



Perencanaan Bangunan Pengaman Pantai Di Pesisir Desa Paret Kecamatan Kotabunan Kabupaten Bolaang Mongondow Timur

Raja M. P. Supit^{#a}, Arthur H. Thambas^{#b}, Cindy J. Supit^{#c}, Jeffry D. Mamoto^{#d},
Muhammad I. Jasin^{#e}, Ariestides K. T. Dundu^{#f}

[#]Program Studi Teknik Sipil Universitas Sam Ratulangi, Manado, Indonesia
^asupitraja@gmail.com, ^barthur.thambas@unsrat.ac.id, ^ccindyjeanesupit@unsrat.ac.id,
^djeffrymamoto@gmail.com, ^emuhammad.jasin@unsrat.ac.id, ^ftorry@unsrat.ac.id

Abstrak

Pantai Paret yang berada di Kecamatan Kotabunan, Bolaang Mongondow Timur, Provinsi Sulawesi Utara adalah salah satu pantai yang pesisirnya dijadikan sebagai pemukiman desa serta tempat bersandarnya kapal-kapal nelayan. Menurut informasi warga, bangunan pengaman pantai yang ada di Lokasi tidak melindungi seluruh pemukiman karena perkembangan desa sehingga sebagian dicapai limpasan gelombang laut. Berdasarkan permasalahan yang terjadi maka perlu untuk melakukan perencanaan pengaman pantai yang tepat di pesisir desa paret, Kecamatan Kotabunan, Kabupaten Bolaang Mongondow Timur. Perencanaan pengaman Pantai dengan mengumpulkan data sekunder dari website ECMWF (*European Centre for Medium-Range Weather Forecasts*) dan juga SRGI, berupa data angin, pasang surut, juga melalui software penunjang yang ada. Dari hasil analisis data didapatkan pengaman pantai *Revetment* dengan lapis pelindung 1 kubus beton, dan lapis pelindung 2 batu boulder, dengan Tinggi Mercu 3,63 m, Lebar puncak 1,8 m, kemiringan 1:3, tinggi toe protection 1,29 m, dan lebar toe protection 3,43 m.

Kata kunci: Pantai Paret, gelombang, pengaman 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 dapat mengakibatkan mundurnya garis pantai sehingga berdampak bagi kawasan pemukiman di pesisir pantai.

Pantai Paret yang berada di Kecamatan Kotabunan, Bolaang Mongondow Timur, Provinsi Sulawesi Utara adalah salah satu pantai yang pesisirnya dijadikan sebagai pemukiman desa serta tempat bersandarnya kapal-kapal nelayan. Menurut informasi warga, bangunan pengaman pantai yang ada di Lokasi tidak melindungi seluruh pemukiman karena perkembangan desa sehingga sebagian dicapai limpasan gelombang laut.

Pada saat-saat tertentu pula faktor alam berupa tinggi gelombang cukup besar pada daerah pantai ini. Kondisi gelombang diperparah oleh Abrasi, sehingga membuat garis pantai berkurang setiap tahunnya dan menyebabkan kerusakan di area pesisir serta pemukiman warga.

Sehubungan dengan kondisi tersebut maka diperlukan perencanaan pengaman pantai untuk mencegah bahkan menghentikan kerusakan yang ada.

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.

1.3. Batasan Penelitian

1. Perhitungan dilakukan hanya pada Pantai Paret.
2. Tidak memperhitungkan Rincian Anggaran Biaya.

1.4. Tujuan Penelitian

Untuk menentukan tipe pengaman pantai yang tepat sesuai dengan analisa permasalahan yang ada serta dapat merencanakan pengaman pantai yang sesuai pada Pantai Paret.

