



Model Numerik Perubahan Garis Pantai Dan Alternatif Bangunan Pengaman Pantai Di Pantai Mangket Kabupaten Minahasa Utara

Yovanka T. Roring^{#a}, Arthur H. Thambas^{#b}, Arestides K. T. Dundu^{#c}

[#]Program Studi Teknik Sipil Universitas Sam Ratulangi, Manado, Indonesia
^ayovankaroring021@student.unsrat.ac.id, ^barthurthambas@unsrat.ac.id, ^ctorry@unsrat.ac.id

Abstrak

Kawasan pesisir merupakan salah satu aspek kehidupan yang berperan penting terutama untuk kehidupan yang ada di sekitarnya. Perubahan garis pada wilayah pesisir pantai menjadi salah satu masalah yang kerap terjadi dan harus mendapatkan langkah mitigasi untuk mengurangi resiko kerusakan di sekitarnya. Pantai Mangket yang terletak di Kecamatan Makalisung, Kabupaten Minahasa Utara, diambil sebagai lokasi penelitian pemodelan perubahan garis pantai. Penelitian ini dilakukan untuk meramalkan perubahan garis pantai yang terjadi dalam kurun waktu 5 tahun kedepan serta mengevaluasi efektivitas penambahan struktur pemecah gelombang (*detached breakwater*) sebagai alternatif bangunan pengaman pantai dengan bantuan perangkat lunak CEDAS-GENESIS. Dilakukan pengambilan data-data untuk menjalankan pemodelan perubahan garis pantai Mangket, seperti data topografi bathimetri, data kecepatan angin, data pasang surut dan data garis pantai. Untuk pemodelan *detached breakwater* direncanakan panjang *breakwater* 70 m dengan jarak dari bibir pantai ke *breakwater* sepanjang 32 m, dimensi menggunakan data $H_0 \text{ max} = 1,2 \text{ m}$ dan lebar *crest* serta *run up* diasumsikan 1 m karena memakai sistem *one line model*. Setelah dilakukan simulasi perubahan garis pantai Mangket, terlihat adanya penurunan nilai untuk gerusan (abrasi) pada beberapa wilayah dan terjadi penambahan nilai untuk endapan (akresi). Penambahan struktur *detached breakwater* dianggap mampu memaksimalkan akresi di area tertentu dan mengurangi erosi di sebagian wilayah. Meskipun masih terjadi abrasi di sisi samping struktur, namun *breakwater* masih bekerja cukup baik di lokasi-lokasi tertentu di sepanjang garis pantai dengan akresi di belakang struktur masih terkendali. Melalui pendekatan ini, diharapkan dapat diperoleh rekomendasi yang aplikatif dan efektif dalam upaya mitigasi abrasi serta perlindungan wilayah pesisir pantai Mangket.

Kata kunci: perubahan garis pantai, Pantai Mangket, CEDAS-GENESIS, detached breakwater

1. Pendahuluan

1.1. Latar Belakang

Indonesia sebagai negara kepulauan memiliki banyak titik kawasan pesisir yang berperan sangat penting dalam berbagai aspek kehidupan, baik dari sisi ekologi, ekonomi, maupun sosial budaya (Triyatmodjo, 1999). Wilayah pesisir memiliki ekosistem alami seperti pantai berpasir dan berbatu, terumbu karang, hutan mangrove dan juga memiliki ekosistem buatan seperti area pemukiman, tambak, dan lain-lain (Eryani, 2020). Namun, wilayah pesisir pantai kerap mengalami perubahan yang dipengaruhi oleh faktor alami dan aktivitas manusia.

Pantai Mangket merupakan salah satu kawasan pesisir yang terletak di Kecamatan Kema, Kabupaten Minahasa Utara, Sulawesi Utara. Pantai berpasir putih tersebut berada di sekitar pemukiman penduduk dan sepanjang garis pantai-nya dilewati oleh jalan yang menghubungi antara Kabupaten Minahasa Utara dan Kabupaten Minahasa (Sulu, 2023). Banyak aktivitas yang terjadi di Kawasan Pantai Mangket serta potensi untuk mengembangkan Pantai ini sehingga diperlukan langkah mitigasi yang tepat dalam upaya perlindungan dan pengamanan garis Pantai Mangket.

Aplikasi CEDAS digunakan dalam penelitian ini sebagai sarana untuk melakukan analisa dan simulasi terkait perubahan garis pantai. Penggunaan software ini diharapkan memberikan analisis yang lebih akurat serta memperlihatkan desain optimal terkait alternatif bangunan pengaman pantai yang sesuai dengan kondisi Pantai Mangket.

1.2. Rumusan Masalah

1. Bagaimanakah perubahan garis pantai yang akan terjadi di Pantai Mangket selama 5 tahun kedepan?
2. Seperti apakah pengaruh penambahan bangunan pengaman *Breakwater* terhadap perubahan garis pantai yang terjadi di Pantai Mangket?

1.3. Batasan Masalah

1. Prediksi perubahan garis pantai hanya dilakukan untuk kurun waktu 5 tahun kedepan.
2. Pemodelan perubahan garis pantai dan penambahan bangunan pengaman menggunakan software CEDAS dengan program GENESIS.
3. Pemodelan bangunan pengaman pantai yang akan dibuat, yaitu *Detached Breakwater*.
4. Tidak berfokus pada perencanaan dimensi dan kestabilan struktur bangunan pengaman pantai.

1.4. Tujuan Penelitian

1. Mengetahui perubahan garis pantai Mangket untuk 5 tahun kedepan melalui simulasi menggunakan perangkat lunak CEDAS dengan program GENESIS.
2. Melakukan simulasi penambahan *Breakwater* untuk melihat pengaruhnya terhadap perubahan garis pantai di Pantai Mangket.

