



## Analisis Pemodelan Perubahan Garis Pantai Menggunakan Simulasi Numerik Di Pantai Triple M Kecamatan Kombi Kabupaten Minahasa

Brigitte M. M. Tumewu<sup>#a</sup>, Muhammad I. Jasin<sup>#b</sup>, Jeffry D. Mamoto<sup>#c</sup>,  
Ariestides K. T. Dundu<sup>#d</sup>, Arthur H. Thambas<sup>#e</sup>, Cindy J. Supit<sup>#f</sup>

<sup>#</sup>Program Studi Teknik Sipil Universitas Sam Ratulangi, Manado, Indonesia

<sup>a</sup>michelletmw21@gmail.com, <sup>b</sup>sanyjasin02@yahoo.com, <sup>c</sup>jeffrymamoto@unsrat.ac.id, <sup>d</sup>torry@unsrat.ac.id,

<sup>e</sup>arthur.thambas@unsrat.ac.id, <sup>f</sup>cindyjeanesupit@unsrat.ac.id

### Abstrak

Pantai Triple M merupakan salah satu kawasan pesisir yang dimanfaatkan sebagai tempat wisata dan pemukiman warga. Namun, wilayah ini menghadapi tantangan berupa mundurnya garis pantai hingga mencapai pemukiman warga akibat erosi yang disebabkan oleh gelombang dan pasang surut air laut. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis proses transformasi gelombang, memproyeksikan perubahan garis pantai dalam 10 tahun mendatang, serta menghitung volume sedimen yang tertransport menggunakan aplikasi CEDAS dengan modul NEMOS. Data yang digunakan meliputi kecepatan angin 5 tahun terakhir dari situs web POWER (Prediction of Worldwide Energy Resources) milik NASA, data pasang surut dari Pangkalan Utama TNI AL VIII Kairagi, peta lokasi/satelit dari Google Earth, serta data batimetri dari GEBCO yang diolah menggunakan software Global Mapper. Tinggi gelombang yang didapatkan dari hasil perhitungan berkisar pada 1.345 m sampai 2.182 m pada kedalaman 1 m sampai 25 m, dengan tinggi gelombang pecah sebesar 0,8443 m pada kedalaman 1,089 m dan arah pecah sebesar 45°. Simulasi menggunakan aplikasi CEDAS padamodul NEMOS, khususnya komponen GENESIS, menunjukkan gerusan maksimum terjadi pada koordinat  $y = 116,47$  dengan nilai sebesar 28,53 m, sedangkan akresi maksimum terjadi pada koordinat  $y = 286,75$  dengan nilai sebesar 47,75 m. Selain itu, rata-rata volume sedimen yang tertransport berdasarkan simulasi adalah gerusan sebesar 434,43 m<sup>3</sup>. Penelitian ini memberikan gambaran penting tentang dinamika pantai Triple M serta potensi dampaknya terhadap wilayah pesisir, yang dapat menjadi acuan untuk upaya mitigasi dan pengelolaan kawasan secara berkelanjutan.

*Kata kunci: Pantai Triple M, Perubahan garis pantai, CEDAS-NEMOS*

## 1. Pendahuluan

### 1.1. Latar Belakang

Pantai Triple M di Kecamatan Kombi, Kabupaten Minahasa, adalah salah satu wilayah pesisir yang memiliki potensi ekologi dan ekonomi yang signifikan. Wilayah ini menjadi pusat aktivitas masyarakat pesisir, seperti perikanan dan pariwisata, yang sangat bergantung pada stabilitas ekosistem pantai. Untuk menunjang keberlanjutan pengembangan tersebut, diperlukan adanya analisis mengenai perubahan/peramalan garis pantai agar dapat mengetahui perubahan morfologi yang akan terjadi.

Aplikasi CEDAS NEMOS (Coastal Erosion and Deposition Analysis System – Numerical Model System) merupakan salah satu teknologi terkini yang digunakan untuk memodelkan perubahan garis Pantai secara efektif. Aplikasi ini memungkinkan analisis berbasis data terhadap faktor-faktor oseanografi, geologi, dan dinamika pantai, sehingga dapat memberikan prediksi yang akurat untuk mendukung pengambilan keputusan dalam pengelolaan pesisir (Kamphuis, 2010). Penelitian ini bertujuan untuk memanfaatkan aplikasi CEDAS NEMOS dalam menganalisis perubahan garis pantai di Pantai Triple M. Dengan pendekatan ini, diharapkan dapat diperoleh informasi yang akurat tentang pola perubahan garis pantai, potensi kerusakan

lingkungan, serta strategi mitigasi yang dapat diimplementasikan untuk wilayah pesisir. Studi ini juga berkontribusi pada pengelolaan wilayah pesisir yang berkelanjutan, sesuai dengan prinsip Pembangunan berbasis mitigasi perubahan iklim yang dicanangkan oleh pemerintah Indonesia (KLHK, 2022). Dengan memahami perubahan garis pantai secara ilmiah, diharapkan hasil penelitian ini dapat memberikan landasan yang kuat bagi upaya konservasi kesejahteraan masyarakat pesisir di Kecamatan Kombi, Kabupaten Minahasa.

### 1.2. Rumusan Masalah

1. Bagaimana hasil pemodelan perubahan garis pantai di Pantai Triple M, Kecamatan Kombi yang disimulasikan menggunakan program CEDAS NEMOS?
2. Berdasarkan hasil running CEDAS NEMOS, berapa area abrasi dan akresi yang terjadi pada tahun 2025 sampai 2035?