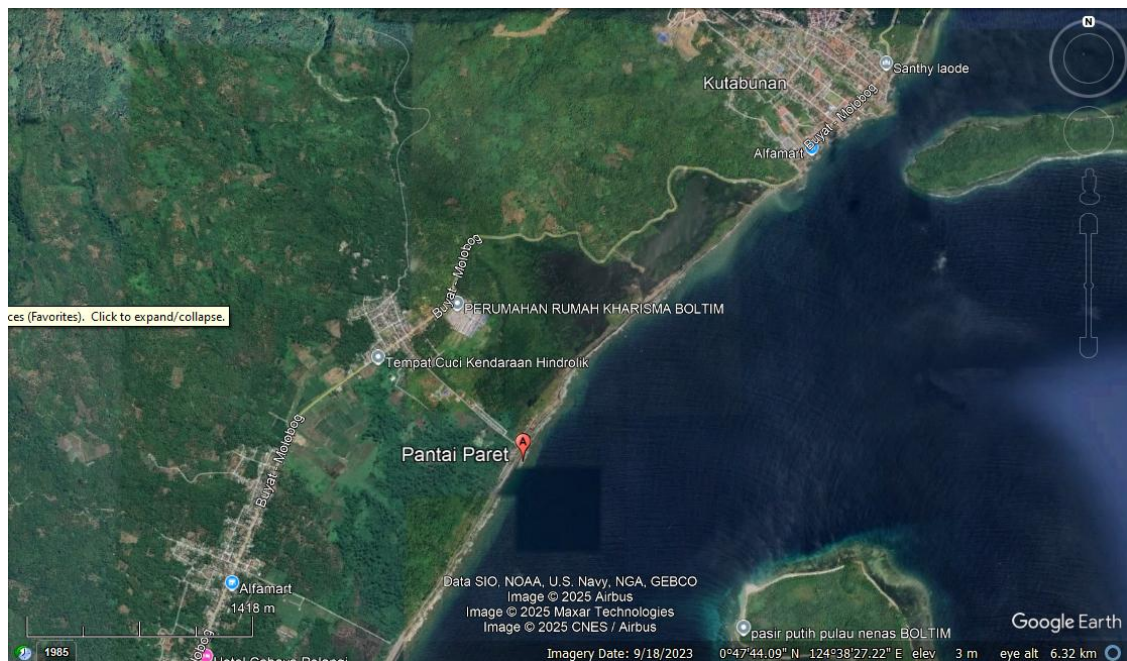
1.5. Manfaat Penelitian

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.

2. Metode Penelitian

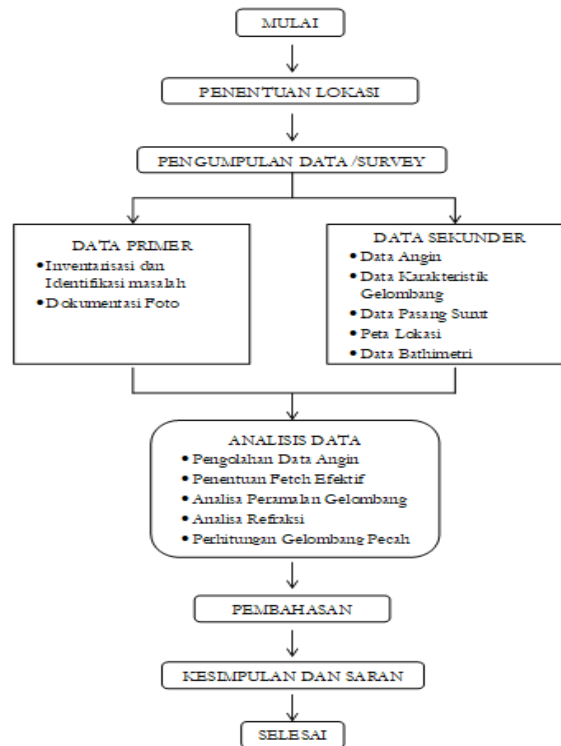
2.1. Lokasi Penelitian

Lokasi Penelitian terletak di Pesisir Desa Paret, Kecamatan Kotabunan, Bolaang Mongondow Timur yang secara geografis berada $0^{\circ} 47' 44.09''$ N, $124^{\circ} 38' 27.22''$ E



Gambar 1. Lokasi Penelitian
(Sumber: Google Earth Pro)

2.2. Bagan Alir Penelitian



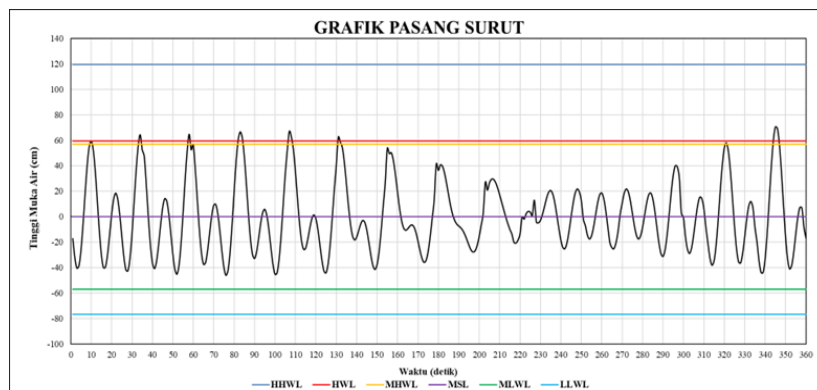
Gambar 2. Bagan Alir Penelitian

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Perhitungan Pasang Surut dengan Metode Admiralty

