



Perencanaan Pengaman Pantai Di Pantai Surabaya Kecamatan Likupang Timur Kabupaten Minahasa Utara

Renaldo W. Lumy^{#a}, Jeffry D. Mamoto^{#b}, M. Ihsan Jasin^{#c}

[#]Program Studi Teknik Sipil Universitas Sam ratulangi, Manado, Indonesia
^aenalwlumy@gmail.com; ^bjeffrymamoto@unsrat.ac.id ; ^csanyjasin02@yahoo.com

Abstrak

Pantai Surabaya, merupakan objek wisata Kabupaten Minahasa Utara yang sangat indah. Pantai ini mendapatkan perhatian dari banyak orang, sehingga banyak pengunjung/ wisatawan yang datang baik orang dewasa sampai anak-anak kecil. Namun demikian pada saat musim tertentu daerah ini cukup potensial mendapatkan gempuran gelombang dan pasang surut serta pada bulan-bulan tertentu terjadi gelombang dan pasang surut yang cukup besar/tinggi di daerah pantai tersebut, sehingga pada waktu tertentu terjadi penggerusan di tebing pantai, yang mengakibatkan terjadinya abrasi. Perencanaan pengaman pantai harus direncanakan dengan mengumpulkan data sekunder yang didapatkan dari BMKG Kota Bitung dan Pangkalan Utama TNI AL VIII Kairagi Berupa data angin, data pasang surut, juga melalui software penunjang yang ada. Data tersebut di analisis sehingga didapatkan desain dari pengaman pantai yang diperlukan. Dari hasil analisis data maka didapatkan perencanaan bangunan pengaman pantai Tipe (*Hard*) dengan jenis bangunan *Revetment* dengan lapis lindung *Batu Alam* yang dimodifikasi, Tinggi Mercu 4,87 m, Lebar Puncak 2,5 m, Kemiringan Pengaman 1:3, Lebar *Toe Protection* 5,46 m, serta Tinggi *Toe Protection* 1,67 m.

Kata kunci: pantai Surabaya, 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.

Pantai Surabaya merupakan objek wisata di Kelurahan/Desa Wineru Kecamatan Likupang Timur Kabupaten Minahasa Utara yang indah. Pantai tersebut cukup menarik perhatian banyak orang, sehingga banyak wisatawan yang datang berkunjung mulai dari orang dewasa sampai anak - anak kecil. Namun demikian Pantai Surabaya cukup potensial mendapatkan gempuran gelombang, dan pada bulan-bulan tertentu sering terjadi gelombang yang cukup besar/tinggi di daerah tersebut, sehingga memicu terjadinya penggerusan di tebing pantai, yang mengakibatkan terjadinya Abrasi.

Mundurinya garis pantai di daerah tersebut diakibatkan oleh gelombang yang besar sehingga memberi dampak kerusakan pada fasilitas yang ada di wilayah pantai tersebut, hal itu juga dapat mengakibatkan kerugian bagi wisatawan dan masyarakat sekitar yang berada di dekat pantai terutama yang berprofesi sebagai nelayan.

Sehubungan dengan kondisi itu maka diperlukannya perencanaan pengaman pantai untuk mencegah kerusakan pada pantai tersebut.

1.2 Rumusan Masalah

Abrasi pantai dapat di sebabkan oleh gelombang yang sampai dan merusak pantai. abrasi pantai Surabaya mengakibatkan kerusakan dan mengganggu aktivitas warga. Oleh karena itu

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

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 Surabaya Kecamatan Likupang Timur.

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 Surabaya, Likupang Timur
2. Perencanaan pengaman pantai menggunakan data yang sudah ada.
3. Tidak memperhitungkan Rincian Anggaran Biaya.

