



## Perencanaan Bangunan Pengaman Pantai Di Desa Matani Satu Kecamatan Tumpaan

Jonathan Sutrisno<sup>#a</sup>, M. Ihsan Jasin<sup>#b</sup>, Ariestides K. T. Dundu<sup>#c</sup>

<sup>#a</sup>Program Studi Teknik Sipil Universitas Sam ratulangi, Manado, Indonesia  
<sup>#b</sup>jonathansutrisno.js@gmail.com; <sup>#c</sup>sanyjasin02@yahoo.com; <sup>#c</sup>torry@unsrat.ac.id

### Abstrak

Pantai Matani Satu yang berada di Desa Matani Satu, Kecamatan Tumpaan, Kabupaten Minahasa Selatan, Provinsi Sulawesi Utara. Secara geografis terletak pada koordinat 1°14'58.0"N 124°36'46.3"E Pantai Matani Satu merupakan pantai yang terletak dekat pemukiman warga padat penduduk yang sebagian besar berprofesi sebagai nelayan. Hal ini tentunya dapat memberikan dampak bagi kehidupan masyarakat ketika terjadi gelombang dan pasang air laut yang tinggi. Ketika memasuki bulan November sampai februari kondisi gelombang air laut di pantai tersebut menjadi tinggi hal ini menyebabkan masuknya air laut pada pemukiman dan merusak pemukiman warga serta berpotensi merusak infrastruktur. Sehubungan dengan kondisi pantai tersebut maka diperlukan data atau informasi untuk perencanaan bangunan pengaman pantai untuk mencegah dan menghentikan kerusakan yang ada. Perencanaan pengaman pantai harus direncanakan dengan mengumpulkan data sekunder 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 jenis bangunan Revetment dengan tinggi mercu 5,1 m, lebar puncak 4,4 m, kemiringan bangunan 1: 4. Fungsi bangunan pengaman pantai untuk mencegah gelombang tinggi masuk ke pemukiman penduduk.

*Kata kunci: pantai Matani, abrasi, pengaman pantai, revetment*

## 1. Pendahuluan

### 1.1 Latar Belakang

Pantai adalah suatu daerah di tepi perairan yang dipengaruhi oleh air pasang tertinggi dan air surut terendah. Pantai merupakan batas antara wilayah yang bersifat daratan dengan wilayah yang bersifat lautan. Dimana daerah daratan adalah daerah yang terletak diatas dan dibawah permukaan daratan dimulai dari batas garis pasang tertinggi. Gelombang laut adalah pergerakan naik turunnya permukaan air laut. Gelombang di laut dibedakan menjadi beberapa jenis tergantung dari gaya pembangkitnya. Gelombang tersebut adalah gelombang angin yang dibangkitkan oleh tiupan angin, gelombang pasang surut yang dibangkitkan oleh gaya tarik benda-benda langit terutama bulan dan matahari, dan sebagainya.

Pantai Matani Satu yang berada di Desa Matani Satu, Kecamatan Tumpaan, Kabupaten Minahasa Selatan, Provinsi Sulawesi Utara. Secara geografis terletak pada koordinat 1°14'58.0"N 124°36'46.3"E Pantai Matani satu merupakan pantai yang terletak dekat pemukiman warga, penduduk yang sebagian besar berprofesi sebagai nelayan. Hal ini dapat memberikan dampak bagi kehidupan masyarakat ketika gelombang dan pasang air laut yang tinggi. Memasuki bulan November sampai februari kondisi gelombang air laut di pantai tersebut menjadi tinggi hal ini menyebabkan masuknya air laut pada pemukiman dan merusak pemukiman warga serta berpotensi merusak infrastruktur.

Sehubungan dengan kondisi pantai tersebut maka diperlukan data atau informasi untuk

perencanaan bangunan pengaman pantai untuk mencegah dan menghentikan kerusakan.

### 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan dari latar belakang permasalahan yang ada, saat memasuki bulan November sampai february terjadi kenaikan gelombang cukup besar sehingga menyebabkan rumah penduduk dan infrastruktur di sekitar pantai mengalami kerusakan yang cukup parah. Maka dengan terjadinya kondisi tersebut diperlukan suatu bangunan pengaman pantai yang tepat di pantai Matani Satu.