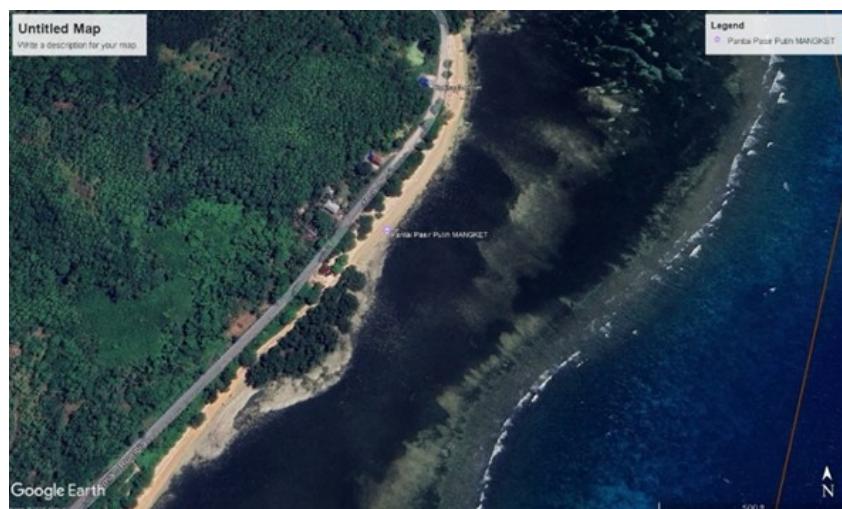
1.5. Manfaat Penelitian

Letak Pantai Mangket berada di sekitar pemukiman dan juga berpotensi sebagai area pariwisata, maka dengan dilakukannya proses analisa perubahan garis pantai, dapat menjadi satu langkah mitigasi terhadap berbagai dampak yang akan terjadi di wilayah sekitar pantai.

2. Metode Penelitian

2.1. Lokasi Penelitian

Perlu dilakukan peninjauan lokasi untuk mendapatkan permasalahan apa yang ada. Lokasi Penelitian terletak di Pantai Mangket, Kecamatan Kema, Kabupaten Minahasa Utara yang secara geografis berada $101^{\circ}17'32.73''$ N dan $125^{\circ}00'3'58.69''$ E.



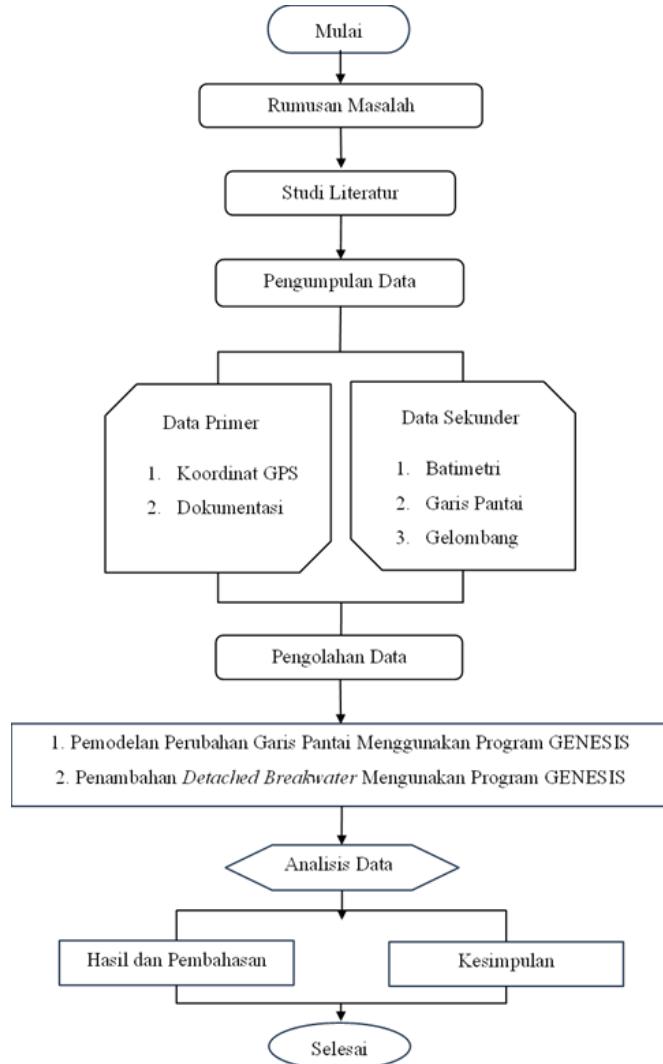
Gambar 1. Lokasi Penelitian (*Google Earth*)

2.2. Pengumpulan Data

Pengumpulan data ini dilakukan dan diolah dengan menggunakan beberapa *website* dan *software* penunjang. Data – data yang dimaksud meliputi:

1. Data kecepatan angin diambil dari tahun 2020-2024, dari *website* NASA POWER.
2. Data Pasang Surut, dari *website* SRGI (Sistem Referensi Geospasial Indonesia)
3. Peta lokasi / satelit, dari *software* Google Earth
4. Data Bathimetri dari *website* GEBCO, menggunakan *software* Global Mapper

2.3. Bagan Alir Penelitian



Gambar 2. Bagan Alir Penelitian

3. Kajian Literatur

3.1 Pantai dan Perubahan Garis Pantai

Pantai adalah daerah yang membatasi antara laut dan daratan yang diukur berdasarkan waktu pasang tertinggi dan surut terendah, serta dipengaruhi oleh aktivitas bahari dan aktivitas di lingkungan darat (Triatmodjo, 1999). Garis yang menjadi batas pertemuan antara laut dan daratan saat terjadinya air pasang tertinggi adalah Garis Pantai. Garis Pantai dapat sewaktu-waktu mengalami perubahan karena disebabkan oleh erosi dan sedimentasi yang dipengaruhi oleh adanya interaksi antara angin dan air laut yang bergerak menuju ke pantai sehingga menghasilkan gelombang, arus maupun pasang surut.