### 1.3. Batasan Masalah

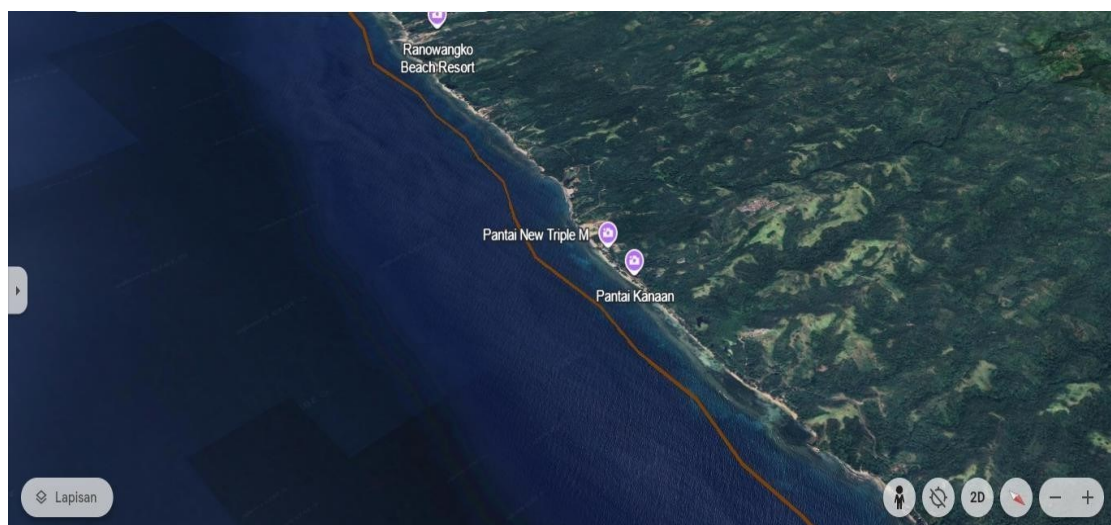
1. Lokasi penelitian hanya pada pantai Triple M di Kecamatan Kombi Kabupaten Minahasa
2. Program yang digunakan untuk memprediksi perubahan garis pantai menggunakan aplikasi yaitu program NEMOS
3. Penelitian berfokus pada perubahan garis pantai dengan menggunakan data- data dari dara primer maupun data sekunder
4. Hanya meninjau kordinat ( $1^{\circ}14'42''N$   $125^{\circ}03'14''E-5$  cm) sampai kordinat ( $1^{\circ}14'30''N$   $125^{\circ}03'10''E-5$  cm)

### 1.4. Tujuan Penelitian

1. Menganalisis perubahan garis pantai, di pantai Triple M menggunakan aplikasi CEDAS NEMOS, guna memahami perubahan garis pantai serta mengidentifikasi pola pergerakan perubahan garis pantai yang terjadi.
2. Menentukan area/besaran abrasi dan akresi yang terjadi pada tahun 2024- 2034 berdasarkan hasil simulasi CEDAS NEMOS untuk mendukung strategi mitigasu serta konservasi pesisir secara berkelanjutan.

### 1.5. Manfaat Penelitian

Penelitian ini memberikan gambaran perubahan garis pantai yang dapat menjadi acuan dalam pengelolaan wilayah pesisir secara berkelanjutan dan perlindungan lingkungan, serta dapat dijadikan pendekatan alrternatif dalam menganalisis dinamika pantai di masa mendatang.



**Gambar 1.** Lokasi Penelitian (Google Earth)

## 2. Metode Penelitian

### 2.1. Lokasi Penelitian

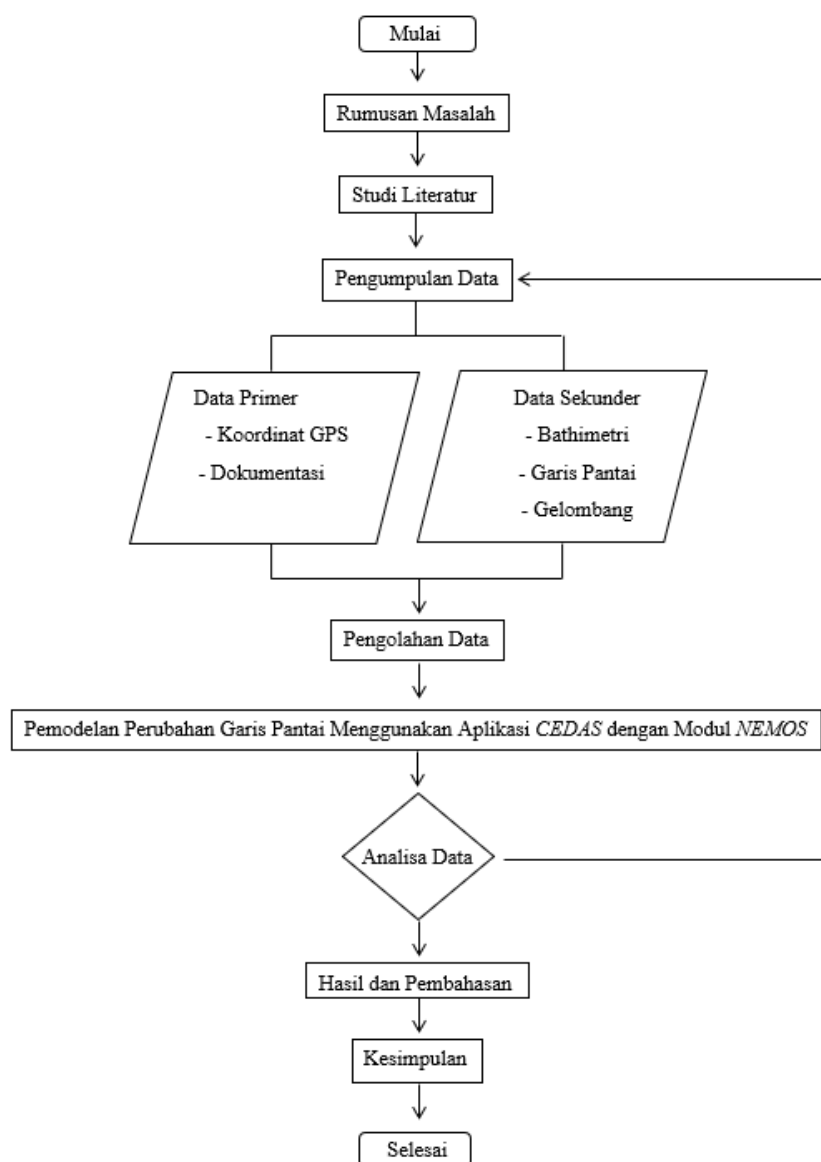
Lokasi Penelitian terletak di Pantai Triple M, Kecamatan Kombi Kabupaten Minahasa yang secara geografis berada  $1^{\circ}15'14''N$   $125^{\circ}04'00''E$ -2 m

### 2.2. Pengumpulan Data

Pengumpulan data diambil pada software dan situs web yang memiliki data penunjang pada penelitian ini. Data yang dimaksud meliputi :

