

Computational modeling and simulation for shoreline change analysis and groin formation selection

Pemodelan Dan Simulasi Komputasi Untuk Analisis Perubahan Garis Pantai Dan Pemilihan Formasi Groin

Kurniawan Munirianto Hi. Sabatun, Ariestides K Torry Dundu, Arthur Harris Thambas
Pascasarjana Teknik Sipil, Universitas Sam Ratulangi Manado, Jl. Kampus Bahu St., 95115, Indonesia
e-mails : kurniawansabatun52@gmail.com, torry@unsrat.ac.id, arthur.thambas@unsrat.ac.id

Received: 06 August 2024 ; revised: 24 September 2024; accepted: 22 December 2024

Abstract — Mahembang Beach is part of Minahasa Regency which has an attraction as a domestic tourism destination. In this scientific work, modeling will be carried out in the GENESIS application using groins and see its effect on shoreline changes that will occur for the next 10 years at Mahembang beach. And also several groin formations will be carried out in the form of several variations based on the distance between groins and choose which variation has a balance between scour and sediment addition that occurs on Mahembang beach. Before using GENESIS for modeling, calculations were made to obtain the values of wave height and wave period. Then the wave data is used in the calculation of groin length and distance between groins. Then, the groin formation series was divided based on the distance between groins from variation I to variation V. The formation selection is done to see how far the shoreline changes that occur with several variations and see if in some of these variations there is an average value of shoreline changes closer to zero. The results of Variation IV modeling have an average value of -0.04 closer to zero than the actual distance with an average value of 0.11 m, which means that scour and addition are more balanced in Variation IV.

Key words— (Shoreline Change, Groin Formation, Mahembang Beach)

Abstrak — Pantai Mahembang merupakan bagian dari Kabupaten Minahasa yang mempunyai daya tarik sebagai tujuan pariwisata dalam negeri. Dalam karya ilmiah ini akan dilakukan pemodelan di aplikasi GENESIS dengan menggunakan groin dan melihat pengaruhnya terhadap perubahan garis pantai yang akan terjadi selama 10 tahun yang akan datang di pantai Mahembang. Dan juga akan dilakukan beberapa formasi groin yang berupa beberapa variasi berdasarkan jarak antar groin dan memilih variasi mana yang memiliki keseimbangan antara gerusan dan penambahan sedimen yg terjadi di pantai Mahembang. Sebelum menggunakan GENESIS untuk pemodelan, dilakukan perhitungan untuk mendapatkan nilai dari tinggi gelombang dan periode gelombang. Kemudian data gelombang tersebut digunakan dalam perhitungan panjang groin dan jarak antar groin. Kemudian dilakukan pembagian formasi groin seri berdasarkan jarak antar groin variasi I sampai variasi V. Pemilihan formasi dilakukan untuk melihat seberapa jauh perubahan garis pantai yang terjadi dengan beberapa variasi dan melihat apakah dalam beberapa variasi ini terdapat nilai rata-rata perubahan garis pantai lebih mendekati nol . Hasil Pemodelan Variasi IV memiliki nilai rata-rata -0.04 lebih mendekati angka nol dibandingkan jarak sebenarnya dengan

nilai rata-rata 0.11 m yang artinya gerusan dan penambahan lebih seimbang terjadi pada Variasi IV..

Kata kunci — Perubahan Garis Pantai, Formasi Groin, Pantai Mahembang.

I. PENDAHULUAN

Pantai Mahembang merupakan bagian dari Kabupaten Minahasa yang mempunyai daya tarik sebagai tujuan pariwisata dalam negeri. Gelombang yang besar yang terjadi akan berakibat terhadap perubahan garis pantai berupa gerusan atau penambahan sedimen sepanjang pantai. Pantai Mahembang merupakan salah satu pantai dengan gelombang laut yang cukup besar maka akan dilakukan simulasi dengan penambahan groin dan melihat seberapa pengaruhnya terhadap perubahan garis pantai. Penelitian ini bertujuan untuk Mengetahui secara perhitungan seberapa besar gelombang yg ada di pantai Mahembang berdasarkan data angin, Mengetahui perubahan garis pantai 10 tahun pada pantai Mahembang dengan menggunakan *Software Genesis*, Melakukan simulasi dengan penambahan groin dan melihat pengaruh nya terhadap garis pantai di pantai Mahembang, Melakukan simulasi groin berdasarkan Variasi jarak groin dan melihat pengaruhnya terhadap garis pantai di pantai Mahembang. Pantai Mahembang merupakan pantai wisata yang jika dibiarkan mengalami erosi akibat *transport sediment* tanpa ada penanganan yang tepat, maka nilai dari pantai mahembang sebagai pantai wisata akan berkurang. Penelitian ini diharapkan memiliki manfaat dalam rencana penanganan *transport sediment* yang terjadi di pantai mahembang.

Beberapa Penelitian sebelumnya juga digunakan sebagai acuan dalam penulisan karya tulis tesis ini, diantaranya Analisis Karakteristik Gelombang Dan Pasang Surut Pada Daerah Pantai Paal Kecamatan Likupang Timur Kabupaten Minahasa Utara[1]. Dalam penelitian ini dijelaskan bagaimana perhitungan karakteristik gelombang dalam menentukan tinggi gelombang, periode gelombang dan proses transformasi gelombang berupa gelombang pecah. Analisis Pengaruh *Breakwater Terhadap Transport Sediment* Pantai Sindulang 1 Sampai Tumumpa 2[2]. Dalam penelitian ini disimpulkan bahwa dalam simulasi percobaan variasi breakwater juga

berpengaruh terhadap perubahan garis pantai. Alternatif Bangunan Pengaman Pantai di Desa Saonek, Kabupaten Raja Ampat[3]. Kesimpulan dari penelitian ini adalah berubahnya garis pantai berbeda-beda tergantung pada jenis bangunan pengaman pantai. Analisis Pasang Surut Di Pantai Mahembang Kecamatan Kakas Kabupaten Minahasa Provinsi Sulawesi Utara[4]. Dari Penelitian ini di ambil beberapa parameter pasang surut untuk dilakukan *running* pada *Software Genesis* Dari beberapa penelitian diatas ditarik kesimpulan bahwa bangunan pengaman pantai selain groin juga berpengaruh terhadap perubahan garis pantai tergantung formasi bangunan tersebut maka dalam penelitian ini akan diuji beberapa formasi groin dan melihat pengaruhnya terhadap perubahan garis pantai serta keseimbangan yang terjadi antara gerusan dan penambahan sedimen sepanjang pantai. ada juga beberapa buku yang di gunakan sebagai referensi diantaranya buku Inovasi Pendidikan dan Teknologi[5], serta buku Kajian Daya Dukung dan Ekosistem Pulau Kecil[6].

A. Gelombang Laut

Gelombang laut adalah pergerakan turun dan naiknya permukaan air laut terhadap permukaan laut yang berbentuk kurva / grafik sinusoidal. Gelombang laut membentuk gelombang secara melintang (transversal) yang menciptakan puncak beserta lembah yang dibedakan dengan gelombang dengan arah rapatan dan regangan bernilai sama (Longitudinal). Gelombang secara melintang (transversal) mempunyai beberapa bentuk komponen tertentu.

Terciptanya gelombang laut disebabkan adanya perpindahan kekuatan dari hembusan angin terhadap permukaan laut. Transmisi gaya ini terus bergerak di permukaan laut, kemudian air laut bergerak sehingga menimbulkan gerakan melingkar di permukaan laut. Gaya gravitasi bulan dan matahari terhadap bumi juga mempengaruhi terbentuknya gelombang yang disebut gelombang pasang surut, serta gempa tektonik dan vulkanik dalam laut juga bisa menciptakan gelombang yang di sebut gelombang tsunami tapi fenomena ini jarang terjadi.

Energi yang ada pada gelombang laut bisa mempengaruhi bentuk dari pantai, menyebabkan proses *transport sediment* arah tegak lurus pantai serta *transport sediment* arah sejajar pantai, dan juga mengakibatkan bekerjanya gaya-gaya pada bangunan pantai yg ada di pantai tersebut. Gelombang juga adalah faktor penentu utama dalam manata dan merencanakan letak pelabuhan, jalur arah transportasi laut, perencanaan bangunan di pantai dan lainnya.

