



## Model Numerik Perubahan Garis Pantai Dan Alternatif Bangunan Perlindungan Di Pantai Tanjung Merah Kecamatan Matuari Kota Bitung

Riswani Tellang<sup>#a</sup>, Jeffry D. Mamoto<sup>#b</sup>, Arthur H. Thambas<sup>#c</sup>

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

<sup>a</sup>riswanitellang021@student.unsrat.ac.id, <sup>b</sup>jeffry.mamoto@unsrat.ac.id, <sup>c</sup>arthurthambas@unsrat.ac.id

### Abstrak

Pantai Tanjung Merah di Kecamatan Matuari, Kota Bitung, merupakan kawasan pesisir yang mengalami dinamika perubahan garis pantai akibat faktor alami dan aktivitas manusia. Kondisi ini dapat menimbulkan abrasi, akresi, hingga perubahan morfologi pantai yang berdampak pada lingkungan dan aktivitas masyarakat pesisir. Penelitian ini bertujuan untuk memodelkan perubahan garis pantai selama 10 tahun mendatang menggunakan perangkat lunak GENESIS yang merupakan bagian dari sistem CEDAS, serta mengetahui efektivitas penambahan struktur pemecah gelombang lepas pantai (detached breakwater) sebagai alternatif bangunan perlindungan. Data yang digunakan dalam penelitian meliputi batimetri, garis pantai, angin, dan pasang surut yang diperoleh dari berbagai sumber terpercaya dan diolah menggunakan perangkat lunak Global Mapper dan AutoCAD. Analisis gelombang dilakukan melalui perhitungan fetch, refraksi, shoaling, serta tinggi gelombang pecah. Hasil simulasi menunjukkan bahwa tanpa perlindungan, garis pantai mengalami abrasi signifikan akibat transport sedimen sejarah pantai, dengan pergeseran garis pantai ke arah darat pada beberapa titik. Namun, setelah ditambahkan detached breakwater, abrasi dapat berkurang secara signifikan dan terbentuk daerah akresi di belakang struktur sehingga garis pantai menjadi lebih stabil. Penelitian ini memberikan gambaran mengenai dinamika perubahan garis pantai di Tanjung Merah sekaligus rekomendasi teknis berbasis model numerik untuk mitigasi abrasi dan perencanaan pengelolaan wilayah pesisir yang berkelanjutan.

*Kata kunci:* garis pantai, GENESIS, CEDAS, breakwater, Pantai Tanjung Merah, pemodelan numerik

### 1. Pendahuluan

#### 1.1. Latar Belakang

Panjangnya garis pantai bisa sangat menguntungkan sebuah negara karena meningkatkan peluang perdagangan maritim, penangkapan ikan, pariwisata, akses sumber daya laut, dan potensi pembangunan pesisir. Garis pantai merupakan lingkungan yang terus mengalami perubahan dan merupakan aspek paling dinamis dari dinamika pantai karena selalu menyesuaikan untuk menjaga keseimbangan alam.

Pantai Tanjung Merah di Kecamatan Matuari, Kota Bitung, memiliki nilai ekologis dan ekonomis tinggi terutama dalam sektor pariwisata dan perikanan. Namun, meningkatnya aktivitas pemanfaatan kawasan pesisir menyebabkan ekosistem mengalami perubahan akibat faktor alami dan campur tangan manusia. Perubahan garis pantai yang dipengaruhi erosi, sedimentasi, perubahan iklim, serta pembangunan infrastruktur dapat menimbulkan abrasi, penyusutan daratan, degradasi lingkungan pesisir, serta gangguan terhadap aktivitas masyarakat.

Diperlukan pendekatan berbasis teknologi untuk menganalisis dinamika perubahan garis pantai dan menentukan alternatif bangunan perlindungan yang efektif. GENESIS (Generalized Model for Simulating Shoreline Change) sebagai bagian dari software CEDAS mampu menghitung perubahan garis pantai dengan mempertimbangkan gelombang, arus, dan bangunan pantai, sehingga analisis skenario perlindungan pantai dapat dilakukan secara sistematis untuk mengurangi abrasi dan menjaga stabilitas garis pantai.

Hasil penelitian ini diharapkan menyediakan data ilmiah bagi pemerintah daerah dan masyarakat pesisir untuk mendukung mitigasi, adaptasi, serta perencanaan pengelolaan pesisir berkelanjutan.

### *1.2. Rumusan Masalah*

Berdasarkan latar belakang di atas maka didapatkan rumusan masalah yakni:

1. Bagaimana hasil pemodelan perubahan garis pantai di pantai Tanjung Merah, dalam 10 tahun mendatang yang disimulasikan menggunakan program GENESIS dari perangkat lunak CEDAS?
2. Sejauh mana efektivitas penambahan *Breakwater* dalam mempengaruhi perubahan garis pantai di Pantai Tanjung Merah berdasarkan hasil simulasi?

### *1.3. Batasan Masalah*

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

1. Penelitian ini hanya difokuskan pada Pantai Tanjung Merah, Kecamatan Matuari, Kota Bitung.
2. Analisis perubahan garis pantai menggunakan perangkat lunak GENESIS yang merupakan bagian dari CEDAS.
3. Tidak mencakup perencanaan kestabilan struktur bangunan pengaman pantai.
4. Pemodelan bangunan pengaman pantai yang akan dibuat yaitu Breakwater lepas pantai.

### *1.4. Tujuan Penelitian*

Tujuan dalam penelitian ini yaitu :

1. Mengetahui perubahan garis pantai di pantai Tanjung Merah, untuk 10 tahun mendatang menggunakan simulasi program GENESIS dari perangkat lunak CEDAS.
2. Mengetahui dampak penambahan Breakwater lepas pantai terhadap perubahan garis pantai di Pantai Tanjung Merah.