1. Data kecepatan angin 5 tahun terakhir, dari situs web POWER (Prediction of Worldwiew Eneery Resources) yang merupakan bagian dari NASA (National Aeronautics and Space Administration)
2. Data Pasang Surut, dari situs web SRGI – BIG (Sistem Referensi Geospasial Indonesia – Badan Informasi Geospasial)
3. Peta lokasi / satelit, dari aplikasi *Google Earth*
4. Data Bathimetri dari situs web *GEBCO*, menggunakan *software Global Mapper*

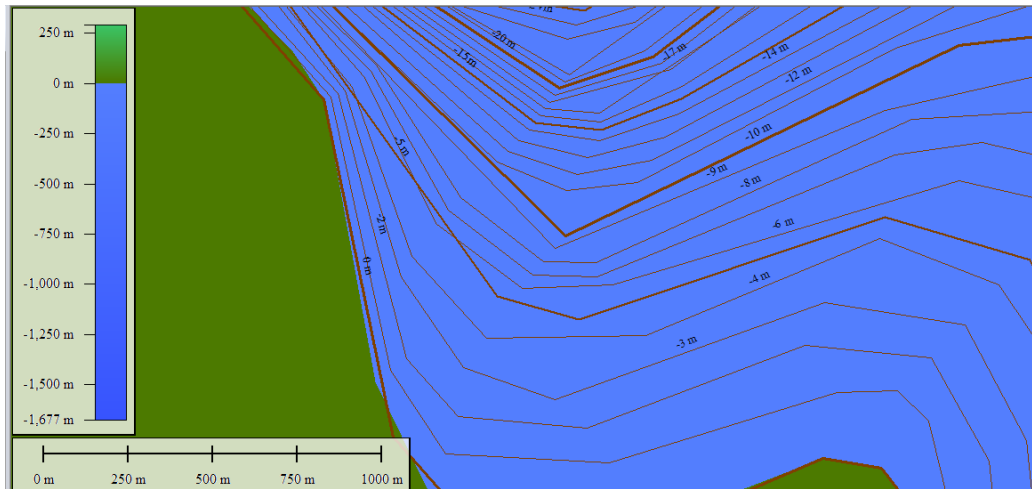
### 2.3. Bagan Alir Penelitian



Gambar 2. Bagan Alir Penelitian

### 3. Hasil dan Pembahasan

#### 3.1 Peta Topografi dan Bathimetri



Gambar 3. Peta Topografi dan Bathimetri Lokasi Penelitian

#### 3.2 Pasang Surut

Tabel 1. Tabel 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-2022	1,4	1,1	0,9	0,9	0,8	0,9	0,9	1,0	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,0	1,0	1,1	1,1	1,2	1,2	1,2	1,3	1,3	1,4	1,4	1,5	1,5	28,2	1,17
2	2-Nov-2022	1,5	1,3	1,1	1,1	1,0	0,9	0,9	0,9	0,9	1,0	1,1	1,1	1,1	1,1	1,2	1,2	1,2	1,2	1,3	1,3	1,4	1,4	1,4	1,5	1,5	28,2	1,18	
3	3-Nov-2022	1,4	1,4	1,3	1,3	1,2	1,1	0,9	0,9	0,8	0,9	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,2	1,2	1,2	1,3	1,4	28,2	1,18	
4	4-Nov-2022	1,2	1,4	1,4	1,4	1,3	1,2	1,1	0,9	0,8	0,8	0,8	0,9	1,1	1,2	1,4	1,5	1,5	1,4	1,3	1,2	1,1	1,0	1,0	1,2	28,1	1,17		
5	5-Nov-2022	1,0	1,4	1,5	1,5	1,5	1,4	1,2	1,0	0,8	0,7	0,7	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	1,6	1,6	1,5	1,3	1,1	0,9	0,9	1,0	28,6	1,19		
6	6-Nov-2022	0,8	1,2	1,5	1,5	1,6	1,5	1,4	1,2	0,9	0,8	0,7	0,7	0,9	1,1	1,4	1,6	1,8	1,8	1,6	1,4	1,2	0,9	0,8	0,8	29,1	1,21		
7	7-Nov-2022	0,6	1,0	1,4	1,4	1,6	1,6	1,5	1,3	1,0	0,8	0,7	0,7	0,8	1,0	1,3	1,6	1,8	1,9	1,8	1,6	1,3	1,0	0,8	0,6	29,1	1,21		
8	8-Nov-2022	0,5	0,8	1,3	1,3	1,5	1,6	1,6	1,4	1,2	0,9	0,7	0,7	0,7	0,9	1,2	1,6	1,8	2,0	2,0	1,8	1,5	1,1	0,8	0,5	29,4	1,23		
9	9-Nov-2022	0,5	0,6	1,1	1,1	1,4	1,5	1,6	1,5	1,3	1,0	0,8	0,7	0,7	0,9	1,1	1,5	1,8	2,0	2,0	1,9	1,6	1,3	1,0	0,5	29,4	1,23		
10	10-Nov-2022	0,6	0,5	0,9	0,9	1,2	1,4	1,5	1,5	1,3	1,1	0,9	0,8	0,7	0,8	1,1	1,4	1,7	1,9	2,1	2,0	1,8	1,5	1,1	0,6	29,3	1,22		
11	11-Nov-2022	0,7	0,5	0,8	0,8	1,0	1,3	1,4	1,4	1,3	1,2	1,0	0,8	0,8	1,0	1,3	1,6	1,8	2,0	2,0	1,9	1,6	1,3	0,7	29	1,21			
12	12-Nov-2022	0,9	0,6	0,7	0,7	0,9	1,1	1,3	1,4	1,3	1,2	1,0	0,9	0,8	0,8	1,0	1,2	1,5	1,7	1,9	2,0	1,9	1,7	1,4	0,9	28,8	1,20		
13	13-Nov-2022	1,0	0,7	0,7	0,7	0,8	1,0	1,1	1,3	1,3	1,2	1,1	0,9	0,9	0,9	1,0	1,1	1,4	1,6	1,8	1,9	1,9	1,8	1,6	1,0	28,7	1,20		
14	14-Nov-2022	1,2	0,9	0,8	0,8	0,8	1,0	1,0	1,1	1,2	1,2	1,1	1,0	0,9	0,9	1,0	1,1	1,3	1,5	1,7	1,8	1,8	1,8	1,6	1,2	28,7	1,20		
15	15-Nov-2022	1,3	1,0	0,9	0,9	0,9	0,9	1,0	1,1	1,1	1,1	1,1	1,0	1,0	1,0	1,1	1,2	1,4	1,5	1,6	1,7	1,7	1,6	1,3	28,4	1,18			