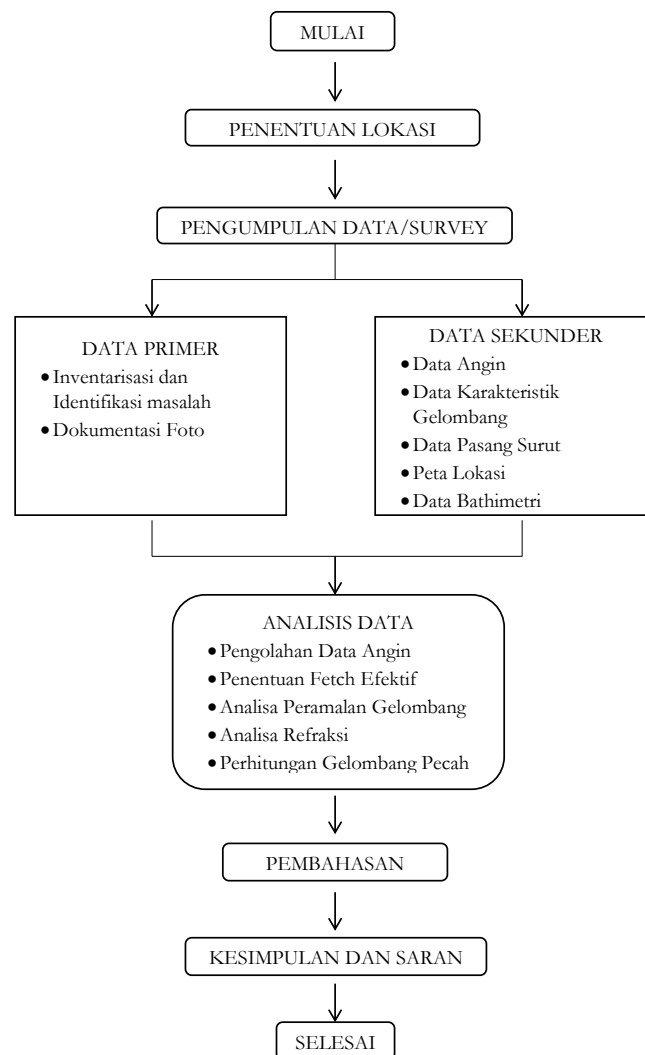
### 1.3 Tujuan Penelitian

Untuk mendapatkan jenis desain bangunan pengaman pantai yang tepat dan sesuai dengan analisa permasalahan yang ada di pantai Matani Satu agar tidak terjadi kerusakan berkelanjutan akibat gelombang air laut yang tinggi.

## 2. Metode Penelitian

### 2.1 Bagan Alir 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

**Tabel 1.** Data Hasil Pengukuran Pasang Surut (Analisa Data, 2023)

No	Tanggal	Jam																							Jumlah	Bacaan	
		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	Bacaan	Rerata/jam
1	1-Sep-2022	2.4	1.3	0.9	0.8	0.9	1.2	1.7	2.1	2.4	2.5	2.4	2.1	1.7	1.3	1.0	1.0	1.2	1.6	2.1	2.7	3.0	3.2	3.1	2.8	45.4	1.89
2	2-Sep-2022	2.7	1.8	1.4	1.1	1.0	1.1	1.4	1.7	2.0	2.2	2.2	2.1	1.8	1.6	1.3	1.2	1.3	1.5	1.8	2.3	2.7	2.9	3.0	2.9	45	1.88
3	3-Sep-2022	2.8	2.3	1.9	1.5	1.3	1.2	1.2	1.4	1.6	1.8	1.9	1.9	1.9	1.8	1.6	1.5	1.5	1.5	1.7	2.0	2.2	2.5	2.7	2.8	44.5	1.85
4	4-Sep-2022	2.6	2.4	2.4	2.1	1.8	1.5	1.3	1.3	1.3	1.4	1.5	1.7	1.8	1.9	1.9	1.9	1.8	1.8	1.7	1.8	1.9	2.0	2.3	2.5	44.6	1.86
5	5-Sep-2022	2.3	2.7	2.7	2.5	2.3	2.0	1.6	1.3	1.1	1.1	1.1	1.3	1.5	1.8	2.0	2.1	2.2	2.1	1.9	1.8	1.7	1.7	1.8	2.0	44.6	1.86
6	6-Sep-2022	1.8	2.5	2.7	2.8	2.7	2.5	2.1	1.6	1.2	0.9	0.8	0.9	1.2	1.6	1.9	2.3	2.4	2.4	2.3	2.0	1.7	1.5	1.4	1.5	44.7	1.86
7	7-Sep-2022	1.3	2.2	2.6	2.9	3.0	2.9	2.6	2.1	1.5	1.0	0.7	0.7	0.9	1.3	1.8	2.3	2.6	2.7	2.6	2.3	1.9	1.5	1.2	1.1	45.7	1.90
8	8-Sep-2022	0.9	1.7	2.2	2.7	3.1	3.2	3.0	2.5	1.9	1.3	0.8	0.5	0.6	0.9	1.5	2.1	2.6	2.9	2.9	2.7	2.2	1.6	1.2	0.9	45.9	1.91
9	9-Sep-2022	0.7	1.2	1.7	2.4	2.9	3.2	3.2	2.9	2.3	1.6	1.0	0.6	0.5	0.7	1.2	1.9	2.5	3.0	3.2	3.0	2.6	1.9	1.3	0.9	46.4	1.93
10	10-Sep-2022	0.6	0.8	1.3	1.9	2.5	3.0	3.2	3.1	2.7	2.0	1.3	0.8	0.5	0.6	1.0	1.6	2.3	2.9	3.2	3.2	2.9	2.3	1.6	1.0	46.3	1.93
11	11-Sep-2022	0.8	0.6	0.9	1.4	2.1	2.7	3.1	3.1	2.9	2.3	1.7	1.1	0.7	0.6	0.9	1.4	2.1	2.7	3.2	3.3	3.1	2.6	2.0	1.3	46.6	1.94
12	12-Sep-2022	1.1	0.6	0.7	1.1	1.7	2.3	2.8	3.0	2.9	2.5	2.0	1.4	0.9	0.7	0.8	1.3	1.9	2.5	3.1	3.3	3.3	2.9	2.3	1.7	46.8	1.95
13	13-Sep-2022	1.4	0.7	0.6	0.9	1.3	1.9	2.4	2.7	2.8	2.5	2.1	1.6	1.2	0.9	0.9	1.2	1.7	2.3	2.9	3.2	3.3	3.1	2.6	2.0	46.2	1.93
14	14-Sep-2022	1.8	1.0	0.8	0.8	1.1	1.6	2.0	2.4	2.5	2.4	2.2	1.8	1.4	1.1	1.1	1.2	1.6	2.1	2.7	3.0	3.2	3.1	2.8	2.3	46	1.92
15	15-Sep-2022	2.1	1.3	1.0	0.9	1.1	1.4	1.7	2.0	2.2	2.2	2.1	1.8	1.5	1.3	1.2	1.3	1.6	2.0	2.5	2.8	3.0	3.1	2.9	2.5	45.5	1.90