### *1.5. Manfaat Penelitian*

Untuk mengetahui pemodelan perubahan garis pantai berbasis teknologi sebagai langkah pencegahan dari dampak besar perubahan garis pantai terhadap lingkungan sosial dan lingkungan, serta menjadi dasar dalam pengelolaan dan pemanfaatan wilayah pesisir secara berkelanjutan. Selain itu, penelitian ini juga memberikan alternatif bangunan perlindungan pantai sebagai upaya perlindungan dan konservasi wilayah pesisir secara efektif.

## **2. Metode Penelitian**

### *2.1. Lokasi Penelitian*

Survey lokasi dilakukan untuk mengetahui permasalahan apa yang ada di Pantai Tanjung Merah, Kecamatan Matuari, Kota Bitung. Survey lokasi ini, yaitu interventerisasi dan identifikasi permasalahan pantai. Lokasi Penelitian terletak di Pantai Tanjung Merah, Kecamatan Matuari, Kota Bitung yang secara geografis berada  $1^{\circ} 24' 10.05''$  N,  $125^{\circ} 7' 7.44''$  E.

### *2.2. Pengumpulan Data*

Pengumpulan data ini diambil dari beberapa website, ataupun dengan menggunakan software-software penunjang, meliputi:

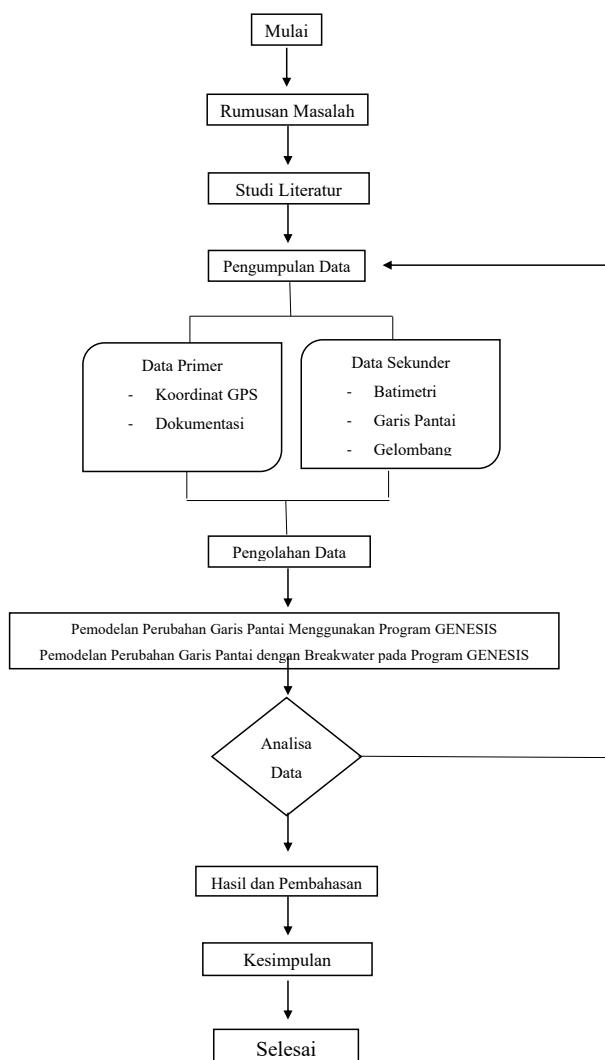
1. Data kecepatan angin 5 tahun terakhir, dari situs web POWER (Prediction of Worldwide Energy Resources) yang merupakan bagian dari NASA (National Aeronautics and Space Administration)
2. Data Pasang Surut, dari situs web SRGI – BIG (Sistem Referensi Geospasial Indonesia – Badan Informasi Geospasial)

3. Peta lokasi / satelit, dari software *Google Earth*
4. Data Bathimetri dari *Gebco*, menggunakan software *Global Mapper*