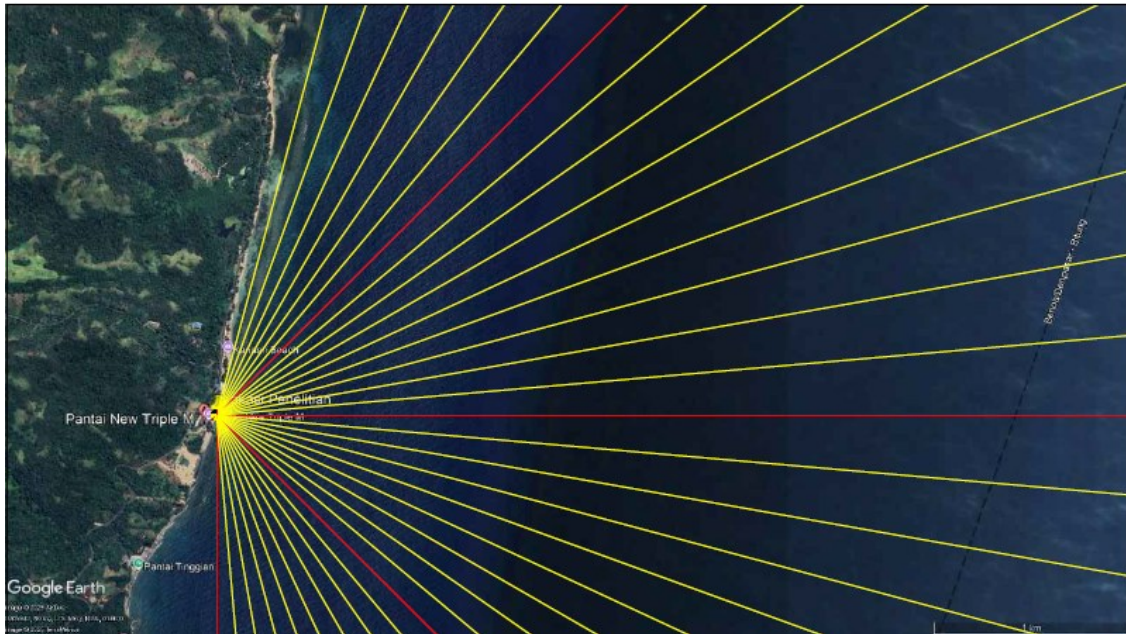
Tabel 2. Komponen Pasang Surut

	SO	M2	S2	N2	K1	O1	M4	MS4	K2	P1
A cm	190	68	45	15	40	27	1	7	12	13
g°	0,00	52,6	215,3	301,7	324,0	50,6	3,9	243,9	215,3	324,0

Tabel 3. Elevasi Muka Air

Elevasi Muka Air	Satuan	Data
HHWL	cm	418,25
HWL	cm	350,00
MHWL	cm	302,97
MSL	cm	189,76
MLWL	cm	76,56
LLWL	cm	60,00
Range	cm	228,48

### 3.3 Gelombang



Gambar 4. Fetch Lokasi

Tabel 4. Perhitungan Jarak Fetch

Arah Mata Angin	( $\alpha$ )	Jarak Sebenarnya (m)	Jarak Sebenarnya (km)	Fcos( $\alpha$ )	cos( $\alpha$ )	Feff (km)
UTARA (N)	-20	673	0,673	0,632	0,940	69,350
	-15	695	0,695	0,672	0,966	
	-10	784	0,784	0,772	0,985	
	-5	10742	10,742	10,701	0,996	
	0	10716	10,716	10,716	1	
	5	6876	6,876	6,850	0,996	
	10	200000	200,000	196,962	0,985	
	15	200000	200,000	193,185	0,966	
TIMUR LAUT (NE)	-20	200000	200,000	187,939	0,940	200,000
	-15	200000	200,000	193,185	0,966	
	-10	200000	200,000	196,962	0,985	
	-5	200000	200	199,239	0,996	
	0	200000	200	200,000	1	
	5	200000	200	199,239	0,996	
	10	200000	200	196,962	0,985	
	15	200000	200	193,185	0,966	
TIMUR (E)	-20	200000	200	187,939	0,940	200,000
	-15	200000	200,000	193,185	0,966	
	-10	200000	200,000	196,962	0,985	
	-5	200000	200,000	199,239	0,996	
	0	200000	200,000	200,000	1	
5	200000	200,000	199,239	0,996		

	10	200000	200,000	196,962	0,985	
	15	200000	200	193,185	0,966	
	20	200000	200,000	187,939	0,940	
TENGGARA (SE)	-20	200000	200,000	187,939	0,940	200,000
	-15	200000	200,000	193,185	0,966	
	-10	200000	200,000	196,962	0,985	
	-5	200000	200	199,239	0,996	
	0	200000	200	200,000	1	
	5	200000	200	199,239	0,996	
	10	200000	200	196,962	0,985	
	15	200000	200	193,185	0,966	
	20	200000	200	187,939	0,940	
SELATAN (S)	-20	200000	200	187,939	0,940	200
	-15	200000	200	193,185	0,966	
	-10	200000	200	196,962	0,985	
	-5	200000	200	199,239	0,996	
	0	200000	200	200,000	1	
	5	200000	200	199,239	0,996	
	10	200000	200	196,962	0,985	
	15	200000	200	193,185	0,966	
	20	200000	200	187,939	0,940	
BARAT DAYA (SW)	-20	0	0	0,000	0,940	0,000
	-15	0	0	0,000	0,966	
	-10	0	0	0,000	0,985	
	-5	0	0,000	0,000	0,996	
	0	0	0,000	0,000	1	
	5	0	0,000	0,000	0,996	
	10	0	0,000	0,000	0,985	
	15	0	0,000	0,000	0,966	
	20	0	0,000	0,000	0,940	
BARAT (W)	-20	0	0,000	0,000	0,940	0,000
	-15	0	0,000	0,000	0,966	
	-10	0	0,000	0,000	0,985	
	-5	0	0,000	0,000	0,996	
	0	0	0,000	0,000	1	
	5	0	0,000	0,000	0,996	
	10	0	0,000	0,000	0,985	
	15	0	0,000	0,000	0,966	
	20	0	0,000	0,000	0,940	
BARAT LAUT (NW)	-20	0	0,000	0,000	0,940	0,000
	-15	0	0,000	0,000	0,966	
	-10	0	0,000	0,000	0,985	
	-5	0	0,000	0,000	0,996	
	0	0	0,000	0,000	1	
	5	0	0,000	0,000	0,996	
	10	0	0,000	0,000	0,985	
	15	0	0,000	0,000	0,966	