2. Metode Penelitian

2.1 Lokasi Penelitian

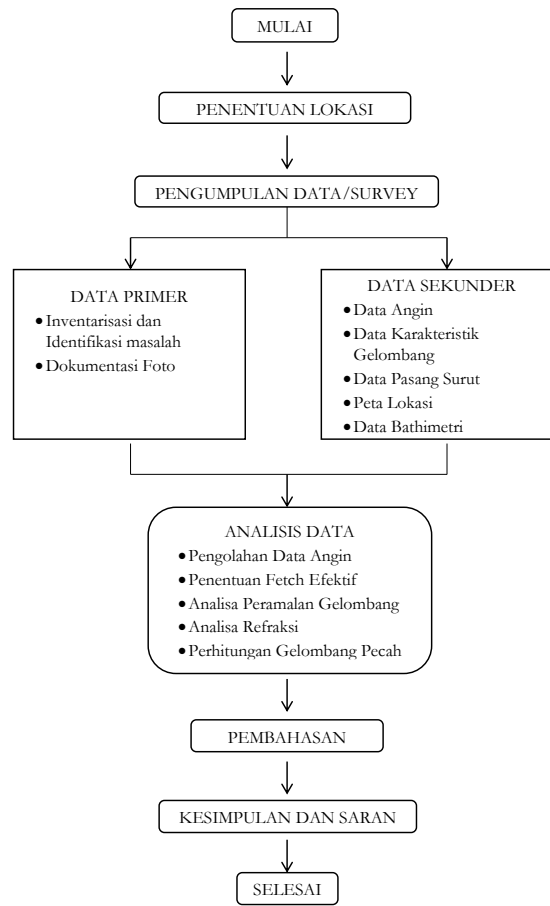
Lokasi penelitian ini terletak Desa Wineru Kecamatan Likupang Timur Kabupaten Minahasa Utara. Secara Geografis, terletak di $1^{\circ}39'43''N$ $125^{\circ}06'26''E$.



Gambar 1. Lokasi Penelitian (Google Earth)

2.2 Bagan Alir Penelitian

Tahapan pelaksanaan penelitian dapat dilihat pada Gambar 2.



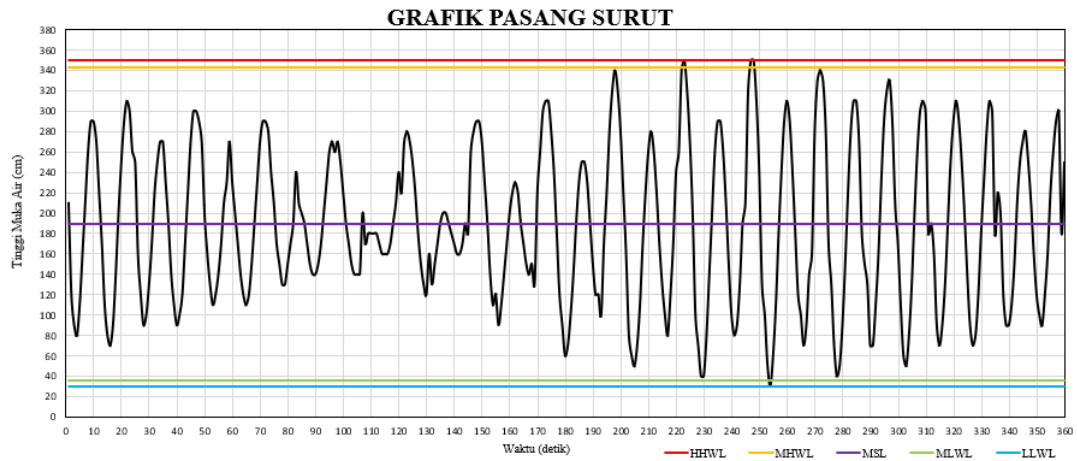
Gambar 2. Bagan Alir

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Perhitungan Pasang Surut dengan Metode Admiralty

