



Perencanaan Bangunan Pengaman Pantai Di Desa Tambala Kecamatan Tombariri Kabupaten Minahasa

Alvaro F. Senewe^{#a}, M. Ihsan Jasin^{#b}, Jeffry D. Mamoto^{#c}

[#]Program Studi Teknik Sipil Universitas Sam Ratulangi, Manado, Indonesia
^afernandoalvaro05@gmail.com, ^bsanyjasin02@yahoo.com, ^cjeffrymamoto@unsrat.ac.id

Abstrak

Desa Tambala yang memiliki bentang alam dengan karakteristik pantai, daratan dan perbukitan menjadi nilai tambah untuk desa tambala. Pesisir Pantai desa Tambala memang tidak menjadi salah satu destinasi wisata dikarenakan adanya pemukiman warga khususnya di Kampung Islam desa Tambala tersebut. Menurut pengamatan, pada pemukiman warga di sekitaran pantai telah mengalami kerusakan dengan Kondisi Bangunan Pengaman Revetment (Buis beton) yang ada di beberapa titik telah mengalami kerusakan yang disebabkan oleh gelombang tinggi, sehubungan dengan kondisi tersebut maka pada kajian ini akan dilakukan perencanaan bangunan yang sesuai berdasarkan analisis yang dilakukan dengan memperhitungkan gaya alam yang terdapat di sekitar pantai untuk mengetahui bangunan Revetment yang baru lebih efektif atau tidak terhadap pengaruh abrasi dan sedimentasi di desa Tambala. Data tersebut di analisis agar mendapatkan desain dari pengaman pantai yang diperlukan. Dari hasil analisis data didapatkan pengaman pantai tipe (*Hard*) jenis *Revetment* menggunakan Block Beton modifikasi, dengan Tinggi Mercu 4.56 m, Lebar Puncak 2.07 m, dengan Kemiringan Pengaman 1:3, Lebar *Toe Protection* 3.6 m, serta Tinggi *Toe Protection* 1.38 m.

Kata kunci: pantai Desa Tambala, gelombang, abrasi, pengamanan pantai, revetment

1. Pendahuluan

1.1. Latar Belakang

Indonesia merupakan salah satu negara kepulauan memiliki banyak daerah pantai. Pada umumnya perkembangan daerah pantai lebih pesat dibandingkan dengan daerah pedalaman, oleh karena itu pantai di Indonesia memiliki potensi yang sangat besar sebagai daerah yang sangat intensif dimanfaatkan untuk kegiatan manusia.

Akibat adanya peningkatan pemanfaatan daerah pantai untuk kegiatan manusia diiringi oleh timbulnya masalah yang terjadi di daerah pantai, salah satu masalah yaitu Abrasi yang disebabkan oleh gelombang yang mengakibatkan mundurnya garis pantai sehingga berdampak bagi kawasan pemukiman di pesisir pantai.

Pesisir Pantai desa Tambala memang tidak menjadi salah satu destinasi wisata dikarenakan adanya pemukiman warga khususnya di Kampung Islam desa Tambala tersebut. Menurut pengamatan, pada pemukiman warga di sekitaran pantai telah mengalami kerusakan dengan Kondisi Bangunan Pengaman Revetment (Buis beton) yang disebabkan oleh gelombang tinggi.

Sehubungan dengan kondisi tersebut maka pada kajian ini akan dilakukan perencanaan bangunan yang sesuai berdasarkan analisis yang dilakukan dengan memperhitungkan gaya alam yang terdapat di sekitar pantai untuk mengetahui bangunan Revetment yang baru lebih efektif atau tidak terhadap pengaruh abrasi dan sedimentasi di desa Tambala.

1.2 Rumusan Masalah

Menentukan pengaman pantai yang tepat serta efektif, untuk mencegah bahkan menghentikan, kerusakan pantai dan kemunduran garis pantai yang terjadi akibat gelombang tinggi serta abrasi.

1.3 Tujuan Penelitian

Untuk menentukan tipe pengaman pantai yang tepat sesuai dengan analisa permasalahan yang ada serta dapat merencanakan pengaman pantai yang sesuai pada pantai Tambala, Tombariri.

1.4 Manfaat Penelitian

Untuk memperoleh pengetahuan tentang teknik pantai khususnya dalam mendesain pengaman pantai dan dapat menjadi referensi sebagai alternatif penanganan kerusakan pantai bagi pemerintah maupun pihak terkait