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

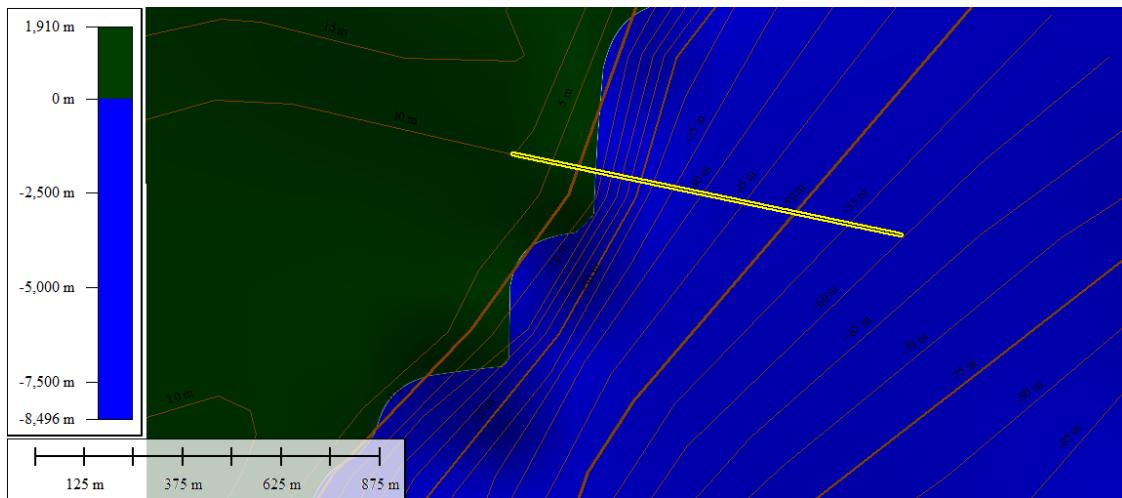
### 2.3. Bagan Alir Penelitian



**Gambar 2.** Bagan Alir Penelitian

## 4. Hasil dan Pembahasan

### 4.1 Peta Topografi dan Bathimetri



**Gambar 3.** Peta Topografi dan Bathimetri Lokasi Penelitian

### 4.2 Pasang Surut

**Tabel 1.** Tabel Hasil Pengukuran Pasang Surut

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-Feb-2024	0,349	0,377	0,306	0,159	-0,021	-0,186	-0,29	-0,308	-0,234	-0,091	0,083	0,238	0,333	0,341	0,256	0,099	-0,091	-0,267	-0,386	-0,418	-0,354	-0,212	-0,026	0,16	-0,133	-0,01
2-Feb-2024	0,229	0,322	0,349	0,311	0,222	0,109	0,002	-0,076	-0,109	-0,097	-0,05	0,009	0,057	0,074	0,05	-0,013	-0,103	-0,198	-0,273	-0,31	-0,294	-0,227	-0,12	0,009	-0,127	-0,01
3-Feb-2024	0,136	0,239	0,302	0,319	0,294	0,238	0,167	0,096	0,037	-0,003	-0,025	-0,036	-0,044	-0,057	-0,081	-0,117	-0,162	-0,206	-0,241	-0,256	-0,246	-0,208	-0,145	-0,063	-0,062	0,00
4-Feb-2024	0,029	0,121	0,208	0,267	0,309	0,326	0,316	0,281	0,226	0,154	0,073	-0,01	-0,089	-0,157	-0,207	-0,238	-0,251	-0,247	-0,232	-0,211	-0,189	-0,168	-0,145	-0,117	0,044	0,00
5-Feb-2024	-0,158	-0,159	-0,12	-0,08	0,106	0,269	0,428	0,551	0,605	0,574	0,456	0,269	0,045	-0,174	-0,349	-0,451	-0,467	-0,407	-0,296	-0,171	-0,069	-0,019	-0,03	-0,094	0,309	0,01
6-Feb-2024	-0,077	-0,02	0,056	0,148	0,249	0,343	0,414	0,447	0,429	0,359	0,242	0,094	-0,062	-0,202	-0,304	-0,357	-0,358	-0,316	-0,25	-0,18	-0,128	-0,103	-0,059	-0,133	0,182	0,01
7-Feb-2024	-0,158	-0,159	-0,12	-0,08	0,106	0,269	0,428	0,551	0,605	0,574	0,456	0,269	0,045	-0,174	-0,349	-0,451	-0,467	-0,407	-0,296	-0,171	-0,069	-0,019	-0,03	-0,094	0,309	0,01
8-Feb-2024	-0,183	-0,26	-0,286	-0,236	-0,101	0,102	0,357	0,554	0,705	0,75	0,672	0,483	0,217	-0,072	-0,320	-0,497	-0,557	-0,505	-0,367	-0,19	-0,028	0,073	0,085	0,008	0,378	0,02
9-Feb-2024	-0,13	-0,283	-0,396	-0,421	-0,332	-0,132	0,144	0,441	0,691	0,835	0,836	0,688	0,42	0,089	-0,235	-0,484	-0,609	-0,593	-0,454	-0,241	-0,018	0,149	0,214	0,159	0,338	0,01
10-Feb-2024	0,002	-0,209	-0,408	-0,529	-0,524	-0,377	-0,109	0,227	0,555	0,8	0,901	0,831	0,605	0,271	-0,095	-0,411	-0,609	-0,652	-0,542	-0,319	-0,051	0,185	0,322	0,323	0,187	0,01
11-Feb-2024	0,188	-0,044	-0,307	-0,522	-0,621	-0,567	-0,558	-0,087	0,326	0,644	0,843	0,872	0,723	0,49	0,063	-0,294	-0,557	-0,67	-0,613	-0,412	-0,126	0,163	0,377	0,456	-0,043	0,00
12-Feb-2024	0,381	0,173	-0,112	-0,398	-0,591	-0,646	-0,536	-0,281	0,061	0,408	0,676	0,797	0,743	0,525	0,197	-0,162	-0,464	-0,639	-0,648	-0,495	-0,226	0,087	0,359	0,52	-0,266	-0,01
13-Feb-2024	0,528	0,383	0,126	-0,175	-0,439	-0,598	-0,594	-0,441	-0,169	0,153	0,443	0,628	0,661	0,533	0,275	-0,047	-0,353	-0,567	-0,687	-0,548	-0,324	-0,024	0,275	0,497	-0,409	-0,02
14-Feb-2024	0,59	0,531	0,34	0,069	-0,21	-0,426	-0,523	-0,478	-0,307	-0,056	0,207	0,411	0,502	0,455	0,281	0,025	-0,249	-0,47	-0,581	-0,553	-0,392	-0,138	0,149	0,399	-0,424	-0,02
15-Feb-2024	0,554	0,58	0,478	0,276	0,08	-0,197	-0,35	-0,395	-0,327	-0,171	0,024	0,201	0,31	0,317	0,218	0,089	-0,176	-0,371	-0,498	-0,509	-0,412	-0,221	0,02	0,257	-0,318	-0,01