Tabel 1. Data Hasil Pengukuran Pasang Surut

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
1	1-Nov-2024	-0.2	-0.3	-0.4	-0.4	-0.3	-0.1	0.17	0.39	0.55	0.6	0.53	0.36	0.13	-0.1	-0.3	-0.4	-0.4	-0.3	-0.1	0.02	0.14	0.19	0.14	0.02	-0.05	0.00
2	2-Nov-2024	-0.2	-0.3	-0.4	-0.4	-0.3	-0.1	0.11	0.36	0.55	0.64	0.62	0.47	0.25	0	-0.2	-0.4	-0.4	-0.4	-0.2	-0.1	0.07	0.14	0.13	0.03	-0.016	0.00
3	3-Nov-2024	-0.1	-0.3	-0.4	-0.5	-0.4	-0.2	0.03	0.29	0.51	0.65	0.67	0.57	0.37	0.13	-0.1	-0.3	-0.4	-0.4	-0.3	-0.1	0	0.09	0.1	0.02	0.021	0.00
4	4-Nov-2024	-0.1	-0.3	-0.4	-0.5	-0.4	-0.3	-0.1	0.19	0.43	0.6	0.67	0.62	0.47	0.25	0.02	-0.2	-0.3	-0.3	-0.3	-0.2	-0.1	0.03	0.06	0.01	0.054	0.00
5	5-Nov-2024	-0.1	-0.2	-0.4	-0.5	-0.4	-0.3	-0.2	0.09	0.33	0.52	0.63	0.63	0.53	0.36	0.15	-0	-0.2	-0.3	-0.2	-0.2	-0.1	-0	0.01	-0	0.082	0.00
6	6-Nov-2024	-0.1	-0.2	-0.3	-0.4	-0.4	-0.4	-0.2	-0	0.2	0.4	0.54	0.59	0.54	0.42	0.26	0.09	-0.1	-0.2	-0.2	-0.2	-0.1	-0.1	-0	-0	0.101	0.00
7	7-Nov-2024	-0.1	-0.2	-0.3	-0.4	-0.4	-0.4	-0.3	-0.1	0.09	0.27	0.41	0.5	0.5	0.44	0.33	0.2	0.07	-0	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	0.094	0.00
8	8-Nov-2024	-0.1	-0.2	-0.3	-0.3	-0.4	-0.3	-0.3	-0.2	-0	0.14	0.27	0.36	0.41	0.4	0.34	0.26	0.17	0.09	0.02	-0	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	0.054	0.00
9	9-Nov-2024	-0.1	-0.2	-0.2	-0.3	-0.3	-0.3	-0.2	-0.2	-0.1	0.03	0.13	0.21	0.27	0.29	0.29	0.27	0.23	0.17	0.12	0.06	-0	-0.1	-0.1	-0.1	-0.024	0.00
10	10-Nov-2024	-0.2	-0.2	-0.2	-0.1	-0.1	-0	0.02	0.04	0.04	0.01	-0	-0	-0	-0	0.02	0.08	0.15	0.19	0.21	0.18	0.11	0.01	-0.1	-0.2	-0.179	-0.01
11	11-Nov-2024	-0.2	-0.3	-0.2	-0.1	-0	0.11	0.19	0.22	0.2	0.13	0.03	-0.1	-0.1	-0.2	-0.2	-0.1	0.01	0.11	0.17	0.19	0.14	0.04	-0.1	-0.2	-0.192	-0.01
12	12-Nov-2024	-0.2	-0.3	-0.2	-0.1	-0	0.11	0.19	0.22	0.2	0.13	0.03	-0.1	-0.1	-0.2	-0.2	-0.1	0.01	0.11	0.17	0.19	0.14	0.04	-0.1	-0.2	-0.192	-0.01
13	13-Nov-2024	-0.3	-0.3	-0.3	-0.1	0.02	0.19	0.33	0.4	0.39	0.31	0.16	-0	-0.2	-0.3	-0.3	-0.2	-0.1	-0	0.09	0.15	0.14	0.07	-0.1	-0.2	-0.142	-0.01
14	14-Nov-2024	-0.3	-0.4	-0.3	-0.2	-0	0.19	0.4	0.54	0.58	0.52	0.36	0.15	-0.1	-0.3	-0.4	-0.4	-0.3	-0.2	-0	0.08	0.12	0.07	-0	-0.2	-0.046	0.00
15	15-Nov-2024	-0.3	-0.4	-0.4	-0.3	-0.1	0.12	0.38	0.59	0.7	0.69	0.57	0.35	0.09	-0.2	-0.3	-0.4	-0.4	-0.3	-0.1	-0	0.07	0.07	-0	-0.2	0.061	0.00



Gambar 3. Grafik Pasang Surut Pantai Paret

Dibawah ini adalah perhitungan untuk tipe pasang surut yang ada di lokasi pengukuran, yaitu di Pesisir Desa Paret, Kecamatan Kotabunan, Bolaang Mongondow Timur, 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 Penelitian di Pantai Paret

	SO	M2	S2	N2	K1	O1	M4	MS4	K2	P1
A cm	-0.02	37	20	2	22	13	0	13	5	7
g°	0.00	462.1	355.1	356.3	145.1	332.6	906.6	186.4	355.1	145.1

$$F = \frac{K1 + O1}{M2 + S2} = \frac{22 + 13}{101.2 + 354.8} = 0.042$$

Pasang Surut termasuk tipe harian ganda (*semi diurnal tide*) dengan nilai **F<0,25**, dimana **F=0,042**.

3.3. Penentuan Elevasi Muka Air

Tabel 3. Elevasi Muka Air
(Hasil Analisis, 2025)

Elevasi Muka Air	Satuan	Data
HHWL	cm	119.32
HWL	cm	59.50
MHWL	cm	56.97
MSL	cm	-0.02
MLWL	cm	-57.01
LLWL	cm	-76.66
Range	cm	119.33