1.5 Batasan Penelitian

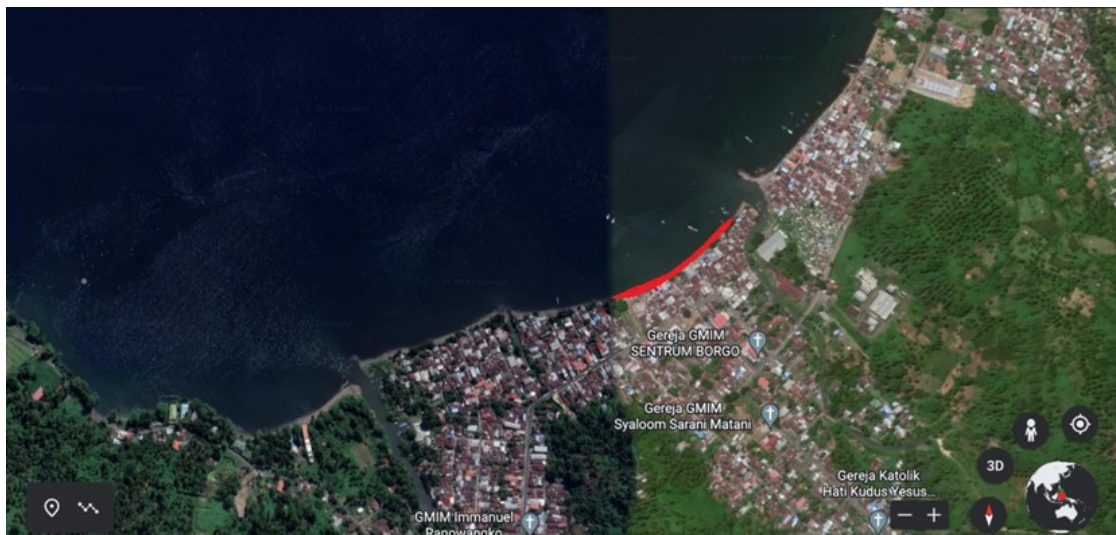
Untuk membatasi permasalahan yang ditinjau, maka digunakan batasan masalah sebagai berikut:

1. Perhitungan dilakukan hanya pada Pantai Bahoi, Likupang Barat
2. Perencanaan pengaman pantai menggunakan data yang sudah ada.
3. Tidak memperhitungkan Rincian Anggaran Biaya

2. Metode Penelitian

2.1. Lokasi Penelitian

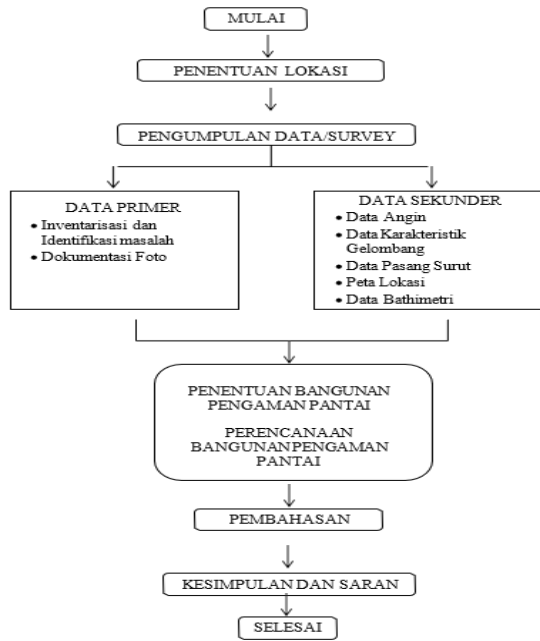
Lokasi Penelitian terletak di Pantai di Desa Tambala Kecamatan Tombariri, Minahasa yang secara geografis berada 01043'13''N dan 125001'09'' E.



Gambar 1. Lokasi Penelitian (Google Earth)

2.2. Bagan Alir Penelitian

Kegiatan penelitian dilakukan menurut alur pada Gambar 2.



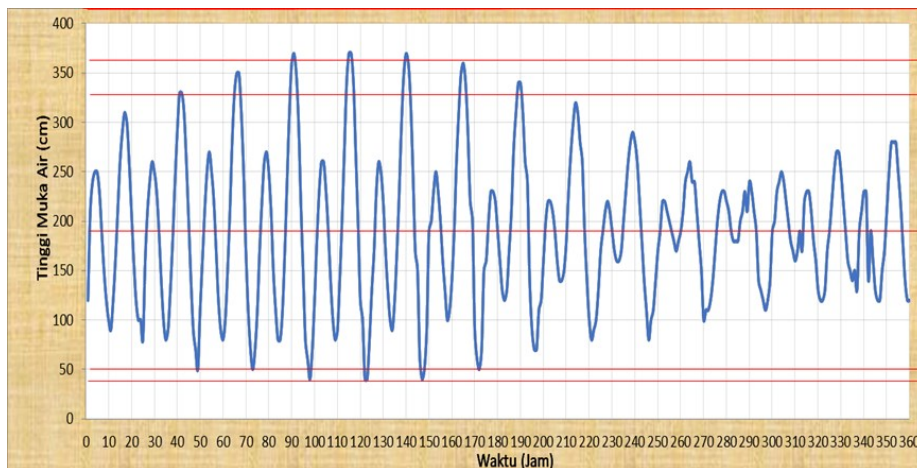
Gambar 2. Bagan Alir

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Perhitungan Pasang Surut dengan Metode Admiralty

Tabel 1. Data Hasil Pengukuran Pasang Surut (Analisa Data, 2015)