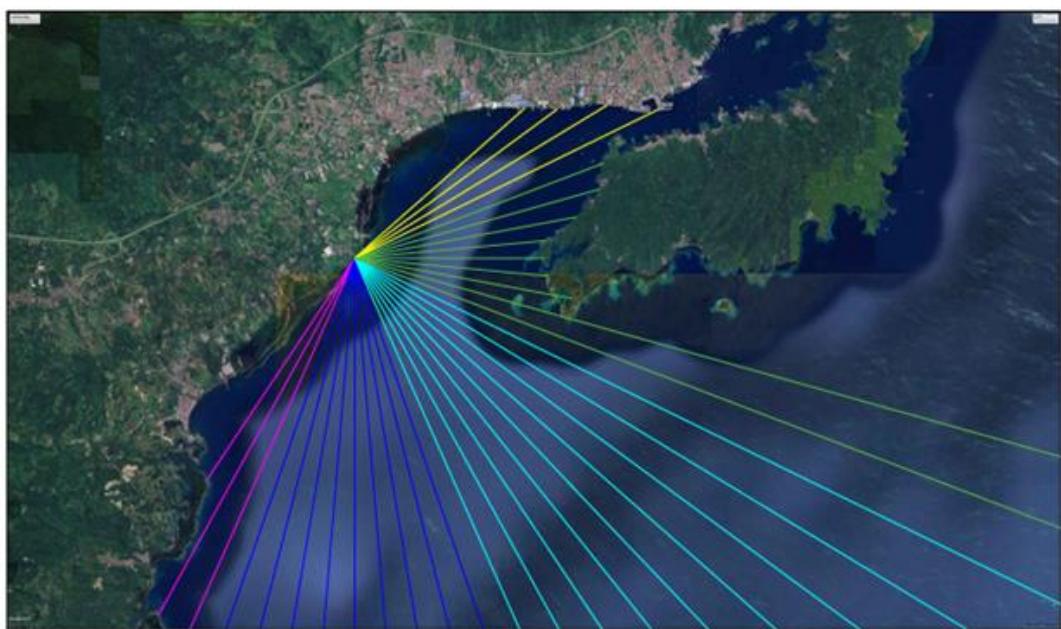
**Tabel 2.** Komponen Pasang Surut

	SO	M2	S2	N2	K1	O1	M4	MS4	K2	P1
A cm	0,15	51	24	8	22	20	1	8	6	7
g°	0,00	51,9	215,4	301,0	321,3	55,0	2,5	243,3	215,4	321,3

**Tabel 3.** Elevasi Muka Air

Elevasi Muka Air	Satuan	Data
<i>HHWL</i>	cm	148,02
<i>HWL</i>	cm	90,10
<i>MHWL</i>	cm	75,05
<i>MSL</i>	cm	0,15
<i>MLWL</i>	cm	-74,75
<i>LLWL</i>	cm	-67,00
Range	cm	147,86

#### 4.3 Gelombang

**Gambar 4.** Fetch Lokasi Penelitian**Tabel 4.** Perhitungan Jarak Fetch

Arah Mata Angin	(α)	Jarak Sebenarnya	Jarak Sebenarnya	Fcos(α)	cos(α)	F <sub>eff</sub>
		(m)	(km)			
UTARA (N)	-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	
TIMUR LAUT (NE)	-20	0	0,00	0,000	0,940	4,041
	-15	0	0,00	0,000	0,966	
	-10	0	0,00	0,000	0,985	
	-5	0	0,00	0,000	0,996	
	0	5710	5,71	5,710	1	
	5	6220	6,22	6,196	0,996	
	10	6930	6,93	6,825	0,985	
	15	8170	8,17	7,892	0,966	
	20	9400	9,4	8,833	0,940	
TIMUR (E)	-20	7420	7,420	6,973	0,940	48,26
	-15	7110	7,110	6,868	0,966	

	-10	6330	6,330	6,234	0,985	
	-5	5370	5,370	5,350	0,996	
	0	5340	5,340	5,340	1	
	5	5460	5,460	5,439	0,996	
	10	6200	6,200	6,106	0,985	
	15	200000	200	193,185	0,966	
	20	200000	200	187,939	0,940	
TENGGAR A (SE)	-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	
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	200000	200	187,939	0,940	24,79 3
	-15	11020	11,02	10,645	0,966	
	-10	7230	7,23	7,120	0,985	
	-5	0	6,560	6,535	0,996	
	0	0	2,900	2,900	1	
	5	0	2,390	2,381	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)	477,0 99	
				Feff (domina n)	200	

**4.4 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)	0,616	0,000	0,343	0,550	-	-	-	NE	0,616
	T (det)	3,422	0,000	2,110	2,914	-	-	-		3,422
FEBRUARI	H (m)	0,439	0,565	-	-	-	-	-	NE	0,565
	T (det)	2,914	3,290	-	-	-	-	-		3,290
MARET	H (m)	0,669	0,327	0,689	-	-	-	-	NE	0,689
	T (det)	3,554	2,116	3,603	-	-	-	-		3,603
APRIL	H (m)	0,585	0,744	0,757	-	-	-	-	ENE	0,757
	T (det)	3,343	3,731	3,761	-	-	-	-		3,761
MEI	H (m)	-	0,834	1,010	-	1,084	-	-	ENE	1,084
	T (det)	-	3,933	3,761	-	4,433	-	-		4,433
JUNI	H (m)	-	-	0,802	1,075	-	1,020	-	ESE	1,075
	T (det)	-	-	3,863	4,418	-	4,311	-		4,418
JULI	H (m)	-	-	1,188	1,200	-	-	1,056	E	1,200
	T (det)	-	-	4,624	4,646	-	-	4,381		4,646
AGUSTUS	H (m)	-	1,118	-	1,144	-	1,020	1,075	ESE	1,144
	T (det)	-	4,497	-	4,544	-	4,311	4,418		4,544
SEPTEMBER	H (m)	-	-	1,188	1,075	-	-	1,075	E	1,188
	T (det)	-	-	4,624	4,418	-	-	4,418		4,624
OKTOBER	H (m)	-	0,846	0,981	0,952	-	-	-	E	0,981
	T (det)	-	3,959	4,236	4,177	-	-	-		4,236
NOVEMBER	H (m)	0,689	0,889	0,211	-	-	-	-	NE	0,889
	T (det)	3,603	4,049	2,398	-	-	-	-		4,049
DESEMBER	H (m)	0,655	0,276	0,413	-	-	-	-	NE	0,655
	T (det)	3,519	2,575	2,868	-	-	-	-		3,519
MAX TIAP ARAH	H (m)	0,689	1,118	1,188	1,200	1,084	1,020	1,075	E	1,200
	T (det)	3,603	4,497	4,624	4,646	4,433	4,311	4,418		4,646