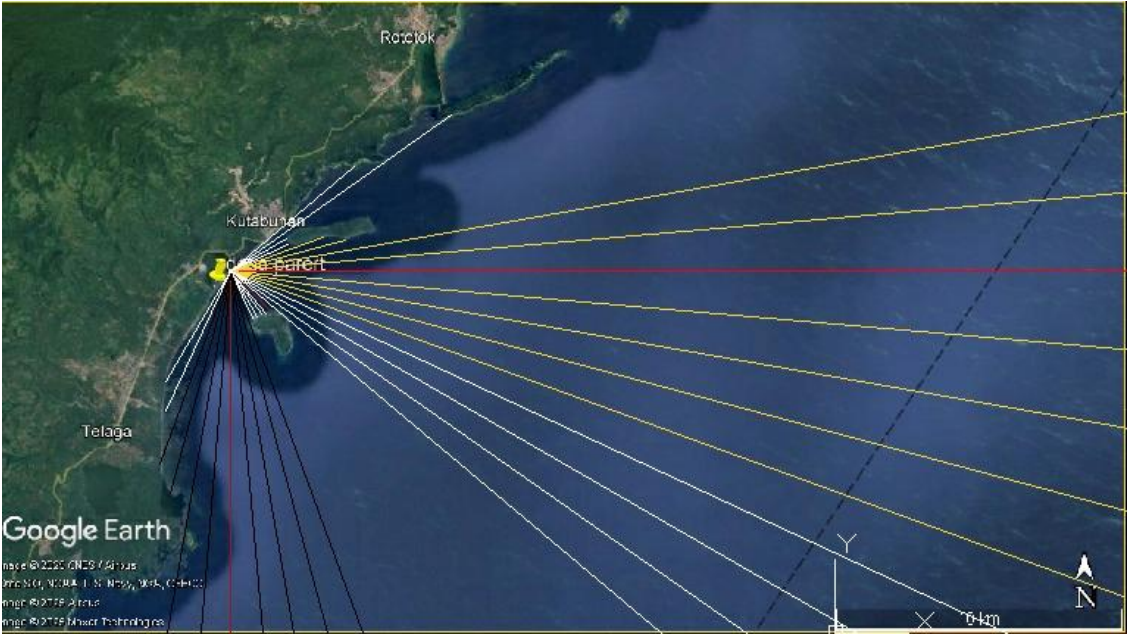
3.4. Perhitungan Angin, Arah Angin dan Tekanan Angin

Tabel 4. Perhitungan Tegangan Angin Tahun 2024
(Hasil Analisis, 2025)

Perhitungan Wind Stress Factor / Faktor Tegangan Angin					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 · R _L · U ₁₀
2024						
Januari	N	2.965	3	2.97	1.61	5.25
Februari	NE	4.256	4.3	4.26	1.47	6.88
Maret	NE	4.082	4.1	4.08	1.49	6.69
April	NE	3.220	3.2	3.22	1.59	5.63
Mei	S	3.842	3.8	3.84	1.52	6.42
Juni	SW	4.545	4.5	4.55	1.46	7.30
Juli	S	5.350	5.4	5.35	1.39	8.18
Agustus	S	4.631	4.6	4.63	1.46	7.44
September	SW	6.932	6.9	6.93	1.3	9.91
Oktober	S	5.893	5.9	5.89	1.34	8.69
November	S	4.468	4.5	4.47	1.46	7.18
Desember	NW	2.962	3	2.96	1.61	5.25

3.5. Hindcasting Gelombang

Gambar interpretasi Fetch dan hasil perhitungan untuk lokasi perencanaan Pesisir Desa Paret, Kecamatan Kotabunan, Bolaang Mongondow.



Gambar 4. Fetch Lokasi Penelitian

Tabel 5. Perhitungan Fetch Efektif Hasil dari Perhitungan Fetch Efektif dari Delapan Arah Mata Angin (Hasil Analisis, 2025)

Arah Mata Angin	(α)	Jarak Sebenarnya	Jarak Sebenarnya	$F\cos(\alpha)$	$\cos(\alpha)$	Feff
		(m)	(km)			(km)
UTARA (N)	-20	0	0.000	0	0.940	0.000
	-15	0	0.000	0	0.966	
	-10	0	0.000	0	0.985	
	-5	0	0.000	0	0.996	
	0	0	0.000	0	1.000	
	5	0	0.000	0	0.996	
	10	0	0.000	0	0.985	
	15	0	0.000	0	0.966	
	20	0	0.000	0	0.940	
TIMUR LAUT (NE)	-20	0	0.000	0	0.940	2.180
	-15	0	0.000	0	0.966	
	-10	0	0.000	0	0.985	
	-5	0	0.000	0	0.996	
	0	0	0.000	0	1.000	
	5	5640	5.640	6	0.996	
	10	9433	9.433	9	0.985	
	15	2236	2.236	2	0.966	
	20	2194	2.194	2	0.940	
TIMUR (E)	-20	3438	3.438	3	0.940	157.381
	-15	4125	4.125	4	0.966	
	-10	200000	200.000	197	0.985	
	-5	200000	200.000	199	0.996	
	0	200000	200.000	200	1.000	
	5	200000	200.000	199	0.996	
	10	200000	200.000	197	0.985	
	15	200000	200.000	193	0.966	
	20	200000	200.000	188	0.940	
TENGGAHA (SE)	-20	200000	200.000	188	0.940	89.663
	-15	200000	200.000	193	0.966	
	-10	200000	200.000	197	0.985	
	-5	200000	200.000	199	0.996	
	0	2051	2.051	2	1.000	
	5	1946	1.946	2	0.996	
	10	1850	1.850	2	0.985	
	15	1829	1.829	2	0.966	
	20	1847	1.847	2	0.940	