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

#### 3.2 Penentuan Tipe Pasang Surut

**Tabel 2.** Komponen Pasang Surut Hasil Analisis Untuk Lokasi Pengukuran Pantai Matani Satu (Analisis Data, 2023)

	SO	M2	S2	N2	K1	O1	M4	MS4	K2	P1
<b>A cm</b>	189	105	49	17	39	25	1	17	13	13
<b>g°</b>	0.00	99.9	199.7	52.3	236.9	158.0	98.5	275.6	199.7	236.9

$$F = \frac{K1 + O1}{M2 + S2} = \frac{39 + 25}{99.20 + 199.7} = 0.21$$

Pasang Surut termasuk tipe harian ganda (semi diurnal tide) dengan nilai  $F < 0,25$ , dimana  $F = 0,21$ .

#### 3.3 Penentuan Elevasi Muka Air

**Tabel 3.** Elevasi Muka Air (Analisa Data, 2023)

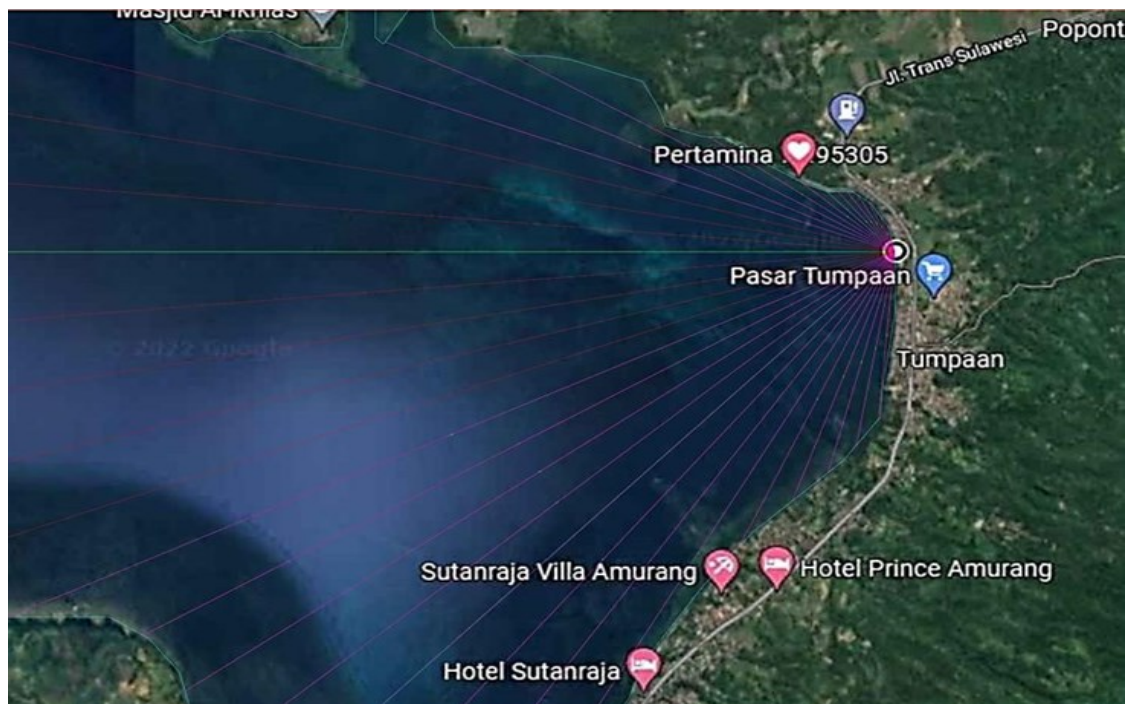
Elevasi Muka Air	Satuan	Data
HHWL	cm	330
MHWL	cm	318.38
MSL	cm	189
MLWL	cm	60.62
LLWL	cm	50
Range	cm	257.77