3.2 Gelombang

Menurut Eryani (2020), gelombang laut dapat didefinisikan sebagai proses pergerakan air secara naik dan turun yang mengarah tegak lurus permukaan air laut. Faktor utama terciptanya gelombang laut yaitu diakibatkan oleh Angin. Semakin kencang hembusan angin, maka akan semakin besar pula gelombang yang ditimbulkan.

3.3 Pasang dan Surut

Pasang surut merupakan suatu peristiwa di mana terjadinya perubahan ketinggian permukaan air laut yang disebabkan oleh gaya tarik dari benda-benda langit terhadap massa air laut bumi. Benda-benda langit tersebut yaitu Bulan dan Matahari, yang di mana meskipun matahari memiliki massa yang jauh lebih besar dibandingkan Bulan, namun jarak bulan yang lebih dekat dengan Bumi membuat pengaruh gaya tariknya lebih kuat.

3.4 Breakwater

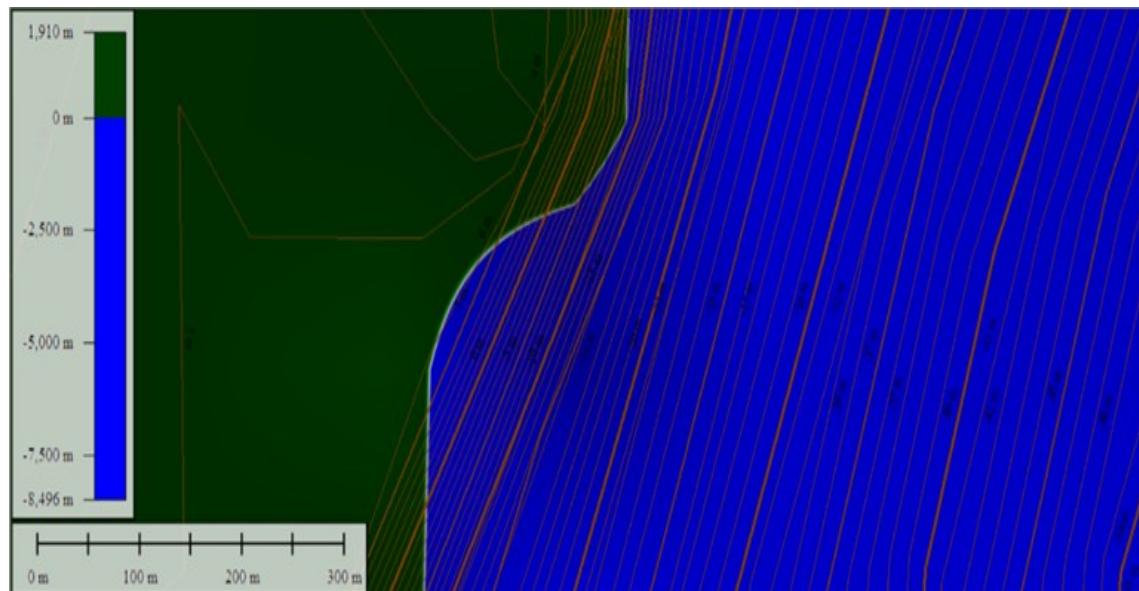
Breakwater atau dalam hal ini pemecah gelombang lepas pantai adalah bangunan yang dibuat sejajar pantai dan berada pada jarak tertentu dari garis pantai. Pemecah gelombang dibangun sebagai salah satu bentuk perlindungan pantai terhadap erosi dengan menghancurkan energi gelombang sebelum sampai ke pantai, sehingga terjadi endapan di belakang bangunan. Endapan ini dapat menghalangi transpor sedimen sepanjang pantai.

3.5 Pemodelan Garis Pantai dengan Software CEDAS-GENESIS

Perangkat lunak CEDAS (*Coastal Engineering Design Analysis System*) NEMOS (*Nearshore Evolution Modeling System*), digunakan dalam proses simulasi perubahan garis pantai. Beberapa komponen yang ada dalam aplikasi CEDAS dengan program NEMOS, yaitu GRIDGEN, RCPWAVE, STWAVE, SPECGEN, WMV, WSAV, WWWL Data, WISPH3 dan GENESIS (Margotila, 2024).