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

No	Tanggal	Jam																				Jumlah	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	1-Nov-2022	2.1	1.2	0.9	0.8	1.1	1.6	2.1	2.6	2.9	2.9	2.7	2.2	1.7	1.1	0.8	0.7	0.9	1.4	2.0	2.5	2.9	3.1	3.0	2.6	45.8	1.91
2	2-Nov-2022	2.5	1.6	1.2	0.9	1.0	1.3	1.7	2.2	2.5	2.7	2.6	2.3	1.9	1.4	1.1	0.9	1.0	1.2	1.7	2.2	2.7	3.0	3.0	2.9	45.5	1.90
3	3-Nov-2022	2.7	2.0	1.6	1.3	1.1	1.2	1.4	1.7	2.1	2.3	2.4	2.3	2.0	1.7	1.4	1.2	1.1	1.2	1.5	1.9	2.3	2.7	2.9	2.9	44.9	1.87
4	4-Nov-2022	2.8	2.4	2.1	1.7	1.5	1.3	1.3	1.5	1.7	1.9	2.0	2.1	2.0	1.9	1.7	1.5	1.4	1.4	1.5	1.7	2.0	2.3	2.6	2.7	45	1.88
5	5-Nov-2022	2.6	2.7	2.5	2.2	1.9	1.7	1.5	1.4	1.4	1.4	1.6	1.7	1.8	1.8	1.8	1.8	1.7	1.6	1.6	1.6	1.7	1.9	2.1	2.4	44.4	1.85
6	6-Nov-2022	2.2	2.7	2.8	2.7	2.5	2.2	1.8	1.5	1.3	1.2	1.2	1.3	1.5	1.7	1.9	2.0	2.0	1.9	1.8	1.7	1.6	1.6	1.7	1.9	44.7	1.86
7	7-Nov-2022	1.8	2.6	2.8	2.9	2.9	2.7	2.3	1.9	1.4	1.1	0.9	0.9	1.1	1.4	1.7	2.0	2.2	2.3	2.2	1.9	1.7	1.5	1.4	1.5	45.1	1.88
8	8-Nov-2022	1.3	2.2	2.6	3.0	3.1	3.1	2.8	2.4	1.8	1.2	0.8	0.6	0.7	1.0	1.4	1.9	2.3	2.5	2.5	2.3	1.9	1.5	1.2	1.2	45.3	1.89
9	9-Nov-2022	1.0	1.7	2.2	2.8	3.2	3.4	3.2	2.8	2.2	1.6	1.0	0.6	0.5	0.7	1.1	1.7	2.2	2.6	2.8	2.6	2.2	1.7	1.3	1.0	46.1	1.92
10	10-Nov-2022	0.8	1.2	1.7	2.4	3.0	3.4	3.5	3.2	2.7	2.0	1.3	0.7	0.4	0.4	0.8	1.4	2.0	2.6	2.9	2.9	2.6	2.1	1.5	1.0	46.5	1.94
11	11-Nov-2022	0.8	0.9	1.3	1.9	2.6	3.2	3.5	3.5	3.1	2.4	1.7	1.0	0.5	0.3	0.6	1.1	1.8	2.4	2.9	3.1	2.9	2.4	1.8	1.2	46.9	1.95
12	12-Nov-2022	1.0	0.7	0.9	1.4	2.1	2.8	3.3	3.4	3.3	2.8	2.1	1.3	0.7	0.4	0.5	0.9	1.5	2.2	2.8	3.1	3.1	2.7	2.2	1.5	46.7	1.95
13	13-Nov-2022	1.3	0.7	0.7	1.1	1.6	2.3	2.9	3.2	3.3	2.9	2.4	1.7	1.1	0.6	0.5	0.8	1.3	2.0	2.6	3.0	3.1	3.0	2.5	1.9	46.5	1.94
14	14-Nov-2022	1.6	0.9	0.7	0.9	1.3	1.9	2.5	2.9	3.1	2.9	2.5	2.0	1.4	0.9	0.7	0.8	1.2	1.8	2.3	2.8	3.1	3.0	2.7	2.2	46.1	1.92
15	15-Nov-2022	2.0	1.2	0.9	0.9	1.1	1.5	2.1	2.5	2.7	2.8	2.5	2.1	1.6	1.2	1.0	0.9	1.2	1.6	2.2	2.6	2.9	3.0	2.8	2.5	45.8	1.91



Gambar 3. Grafik Pasang Surut Pantai Surabaya

Di bawah ini adalah perhitungan untuk tipe pasang surut yang ada di lokasi pengukuran, yaitu di Pantai Surabaya, Kecamatan Likupang Timur, Minahasa Utara, 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 Surabaya Likupang Timur (Analisis Data, 2023)

	SO	M2	S2	N2	K1	O1	M4	MS4	K2	P1
A cm	189	128	51	15	29	27	0	13	14	10
g°	0.00	52.6	215.3	301.7	324.0	50.6	3.9	243.9	215.3	324.0

$$F = \frac{K1 + O1}{M2 + S2} = \frac{29 + 27}{128 + 51} = 0.21$$

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	350
MHWL	cm	343.32
MSL	cm	189
MLWL	cm	35.62
LLWL	cm	30
Range	cm	307.70