Untuk perhitungan dibawah ini menggunakan data yang diambil dari BMKG Kota Bitung untuk pantai Matani Satu Kecamatan Tumpa-an Kabupaten Minahasa Selatan.

**Tabel 4.** Perhitungan Tegangan Angin Tahun 2016  
(Analisa Data, 2023)

Perhitungan Wind Stress Factor / Faktor Tegangan Angin					$Z = \pm$	<b>10</b>
					<b>RT</b>	<b>1.1</b>
Bulan	Arah	Uz	Uz (BULAT)	$U_{10} = Uz \left( \frac{10}{Z} \right)^{1/7}$	R <sub>L</sub>	$U_A = \frac{U_{10}}{R_L}$
<b>2016</b>						
Januari	SE	1.346	1.3	1.35	1.89	2.80
Februari	S	1.524	1.5	1.52	1.85	3.10
Maret	S	1.397	1.4	1.40	1.87	2.87
April	SE	2.064	2.1	2.06	1.72	3.90
Mei	S	1.838	1.8	1.84	1.8	3.64
Juni	S	2.221	2.2	2.22	1.71	4.18
Juli	S	2.373	2.4	2.37	1.69	4.41
Agustus	S	2.840	2.8	2.84	1.63	5.09
September	S	2.119	2.1	2.12	1.72	4.01
Oktober	SW	2.185	2.2	2.18	1.71	4.11
November	SW	2.471	2.5	2.47	1.68	4.57
Desember	W	2.978	3	2.98	1.61	5.27

### 3.4 Hindcasting Gelombang



**Gambar 2.** Gambar Fetch

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

**Tabel 5.** Perhitungan Fetch Efektif Hasil dari Perhitungan Fetch Efektif dari Delapan Arah Mata Angin (Analisa Data, 2023)

Arah Mata Angin	( $\alpha$ )	Jarak Sebenarnya (m)	Jarak Sebenarnya (km)	Fcos( $\alpha$ )	cos( $\alpha$ )	Feff (km)
UTARA (N)	-20	0	0.00	0	0.940	0.000
	-15	0	0.00	0	0.966	
	-10	0	0.00	0	0.985	
	-5	0	0.00	0	0.996	
	0	0	0.00	0	1.000	
	5	0	0.00	0	0.996	
	10	0	0.00	0	0.985	
	15	0	0.00	0	0.966	
	20	0	0.00	0	0.940	
TIMUR LAUT (NE)	-20	0	0.00	0	0.940	0.000
	-15	0	0.00	0	0.966	
	-10	0	0.00	0	0.985	
	-5	0	0.00	0	0.996	
	0	0	0.00	0	1.000	
	5	0	0.00	0	0.996	
	10	0	0.00	0	0.985	
	15	0	0.00	0	0.966	
	20	0	0.00	0	0.940	
TIMUR (E)	-20	0	0.00	0	0.940	0.000
	-15	0	0.00	0	0.966	
	-10	0	0.00	0	0.985	
	-5	0	0.00	0	0.996	
	0	0	0.00	0	1.000	
	5	0	0.00	0	0.996	
	10	0	0.00	0	0.985	
	15	0	0.00	0	0.966	
	20	0	0.00	0	0.940	
TENGGAH (SE)	-20	0	0.00	0	0.940	0.000
	-15	0	0.00	0	0.966	
	-10	0	0.00	0	0.985	
	-5	0	0.00	0	0.996	
	0	0	0.00	0	1.000	
	5	0	0.00	0	0.996	
	10	0	0.00	0	0.985	
	15	0	0.00	0	0.966	
	20	0	0.00	0	0.940	
SELATAN (S)	-20	0	0.00	0	0.940	1.062
	-15	0	0.00	0	0.966	
	-10	0	0.00	0	0.985	
	-5	0	0.00	0	0.996	
	0	0	0.00	0	1.000	
	5	1,890	1.89	2	0.996	
	10	2,200	2.20	2	0.985	
	15	2,560	2.56	2	0.966	
	20	2,970	2.97	3	0.940	