20	0	0,000	0,000	0,940	
					Feff (total) 869,350
					Feff (dominan) 200

### 3.4 Rekapitulasi Arah, Tinggi dan Periode Masing-masing Fetch Berdasarkan Hindcasting Gelombang Tahun 2020 – 2024

**Tabel 5.** Rekapitulasi Arah, Tinggi dan Periode

Bulan	H - T	Arah Datang Gelombang							Max Tiap Bulan	
		NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	Arah	H - T
JANUARI	H (m)	1.219	0.846	0.770	1.144	-	-	-	NE	1.219
	T (det)	4.679	3.959	3.636	4.761	-	-	-		4.761
FEBRUARI	H (m)	1.267	0.534	-	-	-	-	-	NE	1.267
	T (det)	4.761	3.205	-	-	-	-	-		4.761
MARET	H (m)	1.352	0.669	0.870	-	-	-	-	NE	1.352
	T (det)	4.906	3.554	4.008	-	-	-	-		4.906
APRIL	H (m)	0.991	0.991	0.655	-	-	-	-	ENE	0.991
	T (det)	4.255	4.255	3.519	-	-	-	-		4.255
MEI	H (m)	-	0.802	0.717	-	0.215	-	-	ENE	0.802
	T (det)	-	3.863	3.669	-	1.811	-	-		3.863
JUNI	H (m)	-	-	0.669	0.703	-	0.275	-	ESE	0.703
	T (det)	-	-	3.554	3.636	-	1.935	-		3.636
JULI	H (m)	-	-	0.601	0.585	-	-	0.270	E	0.601
	T (det)	-	-	3.383	3.343	-	-	1.895		3.383
AGUSTUS	H (m)	-	0.378	-	0.393	-	0.272	0.289	ESE	0.393
	T (det)	-	2.737	-	2.784	-	1.929	1.871		2.784
SEPTEMBER	H (m)	-	-	0.770	0.640	-	-	0.303	E	0.770
	T (det)	-	-	3.790	3.484	-	-	1.905		3.790
OKTOBER	H (m)	-	0.410	0.730	0.585	-	-	-	E	0.730
	T (det)	-	2.839	3.700	3.343	-	-	-		3.700
NOVEMBER	H (m)	0.790	0.626	0.689	-	-	-	-	NE	0.790
	T (det)	3.835	3.447	3.603	-	-	-	-		3.835
DESEMBER	H (m)	0.971	0.269	0.655	-	-	-	-	NE	0.971
	T (det)	4.216	2.290	3.519	-	-	-	-		4.216
MAX TIAP ARAH	H (m)	1.352	0.991	0.870	1.144	0.215	0.275	0.303	NE	<b>1.352</b>
	T (det)	4.906	4.255	4.008	4.761	1.811	1.935	1.905		<b>4.906</b>

Didapat pada Bulan Maret arah Timur Laut paling maksimum dengan:

Tinggi Gelombang (H) = 1,352 meter

Periode Gelombang (T) = 4,906 detik

### 3.5 Analisis Transformasi Gelombang

**Tabel 6.** Perhitungan Koefisien Refraksi

$a_0$	d	$H_0$	T	$L_0$	d/ $L_0$	d/L
45	10	0.683	3.877	23.450	0.4264	0.43024
44.4962	8	0.661	3.792	22.428	0.3567	0.36412
43.3596	5	0.624	3.686	21.191	0.2359	0.25568
39.3149	2	0.564	3.491	19.014	0.1052	0.14548
27.2639	1	0.584	3.560	19.770	0.0506	0.09469
14.1652	0.5	0.843	4.168	27.106	0.0184	0.05496

**Tabel 7.** Perhitungan Koefisien Refraksi

L	$C_0$	C	$\sin a$	a	$\cos a_0/\cos a$	Kr
23.243	6.048	5.995	0.701	44.496	1.011	1.006
21.971	5.915	5.794	0.687	43.360	1.026	1.013
19.555	5.750	5.306	0.634	39.315	1.103	1.050
13.747	5.446	3.938	0.458	27.264	1.442	1.201
10.561	5.553	2.967	0.245	14.165	1.925	1.387
9.097	6.503	2.182	0.082	4.711	3.007	1.734

**Tabel 8.** Perhitungan Koefisien Shoaling

Lo	d/Lo	d/L	L	no	n	Kr	Ks	H
23.450	0.4264	0.43024	23.243	0.5	0.52428	1.0056	0.9622	0.6606
22.428	0.3567	0.36412	21.971	0.5	0.54755	1.0130	0.9322	0.6238
21.191	0.2359	0.25568	19.555	0.5	0.62950	1.0502	0.8607	0.5639
19.014	0.1052	0.14548	13.747	0.5	0.80164	1.2008	0.8627	0.5841
19.770	0.0506	0.09469	10.561	0.5	0.89921	1.3873	1.0409	0.8435
27.106	0.0184	0.05496	9.097	0.5	0.96240	1.7340	1.54804	2.2642