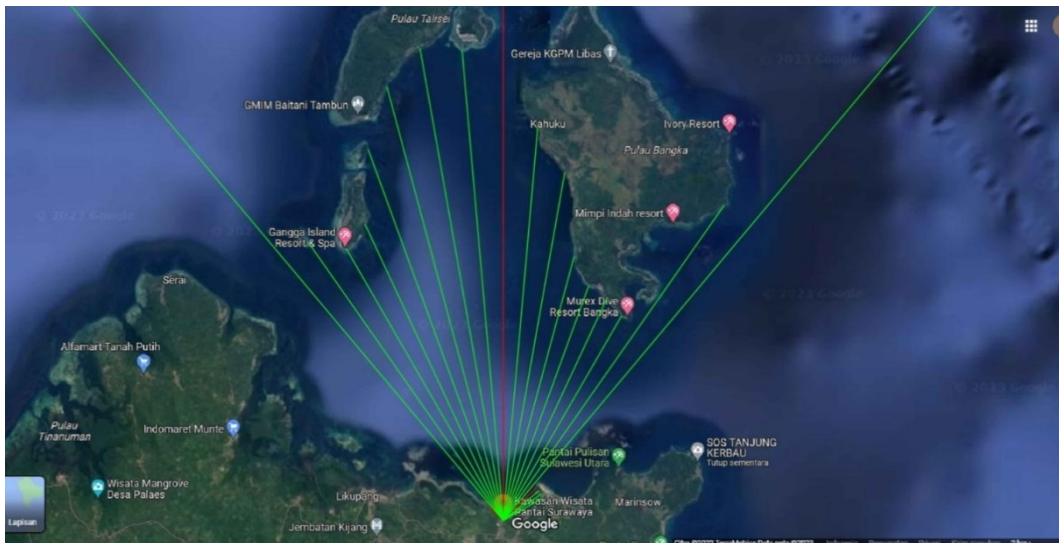
Untuk perhitungan dibawah ini menggunakan data yang diambil dari BMKG Kota Bitung pada Pantai Surabaya, Kecamatan Likupang Timur, Minahasa Utara.

Tabel 4. Perhitungan Tegangan Angin Tahun 2020
(Analisa Data, 2023)

Perhitungan Wind Stress Factor Pada Tahun 2018					Z = ±	10
					RT	1.1
Bulan	Arah	Uz	Uz (BULAT)	$U_{10} = Uz \left(\frac{10}{Z} \right)^{\frac{1}{7}}$	R _L	$U_A = R_T \cdot R_L \cdot U_{10}$
2020						
Januari	E	3.809	3.8	3.81	1.52	6.37
Februari	NE	5.508	5.5	5.51	1.38	8.36
Maret	E	4.380	4.4	4.38	1.47	7.08
April	E	2.962	3	2.96	1.61	5.25
Mei	SE	2.757	2.8	2.76	1.63	4.94
Juni	S	2.816	2.8	2.82	1.63	5.05
Juli	SE	3.551	3.6	3.55	1.54	6.02
Agustus	S	3.708	3.7	3.71	1.53	6.24
September	S	3.050	3.1	3.05	1.61	5.40
Oktober	S	2.797	2.8	2.80	1.63	5.02
November	S	3.141	3.1	3.14	1.61	5.56
Desember	SW	3.621	3.6	3.62	1.54	6.13

3.4 *Hindcasting Gelombang*

Gambar interpretasi Fetch dan hasil perhitungan untuk lokasi perencanaan Pantai Surabaya, Kecamatan Likupang Timur, Minahasa Utara. ditampilkan dalam Gambar 4 dan Tabel 5.



Gambar 4. Fetch Lokasi Penelitian

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

Arah Mata Angin	(α)	Jarak Sebenarnya (m)	Jarak Sebenarnya (km)	Fcos(α)	cos(α)	Feff (km)
UTARA (N)	-20	9449.48	9.4495	9	0.940	27.174
	-15	9104.63	9.1046	9	0.966	
	-10	14786.24	14.7862	15	0.985	
	-5	200000	200.0000	199	0.996	
	0	1784.95	1.7850	2	1.000	