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

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-Jan-2024	0.137	0.12	0.034	-0.092	-0.218	-0.303	-0.314	-0.24	-0.09	0.106	0.302	0.455	0.527	0.502	0.382	0.196	-0.016	-0.208	-0.34	-0.388	-0.351	-0.245	-0.106	0.028	-0.122	-0.01
2	2-Jan-2024	0.12	0.148	0.108	0.017	-0.097	-0.195	-0.245	-0.228	-0.141	0	0.162	0.308	0.402	0.419	0.355	0.222	0.049	-0.125	-0.264	-0.339	-0.34	-0.271	-0.157	-0.028	-0.12	-0.01
3	3-Jan-2024	0.083	0.148	0.155	0.107	0.024	-0.068	-0.139	-0.166	-0.139	-0.06	0.051	0.167	0.259	0.301	0.281	0.201	0.077	-0.064	-0.192	-0.278	-0.307	-0.276	-0.193	-0.082	-0.11	0.00
4	4-Jan-2024	0.032	0.122	0.171	0.171	0.13	0.063	-0.9	-0.064	-0.085	-0.069	-0.019	0.05	0.117	0.162	0.17	0.136	0.063	-0.033	-0.133	-0.214	-0.26	-0.259	-0.212	-0.129	-0.99	-0.04
5	5-Jan-2024	-0.026	0.074	0.155	0.202	0.21	0.183	0.131	0.07	0.015	-0.023	-0.037	-0.029	-0.7	0.02	0.037	0.035	0.01	-0.037	-0.097	-0.157	-0.205	-0.226	-0.213	-0.165	-0.773	-0.03
6	6-Jan-2024	-0.088	0.9	0.108	0.195	0.255	0.28	0.268	0.223	0.155	0.077	0.4	-0.055	-0.092	-0.107	-0.104	-0.092	-0.081	-0.079	-0.091	-0.117	-0.15	-0.182	-0.198	-0.189	1.236	0.05
7	7-Jan-2024	-0.147	-0.072	0.029	0.143	0.252	0.337	0.381	0.376	0.322	0.228	0.109	-0.014	-0.12	-0.195	-0.23	-0.227	-0.197	-0.155	-0.118	-0.099	-0.105	-0.132	-0.168	-0.197	0.001	0.00
8	8-Jan-2024	-0.199	-0.161	-0.077	0.046	0.192	0.335	0.448	0.506	0.494	0.412	0.272	0.099	-0.075	-0.221	-0.316	-0.349	-0.324	-0.259	-0.179	-0.111	-0.075	-0.081	-0.123	-0.181	0.073	0.00
9	9-Jan-2024	-0.231	-0.244	-0.199	-0.091	0.071	0.262	0.444	0.579	0.637	0.601	0.473	0.276	0.047	-0.171	-0.339	-0.431	-0.438	-0.373	-0.265	-0.151	-0.066	-0.035	-0.063	-0.138	0.155	0.01
10	10-Jan-2024	-0.229	-0.299	-0.312	-0.246	-0.097	0.116	0.354	0.569	0.713	0.752	0.673	0.488	0.232	-0.044	-0.286	-0.452	-0.516	-0.478	-0.365	-0.217	-0.083	-0.2	0.4	-0.064	0.409	0.02
11	11-Jan-2024	-0.181	-0.303	-0.384	-0.383	-0.28	-0.081	0.183	0.461	0.692	0.824	0.825	0.691	0.447	0.142	-0.16	-0.401	-0.538	-0.553	-0.461	-0.301	-0.127	0.9	0.066	0.029	1.107	0.05
12	12-Jan-2024	-0.087	-0.244	-0.388	-0.464	-0.435	-0.286	-0.037	0.268	0.564	0.787	0.885	0.833	0.641	0.348	0.016	-0.285	-0.495	-0.58	-0.535	-0.389	-0.194	-0.01	0.107	0.124	0.144	0.01
13	13-Jan-2024	0.038	-0.123	-0.309	-0.457	-0.514	-0.447	-0.255	0.031	0.353	0.641	0.83	0.875	0.765	0.523	0.202	-0.128	-0.397	-0.552	-0.572	-0.465	-0.275	-0.062	0.111	0.194	0.007	0.00
14	14-Jan-2024	0.165	0.034	-0.159	-0.354	-0.489	-0.516	-0.412	-0.19	0.109	0.418	0.669	0.802	0.787	0.625	0.354	0.034	-0.264	-0.476	-0.562	-0.513	-0.355	-0.139	0.072	0.218	-0.142	-0.01
15	15-Jan-2024	0.26	0.189	0.028	-0.176	-0.361	-0.471	-0.466	-0.337	-0.107	0.174	0.441	0.631	0.699	0.628	0.433	0.16	-0.129	-0.369	-0.508	-0.522	-0.415	-0.225	-0.5	0.186	-0.757	-0.03

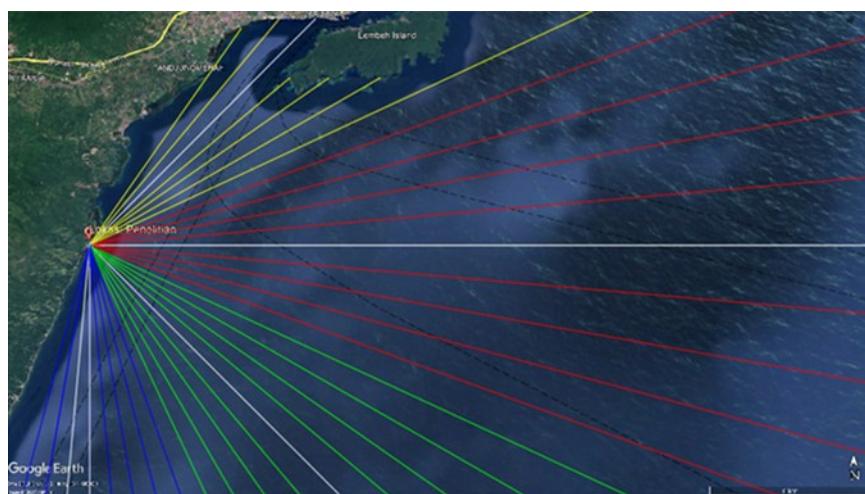
Tabel 2. Komponen Pasang Surut

SO	M2	S2	N2	K1	O1	M4	MS4	K2	P1	
A cm	0	35	16	7	24	19	1	14	4	8
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
HHWL	cm	127.31
HWL	cm	90.00
MHWL	cm	50.35
MSL	cm	-0.11
MLWL	cm	-50.57
LLWL	cm	-90.00
Range	cm	127.42