Arah Mata Angin	( $\alpha$ )	Jarak Sebenarnya (m)	Jarak Sebenarnya (km)	Fcos( $\alpha$ )	cos( $\alpha$ )	Feff (km)
BARAT DAYA (SW)	-20	3,640	3.64	3	0.940	8.211
	-15	7,810	7.81	8	0.966	
	-10	8,670	8.67	9	0.985	
	-5	9,010	9.01	9	0.996	
	0	8,980	8.98	9	1.000	
	5	8,740	8.74	9	0.996	
	10	8,590	8.59	8	0.985	
	15	8,600	8.60	8	0.966	
	20	9,690	9.69	9	0.940	
BARAT (W)	-20	20,030	20.03	19	0.940	151.928
	-15	144,420	144.42	139	0.966	
	-10	182,060	182.06	179	0.985	
	-5	200,000	200.00	199	0.996	
	0	200,000	200.00	200	1.000	
	5	200,000	200.00	199	0.996	
	10	200,000	200.00	197	0.985	
	15	200,000	200.00	193	0.966	
	20	7,090	7.09	7	0.940	
BARAT LAUT (NW)	-20	5,570	5.57	5	0.940	1.931
	-15	4,500	4.50	4	0.966	
	-10	2,240	2.24	2	0.985	
	-5	1,230	1.23	1	0.996	
	0	970	0.97	1	1.000	
	5	880	0.88	1	0.996	
	10	820	0.82	1	0.985	
	15	730	0.73	1	0.966	
	20	610	0.61	1	0.940	
Feff (total)						163.132
Feff (dominan)						151.928

**Tabel 6.** Perhitungan Fetch Efektif Hasil dari Perhitungan Fetch Efektif dari Delapan Arah Mata Angin (Analisa Data, 2023)

Bulan	H - T	Arah Datang Gelombang				Max Tiap Bulan	
		NE	E	SE	S	Arah	H - T
JANUARI	H (m)		0.000	0.164	0.141		0.164
	T (det)		0.000	1.933	1.859	E	1.933
FEBRUARI	H (m)	0.178		0.085			0.178
	T (det)	1.978		1.235	0.144	SE	1.978
MARET	H (m)		0.000	0.140	1.867		0.144
	T (det)		0.000	1.853	0.000	E	1.867
APRIL	H (m)		0.000	0.129	0.000		0.129
	T (det)		0.000	1.816	0.087	E	1.816
MEI	H (m)			0.056	1.242		0.087
	T (det)			1.107	0.097	SE	1.242
JUNI	H (m)			0.062	1.281		0.097
	T (det)			1.136	0.102	SE	1.281

<b>JULI</b>	H (m)	0.080	1.297			<b>0.102</b>
	T (det)	1.215	0.115	SE		<b>1.297</b>
<b>AGUSTUS</b>	H (m)		1.339		S	<b>0.115</b>
	T (det)		0.094			<b>1.339</b>
<b>SEPTEMBER</b>	H (m)		1.269		S	<b>0.094</b>
	T (det)		0.190			<b>1.269</b>
<b>OKTOBER</b>	H (m)		2.011		SE	<b>0.190</b>
	T (det)					<b>2.011</b>
<b>NOVEMBER</b>	H (m)		0.618		SE	<b>0.207</b>
	T (det)		4.065			<b>2.059</b>
<b>DESEMBER</b>	H (m)		0.141		S	<b>0.618</b>
	T (det)		1.859			<b>4.065</b>
<b>MAX</b>	H (m)	<b>0.178</b>	<b>0.000</b>	<b>0.207</b>	<b>0.618</b>	<b>0.618</b>
<b>TIAP ARAH</b>	T (det)	<b>1.978</b>	<b>0.000</b>	<b>2.059</b>	<b>4.065</b>	<b>4.065</b>

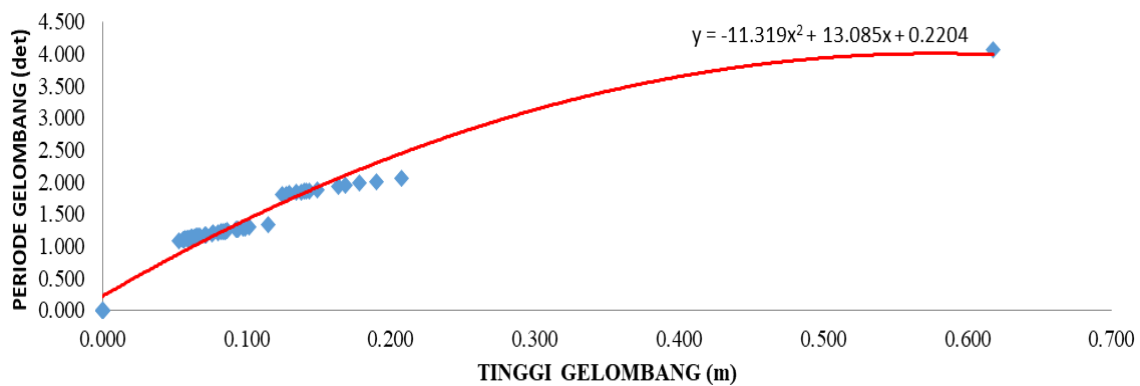
Didapat arah Tenggara paling maksimum dengan tinggi gelombang (H) = 0.618 m dan periode (T) = 4.065 d.