No	Tanggal	Jam																								Jumlah Bacaan	Bacaan 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	12/01/2015	260	240	200	160	130	100	90	100	120	150	180	200	220	220	200	190	180	170	180	200	220	240	260	4430	184,58	
2	12/02/2015	240	260	240	210	170	140	110	100	100	120	150	180	210	230	240	240	220	200	180	170	160	170	190	240	4470	186,25
3	12/03/2015	190	250	250	240	210	180	140	110	100	100	120	150	190	230	250	270	260	240	210	180	150	140	150	190	4500	187,50
4	12/04/2015	150	220	240	250	240	220	180	140	110	100	100	130	170	210	250	280	290	280	240	200	160	130	120	150	4560	190,00
5	12/05/2015	110	180	220	240	250	240	210	170	140	110	100	110	140	190	240	280	310	310	280	240	190	140	110	110	4620	192,50
6	12/06/2015	80	140	180	220	240	250	240	200	160	130	120	100	120	170	220	270	310	330	310	270	220	160	110	80	4630	192,92
7	12/07/2015	70	100	140	180	220	240	240	220	190	150	130	100	110	150	200	260	300	330	330	310	260	200	140	70	4640	193,33
8	12/08/2015	70	70	100	150	190	220	240	230	210	170	150	110	110	130	180	230	290	330	340	330	290	230	170	70	4610	192,08
9	12/09/2015	90	60	80	110	160	200	230	230	220	190	170	120	110	130	160	210	270	320	340	340	320	260	200	90	4610	192,08
10	12/10/2015	120	70	70	90	130	170	200	220	220	200	180	140	120	120	150	190	240	290	330	340	330	290	230	120	4560	190,00
11	12/11/2015	150	80	70	80	110	150	180	210	210	200	190	150	130	130	140	170	220	270	310	340	330	310	260	150	4540	189,17
12	12/12/2015	180	110	80	80	100	130	160	190	210	200	200	170	150	130	140	160	200	240	290	320	330	310	260	180	4520	188,33
13	13/12/2015	210	130	100	90	90	110	140	170	190	200	200	180	160	150	140	150	180	220	260	290	310	310	260	210	4450	185,42
14	14/12/2015	230	160	130	100	100	110	130	160	180	200	200	190	180	160	150	150	170	190	230	260	280	290	260	230	4440	185,00
15	15/12/2015	240	190	150	120	110	110	120	140	170	190	200	200	200	190	170	170	170	180	200	220	250	260	260	240	4450	185,42



Gambar 3. Grafik Pasang Surut Pantai Desa Tambala

Perhitungan untuk tipe pasang surut yang ada di lokasi pengukuran, yaitu di Pantai Desa Tambala, Kecamatan Tombariri, Minahasa, berdasarkan data pasang surut yang tertera pada Tabel 1 dan Gambar 3.

3.2 Penentuan Tipe Pasang Surut

Tabel 2. Komponen Pasang Surut Hasil Analisis untuk Lokasi Pengukuran di Pantai Desa Tambala (Analisis Data, 2015)

	SO	M2	S2	N2	K1	O1	M4	MS4	K2	P1
A cm	190	126	39	12	40	26	1	12	11	13
g ⁰	0,00	105,42	203,12	237,39	346,52	68,70	109,56	284,61	203,12	346,52

$$F = \frac{K1 + O1}{M2 + S2} = \frac{40 + 26}{105,42 + 203,12} = 0,217066$$

Pasang Surut termasuk tipe Pasang Surut Campuran Condong ke Harian Ganda (*mixed tide prevealling semi diurnal*) dengan nilai $0.25 < F \leq 1.5$, dimana $F = 0,217066$.

3.3. Penentuan Elevasi Muka Air

Tabel 3. Elevasi Muka Air (Analisa Data, 2015)

Elevasi Muka Air	Satuan	Data
HHWL	cm	340
MHWL	cm	335,30
MSL	cm	190
MLWL	cm	44,67
LLWL	cm	60

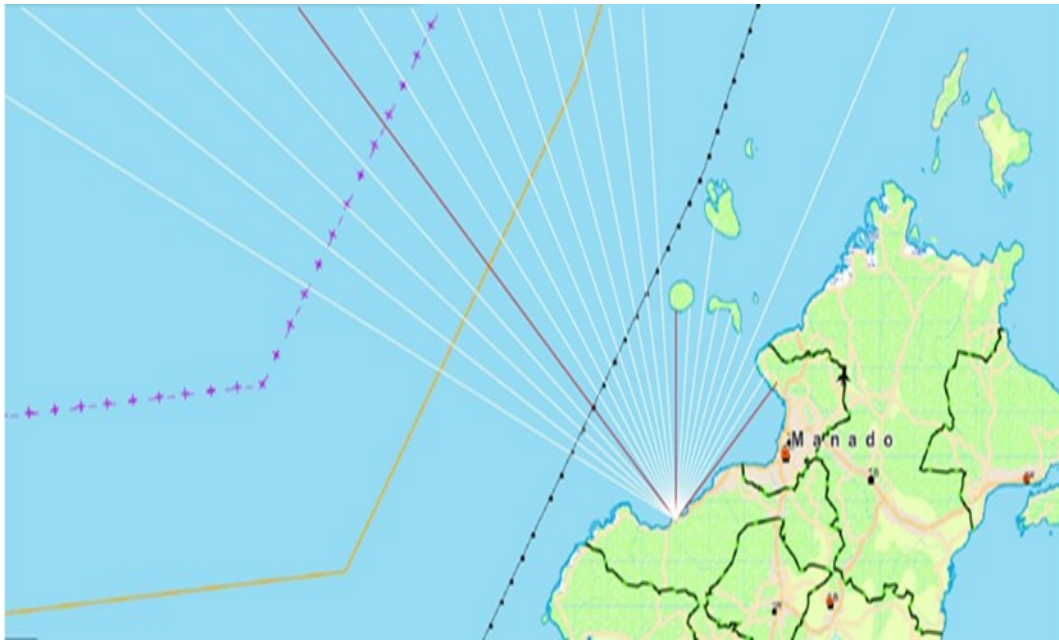
Untuk perhitungan dibawah ini menggunakan data sekunder yang diambil dari hasil analisis Gideon Lempoy di Pantai Desa Tambala, Kecamatan Tombariri, Minahasa.

