47, dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$N = A \cdot n \cdot K_{\Delta} \cdot \left[ 1 - \frac{P}{100} \right] \times \left[ \frac{Y_r}{W} \right]^{2/3}$$

$$= 10 \times 2 \times 1,10 \times \left[ 1 - \frac{47}{100} \right] \times \left[ \frac{2,3}{1,004} \right]^{2/3}$$

$$= 20 \text{ buah}$$

### 3.10 Toe Protection

Perhitungan tinggi *toe protection* dengan  $r$  (tebal lapis pelindung ( $r \sim 2H$ )) = 1,67 m, tinggi gelombang rencana  $H_d = 2,2$  m, maka:

Tinggi *toe protection* ( $t$ ) = 1,67 m

Lebar *toe protection*

$B = 2H-3H$ , diambil  $B = 2H = 2 \times 2,2 = 4,4$  m

Berat butir *toe protection*

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

$W = 0.5 \times 1,004 = 0,502 \text{ ton} = 502 \text{ kg}$

Maka berat butir *toe protection* ( $W$ ) diambil sebesar yaitu  $W = 502 \text{ kg}$ .

## 4. Kesimpulan

Berdasarkan permasalahan yang ada di pantai Desa Mala Timur yaitu terjadi kemunduran garis pantai karena adanya abrasi maka direncanakan dinding pantai atau Revetmen dengan tujuan melindungi garis pantai melawan abrasi dan penguatan beberapa bagian profil pantai. Dari hasil perhitungan dimensi revetmen diperoleh:

- Elevasi mercu = 3,5 m.
- Lebar puncak = 2,5 m
- Kemiringan = 1 : 3
- Tinggi *toe protection* = 1,67 m
- Lebar *toe protection* = 4,40 m

## Referensi

- Bambang Triatmodjo, 1999, *Teknik Pantai*, Beta Offset, Yogyakarta.
- Bambang Triatmodjo, 2012, *Perencanaan Bangunan Pantai*, Beta Offset, Yogyakarta.
- CERC, 1984, *shore protection manual, US Army Coastal of engineering research center (CERC)*, Washington. (SPM 1984).
- Kirsty McConnell, 1998 *Revetment systems against wave attack. A design manual*
- Goda Foley, 1993, *Pemanasan Global* (terjemahan), Yayasan Obor Indonesia Jakarta
- Kurniawan M. Hi. Sabatun, Tommy Jansen, M. Ihsan Jasin, *Analisis Karakteristik Gelombang Daerah Pantai Tobololo Kelurahan Tobololo Kota Ternate Provinsi Maluku Utara*. Jurnal Sipil Statik Vol.7 No.8 Agustus 2019 (999-1006) ISSN: 2337-6732, Universitas Sam Ratulangi, Manado.
- Theodorus Pasomba, M. Ihsan Jasin, Tommy Jansen, *Analisis Pasang Surut Pada Daerah Pantai Tobololo Kelurahan Tobololo Kota Ternate Provinsi Maluku Utara*, Jurnal Sipil Statik Vol.7 No.11 November 2019 (1515-1526) ISSN: 2337-6732, Universitas Sam Ratulangi, Manado.