**Tabel 9.** Perhitungan Tinggi dan Kedalaman Gelombang Pecah

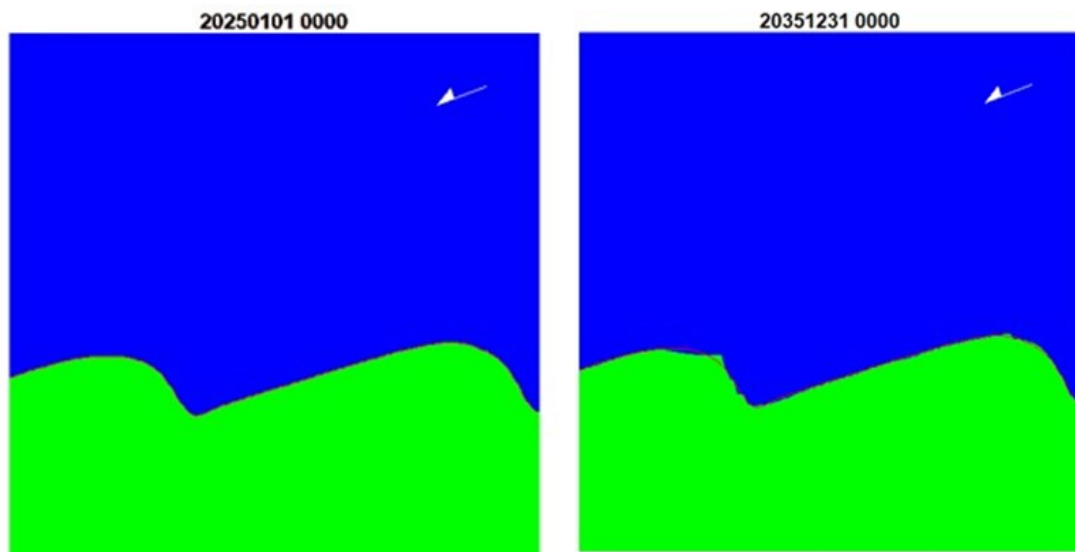
H'o	H'o/gT <sup>2</sup>	m	Hb/H'o	Hb
1.3545	0.0062	0.073	1.20	1.6254
1.3617	0.0062	0.081	1.22	1.6613
1.3890	0.0064	0.086	1.20	1.6668
1.4505	0.0067	0.089	1.20	1.7406
1.4301	0.0069	0.086	1.20	1.7161
0.8977	0.0045	0.111	1.32	1.1850
1.5431	0.0113	0.097	1.09	1.6820

Tinggi gelombang pecah ( $H_b$ ) dihitung berdasarkan grafik hubungan antara  $H_b/H'_o$  dan  $H'_o/gT^2$  dan kedalaman gelombang pecah ( $db$ ) berdasarkan grafik hubungan  $\alpha$  dan  $\beta$  dengan  $H/gT^2$  (Triatmodjo, 1999).

### 3.6 Model Numerik Menggunakan Aplikasi CEDAS dengan Modul NEMOS

Data-data yang diinput untuk pemodelan, yaitu :

1. Data Topografi dan Bathimetri diperoleh dari GEBCO dan diolah menggunakan aplikasi *Global Mapper* kemudian hasilnya dibuat dalam format .txt atau .xyz.
2. Data garis pantai diperoleh dari *Global Mapper* lewat data topografi dan bathimetri kemudian hasilnya dibuat dalam format .txt atau .xyz.
3. Data gelombang dari hasil peramalan gelombang, yaitu TahunBulanTanggal, Waktu ( $t$ ), Tinggi ( $H_0$ ), Periode ( $T_0$ ), dan Arah Gelombang ( $\theta_0$ ). Kemudian dibuat dalam format .txt.

**Gambar 5.** Garis Pantai Awal (kiri) dan Garis Pantai Setelah 10 tahun (kanan)



Hasil berikut ini menguraikan posisi setiap koordinat yang mengalami abrasi atau sedimentasi. beserta perubahan satuannya (meter). Perubahan ini dibagi menjadi 10 interval dari awal hingga akhir tahun ke-10.

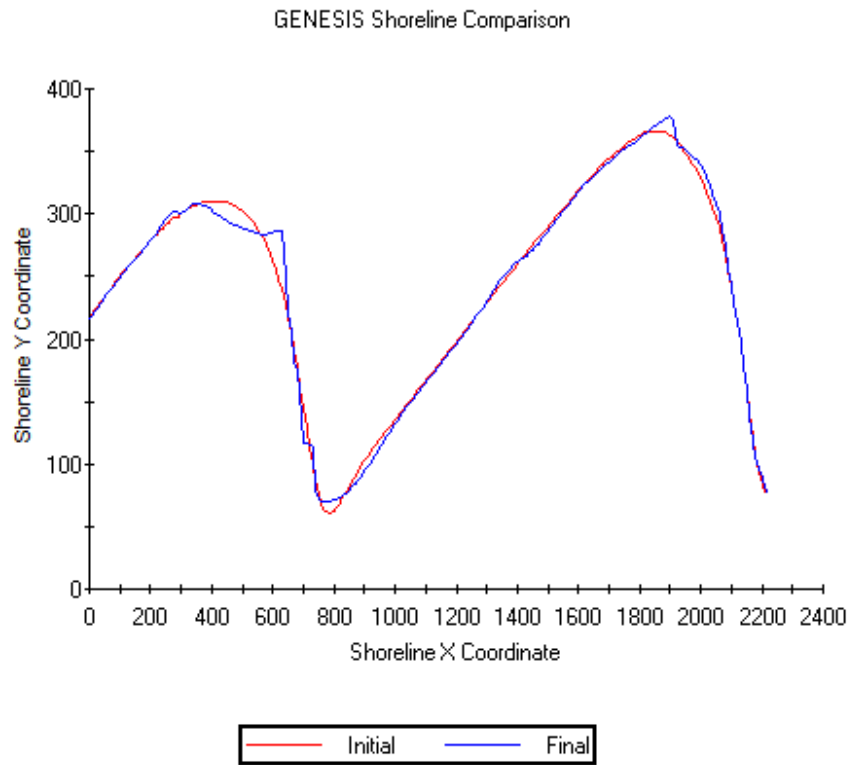
SHORELINE POSITION AFTER 10 YEARS = 192768 TIME STEPS. DATE IS 20351231									
217.00	220.00	223.12	226.30	229.50	232.69	235.88	239.04	242.18	245.30
248.41	251.50	254.58	257.68	260.78	263.84	266.85	269.83	272.81	275.82
278.91	282.12	285.50	289.11	292.79	296.16	298.84	300.60	301.30	301.11
301.16	302.01	303.00	305.84	307.43	308.04	307.96	307.23	306.02	304.50
302.82	301.07	299.33	297.64	296.03	294.51	293.09	291.76	290.54	289.40
288.34	287.37	286.46	285.63	284.86	284.16	283.59	283.38	283.74	284.53
285.41	286.20	286.75	286.75	250.87	221.09	205.59	182.36	176.15	157.76
116.47	116.92	115.91	113.69	79.47	72.78	70.38	69.69	69.74	70.19
70.94	71.92	73.07	74.48	76.42	78.97	81.85	84.74	87.68	90.85
94.29	97.89	101.60	105.47	109.40	113.32	117.33	121.35	125.24	128.98
132.61	136.09	139.44	142.72	145.95	149.11	152.21	155.38	158.74	162.11
165.39	168.65	171.89	175.05	178.14	181.24	184.37	187.49	190.51	193.50
196.45	199.40	202.37	205.44	208.74	212.17	215.61	219.04	222.47	226.03
229.83	233.74	237.63	241.45	245.21	248.80	251.87	254.45	256.90	259.17
260.94	262.52	264.44	266.55	268.54	270.70	273.26	276.18	279.47	282.92
286.29	289.58	292.82	295.98	299.06	302.12	305.15	308.19	311.30	314.41
317.44	320.34	323.05	325.60	328.06	330.44	332.79	335.00	337.08	339.30
341.62	343.84	345.95	347.95	349.81	351.55	353.15	354.65	356.33	358.34
360.51	362.62	364.63	366.48	368.23	370.02	371.83	373.65	375.59	377.21
377.51	375.39	355.36	353.86	352.58	351.06	349.18	347.04	344.73	341.95
338.55	334.35	329.45	323.31	315.86	308.83	300.17	288.36	273.98	257.43
242.74	229.15	213.55	197.42	179.55	159.35	138.68	117.51	105.50	97.13
89.44	82.50	76.00							