Tabel 4.Perhitungan Tegangan Angin Tahun 2019

Perhitungan Wind Stress Factor Pada Tahun 2019					Z = ±	10
					RT	1,1
Bulan	Arah	Uz	Uz (BULAT)	$U_{10} = Uz \left(\frac{10}{Z} \right)^{\frac{1}{7}}$	R _L	$U_A = R_T \cdot R_L \cdot U_{10}$
2019						
Januari	NNW	3,368	3,4	3,37	1,56	5,78
Februari	NW	3,959	4	3,96	1,5	6,53
Maret	NNW	2,612	2,6	2,61	1,66	4,77
April	NW	2,413	2,4	2,41	1,69	4,49
Mei	WSW	1,635	1,6	1,64	1,84	3,31
Juni	S	1,615	1,6	1,62	1,84	3,27
Juli	SSW	2,163	2,2	2,16	1,71	4,07
Agustus	S	2,821	2,8	2,82	1,63	5,06
September	SSW	3,031	3	3,03	1,61	5,37
Oktober	SSW	1,570	1,6	1,57	1,84	3,18
November	NW	1,942	1,9	1,94	1,79	3,82
Desember	N	2,242	2,2	2,24	1,71	4,22

3.4. Hindcasting Gelombang

Gambar interpretasi Fetch dan hasil perhitungan untuk lokasi perencanaan Pantai di Desa Tambala, Kecamatan Tombariri, Minahasa ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Fetch Lokasi Penelitian

Tabel 5. Perhitungan Fetch Efektif Hasil dari Perhitungan Fetch Efektif dari Delapan Arah Mata Angin

Arah Mata Angin	(α)	Jarak Sebenarnya	Jarak Sebenarnya	Fcos(α)	cos(α)	Feff (km)
		(m)	(km)			
UTARA (N)	-20		625.514	587.791	0.940	289.468
	-15		669.814	646.991	0.966	
	-10		651.445	641.548	0.985	
	-5		528.099	526.089	0.996	
	0		29.901	29.901	1	
	5		24.820	24.725	0.996	
	10		35.504	34.965	0.985	
	15		24.080	23.260	0.966	
TIMUR LAUT (NE)	-20		24.020	22.571	0.940	26.358
	-15		29.150	28.157	0.966	
	-10		132.720	130.704	0.985	
	-5		22.370	22.285	0.996	
	0		27.530	27.530	1	
	5		0.000	0.000	0.996	
	10		0.000	0.000	0.985	
	15		0.000	0.000	0.966	
TIMUR (E)	-20		0.000	0.000	0.940	0
	-15		0.000	0.000	0.966	
	-10		0.000	0.000	0.985	
	-5		0.000	0.000	0.996	
	0		0.000	0.000	1	
	5		0.000	0.000	0.996	
	10		0.000	0.000	0.985	
	15		0.000	0	0.966	
TENGGARA (SE)	-20		0	0	0.940	0
	-15		0	0	0.966	
	-10		0	0	0.985	
	-5		0	0	0.996	
	0		0	0	1	
	5		0	0	0.996	
	10		0	0	0.985	
	15		0	0	0.966	

SELATAN (S)	-20		0	0	0.940	0
	-15		0	0	0.966	
	-10		0	0	0.985	
	-5		0	0.000	0.996	
	0		0	0.000	1	
	5		0	0.000	0.996	
	10		0	0.000	0.985	
	15		0	0.000	0.966	
BARAT DAYA (SW)	-20		0	0.000	0.940	2.6375362
	-15		0	0.000	0.966	
	-10		0	0.000	0.985	
	-5		0	0.000	0.996	
	0		0	0.000	1	
	5		0	0.000	0.996	
	10		0	0.000	0.985	
	15		0	0.000	0.966	
BARAT (W)	-20		24.6248	23.140	0.940	299.371683
	-15		35.98	33.810	0.940	
	-10		117.98	113.960	0.966	
	-5		124.85	122.953	0.985	
	0		133.44	132.932	0.996	
	5		171.21	171.210	1	
	10		367.09	365.693	0.996	
	15		513.52	505.718	0.985	
BARAT LAUT (NW)	-20		606.25	585.593	0.966	657.801
	-15		632.75	594.591	0.940	
	-10		763.609	717.558	0.940	
	-5		778.677	752.144	0.966	
	0		649.889	640.015	0.985	
	5		629.707	627.310	0.996	
	10		642.879	642.879	1	
	15		615.365	613.023	0.996	
					Feff (total)	1275.636
					Feff (domin)	657.801