Arah Mata Angin	(α)	k Sebenan (m)	k Sebenan (km)	Fcos(α)	cos(α)	Feff (km)
SELATAN (S)	-20	200000	200.000	188	0.940	158.216
	-15	200000	200.000	193	0.966	
	-10	200000	200.000	197	0.985	
	-5	200000	200.000	199	0.996	
	0	200000	200.000	200	1.000	
	5	200000	200.000	199	0.996	
	10	200000	200.000	197	0.985	
	15	8068	8.068	8	0.966	
	20	7182	7.182	7	0.940	
BARAT DAYA (SW)	-20	4533	4.533	4	0.940	1.580
	-15	5378	5.378	5	0.966	
	-10	4475	4.475	4	0.985	
	-5	0	0.000	0	0.996	
	0	0	0.000	0	1.000	
	5	0	0.000	0	0.996	
	10	0	0.000	0	0.985	
	15	0	0.000	0	0.966	
	20	0	0.000	0	0.940	
BARAT (W)	-20	0	0	0	0.940	0.000
	-15	0	0	0	0.966	
	-10	0	0	0	0.985	
	-5	0	0	0	0.996	
	0	0	0	0	1.000	
	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	0.000
	-15	0	0	0	0.966	
	-10	0	0.000	0	0.985	
	-5	0	0.000	0	0.996	
	0	0	0.000	0	1.000	
	5	0	0.000	0	0.996	
	10	0	0.000	0	0.985	
	15	0	0.000	0	0.966	
	20	0	0.000	0	0.940	
			Feff (total)			409.020
			Feff (dominan)			158.216

Tabel 6. Perhitungan Fetch Efektif Hasil dari Perhitungan Fetch Efektif dari Delapan Arah Mata Angin (Hasil Analisis, 2025)

Bulan	H - T	Arah Datang Gelombang				Max Tiap Bulan	
		NE	E	SE	S	Arah	H - T
JANUARI	H (m)	0.200				E	0.200
	T (det)	1.710					1.710
FEBRUARI	H (m)			0.187		SE	0.187
	T (det)			1.680			1.680
MARET	H (m)		0.589	0.164	0.183	E	0.589
	T (det)		4.035	1.621	1.669		4.035
APRIL	H (m)		0.174	0.174	0.732	E	0.732
	T (det)		1.578	1.577	4.276		4.276
MEI	H (m)			0.738	0.168	SE	0.738
	T (det)			4.286	1.563		4.286
JUNI	H (m)				0.843	SE	0.843
	T (det)				4.441		4.441
JULI	H (m)				0.903	SE	0.903
	T (det)				4.522		4.522
AGUSTUS	H (m)				0.965	S	0.965
	T (det)				4.604		4.604
SEPTEMBER	H (m)				0.932	S	0.932
	T (det)				4.561		4.561
OKTOBER	H (m)			0.949	0.948	SE	0.949
	T (det)			4.583	4.582		4.583
NOVEMBER	H (m)			0.881		SE	0.881
	T (det)			4.494			4.494
DESEMBER	H (m)				0.714	S	0.714
	T (det)				4.248		4.248
MAX TIAP ARAH	H (m)	0.200	0.589	0.949	0.965	S	0.965
	T (det)	1.710	4.035	4.583	4.604		4.604

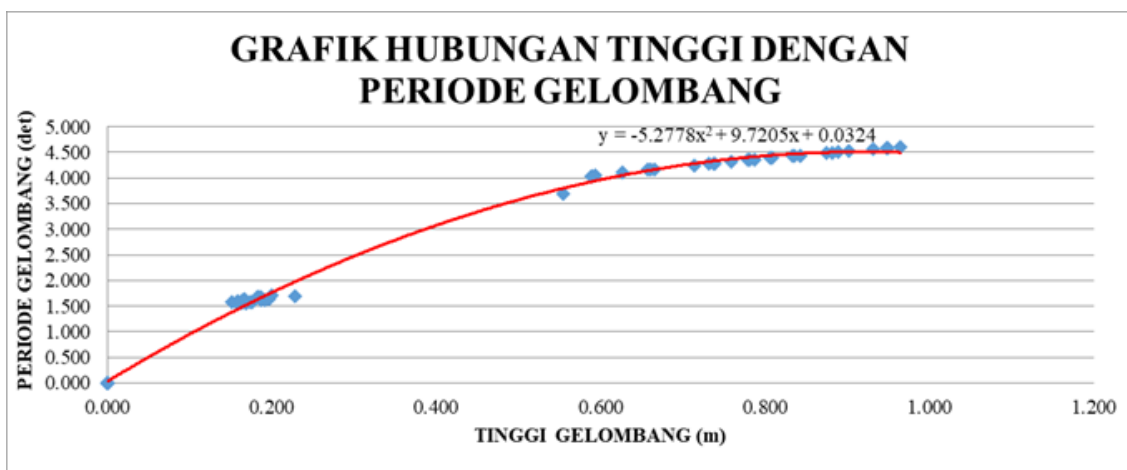
Didapat pada Bulan Agustus arah Selatan paling maksimum dengan:

Tinggi Gelombang (H) = 0,965 meter

Periode Gelombang (T) = 4,604 detik

3.6. 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
(Hasil Analisis, 2025)

Lo	d/Lo	d/L	L	no	n	Kr	Ks	H
16.4451	0.60808	0.60867	16.4292	0.5	0.50368	1.00062	0.99366	0.9597
28.546	0.28025	0.29441	27.1732	0.5	0.59156	1.03132	0.88793	0.87883
27.6803	0.18063	0.20883	23.9425	0.5	0.69122	1.09	0.83629	0.8011
26.267	0.07614	0.11963	16.7179	0.5	0.85172	1.27942	0.92236	0.94537
28.4392	0.03516	0.07773	12.8657	0.5	0.92852	1.50122	1.19031	1.68931