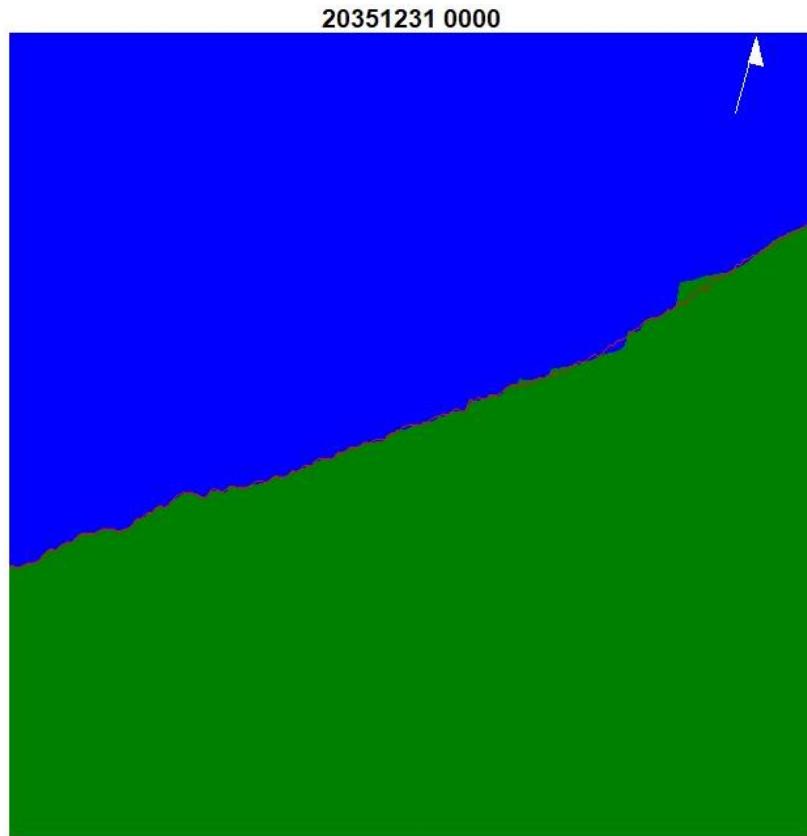
Didapat pada Bulan Juli arah Timur paling maksimum dengan:

$$\begin{aligned} \text{Tinggi Gelombang (H)} &= 1,200 \text{ meter} \\ \text{Periode Gelombang (T)} &= 4,646 \text{ detik} \end{aligned}$$

**4.5 Pemodelan Menggunakan Aplikasi CEDAS dengan Modul GENESIS**

1. Data Topografi dan Bathimetri diambil dari Gebco menggunakan aplikasi Global Mapper dan disajikan dalam bentuk notepad. Input dengan format .txt atau .xyz
2. Data garis pantai diambil dari Gebco menggunakan aplikasi Global Mapper dan disajikan dalam bentuk notepad. Input dengan format .txt atau .xyz

3. Data gelombang hasil peramalan gelombang berupa Tahun Bulan Tanggal, Waktu (t), Tinggi (H0), Periode (T0), dan Arah gelombang ( $\theta_0$ ) sesuai kebutuhan running. Input dengan format .txt
4. Data azimuth:
  - a. New local azimuth of zero wave angles =  $164.78^\circ$
  - b. Azimuth of shoreline =  $164.78^\circ - 90^\circ = 74.78^\circ$
  - c. New local azimuth of zero  $74.78^\circ - 90^\circ = -15.22^\circ$



**Gambar 5.** Garis Pantai Setelah Perubahan

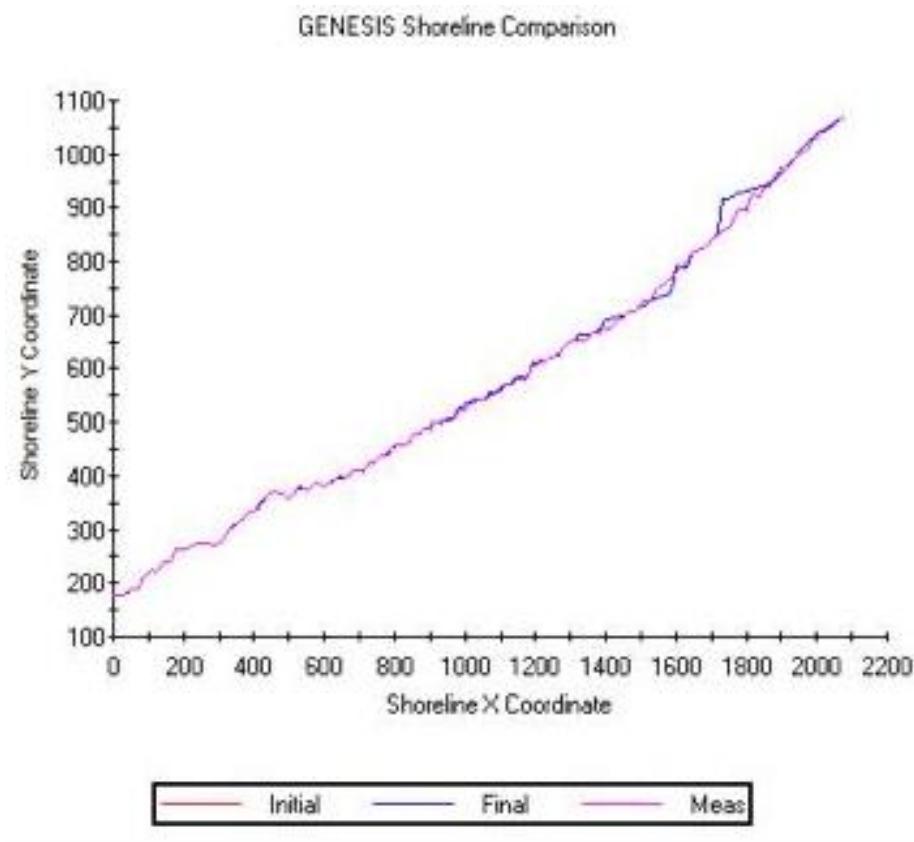
Uraian berikut menunjukkan letak setiap koordinat yang terdampak abrasi atau sedimentasi, beserta perubahan ukurannya dalam meter. Perubahan ini dibagi ke dalam 10 periode tahunan hingga tahun ke-10.