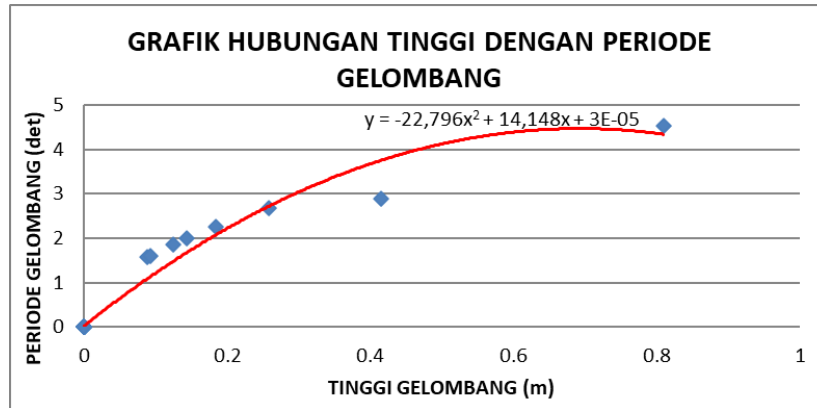
Tabel 6. Perhitungan Fetch Efektif Hasil dari Perhitungan Fetch Efektif dari Delapan Arah Mata Angin

Bulan	H - T	Arah Datang Gelombang					Max Tiap Bulan	
		N	S	SW	W	NW	Arah	H - T
JANUARI	H (m)	0.185		0.000		0.000	NW	0.185
	T (det)	2.262		0.000		0.000		2.262
FEBRUARI	H (m)	0.000	0.000			0.389	NW	0.389
	T (det)	0.000	0.000			3.283		3.283
MARET	H (m)	0.000	0.000				N	0.000
	T (det)	0.000	0.000					0.000
APRIL	H (m)		0.000			0.144	NW	0.144
	T (det)		0.000			2.001		2.001
MEI	H (m)		0.000	0.000	0.108		SW	0.108
	T (det)		0.000	0.000	1.489			1.489
JUNI	H (m)		0.000	0.000			SW	0.000
	T (det)		0.000	0.000				0.000
JULI	H (m)		0.000	0.126			SW	0.126
	T (det)		0.000	1.551				1.551
AGUSTUS	H (m)		0.000				S	0.000
	T (det)		0.000					0.000
SEPTEMBER	H (m)		0.000	0.000			SW	0.000
	T (det)		0.000	0.000				0.000
OKTOBER	H (m)		0.000	0.000			SW	0.000
	T (det)		0.000	0.000				0.000
NOVEMBER	H (m)		0.000		0.089	0.000	NW	0.089
	T (det)		0.000		1.567	0.000		1.567
DESEMBER	H (m)	0.125		0.000	0.258	0.000	W	0.258
	T (det)	1.859		0.000	2.674	0.000		2.674
MAX TIAP ARAH	H (m)	0.185	0.000	0.126	0.258	0.389	NW	0.389
	T (det)	2.262	0.000	1.551	2.674	3.283		3.283

Berdasarkan rekapitulasi Tinggi Gelombang Signifikan (H) dan Periode Gelombang Signifikan (T) dari hasil Hindcasting Gelombang, didapatkan nilai Tinggi Gelombang Signifikan H = 0.683 m, dan Periode Gelombang Signifikan T = 3.939 m dengan arah dominan Timur (East)

3.5. Analisa Transforming Gelombang

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 (Tabel 6) untuk mendapatkan persamaan dari grafik hubungan.



Gambar 5. Hubungan Tinggi dengan Periode Gelombang

Berikut merupakan hasil perhitungan Shoaling berdasarkan grafik hubungan

Tabel 7. Perhitungan Shoaling (Analisa Data, 2024)

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	0.415	1.947	5.911	1.692	1.6900	5.917	3.037	3.040	0.708	45.060	0.999	0.999
45.0598	8	0.413	2.882	12.958	0.617	0.6105	13.104	4.496	4.547	0.716	45.713	0.986	0.993
45.7127	5	0.402	2.834	12.526	0.399	0.4040	12.376	4.420	4.368	0.707	45.015	1.015	1.008
45.0150	2	0.386	2.756	11.846	0.169	0.1991	10.045	4.299	3.645	0.600	36.853	1.221	1.105
36.8533	1	0.356	2.609	10.619	0.094	0.1357	7.369	4.070	2.824	0.416	24.596	1.498	1.224
24.5959	0.5	0.383	2.741	11.717	0.043	0.0866	5.771	4.275	2.106	0.205	11.830	2.079	1.442

Tabel 8. Perhitungan Refraksi (Analisa Data, 2024)