4.3 Gelombang



Gambar 4. Fetch Lokasi Penelitian

Tabel 4. Perhitungan Jarak Fetch

Arah Mata Angin	(α)	Jarak Sebenarnya	Jarak Sebenarnya	Fc cos(α)	cos(α)	Feff
		(m)	(km)			(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	14990	0,00	0,000	0,985	
	-5	16687	0,00	0,000	0,996	
	0	18066	5,71	5,710	1	
	5	14770	6,22	6,196	0,996	
	10	16535	6,93	6,825	0,985	
	15	18948	8,17	7,892	0,966	
	20	200000	9,4	8,833	0,940	
TIMUR (E)	-20	7420	7,420	6,973	0,940	48,264
	-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	
TENGGARA (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	0	0	0	0,940	
BARAT DAYA (SW)	-20	0	0	0	0,940	24,793
	-15	0	0	0	0,966	
	-10	0	0	0	0,985	
	-5	0	0	0	0,996	
	0	0	0	0	1	
	5	0	0	0	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	0,000
BARAT (W)	-20	0	0,000	0,000	0,940	
	-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	
	-20	0	0,000	0,000	0,940	
BARAT LAUT (NW)	-15	0	0,000	0,000	0,966	0,000
	-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	
	-20	0	0,000	0,000	0,940	
	-15	0	0,000	0,000	0,966	
						Feff (total) 611,216
						Feff (dominan) 200

Dari hasil rekapitulasi arah, tinggi dan periode masing-masing *fetch* berdasarkan *Hindcasting Gelombang*, diperoleh nilai maksimum di arah timur dengan Tinggi Gelombang = 1,2 m dan Periode Gelombang (T) = 4,646 m.

4.4 Analisa Transformasi Gelombang

Tabel 5. Perhitungan Koefisien Refraksi

a_o	d	H0	T	Lo	d/Lo	d/L	L	Co	C	sin a	a	cos ao/cos a	Kr
45,00	25	1,2004	4,5654	32,5143	0,7689	0,7602	32,8861	7,1220	7,2034	0,7152	45,6590	0,9856	0,9928
45,66	20	1,1766	4,5439	32,2093	0,6209	0,6139	32,5786	7,0885	7,1697	0,7234	46,3352	0,9854	0,9927
46,34	15	1,1463	4,5133	31,7773	0,4720	0,4640	32,3276	7,0408	7,1627	0,7359	47,3850	0,9778	0,9889
47,38	10	1,0773	4,4304	30,6201	0,3266	0,3221	31,0463	6,9114	7,0076	0,7462	48,2589	0,9819	0,9909
48,26	5	0,9225	4,1757	27,2004	0,1838	0,1936	25,8264	6,5140	6,1850	0,7085	45,1107	1,0698	1,0343
45,11	1	0,7026	3,6517	20,8026	0,0481	0,0766	13,0548	5,6967	3,5750	0,4446	26,3982	1,7089	1,3072
26,40	0,5	0,7866	3,8849	23,5440	0,0212	0,0518	9,6525	6,0604	2,4846	0,1823	10,5025	2,5135	1,5854

Tabel 6. Perhitungan Koefisien Shoaling

Lo	d/Lo	d/L	L	n	Kr	Ks	H
32,5143	0,7689	0,7602	32,8861	0,5007	0,9928	0,9873	1,1766
32,2093	0,6209	0,6139	32,5786	0,5037	0,9927	0,9814	1,1463
31,7773	0,4720	0,4640	32,3276	0,5171	0,9889	0,9505	1,0773
30,6201	0,3266	0,3221	31,0463	0,5707	0,9909	0,8641	0,9225
27,2004	0,1838	0,1936	25,8264	0,7151	1,0343	0,7364	0,7026
20,8026	0,0481	0,0766	13,0548	0,9303	1,3072	0,8564	0,7866
23,5440	0,0212	0,0518	9,6525	0,9663	1,5854	1,2621	1,5740

Tabel 7. Perhitungan Koefisien Gelombang Pecah

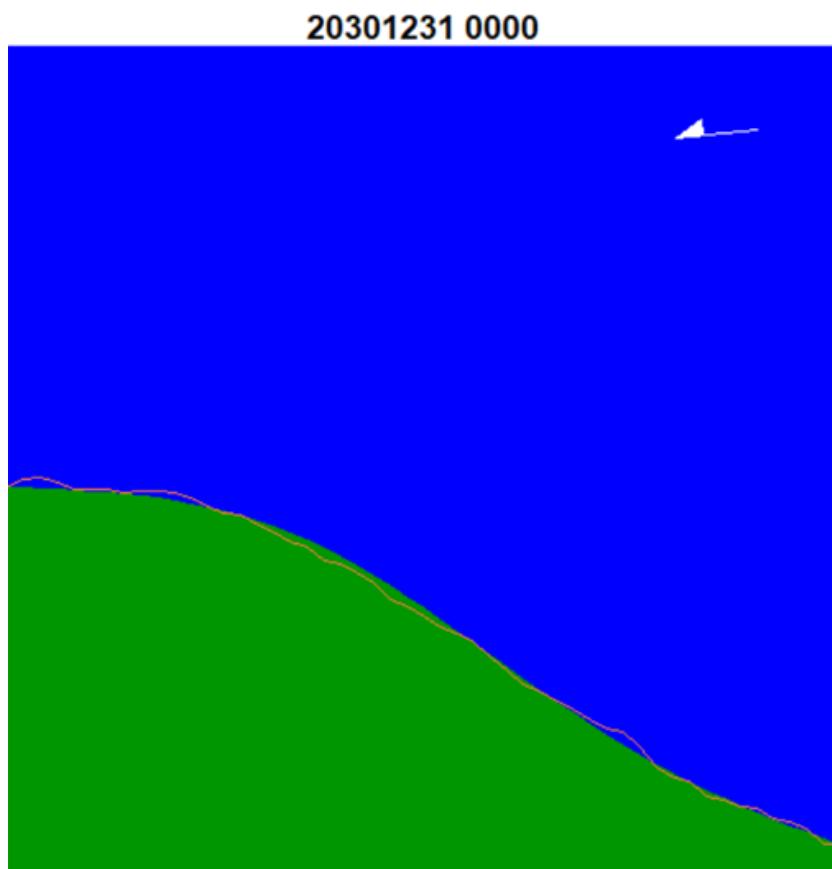
H'o	H'o/gT ²	m	Hb/H'o	Hb
1,2158	0,0059	0,056	1,20	1,4590
1,1989	0,0059	0,062	1,20	1,4387
1,2060	0,0060	0,076	1,21	1,4592
1,2468	0,0065	0,092	1,22	1,5211
1,2527	0,0073	0,102	1,175	1,4719
0,8204	0,0063	0,106	1,25	1,0255
0,6232	0,0042	0,108	1,33	0,8258