Gambar 6. Posisi Garis Pantai Setelah 10 Tahun

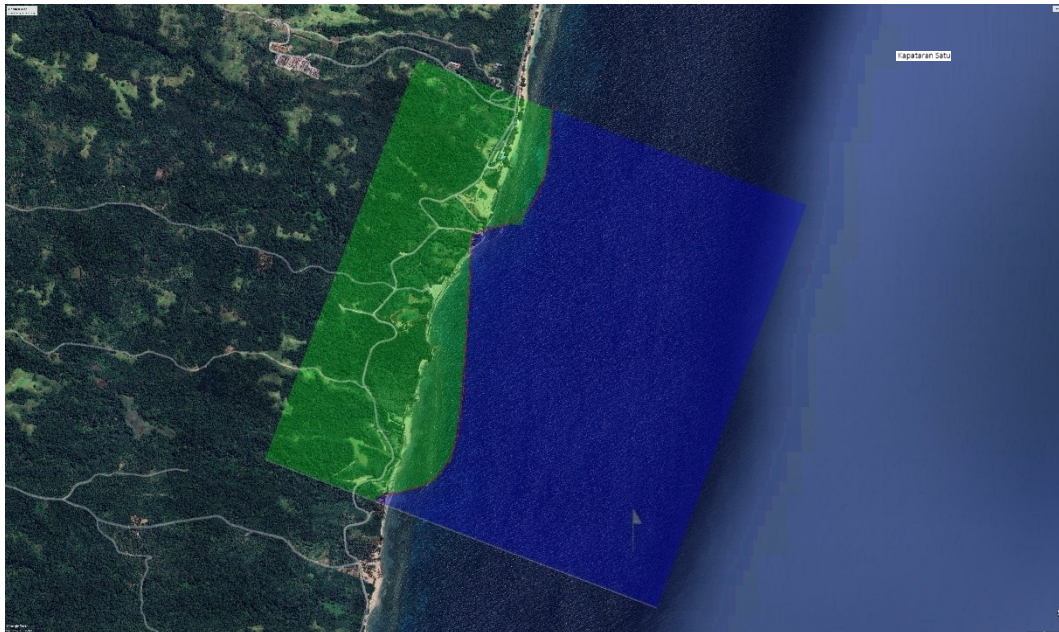
SHORELINE CHANGE AFTER 10 YEARS = 192768 TIME STEPS. DATE IS 20351231									
0.00	-1.00	-0.88	-0.70	-1.50	-1.31	-1.12	-0.96	-1.82	-1.70
-1.59	-1.50	-1.42	-1.32	-1.22	-1.16	-1.15	-1.17	-0.19	-0.18
-0.09	1.12	1.50	3.11	4.79	5.16	5.84	5.60	4.30	3.11
1.16	0.01	0.00	0.84	1.43	1.04	-0.04	-1.77	-2.98	-5.50
-7.18	-8.93	-10.67	-12.36	-12.97	-14.49	-14.91	-15.24	-15.46	-14.60
-13.66	-12.63	-11.54	-9.37	-7.14	-3.84	-0.41	3.38	8.74	15.53
22.41	30.20	38.75	47.75	21.87	3.09	-0.41	-9.64	-0.85	-3.24
-28.53	-12.08	1.91	13.69	-7.53	-4.22	2.38	6.69	8.74	10.19
8.94	6.92	4.07	0.48	-1.58	-4.03	-5.15	-6.26	-7.32	-8.15
-8.71	-8.11	-8.40	-7.53	-6.60	-6.68	-5.67	-4.65	-3.76	-4.02
-3.39	-2.91	-2.56	-2.28	-2.05	-1.89	-1.79	-2.62	-2.26	-1.89
-1.61	-1.35	-1.11	-0.95	-0.86	-0.76	-0.63	-0.51	-0.49	-0.50
-1.55	-1.60	-1.63	-1.56	-1.26	-0.83	-0.39	0.04	0.47	0.03
0.83	1.74	2.63	3.45	4.21	4.80	4.87	4.45	3.90	3.17
0.94	-0.48	-1.56	-2.45	-3.46	-4.30	-4.74	-4.82	-4.53	-4.08
-3.71	-3.42	-3.18	-3.02	-1.94	-1.88	-1.85	-1.81	-1.70	-1.59
-1.56	-0.66	-0.95	-1.40	-0.94	-1.56	-1.21	-2.00	-1.92	-2.70
-2.38	-2.16	-2.05	-2.05	-2.19	-2.45	-2.85	-3.35	-3.67	-2.66
-2.49	-1.38	-0.37	0.48	2.23	4.02	5.83	7.65	10.59	13.21
14.51	14.39	-2.64	-2.14	0.58	2.06	4.18	6.04	7.73	8.95
9.55	10.35	11.45	11.31	10.86	11.83	11.17	9.36	5.98	1.43
-0.26	0.15	0.55	0.42	0.55	-0.65	-2.32	-5.49	-1.50	4.13
5.44	4.50	0.00							