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	0.415	1.947	5.911	1.692	1.6900	5.917	3.037	3.040	0.708	45.060	0.999	0.999
45.0598	8	0.413	2.882	12.958	0.617	0.6105	13.104	4.496	4.547	0.716	45.713	0.986	0.993
45.7127	5	0.402	2.834	12.526	0.399	0.4040	12.376	4.420	4.368	0.707	45.015	1.015	1.008
45.0150	2	0.386	2.756	11.846	0.169	0.1991	10.045	4.299	3.645	0.600	36.853	1.221	1.105
36.8533	1	0.356	2.609	10.619	0.094	0.1357	7.369	4.070	2.824	0.416	24.596	1.498	1.224
24.5959	0.5	0.383	2.741	11.717	0.043	0.0866	5.771	4.275	2.106	0.205	11.830	2.079	1.442

Tabel 9. Perhitungan Gelombang Pecah (Analisa Data, 2024)

H'o	H'o/gT ²	m	Hb/H'o	Hb
0.4164	0.0112	0.0520	1.10	0.458
0.4205	0.0052	0.0477	1.28	0.538
0.4228	0.0054	0.0379	1.28	0.541
0.4623	0.0062	0.0206	1.21	0.559
0.4054	0.0061	0.0358	1.24	0.503
0.3444	0.0047	0.0271	1.30	0.448

3.6. Perhitungan Angkutann Sedimen Metode CERC

Rumus yang di pakai dalam hal pengangkutan sedimen sepanjang pantai adalah mengikuti perhitungan CERC (dari Army Coastal Engineering Research Center). Diambil sampel tinggi dan Periode gelombang pada bulan februari dari arah Barat Laut.

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

Bulan Februari Arah Barat Laut

Diketahui:

$$\begin{aligned}
 H_b &= 0.536 \text{ m} \\
 g &= 9.81 \text{ m/s}^2 \\
 d_b &= 0.563 \text{ m} \\
 K &= 0.39 \text{ (Shore Protection Manual, chapter 4-96)} \\
 n &= 0.5042 \\
 \alpha_b &= 39^\circ \\
 \rho &= 1025 \text{ kg/m}^3 \\
 \rho_s &= 2650 \text{ kg/m}^3
 \end{aligned}$$

Penyelesaian :

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

Jawaban :

$$\begin{aligned}
 C_b &= \sqrt{9.81 \times 0.563} \\
 Pl &= \frac{1025 \times 9.81}{8} \times 0.844^2 \times 3.269 \times \sin 45 \times \cos 45 \\
 Pl &= 1464.959 \text{ kg m/d}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Q_s &= \frac{0.39}{(2650 - 1025) \times 9.81 \times (1 - 0.4)} \times 1464.959 \\
 Q_s &= 0.0579 \text{ kg m}^3/\text{d} \\
 Q_s &= 0.0000579 \text{ m}^3/\text{d} \\
 &= 0.0000579 \times 24 \times 3600 = 5.159/\text{hari} \\
 &= 5.159 \times 365 = 1883.153 \text{ m}^3/\text{tahun}
 \end{aligned}$$

Nilai angkutan sedimen untuk sejajar pantai adalah 1883,153 m³/tahun.2. Angkutan Sedimen Tegak Lurus Pantai (*Onshore-Offshore Transport*)

Nilai $f=d$ dipakai 0.49 yang di ambil dari refrensi penelitian terdahulu dikarenakan ausmsi distribusi ukuran butiran sedimen lokasi penelitian berdekatan dengan refrensi yang digunakan.

Diketahui:

$$\begin{aligned}
 f=d (D) &= 0.49 \\
 g &= 9.81 \text{ m/s}^2 \\
 H_b &= 0.536 \text{ m} \\
 \alpha_b &= 39^\circ \\
 \rho &= 1025 \text{ kg/m}^3 \\
 \rho_s &= 2650 \text{ kg/m}^3
 \end{aligned}$$

Penyelesaian:

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

Jawaban :

$$\begin{aligned}
 U_* &= \sqrt{\frac{0.49}{2}} \\
 &= 0.495 \\
 rb &= 2650 \times 0.495^2 \\
 &= 649.250
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Q_s &= \frac{649,250}{(2650 - 1025) \times 9.81 \times 0.49} \\
 &= 0.0831 \text{ kg } m^3/d \\
 &= 0.0000831 \text{ m}^3/d \\
 &= 0.0000831 \times 24 \times 3600 = 7,1814 \text{ m}^3/hari \\
 &= 2621.200 \text{ m}^3/tahun
 \end{aligned}$$

Didapat nilai angkutan sedimen tegak lurus pantai adalah 2621,200 m³/tahun.