B. Konsep Gelombang Amplitudo Kecil (Airy)

Gelombang amplitudo kecil awalnya diajukan oleh Laplace (1776) kemudian dikembangkan oleh Sir George Biddle Airy (1845) sehingga teori gelombang ini sering disebut sebagai konsep gelombang amplitudo kecil (Airy). Konsep ini didapat dengan menyelesaikan persamaan diferensial parsial (Laplace) menggunakan kondisi batas sederhana yang bermacam-macam. Kondisi batas merupakan kondisi yang dimana domain perhitungan (area perhitungan) terbatas, maka dari itu

TABEL I
JENIS GELOMBANG MENURUT KEDALAMAN

Klasifikasi	d/L	$2\pi d/L$	$\tanh(2\pi d/L)$
Perairan dalam	$> 1/2$	$> \pi$	≈ 1
Perairan menengah	$1/25$ sampai $1/2$	$1/4$ sampai π	$\tanh(2\pi d/L)$
Perairan dangkal	$< 1/25$	$1/4$ sampai π	$\tanh(2\pi d/L)$

persamaan pada area perhitungan bisa terselesaikan. Dengan kondisi ini, dicarilah potensial kecepatan berkala yang pengaliran tak rotasionalnya terpenuhi. Potensial kecepatan ini lalu dipakai guna memperoleh rumus bermacam-macam karakteristik gelombang seperti cepat rambat gelombang, tekanan, kecepatan dan percepatan partikel, fluktuasi permukaan air, dan sebagainya.

Perbandingan antara kedalaman air dan panjang gelombang L (d/L) yang merupakan kedalaman relatif, gelombang laut dapat diklasifikasikan menjadi tiga jenis. Dapat terlihat pada tabel berikut ini.

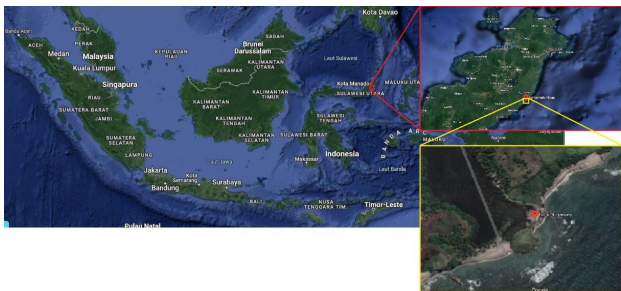
Persamaan dapat digunakan dengan metode iterasi jika periode gelombang dan kedalaman air diketahui. Untuk memudahkan perhitungan maka dapat digunakan tabulasi dari perbandingan kedalaman dengan panjang gelombang dari laut dalam. Berikut uraian gelombang dan rangkuman gelombang menurut kedalaman relatif, khususnya perbandingan panjang gelombang L dan kedalaman.

C. Peramalan Gelombang Laut (Wave Hindcasting)

Peramalan Gelombang Laut ialah teknik untuk meramalkan gelombang yang akan tiba memakai data angin terdahulu. Data angin ini bisa dipakai untuk memprediksi nilai periode dan tinggi gelombang laut. Meskipun ada berbagai faktor tapi hembusan angin paling mempengaruhi terjadinya gelombang laut. Kemudian pada area hembusan angin tersebut terjadilah fenomena perpindahan energi dari angin ke air. Permukaan air yang awalnya datar akan mempunyai riak-riak kecil. Jika kecepatan angin meningkat maka riaknya juga akan semakin besar dan kemudian membentuk gelombang laut. Jika angin berhembus dalam waktu lama, terbentuknya gelombang juga akan semakin membesar. Dari peramalan gelombang, dihasilkan periode (T) gelombang perkiraan dan tinggi (H) gelombang perkiraan yang diakibatkan adanya hembusan angin yang kencang dan arah dari angin serta periode tertentu. Maka dari itu, maksud dari peramalan gelombang adalah proses untuk mengalihragamkan (transformasi) data angin berubah ke data gelombang.

D. Angkutan Sedimen Pantai

Angkutan sedimen yang ada pantai sangat dinamis karena arus sejajar pada pantai menggabungkan osilasi gelombang dengan aliran searah. Kombinasi arus ini ditambah dengan turbulensi yang ditolak oleh gelombang ombak pecah menyebabkan terjadi angkutan sedimen di pantai. *Transport sediment* pantai bisa dikategorisasi menjadi *transport* menuju area pantai dan meninggalkan area pantai (*onshore-offshore transport*) serta *transport* sepanjang area pantai (*longshore*



Gambar 1. Lokasi Studi

transport). *Transport sediment* menuju dan meninggalkan pantai ini memiliki arah rata-rata tegak lurus dari garis pantai dan rata-rata sejajar area pantai.

E. Bangunan Pengaman Pantai Groyne

Groyne merupakan struktur yang melindungi pantai yang umumnya dibangun tegak lurus sepanjang garis pantai. Fungsinya adalah mencegah transportasi sedimen sepanjang area pantai, sehingga mencegah atau menghentikan terjadinya erosi. Bangunan groyne juga dapat digunakan untuk mencegah sedimen masuk ke arah pelabuhan ataupun ke mulut sungai.

II. METODOLOGI PENELITIAN

A. Lokasi Penelitian

Pantai mahembang masuk di dalam wilayah Kecamatan Kakas Kabupaten Minahasa Provinsi Sulawesi Utara, yang terletak antara 1°04'29LU dan 124°58'19'BT seperti pada gambar 1.

B. Metode Penelitian

Metodologi Penelitian merujuk pada serangkaian metode sistematis yang digunakan untuk mengumpulkan, menganalisis, dan menyajikan data dalam rangka memecahkan suatu masalah atau membuktikan sebuah hipotesis. Sebelum melakukan simulasi pada *Software Genesis*, akan dilakukan terlebih dahulu pemilihan lokasi dan mengidentifikasi masalah pada lokasi tersebut, kemudian mengumpulkan beberapa data yang akan digunakan dalam perhitungan, dari data-data yang terkumpul akan diolah menjadi data yang nanti akan digunakan dalam pemodelan *Software Genesis* untuk mendapatkan hasil perubahan garis pantai selama 10 tahun.

C. Tinjau Lokasi

Tinjau Lokasi dilakukan untuk mengidentifikasi masalah gelombang besar yang terjadi di pantai tersebut dan berakibat pada perubahan garis pantai. Dalam penelitian ini pantai Mahembang dipilih sebagai pantai yang akan diteliti karena pantai ini memiliki gelombang laut yang cukup tinggi berdasarkan pengamatan langsung dan dikhawatirkan akan ada perubahan garis pantai yang signifikan yang akan terjadi.

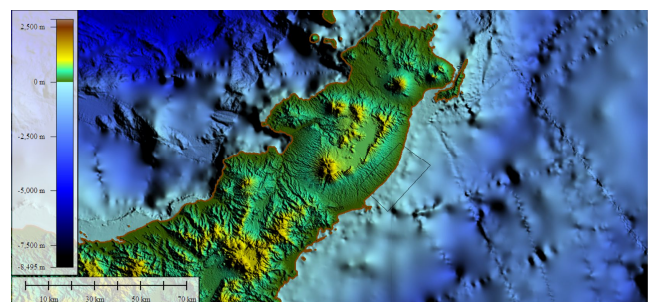
D. Pengumpulan data

Pengumpulan data ini dilaksanakan dengan cara mengambil data-data terdahulu dan beberapa data dari *software* penunjang serta data-data dari internet. Data-data yang dimaksud meliputi data kecepatan angin untuk peramalan gelombang minimal data bulanan 10 tahun dari tahun 2013 sampai tahun

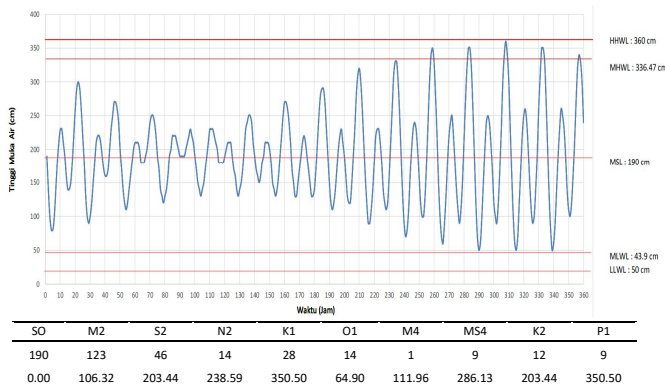


Gambar 2. Bagan Alir Studi

2022, peta lokasi untuk mengetahui panjang *fetch* tiap arah utama sehingga dalam perhitungan *fetch* memerlukan peta lokasi, foto citra satelit untuk mengetahui gambaran bentuk dari garis pantai yang diteliti dengan menggunakan aplikasi *Google Earth*, data batimetri untuk perhitungan karakteristik gelombang dan pemodelan laut dalam aplikasi *Genesis*, data pasang surut guna mengetahui *Mean Sea Level (MSL)* yang nantinya akan digunakan dalam proses running aplikasi *Genesis*, data pasang surut ini akan penulis ambil dari jurnal yang sudah meneliti tentang pasang surut di pantai Mahembang agar lebih mudah dalam pengerjaan tesis ini.