### 3.5 Analisa Transformasi Gelombang

Langkah-langkah perhitungan untuk mendapatkan koefisien refraksi:

1. Tentukan sudut datang gelombang ( $\alpha$ ). Sudut datang gelombang ( $\alpha$ ) =  $45^\circ$
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.

#### GRAFIK HUBUNGAN TINGGI DENGAN PERIODE GELOMBANG



Gambar 3. Hubungan Tinggi dengan Periode Gelombang

Berikut merupakan hasil perhitungan Shoaling berdasarkan grafik hubungan

Tabel 7. Perhitungan Shoaling  
(Analisa Data, 2023)

$a_o$	d	$H_o$	T	$L_o$	d/ $L_o$	d/L	L	$C_o$	C	sin a	a	cos $a_o$ /cos a	Kr
45	10	0.618	3.839	22.989	0.4350	0.4385	22.805	5.989	5.941	0.701	44.544	1.010	1.005

$a_o$	d	$H_o$	T	$Lo$	d/Lo	d/L	L	$Co$	C	$\sin a$	a	$\cos a_o/\cos a$	Kr
44.5436	8	0.599	3.610	20.329	0.3935	0.3988	20.061	5.631	5.557	0.692	43.806	1.017	1.008
43.8063	5	0.574	3.527	19.402	0.2577	0.2746	18.209	5.501	5.163	0.650	40.517	1.081	1.040
40.5171	2	0.522	3.339	17.389	0.1150	0.1538	13.004	5.208	3.895	0.486	29.068	1.394	1.181
29.0679	1	0.524	3.348	17.487	0.0572	0.0995	10.051	5.223	3.002	0.279	16.216	1.793	1.339

**Tabel 8.** Perhitungan Refraksi  
(Analisa Data, 2023)

$Lo$	d/Lo	d/L	L	no	n	Kr	Ks	H
22.989	0.435	0.439	22.805	0.500	0.522	1.005	0.966	0.599
20.329	0.394	0.399	20.061	0.500	0.533	1.008	0.950	0.574
19.402	0.258	0.275	18.209	0.500	0.610	1.040	0.874	0.522
17.389	0.115	0.154	13.004	0.500	0.786	1.181	0.851	0.524
17.487	0.057	0.099	10.051	0.500	0.890	1.339	0.977	0.686

**Tabel 9.** Perhitungan Gelombang Pecah  
(Analisa Data, 2023)

$H'o$	$H'o/gT^2$	m	$Hb/H'o$	Hb
0.6397	0.0044	0.0995	1.36	0.870
0.6311	0.0049	0.1279	1.34	0.846
0.6570	0.0054	0.0977	1.30	0.854
0.6131	0.0056	0.0496	1.28	0.785
0.5365	0.0049	0.0454	1.27	0.681

### 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 Maret dari arah Timur.

#### 1. Angkutan Sedimen Sejajar Pantai (*Longshore Transport*)

Bulan Desember arah Barat

Diketahui:

$$\begin{aligned}
 H_b &= 0.681 \text{ m} \\
 g &= 9.81 \text{ m/s}^2 \\
 db &= 0.625 \text{ m} \\
 K &= 0.39 \text{ (Shore Protection Manual, chapter 4-96)} \\
 n &= 0.4 \\
 \alpha_b &= 45^\circ \\
 \rho &= 1025 \text{ kg/m}^3 \\
 \rho_s &= 2650 \text{ kg/m}^3
 \end{aligned}$$

Penyelesaian:

$$\begin{aligned}
 Q_s &= \frac{K}{(\rho_s - \rho) \times g \times (1-n)} \times P_l \\
 P_l &= \frac{\rho \cdot g}{8} \times H_b^2 \times C_b \times \sin \alpha_b \times \cos \alpha_b \\
 C_b &= \sqrt{g \cdot db}
 \end{aligned}$$

Jawaban:

$$\begin{aligned}
 C_b &= \sqrt{9.81 \times 0.625} \\
 &= 2.529 \text{ m/d} \\
 P_l &= \frac{1025 \times 9.81}{8} \times 0.681^2 \times 2.529 \times \sin 45 \times \cos 45 \\
 &= 737.9 \text{ kg m/d}
 \end{aligned}$$



$$\begin{aligned}
 Q_s &= \frac{0.39}{(2650-1025) \times 9.81 \times (1-0.4)} \times 727.9 \\
 &= 0.38 \text{ kgm}^3/d \\
 &= 0.000038 \text{ m}^3/d \\
 &= 0.000038 \times 24 \times 3600 = 3.263/\text{hari} \\
 &= 3.263 \times 365 = 1191,122 \text{ m}^3/\text{tahun}
 \end{aligned}$$

Nilai angkutan sedimen untuk sejajar pantai adalah 1191,122 m<sup>3</sup>/tahun.