SHORELINE POSITION AFTER	10 YEARS	=	175296 TIME STEPS.	DATE	IS	20350101
179.33	179.15	178.56	179.01	183.77	188.59	188.79
190.72	198.87	211.16	221.52	223.86	220.48	229.81
252.84	262.55	265.22	264.35	263.49	266.23	271.81
273.89	272.30	272.63	274.19	279.85	290.11	302.00
319.23	331.06	334.89	334.00	337.44	351.04	356.88
369.45	367.55	362.32	357.42	364.58	375.52	377.87
370.99	385.26	386.10	381.74	385.44	390.30	393.25
399.62	410.18	412.23	409.77	408.87	415.57	428.21
439.11	442.22	449.60	455.22	459.10	457.48	456.98
476.25	486.88	487.67	487.05	498.61	502.43	502.77
509.85	522.23	525.95	534.34	534.42	535.04	539.84
555.02	554.70	555.31	560.92	568.72	569.29	571.11
582.38	583.39	584.45	610.94	610.96	611.99	614.47
626.01	640.54	649.36	649.88	651.01	664.27	663.47
666.03	669.82	674.54	689.63	691.75	693.13	694.99
705.10	708.43	712.02	715.80	719.77	723.80	727.73
737.84	740.15	742.26	790.92	789.74	789.49	790.64
821.62	821.81	823.96	841.33	842.55	852.95	911.71
915.01	918.40	921.39	926.54	928.92	931.30	933.70
943.25	947.78	953.07	965.94	973.36	981.21	989.25
1005.02	1012.39	1019.25	1025.58	1031.31	1045.71	1049.67
1053.22	1056.64	1060.10	1063.59	1067.09	1061.33	1064.53

**Gambar 6.** Posisi Garis Pantai Setelah 10 Tahun

SHORELINE	CHANGE	AFTER	10 YEARS	=	175296	TIME	STEPS.	DATE	IS	20350101
0.00	-0.12	1.31	0.17	-1.32	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.14	0.00	-0.43	-0.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.60
0.00	0.00	0.00	0.00	1.32	-1.32	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	2.58	-1.32	-1.32	0.00	1.66	-0.63	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.09	-1.32	0.00	1.66	-3.45	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	2.63	3.76	0.60	-3.45	-3.51	0.00	-1.32	0.00	2.63	-0.06
-2.59	0.00	0.00	0.00	1.32	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	2.71	0.24	4.20	-1.22	-5.01	-1.16	0.00	1.10	2.32	
10.91	-1.05	-7.21	-4.46	-0.18	0.00	0.00	7.26	2.76	-2.96	
-4.29	-1.65	-2.33	0.01	7.06	-3.78	-4.46	4.86	-2.12	-1.20	
6.37	-4.77	-0.16	0.00	1.14	0.38	0.05	-3.85	0.00	2.08	
-0.47	-0.07	13.47	12.63	10.43	6.20	-0.84	-1.51	5.63	-0.64	
14.79	18.88	14.09	7.67	5.62	6.00	-1.56	-3.10	1.13	1.63	
-6.25	-6.44	-1.19	-0.25	-8.83	-15.82	-14.21	-20.41	-23.82	-14.83	
11.03	-0.19	-2.00	-8.23	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
0.00	0.00	1.24	54.29	52.94	47.83	41.26	33.33	25.48	25.74	
33.50	9.87	1.37	10.84	13.47	2.40	2.41	7.49	-5.98	-3.04	
-8.54	-0.01	-2.95	5.64	1.56	7.75	7.38	12.25	10.54	-1.40	
7.00	-0.34	3.16	5.41	2.50	-1.83	-3.99	-2.95	0.00		

Gambar 7. Perubahan Garis Pantai Setelah 10 Tahun



Gambar 8. Grafik Running Shoreline

Dari hasil *running* aplikasi CEDAS dengan modul NEMOS, khususnya pada komponen GENESIS, didapatkan nilai gerusan terjadi pada koordinat  $y = 742,26$  sebanyak 23,82 m dan mengalami endapan sedimentasi pada koordinat  $y = 911,71$  sebanyak 54,29 m.



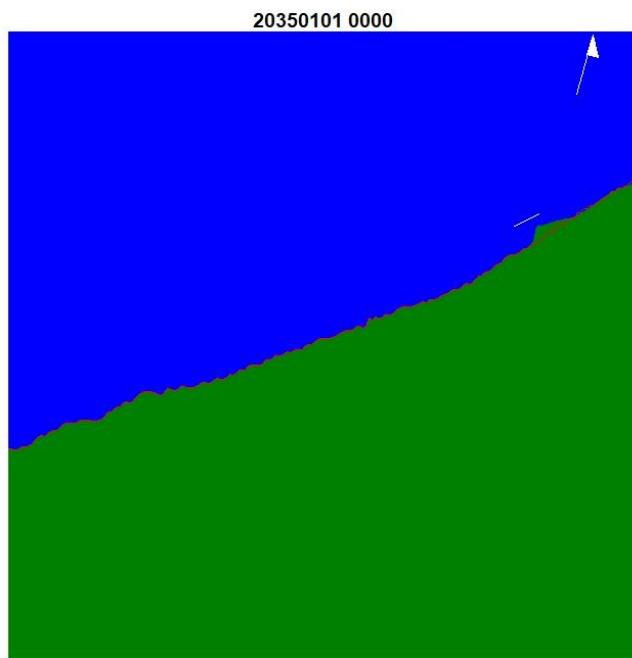
**Gambar 9.** Perubahan Garis Pantai yang di Tampilkan pada Google Earth

#### 4.6 Pemodelan dengan Penambahan Bangunan Pengaman Pantai

Pada pemodelan ini direncanakan breakwater yang di tempatkan pada daerah gelombang pecah pada kedalaman 2,199 m - 3,199 m sehingga di dapat:

- Jarak dari garis pantai ke breakwater = 65 m
- Panjang breakwater = 100 m

Untuk dimensi breakwater didesain oleh software GENESIS pada input sesuai data  $H_0 \text{ max}$  = 1,2 m, depth 1 dan depth 2. Untuk lebar erest dan tinggi run up pada breakwater dianggap 1 m karena memakai sistem one line model.