3.7. Perhitungan Gelombang Rencana dan Gelombang untuk Reventment

Tinggi gelombang rencana terpilih adalah tinggi gelombang maksimum yang mungkin terjadi dilokasi pekerjaan, maka gelombang rencana yang dipakai adalah tinggi gelombang pecah (Hb) dilokasi pekerjaan. Tinggi gelombang pecah ini biasanya dikaitkan dengan kedalaman perairan (ds) dan landai dasar pantai(m). maka tinggi gelombang pecah dapat ditentukan dengan rumus (CERC,1984):

$$H_b = 0,536ds$$

Keterangan :

H_b = Tinggi gelombang pecah

ds = Kedalaman air lokasi bangunan

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

$$H_d = H_b$$

Elevasi dasar revetment direncanakan LLWL= 0,5 m . Ketinggian muka air pada ujung bangunan sebesar HHWL= 3,4 m dari dasar laut, sehingga didapatkan ds = HHWL. dari penjelasan diatas maka untuk perhitungan gelombang rencana pada revetment Pantai di Desa Tambala adalah sebagai berikut:

$$ds = HHWL$$

$$= 3,4 \text{ m}$$

$$H_b = 0,536 \times ds$$

$$= 0,536 \times 3,4 = 2,975 \text{ m}$$

$$H_d = H_b$$

$$= 2.975 \text{ m}$$

3.8. Perhitungan Elevasi Mercu

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

Dimana :

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

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

Fb : Tinggi jagaan direncanakan = 0,5 meter

Run-up gelombang

Direncanakan :

Jenis bangunan = Revetment

Lapis lindung = Blok beton

Tinggi gelombang (H_d) = 2.975 meter

$$L_o = 1,56 T^2 = 1,56 \times 3,283^2 = 16,814 \text{ meter}$$

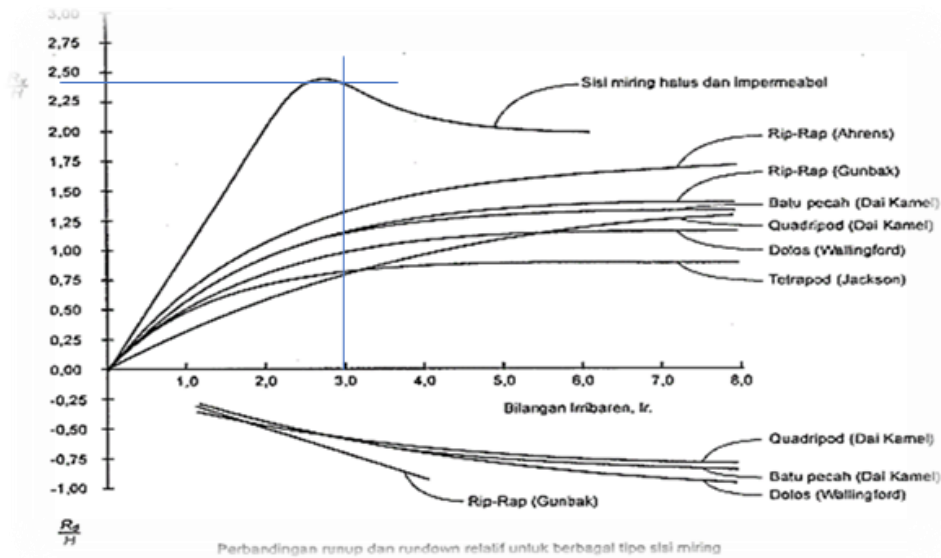
$$Ir = \frac{tg \theta}{\left(\frac{T}{L_o}\right)^{0.5}} = \frac{\frac{1}{2}}{\left(\frac{3.2}{16.81}\right)^{0.5}} = 1,132$$

Bilangan *Irrabaren* pada Gambar 6 diperoleh:

$$\frac{Ru}{H} = 1.2$$

$$Ru = 1,2 \times H = 1,2 \times 0.389 = 0,4668$$

$$\begin{aligned}
 \text{Elevasi Mercu} &= \text{DWL} + \text{Ru} + \text{Fb} \\
 &= 3,6 + 0,4668 + 0,5 \\
 &= 4,56 \text{ m}
 \end{aligned}$$



Gambar 6. Grafik Run-Up Gelombang

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.

Perhitungan sebagai berikut :

Lapis pelindung luar (*armour stone*)

$$W1 = \frac{\gamma_r H^3}{K_D \times (Sr - 1)^3 \cot \theta}$$

$$= \frac{2.3 \times 2.975^3}{6.5 \times \left(\frac{2.3}{1.025} - 1\right)^3 \times 2} = 2.485 \text{ ton} = 2485 \text{ kg}$$

Tebal Lapis Lindung (t_1)

Untuk nilai dari Koefisien Lapis (K_Δ) = 1,10

$$t1 = n K_\Delta \left(\frac{W}{\gamma_r}\right)^{1/3}$$

$$= 2 \times 1,10 \times (0,0055/2,3)^{1/3}$$

$$= 2.26 \text{ m}$$

Lapis pelindung kedua (*secondary stone*)

$$W2 = \frac{\gamma_r H^3}{K_D \times (Sr - 1)^3 \cot \theta}$$

$$= \frac{2.65 \times 0.389^3}{6.5 \times \left(\frac{2.65}{1.025} - 1\right)^3 \times 2} = 1,379 \text{ ton} = 1379 \text{ kg}$$

Dikarenakan pada lapis 2 menggunakan Batu Boulder, maka untuk nilai W pada Perhitungan W_2 diambil 1379 kg.