## 2. 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.

Diketahui:

$$\begin{aligned}
 D &= 0.25 \\
 g &= 9.81 \text{ m/s}^2 \\
 H_b &= 0.681 \text{ m} \\
 \alpha_b &= 45^\circ \\
 \rho &= 1025 \text{ kg/m}^3 \\
 \rho_s &= 2650 \text{ kg/m}^3
 \end{aligned}$$

Penyelesaian:

$$\begin{aligned}
 Q_s &= \frac{\tau_b}{(\rho_s - \rho) \times g \times D} \\
 \tau_b &= \rho_s \times U_*^2 \\
 U_* &= \sqrt{D/2}
 \end{aligned}$$

Jawaban:

$$\begin{aligned}
 U_* &= \sqrt{0.25/2} \\
 &= 0.354 \\
 \tau_b &= 2650 \times 0.354^2 \\
 &= 331,250 \\
 Q_s &= \frac{331,250}{(2650-1025) \times 9.81 \times 0.25} \\
 &= 0.083 \text{ kg m}^3/d \\
 &= 0.000083 \text{ m}^3/d \\
 &= 0.000083 \times 24 \times 3600 = 71811 \text{ m}^3/\text{hari} \\
 &= 2621.200 \text{ m}^3/\text{tahun}
 \end{aligned}$$

Didapat nilai angkutan sedimen tegak lurus pantai adalah 2621,200 m<sup>3</sup>/tahun.

### 3.7 Perhitungan Gelombang Rencana dan Gelombang Pecah untuk 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 dilokasi pekerjaan harus ditinjau terhadap proses ini. Tinggi gelombang rencana terpilih adalah tinggi gelombang maksimum yang mungkin terjadi dilokasi pekerjaan, maka gelombang rencana yang dipakai adalah tinggi gelombang pecah ( $H_b$ ) dilokasi pekerjaan. Tinggi gelombang pecah ini biasanya dikaitkan dengan kedalaman perairan ( $d_s$ ) dan landai dasar pantai ( $m$ ). Apabila pantai relatif datar, maka tinggi gelombang pecah dapat ditentukan dengan rumus (CERC, 1984):

$$H_b = 0,875 d_s$$

Keterangan :

$$\begin{aligned}
 H_b &= \text{Tinggi gelombang pecah} \\
 d_s &= \text{Kedalaman air lokasi bangunan}
 \end{aligned}$$

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

$$H_d = H_b$$

Elevasi dasar Revetment akan direncanakan pada LLWL yaitu 50cm. Ketinggian muka air pada ujung bangunan revetment yang menghadap ke laut direncanakan sebesar HHWL yaitu 330 cm dari dasar laut.

$$d_s = \text{HHWL} = 3,30 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} H_b &= 0,78 \times ds = 0,78 \times 3,3 = 2,574 \text{ m} \\ H_d = H_b &= 2,574 \text{ m} \end{aligned}$$

### 3.8 Perhitungan Elevasi Mercu

Elevasi Mercu = DWL + Ru + Fb

Dimana :

DWL : *Design Water Level* (elevasi muka air rencana)

Ru : Run-up gelombang (Rayapan gelombang) merupakan fungsi bilangan *Irrabaren* (Ir)

Fb : Tinggi jagaan direncanakan = 0,5 meter

*Run-up* gelombang

Direncanakan :