Arah Mata Angin	(α)	Jarak Sebenarnya (m)	Jarak Sebenarnya (km)	Fcos(α)	cos(α)	Feff (km)
	5	1779.25	1.7793	2	0.996	
	10	1774.98	1.7750	2	0.985	
	15	1681.92	1.6819	2	0.966	
	20	0	0	0	0.940	
	-20	15189.73	15.1897	14	0.940	
	-15	17239.26	17.2393	17	0.966	
	-10	18437.89	18.4379	18	0.985	
TIMUR LAUT (NE)	-5	18166.38	18.1664	18	0.996	
	0	200000	200.0000	200	1.000	35.886
	5	15158.62	15.1586	15	0.996	
	10	13580.23	13.5802	13	0.985	
	15	10514.37	10.5144	10	0.966	
	20	9606.38	9.6064	9	0.940	
	-20	0	0	0	0.940	
	-15	0	0	0	0.966	
	-10	0	0	0	0.985	
TIMUR (E)	-5	0	0	0	0.996	
	0	0	0	0	1.000	0.000
	5	0	0	0	0.996	
	10	0	0	0	0.985	
	15	0	0	0	0.966	
	20	0	0	0	0.940	
	-20	0	0	0	0.940	
	-15	0	0	0	0.966	
	-10	0	0	0	0.985	
TENGGARA (SE)	-5	0	0	0	0.996	
	0	0	0	0	1.000	0.000
	5	0	0	0	0.996	
	10	0	0	0	0.985	
	15	0	0	0	0.966	
	20	0	0	0	0.940	
	-20	0	0	0	0.940	
	-15	0	0	0	0.966	
	-10	0	0	0	0.985	
SELATAN (S)	-5	0	0	0	0.996	
	0	0	0	0	1.000	0.000
	5	0	0	0	0.996	
	10	0	0	0	0.985	
	15	0	0	0	0.966	
	20	0	0	0	0.940	
	-20	0	0	0	0.940	
	-15	0	0	0	0.966	
BARAT DAYA (SW)	-10	0	0	0	0.985	
	-5	0	0	0	0.996	0.000
	0	0	0	0	1.000	
	5	0	0	0	0.996	
	10	0	0	0	0.985	

Arah Mata Angin	(α)	Jarak Sebenarnya (m)	Jarak Sebenarnya (km)	Fcos(α)	cos(α)	Feff (km)
	15	0	0	0	0.966	
	20	0	0	0	0.940	
BARAT (W)	-20	0	0	0	0.940	
	-15	0	0	0	0.966	
	-10	0	0	0	0.985	
	-5	0	0	0	0.996	
	0	0	0	0	1.000	0.000
	5	0	0	0	0.996	
	10	0	0	0	0.985	
	15	0	0	0	0.966	
	20	0	0	0	0.940	
	BARAT LAUT (NW)	-20	0	0	0	0.940
-15		0	0	0	0.966	
-10		0	0	0	0.985	
-5		0	0	0	0.996	
0		680.83	0.6808	1	1.000	26.927
5		200000	200.0000	199	0.996	
10		13073.22	13.0732	13	0.985	
15		12061.68	12.0617	12	0.966	
20	12546.69	12.5467	12	0.940		
Feff (total)						89.987
Feff (dominan)						27.174

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

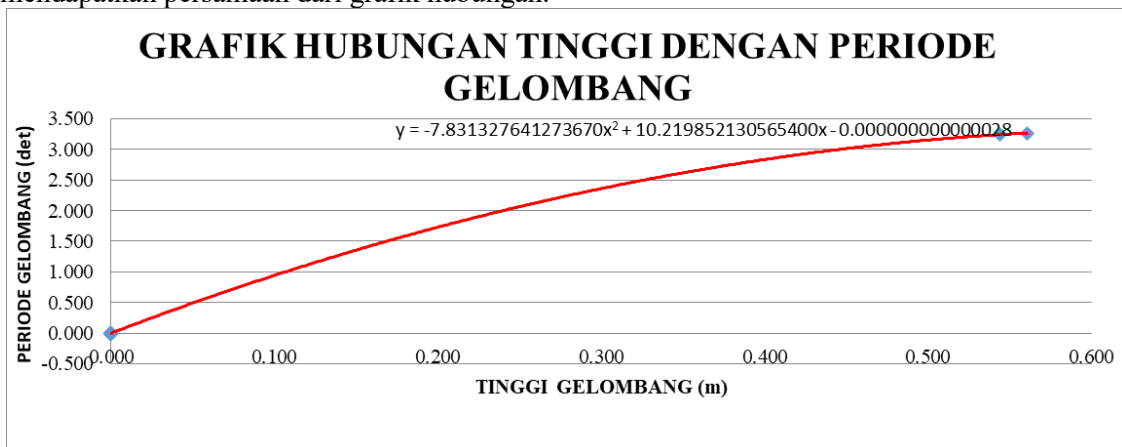
Bulan	H - T	Arah Datang Gelombang				Max Tiap Bulan	
		NE	E	SE	S	Arah	H - T
JANUARI	H (m)					E	0.000
	T (det)						0.000
FEBRUARI	H (m)	0.561				SE	0.561
	T (det)	3.268					3.268
MARET	H (m)					E	0.000
	T (det)						0.000
APRIL	H (m)					E	0.000
	T (det)						0.000
MEI	H (m)					SE	0.000
	T (det)						0.000
JUNI	H (m)					SE	0.000
	T (det)						0.000
JULI	H (m)					SE	0.000
	T (det)						0.000
AGUSTUS	H (m)					S	0.000
	T (det)						0.000
SEPTEMBER	H (m)					S	0.000
	T (det)						0.000
OKTOBER	H (m)					SE	0.000