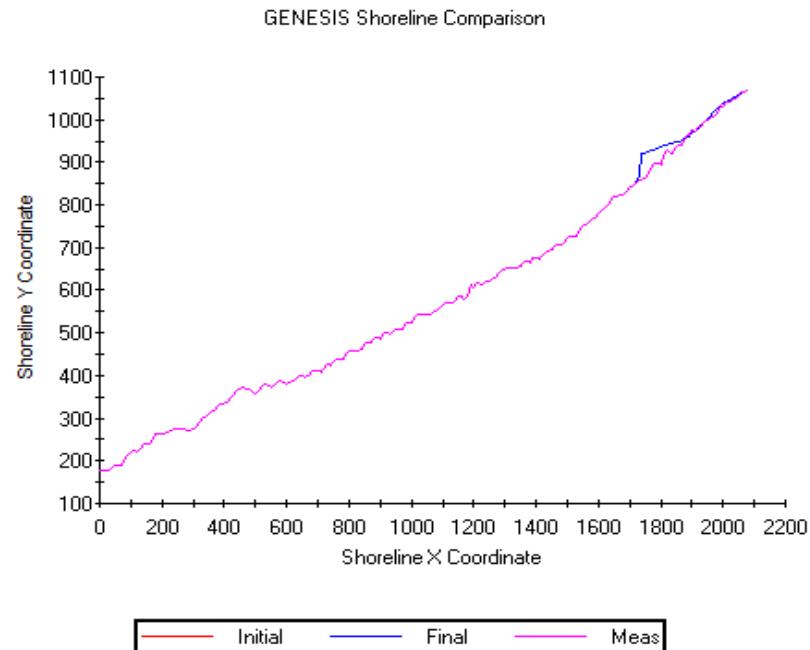
**Gambar 10.** Pemodelan dengan Dettached Breakwater

Uraian berikut menunjukkan letak setiap koordinat yang terdampak abrasi atau sedimentasi setelah penambahan bangunan pengaman pantai, beserta perubahan ukurannya dalam meter. Perubahan ini dibagi ke dalam 10 periode tahunan hingga tahun ke-10.

SHORELINE POSITION AFTER 10 YEARS = 192768 TIME STEPS. DATE IS 20351231									
179.33	179.27	177.25	178.83	185.09	188.59	188.79	190.72	198.87	211.16
221.52	223.86	220.48	229.81	239.20	241.56	242.01	252.84	262.55	265.22
264.35	263.49	266.09	271.81	275.76	276.71	275.73	273.89	272.30	272.03
274.19	279.85	290.11	302.00	302.97	310.79	317.76	319.23	331.06	334.89
334.00	337.44	348.45	358.20	365.10	369.31	370.99	370.28	367.34	362.32
357.42	364.58	375.43	379.18	377.15	371.79	375.32	385.26	386.10	383.35
381.74	382.81	386.54	392.64	398.69	401.08	397.25	399.62	410.18	412.23
409.77	408.87	415.57	428.21	424.61	431.88	440.08	439.11	439.59	449.66
457.81	459.10	457.48	456.98	461.63	473.86	475.89	476.25	486.88	487.67
487.05	495.90	502.19	498.58	504.08	508.59	507.88	509.85	521.13	523.64
523.44	535.46	542.25	544.30	544.33	544.47	545.44	547.75	551.94	558.27
565.21	570.37	571.61	571.10	574.38	585.41	586.84	578.54	586.57	612.24
604.56	615.73	612.15	614.47	621.31	622.94	623.67	629.86	640.54	647.28
650.35	651.08	650.80	650.84	652.52	657.17	665.07	667.54	664.18	675.17
674.84	672.87	679.04	687.32	691.42	693.43	703.67	708.20	707.29	710.39
722.05	726.21	724.99	727.98	740.31	750.72	752.05	760.56	766.08	768.06
779.89	789.93	791.49	798.87	811.63	819.51	821.62	821.81	823.96	831.91
841.33	842.55	851.71	865.77	920.29	921.33	923.72	927.03	930.29	933.31
936.05	938.54	940.78	942.80	944.69	946.77	949.39	952.67	956.62	961.32
966.83	973.19	980.22	987.71	995.51	1003.41	1011.08	1018.30	1024.93	1030.95
1036.42	1041.39	1045.92	1049.88	1053.33	1056.67	1060.11	1063.60	1067.09	

**Gambar 11.** Posisi Garis Pantai setelah 10 Tahun dengan Penambahan Bangunan Pengaman Pantai

SHORELINE CHANGE AFTER 10 YEARS = 192768 TIME STEPS. DATE IS 20351231									
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
43.01	19.48	10.84	19.93	21.84	9.73	8.55	12.37	-2.42	-0.85
-7.65	-0.18	-3.94	4.10	-0.18	6.14	6.08	11.29	9.89	-1.75
6.89	-0.27	3.37	5.62	2.60	-1.80	-3.97	-2.95	0.00	

**Gambar 12.** Perubahan Garis Pantai setelah 10 Tahun dengan Penambahan Bangunan Pengaman Pantai**Gambar 13.** Grafik Running Shoreline

Dari hasil running aplikasi CEDAS dengan modul NEMOS. khususnya pada komponen GENESIS, didapatkan nilai gerusan maksimum terjadi pada koordinat y = 966,83 sebanyak -7,65 m dan mengalami endapan sedimentasi pada koordinat y = 920.29 sebanyak 61.75 m dengan nilai rata- rata perubahan keseluruhan garis pantai adalah 1.86 m.