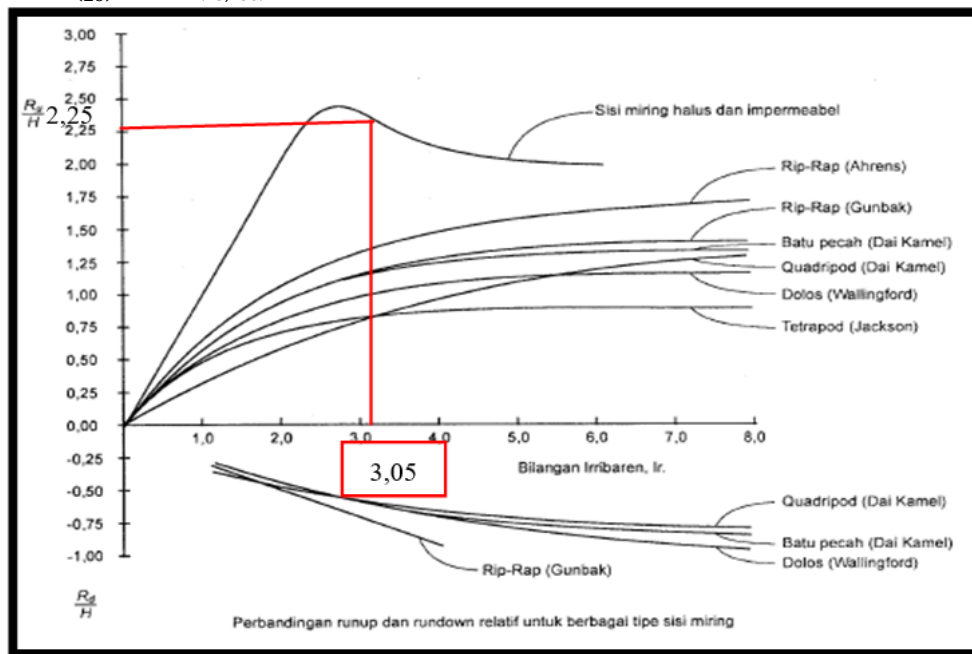
Jenis bangunan = Revetment

Lapis lindung = Batu Alam

Tinggi gelombang (Hd) = 0,314 meter

$L_o = 1,56 T^2 = 1,56 \times 3,839^2 = 22,989$  meter

$$I_r = \frac{\text{tg } \theta}{\left(\frac{T}{L_o}\right)^{0.5}} = \frac{1/2}{\left(\frac{0,618}{23,450}\right)^{0.5}} = 3,05$$



**Gambar 6.** Grafik Run Up Gelombang

Bilangan *Irrabaren* di atas, maka didapat :

$$\frac{Ru}{H} = 2,25 \quad Ru = 2,25 / 2,871 = 0,78$$

$$\text{Elevasi Mercu} = \text{DWL} + Ru + Fb = 3,72 + 0,78 + 0,5 = 5,01 \text{ m}$$

### 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 KD lengan bangunan = 2,0.

Perhitungan sebagai berikut :

Lapis pelindung luar (*armour stone*)

$$W_1 = \frac{\gamma_r H^3}{K_D (S_r - 1)^3 \cot \theta} = \frac{2,3 \times 0,314^3}{2,0 \times \left(\frac{2,3}{1,025} - 1\right)^3 \times 2} = 1,015 \text{ ton} = 1105 \text{ kg}$$

Tebal Lapis Lindung ( $t_1$ )

Untuk nilai dari Koefisien Lapis ( $K_{\Delta}$ ) = 1,15

$$t_1 = n K_{\Delta} \left(\frac{W}{\gamma_r}\right)^{1/3} = 2 \times 1,15 \times \left(\frac{1,015}{2,3}\right)^{1/3} = 2,90 \text{ m}$$

Lapis pelindung kedua (*secondary stone*)

$$W_2 = \frac{w}{10} = \frac{1,015}{10} = 0,1015 \text{ ton} = 101,5 \text{ kg}$$

Diameter batu

$$D = \left(\frac{W}{\gamma_r}\right)^{1/3} = \left(\frac{0,1015}{2,65}\right)^{1/3} = 2,90 \text{ m}$$

Tebal Lapis Lindung ( $t_2$ )

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

$$t_2 = n K_{\Delta} \left(\frac{W}{\gamma_r}\right)^{1/3} = 2 \times 1,15 \times \left(\frac{0,1015}{2,65}\right)^{1/3} = 1,35 \text{ m}$$

Lebar Puncak *Revetment*

Lebar puncak *Revetment* untuk  $n = 3$  (minimum) dan koefisien lapis ( $K_{\Delta}$ ) = 1.15 maka B puncak:

$$B = n K_{\Delta} \left[\frac{W}{\gamma_r}\right]^{1/3} = 3 \times 1,15 \times \left[\frac{1,015}{2,65}\right]^{1/3} = 4,4 \text{ m}$$

Jumlah Butir Batu Pelindung

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

$$N = A \cdot n \cdot K_{\Delta} \cdot \left[1 - \frac{P}{100}\right] \times \left[\frac{\gamma_r}{W}\right]^{2/3} = 10 \times 2 \times 1,15 \times \left[1 - \frac{37}{100}\right] \times \left[\frac{2,65}{1,015}\right]^{2/3} = 48 \text{ buah}$$

### 3.10 Toe Protection

Perhitungan tinggi *Toe Protection* dengan  $r$  (tebal lapis pelindung ( $r \sim 2H$ )) = 2,90 m, tinggi gelombang rencana  $H_d = 2,871 \text{ m}$ , maka:

Tinggi *Toe Protection* ( $t$ ) = 2,90 m

Lebar *Toe Protection* = Diambil  $B = 2H = 2 \times 2,871 = 2,78 \text{ m}$

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

Berat butir *Toe Protection* =  $W_{\text{toe}} = 0.5 \times 1,015 = 0,508 \text{ ton} = 508 \text{ kg}$

## 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 = 5,01 m.
- Lebar puncak = 4,4 m
- Kemiringan = 1 : 4
- Tinggi toe protection = 2,90 m
- Lebar toe protection = 2,78 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.