Tabel 8. Perhitungan Refraksi
(Hasil Analisis, 2025)

a _o	d	Ho	T	Lo	d/Lo	d/L
45	10	0.965	3.247	16.445	0.6081	0.60867
44.9445	8	0.960	4.278	28.546	0.2802	0.29441
42.2563	5	0.879	4.212	27.680	0.1806	0.20883
35.5662	2	0.801	4.103	26.267	0.0761	0.11963
21.7276	1	0.945	4.270	28.439	0.0352	0.07773

L	Co	C	sin a	a	cos ao/cos a	Kr
16.429	5.065	5.060	0.706	44.945	1.001	1.001
27.173	6.673	6.352	0.672	42.256	1.064	1.031
23.942	6.571	5.684	0.582	35.566	1.188	1.090
16.718	6.401	4.074	0.370	21.728	1.637	1.279
12.866	6.661	3.013	0.167	9.641	2.254	1.501

Tabel 9. Perhitungan Gelombang Pecah
(Hasil Analisis, 2025)

H'o	H'o/gT ²	m	Hb/H'o	Hb
0.9714	0.0094	0.1043	1.19	1.156
1.0808	0.0060	0.1065	1.27	1.373
1.0509	0.0060	0.1094	1.27	1.335
0.8685	0.0053	0.1142	1.29	1.120
0.7942	0.0044	0.1229	1.33	1.052

3.7. 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*).

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

Diketahui:

$$\begin{aligned}
 H_b &= 1.156 \text{ m} \\
 g &= 9.81 \text{ m/s}^2 \\
 db &= 1.063 \text{ m} \\
 K &= 0.39 \text{ (Shore Protection Manual, chapter 4-96)} \\
 n &= 0.4 \\
 \alpha_b &= 45^\circ \\
 \rho &= 1025 \text{ kg/m}^3 \\
 \rho_s &= 2650 \text{ kg/m}^3
 \end{aligned}$$

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:

$$C_b = \sqrt{9.81 \times 1.063}$$

$$\begin{aligned}
 &= 3.230 \text{ m/d} \\
 P_1 &= \frac{1025 \times 9.81}{8} \times 1.156^2 \times 3.230 \times \sin 45^\circ \times \cos 45^\circ \\
 &= 2712.311 \text{ kg m/d} \\
 Q_s &= \frac{0.39}{(2650-1025) \times 9.81 \times (1-0.4)} \times 2712.311 \\
 &= 0.1106 \text{ kgm}^3/\text{d} \\
 &= 0.0001106 \text{ m}^3/\text{d} \\
 &= 0.0001106 \times 24 \times 3600 = 9.555/\text{hari} \\
 &= 9.555 \times 365 = 3487.684 \text{ m}^3/\text{tahun}
 \end{aligned}$$

Nilai angkutan sedimen untuk sejajar pantai adalah **3487.684 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:

$$\begin{aligned}
 D &= 0.49 \\
 g &= 9.81 \text{ m/s}^2 \\
 H_b &= 0.844 \text{ m} \\
 \alpha_b &= 45^\circ \\
 \rho &= 1025 \text{ kg/m}^3 \\
 \rho_s &= 2650 \text{ kg/m}^3
 \end{aligned}$$

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:

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

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

Dari hasil perhitungan angkutan sedimen didapat:

Tabel 10. Hasil Perhitungan Angkutan Sedimen
(Hasil Analisis, 2025)

Angkutan Sedimen	Qs (m ³ /tahun)
Sejajar Pantai	3487.684
Tegak Lurus Pantai	2621.200

3.8. Perhitungan Gelombang Pecah dan Gelombang Rencana 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):

$$H_b = 0,875 d_s$$

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 = -0,77 m . Ketinggian muka air pada ujung bangunan sebesar HHWL = 1,19 m dari dasar laut, sehingga didapatkan $d_s = HHWL$. dari penjelasan diatas maka untuk perhitungan gelombang rencana pada revetment Pantai Paret adalah sebagai berikut:

$$d_s = HHWL = 1,19 \text{ m}$$

$$H_b = 0,875 \times d_s$$

$$= 0,875 \times 1,19 = 1,044 \text{ m}$$

$$H_d = H_b = 1,044 \text{ m}$$

3.9. Perhitungan Elevasi Mercu

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

Dimana :

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

R_u : Run-up gelombang (Rayapan gelombang) merupakan fungsi bilangan *Irrabaren* (I_r)

F_b : Tinggi jagaan direncanakan = 0,5 meter

Run-up gelombang

Direncanakan :