Bulan	H - T	Arah Datang Gelombang				Max Tiap Bulan	
		NE	E	SE	S	Arah	H - T
NOVEMBER	T (det)						0.000
	H (m)					SE	0.000
	T (det)						0.000
DESEMBER	H (m)						0.000
	T (det)					S	0.000
MAX TIAP ARAH	H (m)	0.561	0.000	0.000	0.000	NE	0.561
	T (det)	3.268	0.000	0.000	0.000		3.268

Berdasarkan rekapitulasi Tinggi Gelombang Signifikan (H) dan Periode Gelombang Signifikan (T) dari hasil Hindcasting Gelombang, didapatkan nilai Tinggi Gelombang Signifikan H = 0.561 m, dan Periode Gelombang Signifikan T = 3.268 m dengan arah dominan Timur (*North East*).

3.5 Analisa Transformasi 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, 2023)

Lo	d/Lo	d/L	L	no	n	Kr	Ks	H
16.661	0.6002	0.60063	16.6492	0.500	0.504	1.000	0.993	0.557
18.748	0.427	0.430	18.611	0.500	0.524	1.005	0.960	0.537
17.997	0.278	0.292	17.149	0.500	0.594	1.031	0.883	0.489
16.087	0.124	0.162	12.383	0.500	0.771	1.164	0.842	0.479
15.694	0.064	0.107	9.325	0.500	0.876	1.319	0.961	0.608
20.628	0.024	0.063	7.886	0.500	0.951	1.629	1.375	1.361

Tabel 8. Perhitungan Refraksi (Analisa Data, 2023)

ao	d	Ho	T	Lo	d/Lo	d/L	L	Co	C	sin a	a	cos ao / cos a	Kr
45.000	10	0.561	3.268	16.661	0.600	0.601	16.649	5.098	5.094	0.707	44.958	1.001	1.000
44.496	8	0.557	3.467	18.748	0.427	0.430	18.611	5.408	5.368	0.701	44.542	1.009	1.005

a_0	d	H_0	T	L_0	d/L_0	d/L	L	C_0	C	$\sin a$	a	$\frac{\cos a_0}{\cos a}$	Kr
43.360	5	0.537	3.397	17.997	0.278	0.292	17.149	5.299	5.049	0.668	41.942	1.062	1.031
39.315	2	0.489	3.211	16.087	0.124	0.162	12.383	5.010	3.856	0.514	30.963	1.355	1.164
27.264	1	0.479	3.172	15.694	0.064	0.107	9.325	4.948	2.940	0.306	17.800	1.740	1.319
14.165	0.5	0.608	3.636	20.628	0.024	0.063	7.886	5.673	2.169	0.117	6.712	2.652	1.629

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

H'_0/gT^2	m	H_b/H'_0	H_b
0.0054	0.0151	1.17	0.661
0.0049	0.0149	1.19	0.690
0.0054	0.0148	1.14	0.693
0.0057	0.0145	1.12	0.651
0.0051	0.0140	1.13	0.564
0.0034	0.0112	1.27	0.561

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 Februari dari arah Timur Laut.

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

Bulan Februari Arah Timur Laut

Diketahui:

$$\begin{aligned} H_b &= 0.661 \text{ m} \\ g &= 9.81 \text{ m/s}^2 \\ db &= 0.819 \text{ m} \\ K &= 0.39 \text{ (Shore Protection Manual, chapter 4-96)} \\ n &= 0.4 \\ \alpha_b &= 45^\circ \\ \rho &= 1025 \text{ kg/m}^3 \\ \rho_s &= 2650 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

Penyelesaian:

$$\begin{aligned} Q_s &= \frac{K}{(\rho_s - \rho) \times g \times (1-n)} \times P_1 \\ P_1 &= \frac{\rho \cdot g}{8} \times H_b^2 \times C_b \times \sin \alpha_b \times \cos \alpha_b \\ C_b &= \sqrt{g \cdot db} \end{aligned}$$