#### 4.7 Perbandingan dengan Studi Lain

- Di Pantai Bahoi, Akresi maksimum mencapai 9,11 m dengan nilai rata - rata 1,40 m selama 10 tahun. Kemudian di dapatkan nilai abrasi maksimum mencapai 4,66 m dengan nilai rata – rata 3.43 m selama 10 tahun dengan metode serupa (Dungus,2024 ) maka akresi maksimum dan abrasi di Pantai Tanjung Merah tergolong tinggi namun memiliki nilai rata-rata rendah.
- Di Pulau Saonek, akresi maksimum yang di dapatkan setelah penambahan bangunan pengaman pantai yaitu dettach breakwater adalah 0.86 m dengan nilai abrasi -1.66 selama 10 tahun dengan metode serupa (Yong, 2019) maka abrasi dan akresi di Pantai Tanjung Merah setelah penambahan bangunan pengaman pantai tergolong tinggi.

### 5. Kesimpulan dan Saran

#### 5.1 Kesimpulan

1. Setelah melakukan simulasi perubahan garis pantai di Pantai Tanjung Merah menggunakan Aplikasi CEDAS dengan modul NEMOS didapatkan:
 

- Nilai gerusan maksimum	= 23,82 m
Koordinat x	= 1590
Koordinat y	= 742,26
- Nilai Penambahan maksimum	= 54,29 m
Koordinat x	= 1720
Koordinat y	= 911,71
- Nilai rata-rata setelah 10 tahun	= 1,88 m
2. Setelah melakukan simulasi perubahan garis pantai di Pantai Tanjung Merah dengan penambahan bangunan pengaman pantai yaitu *Detach Breakwater* di dapatkan:
 

- Nilai gerusan maksimum	= 7,65 m
Koordinat x	= 1980
Koordinat y	= 966,83
- Nilai Penambahan maksimum	= 61,75 m
Koordinat x	= 1675
Koordinat y	= 920.29
- Nilai rata-rata setelah 10 tahun	= 1,86 m

Hasil simulasi peramalan 10 tahun menunjukkan bahwa penambahan struktur detached breakwater mampu meningkatkan efektivitas perlindungan pantai dengan memusatkan akresi hingga 61,75 meter di area tertentu dibandingkan kondisi tanpa struktur yang hanya mencapai sekitar 54,29 m dan mengurangi erosi di sebagian besar wilayah. Meskipun masih terjadi erosi di sisi samping struktur, breakwater bisa menstabilkan garis pantai dan mengarahkan perubahan secara spasial, artinya Breakwater bekerja baik di lokasi-lokasi tertentu di sepanjang garis pantai dengan akresi terfokus di belakang struktur dan berkurangnya sebaran perubahan sepanjang garis pantai.

#### 5.2 Saran

1. Untuk penelitian selanjutnya, disarankan memilih pantai yang lebih panjang agar domain pemodelan di aplikasi tampak lebih jelas.
2. Untuk melengkapi kebutuhan data running, disarankan melakukan pengujian laboratorium agar mendapatkan hasil yang lebih baik.
3. Untuk pemodelan dengan penambahan bangunan pantai, disarankan untuk melakukan pengujian dengan berbagai jenis pengaman pantai.
4. Untuk penempatan struktur bangunan pengaman pantai, disarankan agar lebih

- memperhatikan dan mempertimbangkan arah datang gelombang dominan dan pola arus di sekitar pantai.
5. Untuk panjang bangunan pengaman pantai, sebaiknya direncanakan dengan mengacu pada standar teknis dan pedoman perencanaan yang berlaku.

## Referensi

- Ashilah, S., Suryoputra, A. A. D., & Ismunarti, D. H. (2023). Studi Perubahan Garis Pantai Tahun 2012-2022 di Pesisir Pantai Bagik Kembar, Kota Mataram, Nusa Tenggara Barat. *Indonesian Journal of Oceanography*, 5(2), 174-186.
- Danial, M. M., & Lestari, A. D. Analisa Perubahan Garis Pantai Menggunakan Aplikasi Cedas Nemos Di Pantai Kura-Kura Kabupaten Bengkayang. *JeLAST: Jurnal PWK, Laut, Sipil, Tambang*, 10(3).
- Tantry, N., Thambas, A. H., & Jansen, T. (2021, 16 Februari). Perubahan garis pantai Girian Bawah Kota Bitung akibat gelombang. *Jurnal Sipil Statik*, 9(1).
- Sabatun, K. M. HI. (2024). Pemilihan Formasi Breakwater Seri Akibat Perubahan Garis Pantai Di Pantai Mahembang Kecamatan Kakas Kabupaten Minahasa Provinsi Sulawesi Utara.
- Sumampouw, F. V., Thambas, A. H., & Jasin, M. I. (2023). Perencanaan Pengaman Pantai Di Pantai Bahoi Kecamatan Likupang Barat. *TEKNO*, 21(85), 837-848.
- Dungus, O., Mamoto, J. D., & Dandu, A. K. T. (2024). Analisis pemodelan perubahan garis pantai menggunakan aplikasi CEDAS NEMOS di Pantai Bahoi Kecamatan Likupang Barat. *TEKNO*, 22(90).
- Yong, A. G., Thambas, A. H., & Jansen, T. (2019). Alternatif Bangunan Pengaman Pantai di Desa Saonek, Kabupaten Raja Ampat. *Jurnal Sipil Statik*, 7(9).
- Triatmodjo, B. 1996. Perencanaan Bangunan Pantai. Beta Offset. Yogyakarta.
- Triatmodjo, B. (1999). Perencanaan bangunan pantai. Yogyakarta: Beta Offset.
- Triatmodjo, B. (2012). Perencanaan bangunan pantai. Yogyakarta: Beta Offset.