Gambar 3. Batimetri dan Topografi Pantai Mahembang



Gambar 4. Grafik Pasang Surut dan Komponen Harmonik Pantai Mahembang[4]

E. Bagan Alir Studi

Bagan alir digunakan untuk sebagai patokan dalam proses penelitian ini seperti ditunjukkan pada gambar 2.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam penelitian ini diperlukan beberapa data yang akan digunakan sebagai berikut :

A. Data Batimetri

Data batimetri dan topografi pantai mahembang diambil dari DEMNAS (*Seamless Digital Elevation Model [DEM]* dan Batimetri Nasional) dan diolah menggunakan *Software Global Mapper*.

B. Data Pasang Surut

Komponen harmonik juga dapat digunakan untuk menentukan nilai *MSL* (*Mean Sea Level*), *LLWL* (*Lowest Low Water Level*), dan *HHWL* (*Highest High Water Level*), seperti yang ditunjukkan sebagai berikut.

- 1) *HHWL* : 3.60 m
- 2) *MHWL* : 3.37 m
- 3) *MSL* : 1.90 m
- 4) *MLWL* : 0.44 m
- 5) *LLWL* : 0.5 m

Data pasang surut digunakan untuk menentukan ketinggian air laut terendah absolut dan pola pasang surutnya. Posisi surut terendah, berdasarkan pola pasang surut lokal, kemudian digunakan sebagai referensi untuk menetapkan elevasi kontur tanah dan elevasi semua struktur.

C. Data Angin

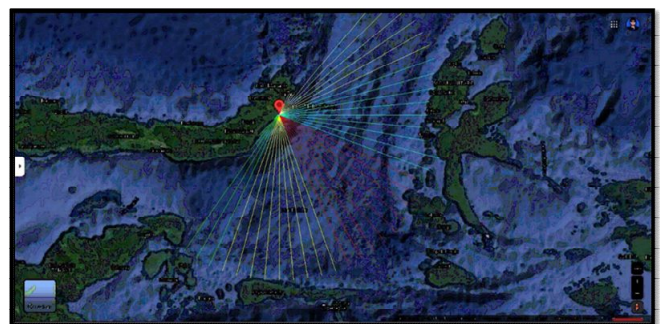
Data angin yang akan digunakan dalam peramalan gelombang adalah data angin harian selama 10 tahun yaitu tahun 2013 sampai tahun 2022 untuk pantai mahembang. Penggunaan data angin tahunan diperlukan untuk menghitung pembangkitan gelombang di lokasi di mana struktur perlindungan pantai akan dibangun. Data tersebut dapat diperoleh melalui pengukuran langsung di atas permukaan laut atau di daratan dekat lokasi perencanaan. Data angin disajikan pada tabel 4.3, yang telah dirangkum sebagai frekuensi kejadian angin.

TABEL II
DATA KECEPATAN DAN ARAH ANGIN FEBRUARI TAHUN 2020

No	Tanggal	Arah (Derajat)	Arah	Kec (m/det)
1	1-Feb-2020	96.12	E	6.84
2	2-Feb-2020	67.56	ENE	5.76
3	3-Feb-2020	126.94	SE	10.80
4	4-Feb-2020	17.12	NNE	6.44
5	5-Feb-2020	53.75	NE	5.37
6	6-Feb-2020	323.81	NW	4.69
7	7-Feb-2020	167.69	SSE	4.35
8	8-Feb-2020	137.81	SE	3.72
9	9-Feb-2020	28.31	NNE	6.69
10	10-Feb-2020	47.12	NE	5.92
11	11-Feb-2020	32.38	NNE	7.08
12	12-Feb-2020	12.69	NNE	7.16
13	13-Feb-2020	84.31	E	5.83
14	14-Feb-2020	38.62	NE	5.18
15	15-Feb-2020	44.12	NE	7.07
16	16-Feb-2020	29.38	NNE	6.66
17	17-Feb-2020	35.62	NE	6.16
18	18-Feb-2020	36.5	NE	5.41
19	19-Feb-2020	12.38	NNE	6.48
20	20-Feb-2020	24.81	NNE	9.67
21	21-Feb-2020	17.06	NNE	8.02
22	22-Feb-2020	11.62	NNE	6.85
23	23-Feb-2020	19.44	NNE	8.05
24	24-Feb-2020	19.06	NNE	6.12
25	25-Feb-2020	62.69	ENE	5.12
26	26-Feb-2020	37.94	NE	7.38
27	27-Feb-2020	72.44	ENE	5.66
28	28-Feb-2020	151.75	SSE	5.86
29	29-Feb-2020	15.81	NNE	6.41

D. Fetch

Untuk menghitung prakiraan gelombang, diperlukan panjang *fetch* efektif. Perhitungan panjang *fetch* efektif ini menggunakan peta topografi pantai Mahembang. Peta yang



Gambar 5. Fetch Pantai Mahembang

digunakan dalam perencanaan ini diperoleh dari sumber berskala melalui *Google Earth*. Fetch yang dianalisis untuk prediksi gelombang hanya berkaitan dengan arah angin yang mempengaruhi pantai Mahembang.

Berikut ini merupakan metodologi yang digunakan untuk menghitung panjang efek *fetch* :

- 1) Memanfaatkan aplikasi *Google Earth* untuk mendapatkan peta wilayah pesisir Mahembang dan menetapkan arah angin sebagai titik fokus pertimbangan. Garis arah angin dominan ditentukan sebagai radial pusat.
- 2) Selama perhitungan ini, sebuah sudut dibuat dari radial pusat ke arah kedua sisi garis pengambilan dengan interval 5° hingga 20° .
- 3) Konfirmasikan bahwa koordinat lokasi telah sesuai dengan koordinat yang ditampilkan di peta Anda.
- 4) Ukurlah garis tekuk hingga mencapai medan atau batas yang ada di peta Anda, dengan menggunakan perangkat lunak *AutoCAD* untuk mendapatkan jarak yang akurat.

Dari perhitungan yang dilakukan, didapatkanlah *Fetch* efektif adalah 1218.993 Km.