Perhitungan untuk mencari nilai db (kedalaman gelombang pecah) menggunakan grafik penentuan tinggi gelombang pecah (Triatmodjo, 1999) dan diperoleh nilai db = 1,605.

4.5 Pemodelan Perubahan Garis Pantai Menggunakan Aplikasi CEDAS-GENESIS

Berikut data – data yang dibutuhkan untuk proses *running* pada aplikasi:

1. Data Topografi dan Bathimetri diperoleh GEBCO menggunakan aplikasi *Global Mapper* dan dibuat dalam bentuk format .txt atau .xyz.
2. Data garis pantai diperoleh dari GEBCO menggunakan aplikasi *Global Mapper* dan dibuat dalam bentuk format .txt atau .xyz.
3. Data gelombang meliputi tahun, tanggal, waktu (t), tinggi (H0), periode (T0), dan arah gelombang (θ_0) sesuai dengan kebutuhan *running*.



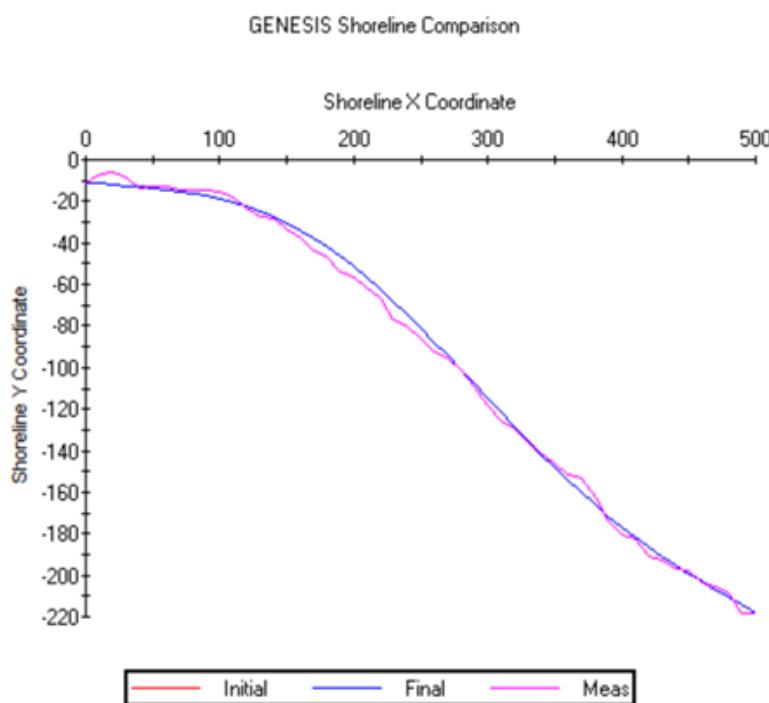
Gambar 5. Garis Pantai Setelah Perubahan

Model perubahan dibagi menjadi 5 interval, dari awal Uraian hasil keseluruhan posisi setiap koordinat yang mengalami abrasi atau sedimentasi dalam kurun waktu 5 tahun beserta perubahan satuan ukurannya(meter). Perubahan ini dibagi menjadi 5 interval periode tahunan hingga tahun ke-5.

SHORELINE POSITION AFTER 5 YEARS = 105120 TIME STEPS. DATE IS 20301231										
-10.97	-11.50	-12.02	-12.53	-13.04	-13.62	-14.34	-15.22	-16.26	-17.48	
-18.94	-20.65	-22.63	-24.91	-27.56	-30.59	-34.02	-37.81	-41.94	-46.47	
-51.40	-56.73	-62.43	-68.45	-74.71	-81.17	-87.81	-94.56	-101.40	-108.26	
-115.11	-121.93	-128.70	-135.36	-141.87	-148.22	-154.41	-160.39	-166.14	-171.64	
-176.89	-181.86	-186.57	-191.06	-195.33	-199.38	-203.23	-206.99	-210.69	-214.37	
-218.02										