Diameter batu

$$D = \left(\frac{W}{\gamma_r}\right)^{1/3} = \left(\frac{0.00227}{2.65}\right)^{1/3} = 0.979 \text{ m}$$

Tebal Lapis Lindung (t_2)

Untuk nilai dari Koefisien Lapis (K_Δ) = 1,10

$$t2 = n K_\Delta \left(\frac{W}{\gamma_r}\right)^{1/3} = 0.821 \text{ m}$$

Lebar Puncak *Revetment*

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

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

$$= 3 \times 1,10 \times \left(\frac{4,9}{2,3}\right)^{\frac{1}{3}} = 3,38 \text{ m}$$

Jumlah Block Beton Pelindung

Jumlah butir beton pelindung tiap satu satuan luas (10 m^2) dan porositas = 47, dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$\begin{aligned} N &= A \cdot n \cdot K_{\Delta} \cdot \left[1 - \frac{P}{100}\right] \times \left[\frac{\gamma r}{W}\right]^{\frac{2}{3}} \\ &= 10 \times 2 \times 1,1 \left(1 - \frac{47}{100}\right) \times \left(\frac{2,3}{4,9}\right)^{\frac{2}{3}} \\ &= 11 \text{ buah} \end{aligned}$$

3.9. Toe Protection

Perhitungan tinggi *Toe Protection* dengan r (tebal lapis pelindung ($r \sim 2H$) = 2.26 m, tinggi gelombang rencana $H_d = 2.975 \text{ m}$, maka:

$$\text{Tinggi } Toe \text{ Protection (t)} = 2.26 \text{ m}$$

$$\text{Lebar } Toe \text{ Protection} = \text{Diambil } B = 2H = 2 \times 2.975 = 5.95 \text{ m}$$

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

$$\text{Berat butir } Toe \text{ Protection} = W_{\text{toe}} = 0.5 \times 309.2 = 0.1546 \text{ ton} = 154.6 \text{ kg}$$

4. Kesimpulan

Dari hasil analisis serta berdasarkan permasalahan yang ada di pantai Desa Tambala Tombariri yaitu terjadi kemunduran garis pantai karena adanya abrasi maka direncanakan *Revetment* untuk mempertahankan garis pantai dari abrasi dan mengurangi limpasan gelombang ke arah darat. Pemilihan pengaman ini juga dikarenakan agar nelayan tetap dapat menaikkan atau memarkirkan perahu mereka dengan mudah. Dari hasil perhitungan dimensi *revetment* diperoleh:

- Elevasi mercu = 4.56 m.
- Lebar puncak = 3.38 m
- Kemiringan = 1 : 3
- Tinggi toe protection = 2.26 m
- Lebar toe protection = 5.95 m

Referensi

- CERC, 1984, Shore Protection Manual, US Army Coastal Of Engineering Research Center (CERC), Washington. (SPM 1984) .
- Goda Foley, 1993, Pemanasan Global (terjemahan), Yayasan Obor Indonesia Jakarta.
- Kirsty McConnell, 1998 *Revetment systems against wave attack. A design manual.*
- Anggi Cindy Wakkary M. Ihsan Jasin, A.K.T. Dundu, Studi Karakteristik Gelombang Pada Daerah Pantai Desa Kalinaung Kab. Minahasa. Jurnal Sipil Statik Vol.5 No.3 Mei 2017 (167-174) ISSN: 2337-6732. Universitas Sam Ratulangi Manado.
- Arthur H. Thambas, Jeffry Dantje Mamoto, Studi Karakteristik Gelombang Pada Pantai Manembo-Nembo Kecamatan Matuari Kota Bitung Provinsi Sulawesi Utara. TEKNO – Volume 20 Nomor 80 – April 2022. Universitas Sam Ratulangi Manado.
- Masita Aisza Mokodongan, Muh. Ihsan Jasin, Arthur H. Thambas, Analisis Karakteristik Gelombang Di Pantai Baho Kecamatan Likupang Barat. Jurnal Sipil Statik Vol.9 No.4 Juli 2021 (699-708) ISSN: 2337-6732. Universitas Sam Ratulangi Manado.
- Natania Rorimpandey, Muh. Ihsan. Jasin, A. K. T. Dundu, Perencanaan Pengamanan Pantai Tobololo Kelurahan Tobololo Kota Ternate Provinsi Maluku Utara. Jurnal Sipil Statik Vol.8 No.5 Agustus 2020 (795- 808) ISSN: 2337-6732. Universitas Sam Ratulangi Manado.
- Nur Yuwono, 1982, Teknik Pantai, Teknik Sipil Fakultas Teknik UGM, Yogyakarta.
- Nur Yuwono, 1992, Dasar-dasar Perencanaan Bangunan Pantai, Vol 2, Laboratorium Hidraulika dan Hidrologi, PAU-IT-UGM, Yogyakarta.
- 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.
- Triatmodjo, B. 1999. Teknik Pantai. Beta Offset. Yogyakarta
- Triatmodjo, B. 2012. Perencanaan Bangunan Pantai. Beta Offset. Yogyakarta