TABEL III

REKAPITULASI ARAH, TINGGI, DAN PERIODE GELOMBANG TAHUN 2013-2022

Arah Mata Angin	(α)	Jarak Sebenarnya (m)	Jarak Sebenarnya (km)	Fcos(α)	cos(α)	Feff (km)
UTARA (N)	-20	2341	2.341	2.200	0.940	4.048
	-15	2510	2.510	2.425	0.966	
	-10	2590	2.590	2.550	0.985	
	-5	2728	2.728	2.717	0.996	
	0	2715	2.715	2.715	1	
	5	3786	3.786	3.771	0.996	
	10	4730	4.730	4.658	0.985	
	15	5477	5.477	5.291	0.966	
	20	9775	9.775	9.186	0.940	
TIMUR LAUT (NE)	-20	43727	43.727	41.090	0.940	216.326
	-15	46596	46.596	45.008	0.966	
	-10	47666	47.666	46.941	0.985	
	-5	300000	300	298.858	0.996	
	0	300000	300	300.000	1	
	5	300000	300	298.858	0.996	
	10	300000	300	295.442	0.985	
	15	300000	300	289.778	0.966	
	20	300000	300	281.908	0.940	
TIMUR (E)	-20	300000	300	281.908	0.940	282.418
	-15	293133	293.133	283.145	0.966	
	-10	288683	288.683	284.297	0.985	
	-5	272967	272.967	271.928	0.996	
	0	268802	268.802	268.802	1	
	5	260541	260.541	259.550	0.996	
	10	269108	269.108	265.020	0.985	
	15	300000	300	289.778	0.966	
	20	290836	290.836	273.296	0.940	
TENGGERA (SE)	-20	272467	272.467	256.035	0.940	292.633
	-15	273928	273.928	264.594	0.966	
	-10	286215	286.215	281.866	0.985	
	-5	300000	300	298.858	0.996	
	0	300000	300	300.000	1	
	5	300000	300	298.858	0.996	
	10	300000	300	295.442	0.985	
	15	300000	300	289.778	0.966	
	20	300000	300	281.908	0.940	
SELATAN (S)	-20	300000	300	281.908	0.940	300
	-15	300000	300	289.778	0.966	
	-10	300000	300	295.442	0.985	
	-5	300000	300	298.858	0.996	
	0	300000	300	300.000	1	
	5	300000	300	298.858	0.996	
	10	300000	300	295.442	0.985	
	15	300000	300	289.778	0.966	
	20	300000	300	281.908	0.940	
BARAT DAYA (SW)	-20	300000	300	281.908	0.940	118.129
	-15	300000	300	289.778	0.966	
	-10	300000	300	295.442	0.985	
	-5	80279	80.279	79.974	0.996	
	0	53450	53.450	53.450	1	
	5	11369	11.369	11.326	0.996	
	10	10916	10.916	10.750	0.985	
	15	8196	8.196	7.917	0.966	

BARAT (W)	20	6202	6.202	5.828	0.940	3.262
	-20	5020	5.020	4.717	0.940	
	-15	4243	4.243	4.098	0.966	
	-10	3698	3.698	3.642	0.985	
	-5	3300	3.300	3.288	0.996	
	0	3000	3.000	3.000	1	
	5	2769	2.769	2.759	0.996	
	10	2590	2.590	2.550	0.985	
	15	2450	2.450	2.366	0.966	
BARAT LAUT (NW)	20	2341	2.341	2.199	0.940	2.176
	-20	2258	2.258	2.121	0.940	
	-15	2196	2.196	2.121	0.966	
	-10	2154	2.154	2.121	0.985	
	-5	2129	2.129	2.121	0.996	
	0	2121	2.121	2.121	1	
	5	2129	2.129	2.121	0.996	
	10	2154	2.154	2.121	0.985	
	15	2196	2.196	2.121	0.966	
					Feff (total)	1218.993
					Feff (dominan)	300

E. Tinggi Gelombang Laut Dalam

Analisis pola gelombang di laut terbuka didasarkan pada data angin, yang berfungsi sebagai pembangkit gelombang bersama dengan area *fetch*. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa perhitungan *fetch* dapat digunakan untuk menguraikan tinggi dan periode gelombang. Yang digunakan dalam perhitungan ini adalah kecepatan angin bulanan maksimum dari arah yang berpengaruh, yaitu timur laut, timur, tenggara, dan barat daya.

Tabel di atas adalah tabel rekapitulasi yang menunjukkan arah, tinggi, dan periode gelombang untuk masing-masing *fetch* berdasarkan analisis Wave Hindcasting 2013 - 2022.

Dalam perhitungan tinggi gelombang, faktor koreksi diperhitungkan. Faktor penyesuaian untuk perbedaan pencatatan data angin di darat dan di laut dinyatakan sebagai (RL=UW/UL) serta faktor perbedaan temperatur ikut dipertimbangkan. Perbedaan data angin dapat dilihat dari grafik yang dihasilkan dari penelitian yang dilakukan (SPM, 1984). Mengingat bahwa perbedaan suhu tidak terlalu besar, faktor koreksi yang disarankan adalah 1.

TABEL IV
REKAPITULASI ARAH, TINGGI, DAN PERIODE GELOMBANG TAHUN 2013-2022

Bulan	H - T	Arah Datang Gelombang										Max Tiap Bulan	
		NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	Arah	H - T
JANUARI	H (m)	1.430	-	0.942	1.118	-	-	-	1.029	1.144	1.111	NE	1.430
	T (det)	5.034	-	4.157	4.497	-	-	-	4.328	4.544	4.483		5.034
FEBRUARI	H (m)	1.137	-	-	-	1.506	1.048	-	1.248	1.188	0.822	SE	1.506
	T (det)	4.532	-	-	-	5.154	4.365	-	4.729	4.624	3.906		5.154
MARET	H (m)	1.330	-	1.048	-	1.048	0.952	1.111	1.075	-	1.188	NE	1.330
	T (det)	4.869	-	4.365	-	4.365	4.177	4.483	4.418	-	4.624		4.869
APRIL	H (m)	0.971	0.991	-	-	0.703	-	0.858	0.901	0.952	-	ENE	0.991
	T (det)	4.216	4.255	-	-	3.636	-	3.984	4.073	4.177	-		4.255
MEI	H (m)	0.858	-	0.717	-	-	1.056	0.889	0.971	-	0.901	SSE	1.056
	T (det)	3.984	-	3.669	-	-	4.381	4.049	4.216	-	4.073		4.381
JUNI	H (m)	-	-	-	-	-	1.144	1.170	-	1.010	-	S	1.170
	T (det)	-	-	-	-	-	4.544	4.591	-	4.293	-		4.591
JULI	H (m)	-	-	-	-	-	-	1.224	1.163	1.468	-	SW	1.468
	T (det)	-	-	-	-	-	-	4.688	4.579	5.095	-		5.095
AGUSTUS	H (m)	-	-	-	-	-	1.248	1.248	1.248	-	-	S	1.248
	T (det)	-	-	-	-	-	4.729	4.729	4.729	-	-		4.729
SEPTEMBER	H (m)	-	-	-	-	-	1.118	1.373	1.188	0.952	-	S	1.373
	T (det)	-	-	-	-	-	4.497	4.941	4.624	4.177	-		4.941
OKTOBER	H (m)	-	-	-	-	-	-	-	1.334	0.991	0.834	SSW	1.334
	T (det)	-	-	-	-	-	-	-	4.875	4.255	3.933		4.875
NOVEMBER	H (m)	1.075	-	-	-	-	-	0.790	1.075	-	0.757	SSW	1.075
	T (det)	4.418	-	-	-	-	-	3.835	4.418	-	3.761		4.418
DESEMBER	H (m)	1.075	-	0.802	-	1.084	0.585	-	0.802	0.846	0.922	SE	1.084
	T (det)	4.418	-	3.863	-	4.433	3.343	-	3.863	3.959	4.117		4.433
MAX TIAP ARAH	H (m)	1.430	0.991	1.048	1.118	1.506	1.248	1.373	1.334	1.468	1.188	SE	1.506
	T (det)	5.034	4.255	4.365	4.497	5.154	4.729	4.941	4.875	5.095	4.624		5.154

F. Analisa Transformasi Gelombang

Perubahan bentuk dan arah penjalaran gelombang yang menjalar dari perairan laut dalam menuju pantai disebut transformasi gelombang. Proses transformasi gelombang berupa proses refraksi, refleksi, difraksi, shoaling, dan gelombang pecah. Proses – proses tersebut mempunyai pengaruh yang cukup besar terhadap tinggi dan arah gelombang serta distribusi energi gelombang di sepanjang pantai (Triatmodjo, 1999).

1) Koefisien Refraksi

Koefisien refraksi untuk gelombang laut bergantung pada perbedaan kecepatan gelombang di kedua medium. Perbedaan kecepatan ini biasanya disebabkan oleh perbedaan dalam kepadatan air atau kedalaman air. Namun, dalam konteks gelombang laut, konsep koefisien refraksi mungkin tidak diterapkan secara langsung seperti dalam optik.