Gambar 6. Posisi Garis Pantai Setelah 5 Tahun

Gambar 7. Perubahan Garis Pantai Setelah 5 Tahun



Gambar 8. Grafik *Running Shoreline*



Gambar 9. Overlay Perubahan Garis Pantai Selama 5 Tahun

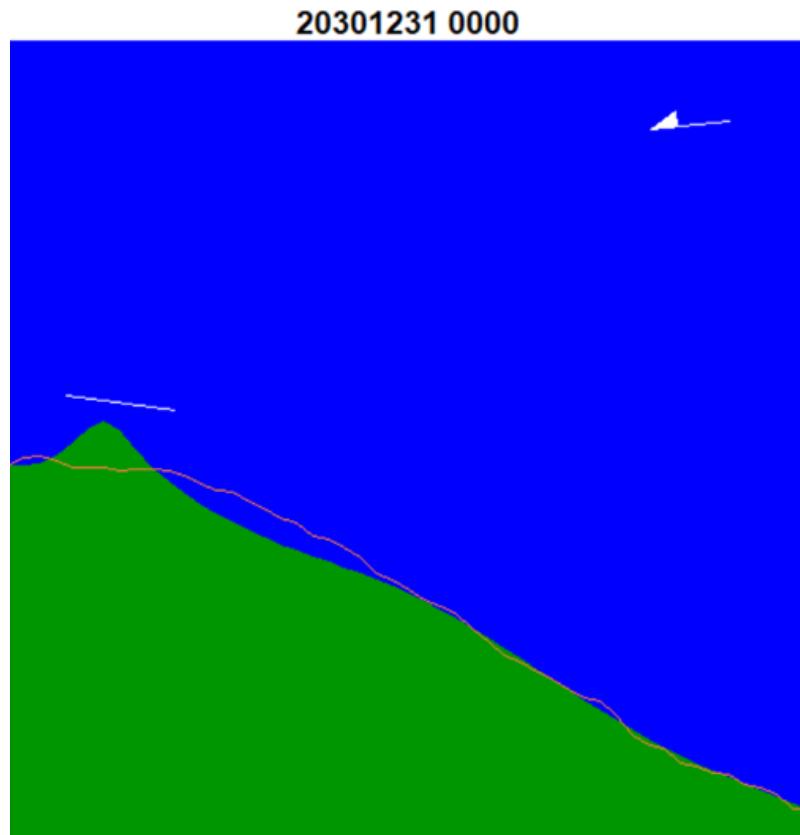
Dari hasil *running* menggunakan aplikasi CEDAS-GENESIS, diperoleh nilai gerusan maksimum ada pada koordinat $y = 160,39$ sepanjang 6,74 m dan endapan sedimentasi pada koordinat $y = 68,45$ sepanjang 8,4 m dengan nilai rata-rata keseluruhan untuk perubahan garis pantai adalah 0,959.

4.6 Penambahan Bangunan Breakwater dalam Simulasi Perubahan Garis Pantai

Direncanakan bangunan pengaman *detached breakwater* yang ditempatkan pada daerah gelombang pecah (db) pada kedalaman 1,605 m – 2,605, kemudian ditentukan:

- Jarak dari bibir pantai ke *breakwater* = 32 m.
- Panjang *breakwater* = 70 m

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



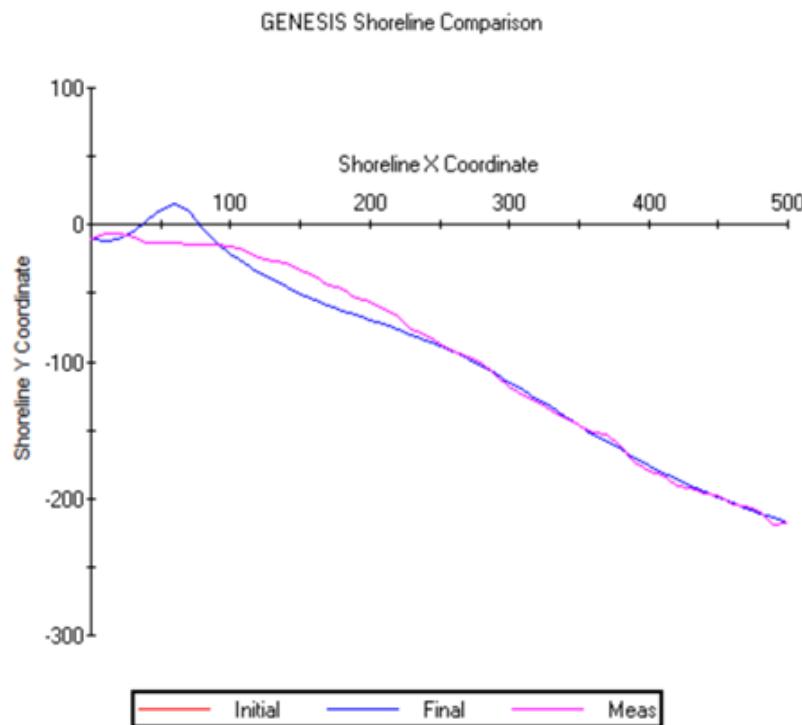
Gambar 10. Hasil Run 5 Tahun Pemodelan *Detached Breakwater*

SHORELINE	POSITION	AFTER	5	YEARS	=	87648	TIME	STEPS.	DATE	IS	20300101
-10.97	-10.37	-8.94	-6.71	-3.84	-0.62	2.44	4.78	6.04	5.93		
3.96	-0.23	-6.30	-13.15	-19.93	-26.41	-32.71	-38.93	-44.94	-50.56		
-55.92	-61.48	-67.67	-74.29	-80.49	-86.22	-91.58	-96.86	-102.80	-109.97		
-117.53	-124.27	-130.11	-135.67	-140.98	-146.02	-150.92	-156.27	-162.89	-168.71		
-171.39	-173.62	-178.61	-185.09	-191.58	-197.60	-202.88	-207.54	-211.59	-214.97		
-218.02											

Gambar 11. Posisi Garis Pantai Setelah 5 Tahun dengan Penambahan *Detached Breakwater*