Jawaban:

$$\begin{aligned} C_b &= \sqrt{9.81 \times 0.819} \\ &= 2.835 \text{ m/d} \\ P_1 &= \frac{1025 \times 9.81}{8} \times 0.661^2 \times 2.835 \times \sin 45 \times \cos 45 \\ &= 777.680 \text{ kg m/d} \\ Q_s &= \frac{0.39}{(2650 - 1025) \times 9.81 \times (1 - 0.4)} \times 778 \\ &= 0.0778 \text{ kgm}^3/\text{d} \\ &= 0.0000778 \text{ m}^3/\text{d} \\ &= 0.0000778 \times 24 \times 3600 = 2.740/\text{hari} \\ &= 2.740 \times 365 = 999,996 \text{ m}^3/\text{tahun} \end{aligned}$$

Nilai angkutan sedimen untuk sejajar pantai adalah **999,996 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:

$$\begin{aligned} D &= 0.49 \\ g &= 9.81 \text{ m/s}^2 \\ H_b &= 0.661 \text{ m} \\ \alpha_b &= 45^\circ \\ \rho &= 1025 \text{ kg/m}^3 \\ \rho_s &= 2650 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

Penyelesaian:

$$Q_s = \frac{\tau_b}{(\rho_s - \rho) \times g \times D}$$

$$\tau_b = \rho_s \times U_*^2$$

$$U_* = \sqrt{D/2}$$

Jawaban:

$$\begin{aligned} U_* &= \sqrt{0.49/2} \\ &= 0.495 \\ \tau_b &= 2650 \times 0.495^2 \\ &= 649.250 \\ Q_s &= \frac{649.250}{(2650 - 1025) \times 9.81 \times 0.49} \\ &= 0.0831 \text{ kg m}^3/d \\ &= 0.0000831 \text{ m}^3/d \\ &= 0.000083 \times 24 \times 3600 = 7,1814 \text{ m}^3/\text{hari} \\ &= 2621.200 \text{ m}^3/\text{tahun} \end{aligned}$$

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

3.7 Perhitungan Gelombang Rencana dan Gelombang Pecah untuk Revetment

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). 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* direncanakan LLWL= 0,3 m . Ketinggian muka air pada ujung bangunan sebesar HHWL= 3,5 m dari dasar laut, sehingga didapatkan $d_s = HHWL$. dari penjelasan diatas maka untuk perhitungan gelombang rencana pada *revetment* Pantai Surabaya adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} d_s = HHWL &= 3,5 \text{ m} \\ H_b &= 0,78 \times d_s = 0,875 \times 3,5 = 2,73 \text{ m} \\ H_d = H_b &= \mathbf{2,730 \text{ m}} \end{aligned}$$

3.8 Perhitungan Elevasi Mercu

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

Dimana :

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

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

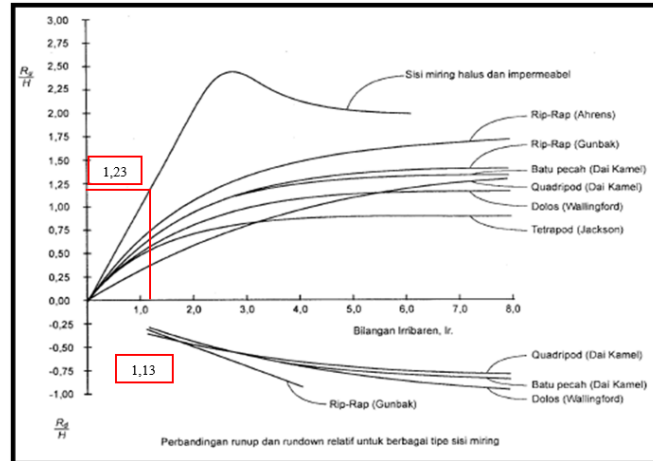
Fb : Tinggi jagaan direncanakan = 0,5 meter

Run-up gelombang

Direncanakan :

$$\begin{aligned} \text{Jenis bangunan} &= \text{Revetment} \\ \text{Lapis lindung} &= \text{Batu Alam} \\ \text{Tinggi gelombang (Hd)} &= 2,730 \text{ meter} \\ L_o = 1,56 T^2 = 1,56 \times 3,268^2 &= 16,661 \text{ meter} \end{aligned}$$

$$I_r = \frac{\text{tg } \theta}{\left(\frac{T}{L_0}\right)^{0.5}} = \frac{1/2}{\left(\frac{3,268}{16,661}\right)^{0.5}} = 1,13$$