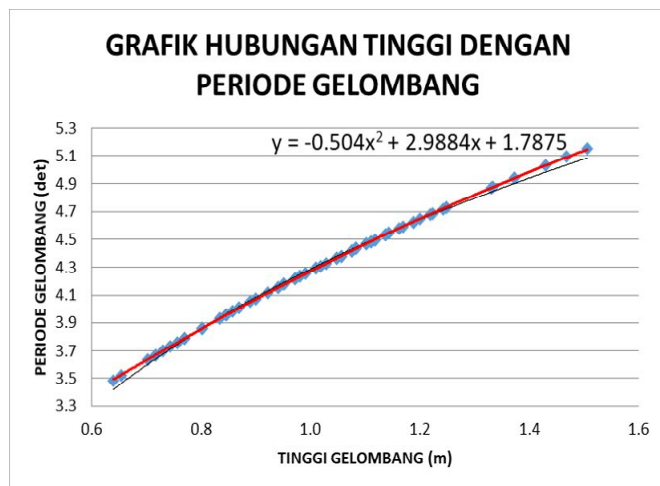
Langkah – langkah perhitungan untuk mendapatkan koefisien refraksi :

- Tentukan sudut datang gelombang (α)
Sudut datang gelombang (α) = 30°
- Tentukan kedalaman (d), untuk mengetahui perubahan tinggi gelombang akibat pendangkalan.
- Kedalaman diambil mulai dari -25 m sampai -1 m
- Tentukan tinggi dan periode gelombang rencana (yang paling maksimum dari arah tinjauan)

Untuk memperoleh periode gelombang maksimum berdasarkan perubahan kedalaman, maka dibuat hubungan antara tinggi gelombang maksimum dan periode gelombang maksimum (10 tahun data masukan) yang telah dihitung dengan metode hindcasting untuk mendapatkan persamaan dari grafik hubungan pada Gambar 6..

Gambar 6. Hubungan Tinggi Dengan Periode Gelombang

Setelah mendapatkan persamaan grafik hubungan tinggi gelombang dan periode gelombang, kemudian bisa didapatkan nilai periode dengan menggunakan rumus y di atas. Setelah perhitungan periode gelombang, selanjutnya mencari nilai dari Panjang gelombang laut dalam dan mendapatkan nilai alfa. Kemudian dilanjutkan dengan pencarian nilai d/L menggunakan tabel yang ada pada buku Teknik Pantai Triatmodjo. Parameter-parameter di atas di hitung menggunakan excel yang hasilnya seperti pada tabel V.



TABEL V
PERHITUNGAN KOEFISIEN REFRAKSI

a_0	d	H_0	T	L_0	d/L_0	d/L	L	C_0	C	$\sin \alpha$	a	$\frac{\cos \alpha}{\sin \alpha}$	Kr
30.00	25	1.5058	5.1446	41.2885	0.6055	0.6061	41.2473	8.0256	8.0176	0.4995	29.9670	1.0011	1.0006
29.97	20	1.4968	5.1314	41.0761	0.4869	0.4890	40.8998	8.0049	7.9706	0.4974	29.8253	1.0048	1.0024
29.83	15	1.4681	5.0884	40.3916	0.3714	0.3779	39.6930	7.9379	7.8007	0.4888	29.2588	1.0194	1.0096
29.26	10	1.3937	4.9735	38.5877	0.2592	0.2755	36.2976	7.7587	7.2982	0.4597	27.3709	1.0690	1.0339
27.37	5	1.2583	4.7499	35.1956	0.1421	0.1758	28.4414	7.4098	5.9878	0.3715	21.8095	1.2550	1.1203
21.81	1	1.1698	4.5937	32.9190	0.0304	0.0707	14.1443	7.1661	3.0791	0.1596	9.1855	2.3743	1.5409
9.19	0.5	2.2320	5.9468	55.1678	0.0091	0.0376	13.3156	9.2769	2.2391	0.0385	2.2081	4.1599	2.0396

2) Koefisien Shoaling

TABEL VI
PERHITUNGAN KOEFISIEN SHOALING

L_0	d/L_0	d/L	L	n_0	n	Kr	Ks	H
41.288	0.605	0.606	41.247	0.5	0.503	1.001	0.993	1.496
41.076	0.486	0.489	40.899	0.5	0.513	1.002	0.978	1.468
40.391	0.371	0.377	39.693	0.5	0.541	1.009	0.940	1.393
38.587	0.259	0.275	36.297	0.5	0.608	1.033	0.873	1.258
35.195	0.142	0.175	28.441	0.5	0.745	1.120	0.829	1.169
32.919	0.030	0.070	14.144	0.5	0.939	1.540	1.238	2.232
55.167	0.009	0.037	13.315	0.5	0.981	2.039	2.109	9.604

Koefisien *shoaling* atau koefisien pendangkalan mengacu pada faktor yang digunakan untuk mengukur perubahan kecepatan gelombang saat gelombang laut mendekati pantai dan air menjadi lebih dangkal. Ketika gelombang laut bergerak dari perairan dalam ke perairan dangkal, panjang gelombangnya biasanya menjadi lebih pendek dan kecepatannya meningkat. Koefisien shoaling adalah rasio antara kecepatan gelombang di perairan dalam dengan kecepatan gelombang di perairan dangkal. Perubahan kecepatan ini mempengaruhi karakteristik gelombang laut saat mendekati pantai, termasuk ketinggian dan energi gelombang.

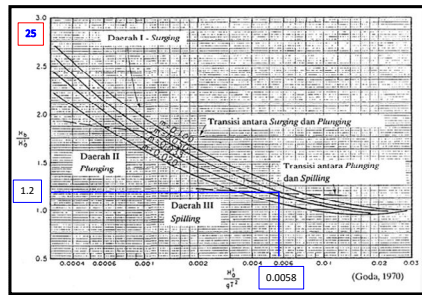
3) Gelombang Pecah

Gelombang pecah dapat terjadi dalam berbagai kondisi, seperti ketika ombak besar bertabrakan dengan pantai yang curam, membentuk ombak yang lebih kecil dan lebih pendek yang disebut "ombak pecah". Gelombang pecah juga dapat terjadi di daerah perairan yang dangkal, seperti muara sungai, atau di sekitar rintangan alamiah seperti pulau atau karang, di mana perubahan dalam kedalaman air menyebabkan perubahan dalam perilaku gelombang laut. Proses perhitungan dilakukan dengan menggunakan grafik yang tersedia, khususnya grafik yang menunjukkan korelasi antara H'_0/gT^2 .

Nilai H_b diperoleh dari hasil plot antara nilai H'_0/gT^2 dan kemiringan pantai (m) pada grafik yang diberi label "Penentuan Tinggi Gelombang". Kemiringan pantai dapat dihitung dengan menggunakan rumus trigonometri sederhana yang melibatkan perbedaan ketinggian dan jarak horizontal antara dua titik pada pantai.

Dengan bantuan aplikasi *ArcMap* maka didapat nilai (m) sebagai berikut :

- kedalaman 25m, nilai (m) --> 0.049
- kedalaman 20m, nilai (m) --> 0.049
- kedalaman 15m, nilai (m) --> 0.053
- kedalaman 10m, nilai (m) --> 0.035
- kedalaman 5m, nilai (m) --> 0.024
- kedalaman 1m, nilai (m) --> 0.034



Gambar 7. Grafik Penentuan Tinggi Gelombang Pecah

TABEL VII
PERHITUNGAN GELOMBANG PECAH

H ₀	H ₀ /gT ²	m	H _b /H ₀	H _b
1.5156	0.0058	0.049	1.20	1.8188
1.5297	0.0059	0.049	1.21	1.8510
1.5613	0.0061	0.053	1.21	1.8891
1.5960	0.0066	0.035	1.15	1.8354
1.5163	0.0069	0.024	1.03	1.5618
0.9448	0.0046	0.034	1.22	1.1526
1.0579	0.0030	0.033	1.29	1.3648

Selanjutnya plot pada grafik di atas untuk $H_0/gT^2 = 0.0058$ dan $m = 0.049$

Selanjutnya, dibuatlah grafik untuk menggambarkan hubungan antara ketinggian, kedalaman, dan sudut gelombang yang datang.