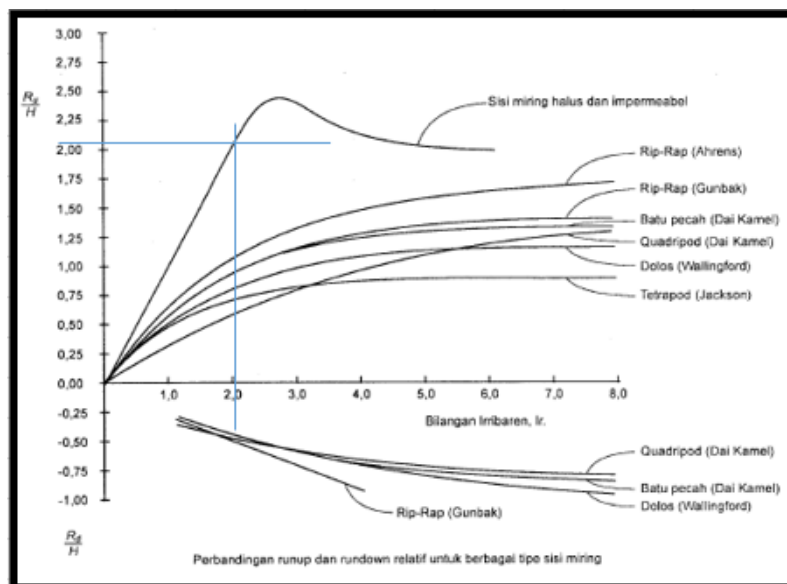
Jenis bangunan = Revetment

Lapis lindung = Blok beton

Tinggi gelombang (H_d) = 1,044 meter

$$- \quad L_o = 1,56 T^2 = 1,56 \times 3,247^2 = 16,445 \text{ meter}$$

$$- \quad I_r = \frac{\tan \theta}{\left(\frac{T}{L_o}\right)^{0.5}} = \frac{1/2}{\left(\frac{3,247}{16,445}\right)^{0.5}} = 2,06$$



Gambar 6. Grafik Run Up Gelombang

Bilangan *Irrabaren* di atas, maka didapat :

$$\frac{R_u}{H} = 2,06$$

$$R_u = 2,06 \times 1,044 = 2,2$$

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

$$= 0,96 + 2,2 + 0,5$$

$$= 3,66 \text{ m}$$

3.10. 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*)

$$W_1 = \frac{\gamma_r H^3}{K_D (S_r - 1)^3 \cot \theta} = \frac{2,3 \times 1,044^3}{6,5 \times \left(\frac{2,3}{1,025} - 1\right)^3 \times 2} = 0,464 \text{ ton} = \mathbf{464 \text{ kg}}$$

Tebal Lapis Lindung (t_1)

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

$$t_1 = n K_\Delta \left(\frac{W}{\gamma_r}\right)^{1/3} = 2 \times 1,10 \times \left(\frac{0,464}{2,3}\right)^{1/3} = \mathbf{1,29 \text{ m}}$$

Lapis pelindung kedua (*secondary stone*)

$$W_1 = \frac{\gamma_r H^3}{K_D (S_r - 1)^3 \cot \theta} = \frac{2,65 \times 1,715^3}{2 \times \left(\frac{2,65}{1,025} - 1\right)^3 \times 2} = 0,838 \text{ ton} = \mathbf{838 \text{ kg}}$$

Dikarenakan pada lapis 2 menggunakan Batu Boulder, maka untuk nilai W pada Perhitungan W_2 diambil **838 kg**

$$W_1 = \frac{W}{10} = 83,8$$

Diameter batu

$$D = \left(\frac{W}{\gamma_r}\right)^{1/3} = \left(\frac{0,083}{2,65}\right)^{1/3} = \mathbf{0,32 \text{ m}}$$

Tebal Lapis Lindung (t_2)

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

$$t_2 = n K_\Delta \left(\frac{W}{\gamma_r}\right)^{1/3} = 2 \times 1,15 \times \left(\frac{0,0838}{2,65}\right)^{1/3} = \mathbf{0,73 \text{ m}}$$

Lebar Puncak *Revetment*

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

$$B = n K_\Delta \left[\frac{W}{\gamma_r}\right]^{1/3} = 3 \times 1,10 \times \left[\frac{0,464}{2,3}\right]^{1/3} = \mathbf{1,8 \text{ m}}$$

Jumlah Block Beton Pelindung

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

$$N = A \cdot n \cdot K_\Delta \cdot \left[1 - \frac{P}{100}\right] \times \left[\frac{\gamma_r}{W}\right]^{2/3} = 10 \times 3 \times 1,10 \times \left[1 - \frac{47}{100}\right] \times \left[\frac{2,3}{0,464}\right]^{2/3} = \mathbf{51 \text{ buah}}$$

3.11. Toe Protection

Perhitungan tinggi *toe protection* dengan r (tebal lapis pelindung ($r \sim 2H$) = 1,29 m, tinggi gelombang rencana $H_d = 1,044 \text{ m}$, maka:

$$\text{Tinggi Toe Protection (t)} = \mathbf{1,29 \text{ m}}$$

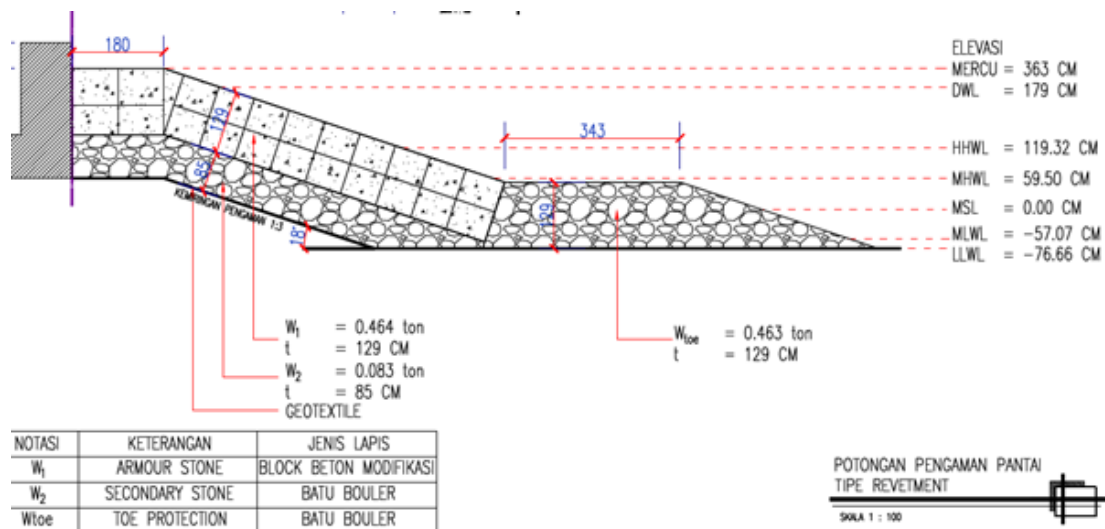
$$\text{Lebar Toe Protection} = \text{Diambil } B = 2H = 2 \times 1,044 = \mathbf{3,43 \text{ m}}$$

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

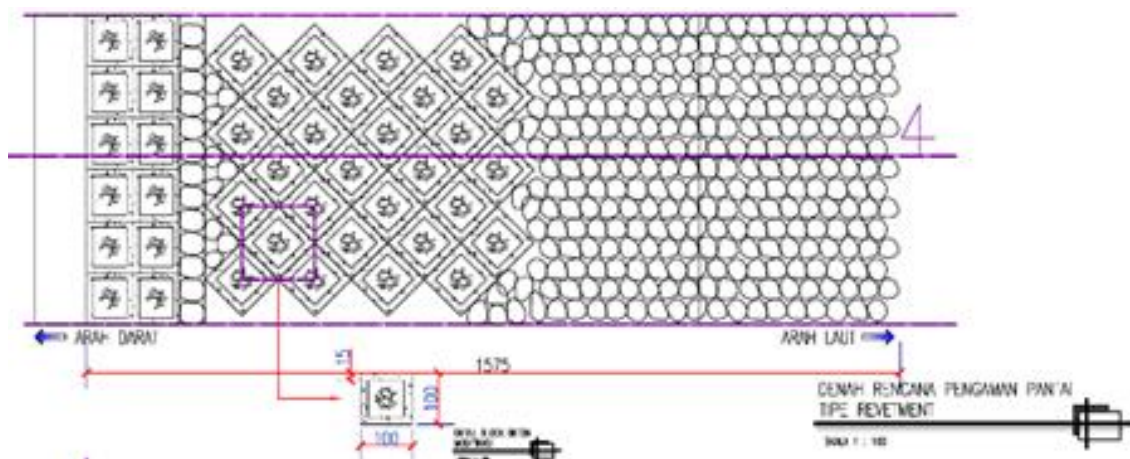
$$\text{Berat butir Toe Protection} = W_{\text{toe}} = 0,5 \times 0,926 = 0,463 \text{ ton} = \mathbf{463 \text{ kg}}$$



Gambar 7. Lokasi Peletakkan Bangunan Revetment



Gambar 8. Potongan Tampak Samping Pengaman Pantai Tipe Revetment



Gambar 9. Gambar Denah Rencana Pengaman Pantai Tipe Revetment

4. Kesimpulan

Terdapat perbedaan tinggi gelombang antara tinggi gelombang yang ada di lokasi yaitu 1,44 meter dengan hasil dari tinggi gelombang teoritis yang hanya 0,965 meter. Dari hasil analisa pasang surut yang didapatkan pasang tertinggi (HHWL) 119 meter. Dari hasil analisis serta berdasarkan permasalahan yang ada di pantai Paret, Bolaang Mongondow Timur yaitu terjadi

kerusakan terhadap pemukiman yang ada di pesisir pantai akibat limpasan gelombang laut, maka direncanakan *Revetment* untuk mempertahankan garis pantai 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 = 3,63 m.
- Lebar puncak = 1.8 m
- Kemiringan = 1 : 3
- Tinggi toe protection = 1,290 m
- Lebar toe protection = 3,43 m

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 Bahoi 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.
- Sumajow A.P., Jasin, M. I., Dundu A. K. T., Evaluasi Kinerja Bangunan Pengaman Pantai Di Pantai Mokupa Kabupaten Minahasa. TEKNO – Volume 22 Nomor 88 – Tahun 2024 Universitas Sam Ratulangi Manado.
- Sumampouw, F. V., Thambas, A. H., & Jasin, M. I. (2023). Perencanaan Pengaman Pantai Di Pantai Bahoi Kecamatan Likupang Barat. TEKNO, 21(85), 837-848..
- Triatmodjo, B. 1999. Teknik Pantai. Beta Offset. Yogyakarta
- Triatmodjo, B. 2012. Perencanaan Bangunan Pantai. Beta Offset. Yogyakarta
- ..., *Autocad Map 2016, Peta Batimetri*
- ..., *Global Mapper 20, Peta Topoografi*
- ..., *Google Eearth Pro, 2016, Gambar Lokasi Penelitian.*