Gambar 7. Perubahan Garis Pantai Setelah 10 Tahun

Nilai gerusan (abrasi) maksimum terjadi pada koordinat y = 7.38 sepanjang 14.48 m dan tidak mengalami endapan (akresi). Analisis keluaran menunjukkan variasi garis pantai yang ditunjukkan oleh perbedaan perubahan koordinat melintang di sepanjang garis pantai. Nilai positif menunjukkan perluasan garis pantai akibat pengendapan sedimen yang dihasilkan dari erosi di berbagai titik di sepanjang pantai dan terbawa oleh gelombang laut. Sebaliknya, nilai negatif menunjukkan pengurangan garis pantai yang disebabkan oleh erosi. Laju erosi pantai tertinggi teramati pada koordinat y = 156.34 dengan nilai -4.66 meter selama periode 10 tahun. Sebaliknya, pengendapan sedimen yang paling signifikan terjadi pada koordinat y = 111.19 dengan nilai 9.11 meter selama rentang waktu yang sama.



**Gambar 8.** Grafik Running Shorline



**Gambar 9.** Overlay Perubahan Garis Pantai Selama 10 Tahun

Panjang lokasi penelitian, yaitu pada koordinat 724874.70, 189401.30 sampai pada koordinat 725317.71, 191001.03 dengan total panjang 1.4 km.

#### 4. Kesimpulan dan Saran

##### 4.1 Kesimpulan

1. Tinggi gelombang yang didapatkan dari hasil perhitungan berkisar pada 1.345 m sampai 2.182 m pada kedalaman 1 m sampai 25 m.

Berdasarkan analisa transformasi gelombang terhadap Pantai Triple M dengan menggunakan data angin 5 tahun (masa lalu) diperoleh:

- Tinggi gelombang pecah = 0.8443 m
  - Gelombang pecah pada kedalaman = 1.089 m
  - Arah datang gelombang pecah = 45°
2. Setelah melakukan simulasi perubahan garis pantai di Pantai Triple M menggunakan aplikasi CEDAS dengan modul NEMOS didapatkan:
- Nilai gerusan (abrasi) maksimum = 28.53 m
  - Koordinat x, y (garis pantai setelah 10 tahun) = 710, 116.47
  - Nilai rata-rata setelah 10 tahun = 6.5439 m
  - Nilai penambahan (akresi) maksimum = 47.75 m
  - Koordinat x, y (garis pantai setelah 10 tahun) = 640, 286.75
  - Nilai rata-rata setelah 10 tahun = 3,7217 m
3. Rata-rata volume ter transport setelah melakukan simulasi perubahan garis pantai adalah penambahan sebesar 434.43 m<sup>3</sup> dari garis pantai awal. Selain itu, juga didapatkan:
- Nilai gerusan (abrasi) maksimum = 1054 m<sup>3</sup>
  - Koordinat x, y = 670, 141.38
  - Nilai penambahan (akresi) maksimum = 10 m
  - Koordinat x, y = 360, 1.04

#### 4.2 Saran

Penelitian ini dibuat sebagai alternatif pemecahan masalah kerusakan pantai di Pantai Triple M Kecamatan Kombi, Kabupaten Minahasa. Sebaiknya segera dibangun bangunan pengaman pantai untuk mencegah masalah yang terjadi di pantai tersebut.

#### Referensi

- Danial, M. M.. & Lestari, A. D. (2023). Analisa Perubahan Garis Pantai Menggunakan Aplikasi CEDAS NEMOS Di Pantai Kura-Kura Kabupaten Bengkayang. *JeLAST: Jurnal PWK. Laut. Sipil. Tambang. 10(3)*.
- Sabatun, K. M. HI. (2024). Pemilihan Formasi Groin Seri Akibat Perubahan Garis Pantai Di Pantai Mahembang Kecamatan Kakas Kabupaten Minahasa Provinsi Sulawesi Utara. Manado
- Sasmito, B.. & Suprayogi, A. (2019). Kajian deteksi dan penentuan garis pantai dengan metode terestris dan penginderaan jauh. *Elipsoida: Jurnal Geodesi dan Geomatika. 2(02)*. 1-6.
- Sumampouw, F. V. H.. Thambas, A. H.. & Jasin, M. I. (2023). Perencanaan Pengaman Pantai Di Pantai Triple M Kecamatan Likupang Barat. *Tekno. 21(85)*. 837-848.
- Mokodongan, M. A.. Jasin, M. I.. & Thambas, A. H. (2021). Analisis Karakteristik Gelombang Di Pantai Triple M Kecamatan Likupang Barat. *Jurnal Sipil Statik. 9(4)*.
- Prabandaru, M.. Apriyanti, D.. Ediyanto. (2023). Analisis Perubahan Garis Pantai Menggunakan Citra Satelit Multi Temporal. Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Yogyakarta.
- Prameswari, S. R.. Anugroho, A.. & Rifai, A. (2014). Kajian Dampak Perubahan Garis Pantai terhadap Penggunaan Lahan berdasarkan Analisa Penginderaan Jauh Satelit di Kecamatan Paiton. Kabupaten Probolinggo Jawa Timur. *Journal of Oceanography. 3(2)*. 267-276.
- Tawoeda, S. P.. Tawas, H. J.. & Halim, F. (2016). Studi transformasi gelombang terhadap garis pantai beo barat kabupaten kepulauan talaud. *Jurnal Sipil Statik. 4(3)*.
- Triatmodjo, B. (1996). *Perencanaan bangunan pantai*. Yogyakarta: Beta Offset.
- Triatmodjo, B. (1999). *Perencanaan bangunan pantai*. Yogyakarta: Beta Offset.
- Triatmodjo, B. (2012). *Perencanaan bangunan pantai*. Yogyakarta: Beta Offset.
- Yong, A. G.. Thambas, A. H.. & Jansen, T. (2019). Alternatif bangunan pengaman pantai di desa saonek kabupaten raja ampat. *Jurnal Sipil Statik. 7(9)*.
- 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. 1996. *Perencanaan Bangunan Pantai*. Beta Offset. Yogyakarta.
- Triatmodjo, B. 1999. *Teknik Pantai*. Beta Offset. Yogyakarta
- Triatmodjo, B. 2012. *Perencanaan Bangunan Pantai*. Beta Offset. Yogyakarta