Berdasarkan grafik (Gambar 8.), bisa didapatkan nilai tinggi gelombang pecah adalah 1.4m, kedalaman gelombang pecah adalah 3.9m dan sudut datangnya gelombang adalah 17°.

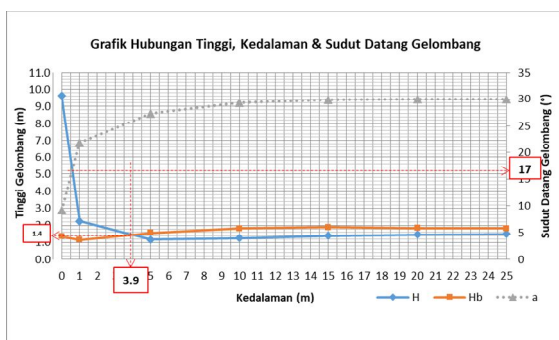
G. Perhitungan Transpor Sedimen

Dari perhitungan gelombang diatas, didapatkan data karakteristik gelombang sebagai berikut :

1. Tinggi Gelombang (H₀) : 1.506 m
2. Periode Gelombang (T₀) : 5.154 det
3. Koefisien Refraksi (K_r) : 1.0006
4. Sudut Datang Gelombang (α) : 17°
5. Cepat Rambat Gelombang (C₀) : 8.026 m/det

Formula yang digunakan untuk menghitung pengangkutan sedimen sepanjang pantai adalah berdasarkan perhitungan dari Coastal Engineering Research Center (CERC).

$$S = 0.014 \times 10^6 \times H_0^2 \times C_0 \times K_r^2 \times \sin(\alpha) \times \cos(\alpha)$$



Gambar 8. Grafik Hubungan Tinggi, Kedalaman & Sudut Datang Gelombang

Dengan demikian, untuk mengkalkulasi total transportasi sedimen per tahun (S), dapat diaplikasikan formula yang dikembangkan oleh CERC, yaitu:

$$S = 0.014 \times 10^6 \times 1.506^2 \times 8.026 \times 1.0006^2 \times \sin 17^\circ \times \cos 17^\circ$$

$$S = 71034.18 \text{ m}^3/\text{tahun}$$

H. Layout Rencana Groin

Dalam tahap perencanaan konstruksi groin, sangat penting untuk menetapkan parameter-parameter yang krusial bagi perhitungan struktural. Parameter tersebut harus ditentukan berdasarkan hasil perhitungan terdahulu atau dapat bersumber dari studi penelitian dan literatur yang relevan.

Parameter-parameter yang akan digunakan dalam perencanaan ini adalah elevasi muka air laut dan nilai tinggi dan periode gelombang.

- 1) Elevasi muka air tanah :

- a HHWL (Muka air laut tinggi tertinggi) adalah 360 cm
- b MHWL (Muka air laut tinggi rata-rata) adalah 337 cm
- c MSL (Muka air laut rata-rata) adalah 190 cm
- d MLWL (Muka air laut rendah rata-rata) adalah 43.9 cm
- e LLWL (Muka air laut rendah terendah) adalah 50 cm

- 2) Nilai tinggi dan periode gelombang :

- a Tinggi Gelombang (H₀) : 1.506 m
- b Periode Gelombang (T₀) : 5.154 det
- c Kedalaman Gelombang Pecah (db) : 3.9 m
- d Kemiringan dasar pantai (m) : 0.024

Dari parameter yang sudah ada di atas, selanjutnya akan dilakukan perhitungan layout groin berupa lebar Surfzone, panjang groin, dan jarak antar groin.

$$\begin{aligned} \text{Lebar Surfzone} &= db / m \\ &= 3.9 / 0.024 \\ &= 162.5 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Panjang Groin} &= 40\% \times \text{Lebar Surfzone} \\ &= 40\% \times 162.5 \text{ m} \\ &= 65 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jarak Antar Groin} &= 3 \times \text{Panjang Groin} \\ &= 3 \times 65 \text{ m} \\ &= 195 \text{ m} \end{aligned}$$

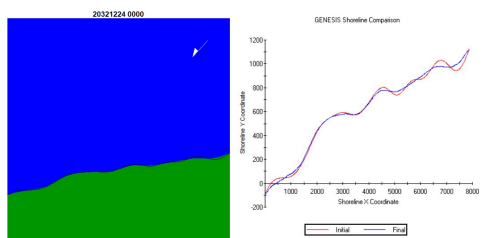
Dari perhitungan di atas maka didapat lebar surfzone adalah 80 meter, panjang groin adalah 65 meter dan jarak antar groin adalah 195 meter.

I. Pemodelan Perubahan Garis Pantai Menggunakan Software Genesis Selama 10 Tahun

Perubahan garis pantai akan ditunjukkan melalui animasi model, dan data output dari hasil analisis akan memberikan rincian perubahan koordinat garis pantai yang terjadi. Penelitian ini memodelkan perubahan garis pantai dalam periode waktu 10 tahun. Data hasil penelitian akan menampilkan selisih antara garis pantai awal dan garis pantai setelah simulasi perubahan selama kurun waktu tersebut. Jika selisih menunjukkan nilai positif (+), maka terjadi akresi atau penambahan garis pantai. Sebaliknya, jika selisih bernilai negatif (-), berarti telah terjadi abrasi atau pengurangan garis pantai.

1) Hasil Pemodelan Perubahan Garis Pantai

Simulasi awal perubahan garis pantai di Pantai Mahembang



Gambar 9. Grafik Running Shoreline

dilakukan selama periode 10 tahun. Hasilnya diilustrasikan pada gambar 9.

Dari hasil running aplikasi *GENESIS*, didapatkan nilai gerusan maksimum terjadi pada koordinat y : 980.49 sebanyak 48.05 m dan mengalami endapan sedimentasi pada koordinat y : 1007.85 sebanyak 53.43 m dengan nilai rata-rata perubahan keseluruhan garis pantai adalah 0.6 m.

J. Simulasi Garis Pantai Dengan Menambahkan Bangunan Groin

Penempatan bangunan di daerah pantai akan segera mengubah pola sirkulasi hidraulik di sekitar kawasan tersebut. Perubahan ini ditandai dengan munculnya gejala seperti pemisahan aliran, pemblokkan arah rambatan gelombang, terjadinya pecahnya gelombang, dan kontraksi aliran. Fenomena-fenomena ini biasanya meningkatkan intensitas *transport sediment*. Dalam skala besar dan jangka waktu yang panjang, perubahan *transport sediment* semacam ini dapat menyebabkan relokasi garis pantai dari posisi awalnya.

1) Diffracting Gorin

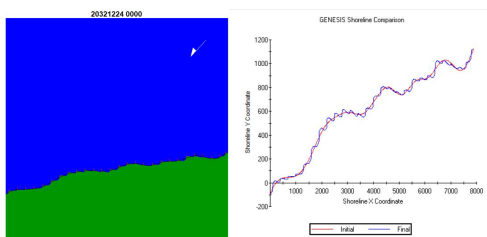
Panjang, jarak, dan jumlah groin digunakan sebagai input dalam program *GENESIS*. Input ini dimasukkan ke dalam program *GENESIS* untuk mensimulasikan perubahan garis pantai selama 10 tahun akibat keberadaan struktur groin, dengan menggunakan data berikut:

- Panjang groin = 65 m
- Jarak antar groin = 195 m
- Permeabilitas 0.2* (semakin mendekati 0, permeabilitas groin di anggap baik)

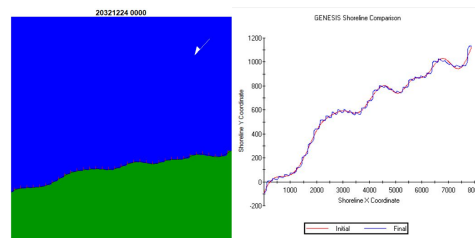
Dari hasil running aplikasi *GENESIS* dan di simulasi menggunakan groin dengan panjang groin : 65 m dan jarak antar groin adalah 195 m, didapatkan nilai gerusan maksimum terjadi pada koordinat y : 891.43 sebanyak 40.19 m dan mengalami endapan sedimentasi pada koordinat y : 1011.93 sebanyak 46.30 m dengan nilai rata-rata perubahan keseluruhan garis pantai adalah 0.11 m (Gambar 10.).