Gambar 6. Grafik Run Up Gelombang

Bilangan *Irrabaren* di atas, maka didapat :

$$\frac{R_u}{H} = 1,23 \quad R_u = 1,23 / 2,730 = 0,45$$

$$\text{Elevasi Mercu} = \text{DWL} + R_u + F_b = 3,92 + 0,45 + 0,5 = \mathbf{4,87 \text{ m}}$$

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 pecah dan K_D lengan bangunan = 2

Perhitungan sebagai berikut :

Lapis pelindung luar (*armour stone*)

$$W_1 = \frac{\gamma_r H^3}{K_D (S_r - 1)^3 \cot \theta} = \frac{2,65 \times 0,561^3}{2 \times \left(\frac{2,23}{1,025} - 1\right)^3 \times 2} = 0,875 \text{ ton} = \mathbf{875 \text{ kg}}$$

Tebal Lapis Lindung (t_1)

Untuk nilai dari Koefisien Lapis (K_Δ) = 1,15

$$t_1 = n K_\Delta \left(\frac{W}{\gamma_r}\right)^{1/3} = 2 \times 1,15 \times \left(\frac{0,875}{2,3}\right)^{1/3} = \mathbf{1,67 \text{ m}}$$

Lapis pelindung kedua (*secondary stone*)

$$W_2 = \frac{W_1}{10} = \frac{875}{10} = 0,0875 \text{ ton} = 87,5 \text{ kg}$$

Dikarenakan pada lapis 2 menggunakan Batu Alam, maka untuk nilai W pada Perhitungan W_2 diambil **87,5 kg**

Diameter batu

$$D = \left(\frac{W}{\gamma_r}\right)^{1/3} = \left(\frac{0,0875}{2,3}\right)^{1/3} = \mathbf{0,34 \text{ m}}$$

Tebal Lapis Lindung (t_2)

Untuk nilai dari Koefisien Lapis (K_Δ) = 1,15. (lih. Lampiran)

$$t_2 = n K_\Delta \left(\frac{W}{\gamma_r}\right)^{1/3} = 2 \times 1,15 \times \left(\frac{0,0875}{2,3}\right)^{1/3} = \mathbf{0,77 \text{ m}}$$

Lebar Puncak *Revetment*

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

$$B = n K_\Delta \left[\frac{W}{\gamma_r}\right]^{1/3} = 3 \times 1,15 \times \left[\frac{0,875}{2,3}\right]^{1/3} = \mathbf{2,5 \text{ m}}$$

Jumlah Batu Pelindung

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

$$N = A \cdot n \cdot K_{\Delta} \cdot \left[1 - \frac{P}{100} \right] \times \left[\frac{Y_r}{W} \right]^{2/3} = 10 \times 2 \times 1,15 \times \left[1 - \frac{37}{100} \right] \times \left[\frac{2,3}{0,875} \right]^{2/3} = \mathbf{30 \text{ buah}}$$

3.10 Toe Protection

Perhitungan tinggi *Toe Protection* dengan r (tebal lapis pelindung ($r \sim 2H$) = 1,67 m, tinggi gelombang rencana $H_d = 2,730 \text{ m}$, maka:

Tinggi *Toe Protection* (t) = **1,67 m**

Lebar *Toe Protection* = Diambil $B = 2H = 2 \times 2,730 = \mathbf{5,46 \text{ m}}$

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

Berat butir *Toe Protection* = $W_{\text{toe}} = 0.5 \times 0.875 = 0,438 \text{ ton} = \mathbf{438 \text{ kg}}$

4. Kesimpulan

Dari hasil analisis serta berdasarkan permasalahan yang ada di pantai Bahoik Likupang Barat yaitu terjadi kemunduran garis pantai karena adanya abrasi maka direncanakan Revetment untuk mempertahankan garis pantai dari abrasi dan mengurangi limpasan gelombang ke arah darat.

Dari hasil perhitungan dimensi Revetment diperoleh:

- Elevasi mercu = 4,87 m.
- Lebar puncak = 2.5 m
- Kemiringan = 1 : 3
- Tinggi toe protection = 1,67 m
- Lebar toe protection = 5,46m

Referensi

- 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.
- 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.
- Masita Aisza Mokodongan, Muh. Ihsan Jasin, Arthur H. Thambas, Analisis Karakteristik Gelombang Di Pantai Bahoik 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