SHORELINE	CHANGE	AFTER	5	YEARS	=	87648	TIME	STEPS.	DATE	IS	20300101
0.00	-3.53	-2.83	1.98	9.59	12.12	15.62	19.42	20.46	20.37		
19.48	17.77	17.00	13.99	8.17	7.11	4.74	4.58	1.97	3.56		
0.80	0.00	-0.65	2.56	-0.11	0.59	0.86	-0.60	-1.58	-0.12		
0.94	1.30	-0.52	0.36	0.07	0.11	0.49	-2.62	-0.41	5.11		
9.02	8.56	12.24	7.79	5.31	0.47	0.86	-2.08	-2.49	3.66		
0.00											

Gambar 12. Perubahan Garis Pantai Setelah 5 Tahun dengan Penambahan *Detached Breakwater*



Gambar 13. Grafik Running Shoreline Detached Breakwater



Gambar 14. Overlay Perubahan Garis Pantai dengan Detached Breakwater

Hasil *running* dengan penambahan *detached breakwater* menggunakan aplikasi CEDAS-GENESIS, diperoleh nilai gerusan maksimum ada pada koordinat $y = 10,37$ sepanjang $-3,53$ m dan endapan sedimentasi pada koordinat $y = 6,04$ sepanjang $20,46$ m dengan nilai rata-rata keseluruhan untuk perubahan garis pantai adalah $3,486$.

5. Kesimpulan dan Saran

5.1 Kesimpulan

- Setelah dilakukan simulasi perubahan garis pantai di Pantai Mangket menggunakan Aplikasi

CEDAS dengan modul NEMOS didapatkan nilai gerusan maksimum sebesar 6,74 m dengan koordinat $x = 350$, $y = 160,39$ dan nilai penambahan maksimum sebesar 8,4 m dengan koordinat $x = 230$, $y = 68,45$. Untuk nilai rata—rata setelah 5 tahun diperoleh 0,959.

2. Simulasi selanjutnya yaitu dengan menambahkan bangunan pengaman *detached breakwater* diperoleh nilai gerusan maksimum sebesar 3,53 m dengan koordinat $x = 150$, $y = 10,37$ dan nilai penambahan maksimum sebesar 20,46 m dengan koordinat $x = 52$, $y = 6,04$. Untuk nilai rata-rata setelah 5 tahun diperoleh 3,486 m.
3. Hasil simulasi antara peramalan 5 tahun tanpa penambahan bangunan pengaman dan dengan penambahan bangunan pengaman, menunjukkan bahwa untuk abrasi (gerusan), terjadi penurunan nilai yaitu sepanjang 3,21 m dan untuk akresi (endapan) terjadi penambahan nilai yaitu menjadi sepanjang 12,06 m. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa penambahan struktur *detached breakwater* mampu memaksimalkan akresi hingga 20,46 di area tertentu dan mengurangi erosi di sebagian wilayah. Meskipun masih terjadi abrasi di sisi samping struktur, namun *breakwater* masih bekerja cukup baik di lokasi-lokasi tertentu di sepanjang garis pantai dengan akresi terfokus di belakang struktur.

5.2 Saran

1. Untuk peneliti selanjutnya, dapat melakukan simulasi dalam kurun waktu yang lebih panjang dari 5 tahun untuk mendapatkan hasil *output* yang lebih banyak.
2. Terkait proses melengkapi data *running*, disarankan melakukan pengujian laboratorium agar mendapatkan hasil yang lebih baik.
3. Untuk pemodelan dengan penambahan bangunan pengaman pantai, disarankan untuk melakukan pengujian terhadap jenis-jenis bangunan pengaman selain *breakwater*.

Referensi

- CERC. (1984). Shore Protection Manual, Volume I. Department of The Army. Mississippi
- Dungus, O., Mamoto, J. D., Dundu, A. K. T. (2024). Analisis Pemodelan Perubahan Garis Pantai Menggunakan Aplikasi CEDAS NEMOS di Pantai Bahoi Kecamatan Likupang Barat. *TEKNO*. 22(90).
- Eryani, I. (2020). Karakteristik Dan Perencanaan Bangunan Pengaman Pantai. Warmadewa University Press. Denpasar.
- Gravens, Mark B., Nicholas C, Krauss and Hans Hanson. (1991). GENESIS: Generalized Model for Simulating Shoreline Change, Technical Report CERC. Department of The Army. Mississippi.
- Margotila, M. (2018). Pemodelan Perubahan Garis Pantai Watu Dodol Kabupaten Banyuwangi Menggunakan Model Numerik CEDAS-NEMOS. Skripsi Program S1 Teknik Sipil Universitas Jember. Jember.
- Sabatun, K. M. HI. (2024). Pemilihan Formasi Groin Seri Akibat Perubahan Garis Pantai Di Pantai Mahembang Kecamatan Kakas Kabupaten Minahasa Provinsi Sulawesi Utara. Tesis Program S2 Teknik Sipil Universitas Sam Ratulangi. Manado.
- Sulu, T.B., Thambas, A. H., & Mamoto, J. D. (2023). Studi Pengembangan Potensi Wilayah Pantai Mangket Kecamatan Kema Kabupaten Minahasa Utara. *TEKNO*. 21(86).
- Tantry, N., Thambas, A. H., & Jansen, T. (2021). Perubahan Garis Pantai Girian Bawah Kota Bitung Akibat Gelombang. *Jurnal Sipil Statik*. 29(1).
- 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. Beta Offset.
- Triatmodjo, B. (1999). Teknik Pantai. Beta Offset.
- Triatmodjo, B. (2012). Perencanaan Bangunan Pantai. 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).