2) Diffracting Gorin Dengan Beberapa Formasi

Dalam karya ilmiah ini penulis mencoba membuat beberapa



Gambar 10. Grafik Running Shoreline Diffracting Groin



Gambar 11. Grafik Running Shoreline Diffracting Groin Variasi I

formasi groin seri berupa variasi jarak antar groin untuk melihat sejauh mana perubahan garis pantai yang terjadi kemudian membandingkan nilai rata-rata dari perubahan garis pantai tersebut. beberapa formasi yang akan dimodelkan dalam aplikasi *GENESIS* adalah sebagai berikut :

a. Variasi I

Groin seri akan dipasang dengan jarak antara groin adalah $\frac{3}{4}$ dari jarak groin yang sebenarnya, jarak antar groin : $195 \times 75\% = 146.25$ m.

Dari hasil running di atas Varian I dengan jarak antar groin 146.25 m, didapatkan nilai gerusan maksimum terjadi pada koordinat y : 986.91 sebanyak 35.30 m dan mengalami endapan sedimentasi pada koordinat y : 1106.35 sebanyak 55.14 m dengan nilai rata-rata perubahan keseluruhan garis pantai adalah 0.16 m (Gambar 11.).

b. Variasi II

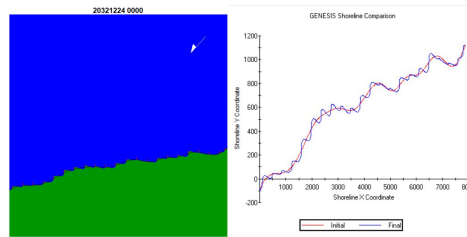
Groin seri akan dipasang dengan jarak antara groin adalah $\frac{11}{4}$ dari jarak groin yang sebenarnya, jarak antar groin : $195 \times 125\% = 243.75$ m.

Dari hasil running di atas Variasi II dengan jarak antar groin 243.75 m, didapatkan nilai gerusan maksimum terjadi pada koordinat y : 328.49 sebanyak 60.52 m dan mengalami endapan sedimentasi pada koordinat y : 41.1 sebanyak 60.34 m dengan nilai rata-rata perubahan keseluruhan garis pantai adalah 0.19 m (Gambar 12.).

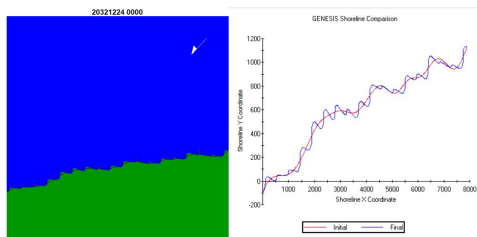
c. Variasi III

Groin seri akan dipasang dengan jarak antara groin adalah $\frac{11}{2}$ dari jarak groin yang sebenarnya, jarak antar groin : $195 \times 150\% = 292.5$ m.

Dari hasil running di atas Variasi III dengan jarak antar groin 292.5 m, didapatkan nilai gerusan maksimum terjadi pada koordinat y : 270.55 sebanyak 75.94 m dan mengalami endapan sedimentasi pada koordinat y : 491.81 sebanyak 80.53 m dengan nilai rata-rata perubahan keseluruhan garis pantai adalah 0.22 m (Gambar 13).



Gambar 12. Grafik Running Shoreline Diffracting Groin Variasi II



Gambar 13. Grafik Running Shoreline Diffracting Groin Variasi III

d. Variasi IV

Pada variasi ini akan di uji pada jarak groin 1 3/4 kali dari jarak groin yang sebenarnya. Jarak antar groin : $195 \times 175\% = 341.5$ m.

Dari hasil running di atas Variasi IV dengan jarak antar groin 341.5 m, didapatkan nilai gerusan maksimum terjadi pada koordinat y : 372.95 sebanyak 95.79 m dan mengalami endapan sedimentasi pada koordinat y : 405.71 sebanyak 98.40 m dengan nilai rata-rata perubahan keseluruhan garis pantai adalah -0.04 m (Gambar 14.).

e. Variasi V

Pada variasi ini akan di uji pada jarak groin 2 kali dari jarak groin yang sebenarnya. Jarak antar groin : $195 \times 200\% = 390$ m.

Dari hasil running di atas Variasi IV dengan jarak antar groin 390 m, didapatkan nilai gerusan maksimum terjadi pada koordinat y : 243.51 sebanyak 98.13 m dan mengalami endapan sedimentasi pada koordinat y : 523.28 sebanyak 107.70 m dengan nilai rata-rata perubahan keseluruhan garis pantai adalah -0.12 m (Gambar 15.).

Berikut adalah hasil rangkuman dari semua variasi yang sudah di simulasikan menggunakan aplikasi *GENESIS* berupa nilai maksimum gerusan dan nilai maksimum penambahan, serta nilai rata-rata keseimbangan gerusan dan penambahan (Gambar 16.).

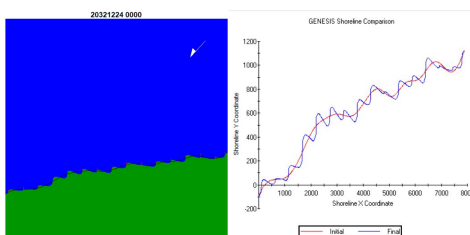
IV. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan pembahasan hasil penelitian diatas, diambil beberapa kesimpulan, antara lain :

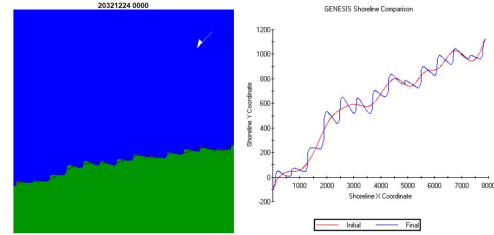
Tinggi gelombang yang didapatkan dari hasil perhitungan berkisar pada 1.364 sampai 1.818 m pada kedalaman 1 m sampai 25 m.

Berdasarkan analisa transformasi gelombang terhadap Pantai Mahembang dengan menggunakan data angin 10 tahun (masa lalu) diperoleh :

Tinggi gelombang Pecah = 1.4 m
Gelombang pecah pada kedalaman = 3.9 m
Arah datang gelombang Pecah = 17°



Gambar 14. Grafik Running Shoreline Diffracting Groin Variasi IV



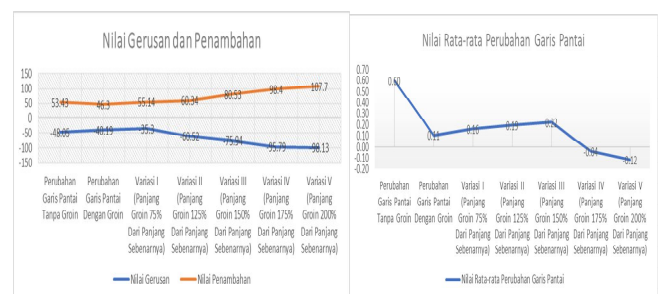
Gambar 15. Grafik Running Shoreline Diffracting Groin Variasi V

Setelah melakukan simulasi perubahan garis pantai mahembang menggunakan *Software Genesis* didapatkan nilai gerusan maksimum sebesar 48.05 m pada titik koordinat (x=6840 y=980.49) dan nilai penambahan maksimum sebesar 53.43 pada titik koordinat (x=7500 y=1007.85) dengan nilai rata-rata adalah 0.60 m setelah 10 tahun.

Simulasi dilanjutkan dengan penambahan groin pada pantai mahembang menggunakan *Software Genesis*, maka didapatkan nilai gerusan maksimum sebesar 40.19 m pada titik koordinat (x=6340 y=891.43) dan nilai penambahan maksimum sebesar 46.3 m pada titik koordinat (x=6450 y=1011.93) dengan nilai rata-rata adalah 0.11 m setelah 10 tahun.

Pemilihan formasi dilakukan untuk melihat seberapa jauh perubahan garis pantai yang terjadi dengan beberapa variasi dan melihat apakah dalam beberapa variasi ini terdapat nilai rata-rata perubahan garis pantai lebih mendekati nol (semakin mendekati nol maka semakin seimbang antara gerusan dan penambahan yang terjadi). Dari hasil pengujian Variasi I dengan jarak antar groin adalah 75% dari jarak groin yang sebenarnya dengan nilai rata-rata 0.16 m, Variasi II dengan jarak antar groin adalah 125% dari jarak groin yang sebenarnya dengan nilai rata-rata 0.19 m, Variasi III dengan jarak antar groin adalah 150% dari jarak groin yang sebenarnya dengan nilai rata-rata 0.22 m, Variasi IV dengan jarak antar groin adalah 175% dari jarak groin yang sebenarnya dengan nilai rata-rata -0.04 m, Variasi V dengan jarak antar groin adalah 200% dari jarak groin yang sebenarnya dengan nilai rata-rata -0.12 m. Dapat dilihat Variasi IV memiliki nilai rata-rata -0.04 lebih mendekati angka nol dibandingkan jarak sebenarnya dengan nilai rata-rata 0.11 m yang artinya gerusan dan penambahan lebih seimbang terjadi pada Variasi IV.

Dalam perencanaan groin juga harus memperhatikan ukuran butiran sedimen yang ada di pantai dengan melakukan uji lab untuk mendapatkan hasil yang lebih baik. Dalam karya ilmiah ini tidak dilakukan pengujian lab karena keterbatasan tempat



Gambar 16. Grafik Nilai Maksimum dan Rata-rata Garis Pantai

dan biaya.

Formasi groin tidak terpaku hanya pada groin seri tipe I saja, dalam hal ini penulis menyarankan untuk bisa melakukan penelitian berikutnya dengan menggunakan groin seri tipe lainnya seperti groin tipe T ataupun groin tipe Y.

V.KUTIPAN

- [1] C. Mulyabakti, M. I. Jasin, and J. D. Mamoto, "Analisis Karakteristik Gelombang Dan Pasang Surut Pada Daerah Pantai Paal Kecamatan Likupang Timur Kabupaten Minahasa Utara," *J. Sipil Statik*, vol. 4, no. 9, pp. 585–594, 2016.
- [2] M. Kristin, M. Liany, A. Hendratta, and A. K. T. Dundu, "Analisis Pengaruh Breakwater Terhadap Transpor Sedimen Pantai Sindulang 1 Sampai Tumumpa 2," *J. Sipil Statik*, vol. 6, no. 2, pp. 113–124, 2018.
- [3] A. G. Yong, A. H. Thambas, and T. Jansen, "Alternatif Bangunan Pengaman Pantai di Desa Saonek, Kabupaten Raja Ampat," *J. Sipil Statik*, vol. 7, no. 9, pp. 1127–1140, 2019, [Online]. Available: <https://ejournal.unsrat.ac.id/v3/index.php/jss/article/view/24604>
- [4] N. Fabiola, R. Muhammad, I. Jasin, and H. J. Tawas, "Analisis Pasang Surut Di Pantai Mahembang Kecamatan Kakas Kabupaten Minahasa Provinsi Sulawesi Utara," *J. Sipil Statik*, vol. 10, no. 1, pp. 63–68, 2022.
- [5] M. Waris, A. Safar, M. S. P. A. Rustam, H. A. Susanto, N. Desi, and A. Poppy Indrayani, *Inovasi Pendidikan Dan Teknologi (Perspektif Kemaritiman)*. TOHAR MEDIA, 2023. [Online]. Available: <https://books.google.co.id/books?id=X3HEEAAQB-AJ>
- [6] M. A. Marfai, T. Sarastika, E. Trihatmoko, R. Rahantan, P. Sarihati, and U. G. M. Press, *Kajian Daya Dukung dan Ekosistem Pulau Kecil: Studi Kasus Pulau Pari*. Gadjah Mada University Press, 2018. [Online]. Available: <https://books.google.co.id/books?id=Vq1dDwAAQB-AJ>
- [7] B. besperi, G. Gunawan, and T. D. Utari, "Pemodelan Transpor Sedimen Pantai Kualo Kota Bengkulu," *Inersia J. Tek. Sipil*, vol. 13, no. 1, pp. 25–30, 2021, doi: 10.33369/ijts.13.1.25-30.
- [8] R. P. Pasaribu, A. Irwan, and C. Pattirane, "Studi Perencanaan Bangunan Pelindung Pantai Untuk Penanggulangan Abrasi Di Pantai Utara Karawang," *J. Kelaut. Nas.*, vol. 16, no. 3, p. 223, 2021, doi: 10.15578/jkn.v16i3.9831.
- [9] R. P. Pasaribu, A. Irwan, L. Soeprijadi, and C. Pattirane, "Studi Alternatif Bangunan Pengaman Pantai di Pesisir Kabupaten Karawang," *Pelagicus*, vol. 1, no. 2, p. 83, 2020, doi: 10.15578/plgc.v1i2.8875.
- [10] Alimuddin and D. Aryanti, "Coastline Change Study in Muara Gembong," *J. Rona Tek. Pertan.*, vol. 13, no. 2, pp. 71–83, 2020.
- [11] A. Alimuddin, "Alternatif Penanggulangan Abrasi di Pantai Muara Gembong, Bekasi," *J. Komposit J. Ilmu-ilmu Tek. Sipil*, vol. 2, no. 1, pp. 9–17, 2018, [Online]. Available: <https://ejournal.uika-bogor.ac.id/index.php/komposit/article/view/1547>
- [12] M. N. Ichsan, V. Anesya, and P. Nugroho, "Perencanaan Perlindungan Pantai Tanjung Nipah Kalimantan Tengah," *Karya Tek. Sipil*, vol. 6, no. 1, pp. 304–313, 2017, [Online]. Available: <https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/jkts/article/view/16836>
- [13] A. Kristian, S. S. H. Wijaya, S. Sriyana, and S. Salamun, "Studi Pemanfaatan Bangunan Pantai sebagai Proteksi Jalan Tol Semarang – Demak," *J. Karya Tek. Sipil SI Undip*, vol. 6, no. 4, pp. 319–327, 2017.
- [14] M. K. Aziz, S. A. Lesmi, S. Pranoto, and P. N. P., "Penanganan Abrasi Pantai Desa Sei Raja Kabupaten," *J. Karya Tek. Sipil*, vol. 5, no. 2, pp. 63–74, 2016.
- [15] J. Karya and T. Sipil, "Pengamanan Pantai Widuri Kabupaten Pemalang," *Halaman*, vol. 5, no. 1, p. 70, 2016, [Online]. Available: <http://ejournal-s1.undip.ac.id/index.php/jkts>
- [16] B. Lesmono, "Perencanaan Bangunan Pengaman Pantai Untuk Mengatasi Abrasi Di Pantai Pulau Derawan," *Tesis*, vol. 3, no. 1, pp. 1–213, 2015.
- [17] Ansori, "Studi Efektivitas Groin Terhadap Perubahan Garis Pantai Di Pantai Teluk Penyau Kabupaten Cilacap," *Stud. Ef. Groin Terhadap Perubahan Garis Pantai Di Pantai Teluk Penyau Kabupaten Cilacap*, vol. 3, no. April, pp. 49–58, 2015.

Kurniawan Munirianto Hi Sabatun, Lahir di Ternate, 08 Oktober 1995. Penulis mulai menempuh pendidikan di SDN Dufa-Dufa Pantai 2 (2000-2006), kemudian penulis melanjutkan pendidikan di SMPN 5 Kota Ternate (2006-2009), lalu melanjutkan pendidikan di SMAN 4 Kota Ternate (2009-2012). Setelah itu pada tahun 2012 melanjutkan pendidikan S1 di Universitas Sam Ratulangi Manado, dengan mengambil program studi Teknik Sipil, dan melanjutkan pendidikan di jenjang magister Universitas Sam Ratulagi Manado dengan mengambil program studi Teknik Sipil bidang minat Manajemen Rekayasa Konstruksi.

