

Pengaruh Bangunan Revetment Terhadap Perubahan Garis Pantai Hayalan di Desa Salubomba Kabupaten Donggala

Setiyawan¹, Tasya², Alifi Yunar³

^aJurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Tadulako, Palu, Indonesia, 94112

* Corresponding author's e-mail: setiyawan_sipil@untad.ac.id

Abstrak

Sungai Pantai Hayalan yang terdapat di Desa Salubomba, Kecamatan Banawa Tengah, Kabupaten Donggala, Sulawesi Tengah merupakan salah satu destinasi wisata yang berjarak 10 KM ke arah Selatan Kota Donggala. Seiring berjalannya waktu jumlah angkutan sedimen di pesisir Pantai Hayalan mengindikasikan terjadinya perubahan garis pantai, selain peningkatan jumlah angkutan sedimen, terjadi juga pengikisan garis pantai. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perubahan garis Pantai Hayalan jika menggunakan pemodelan *software* GENESIS 5 – 10 Tahun ke depan serta untuk mengetahui jumlah angkutan Sedimen pada Pantai Hayalan. Metode penelitian dengan simulasi numerik dirancang untuk memprediksi perubahan garis pantai, menggunakan 2 skenario yaitu skenario 1 tanpa adanya bangunan pelindung pantai dan skenario 2 dengan adanya bangunan pelindung pantai. Input data yang diperlukan meliputi data peta regional, angin, gelombang, sedimen dan pasang surut 15 hari. Dari hasil *hindcasting* gelombang didapatkan tinggi gelombang signifikan (H_s) sebesar 1,10 m dan periode gelombang signifikan sebesar 22,656 s. Dari simulasi perubahan garis pantai yang telah dilakukan dengan menggunakan *software* GENESIS, terdapat 2 jenis perubahan garis pantai yang terjadi, hasil perubahan berupa akresi (penambahan garis pantai) dan abrasi (pengurangan garis pantai). Hal ini ditunjukkan pada skenario 1 (2025-2030) tanpa adanya bangunan pelindung pantai terjadi akresi maksimum sepanjang 31,738 meter dan nilai abrasi maksimum sepanjang -56,496 meter serta skenario 2 (2025-2030) dengan adanya bangunan pelindung pantai terjadi akresi maksimum sepanjang 30,738 meter dan nilai abrasi maksimum sepanjang -55,815 meter. Pada skenario 1 (2025-2035) tanpa adanya bangunan pelindung pantai terjadi akresi maksimum sepanjang 27,790 meter dan nilai abrasi maksimum sepanjang -56,386 meter serta skenario 2 (2025-2035) dengan adanya bangunan pelindung pantai terjadi akresi maksimum sepanjang 26,090 dan nilai abrasi maksimum sepanjang -55,975 meter.

Kata kunci: Pantai Hayalan, GENESIS, Perubahan Garis Pantai, Revetment

1. Pendahuluan

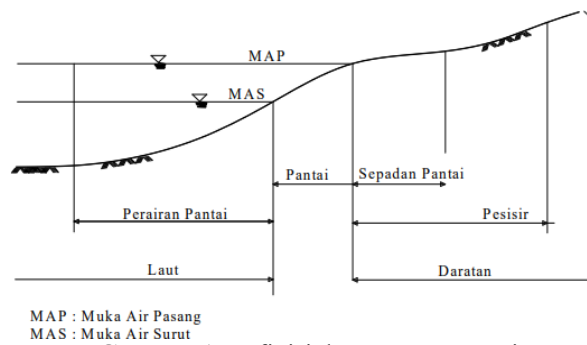
Wilayah pesisir adalah wilayah pertemuan antara daratan dan lautan, wilayah ini memiliki interaksi yang sangat dinamis dan saling mempengaruhi antara ekosistem darat dan lautnya (Yudistira, 2023). Salah satu perubahan yang terjadi di kawasan pesisir adalah perubahan garis pantai. Garis pantai memiliki kedudukan yang unik dan bersifat dinamis serta posisi yang dapat mengalami perubahan secara berkala. Perubahan tersebut dapat dilihat dari proses pengikisan lahan atau abrasi dan proses penambahan lahan atau akresi. Secara umum faktor penyebab perubahan garis pantai dipengaruhi oleh faktor alami seperti angin, arus, pasang surut, dan faktor manusia seperti aktivitas industri, infrastruktur dan pariwisata (Isdianto, 2020). Pantai Hayalan yang terdapat di Desa Salubomba, Kecamatan Banawa Tengah, Kabupaten Donggala, Sulawesi Tengah merupakan salah satu destinasi wisata yang berjarak 10 KM ke arah Selatan Kota Donggala. Seiring berjalannya waktu dari tahun ke tahun jumlah angkutan sedimen di pesisir Pantai Hayalan mengindikasikan terjadinya perubahan garis pantai, hal ini menyebabkan Pesisir Pantai Hayalan mengalami perubahan yang cukup signifikan sehingga terjadinya pergeseran garis pantai. Selain peningkatan jumlah angkutan sedimen terjadi juga pengikisan garis pantai. Maka penyelesaian persoalan perubahan garis pantai perlu adanya penelitian dan pengembangan pemodelan guna memprediksi pola perubahan garis pantai. Salah satu *software* alternatif untuk mensimulasikan perubahan garis pantai adalah GENESIS. (*Generalized Model For Simulating Shoreline Change*). Kegunaan model GENESIS adalah mensimulasi transpor sedimen searah pantai yang disebabkan oleh energi gelombang. *Software* GENESIS menggambarkan posisi garis pantai pada awal simulasi dan posisi garis pantai setelah beberapa tahun simulasi dengan atau tanpa bangunan pelindung pantai. *Software* GENESIS dapat digunakan untuk memprediksi perubahan garis pantai, sehingga dapat ditentukan lokasi yang perlu penanganan dan juga jenis perlindungan pantainya. Maka penulis akan mengambil judul dalam Tugas Akhir ini adalah Analisis Perubahan Garis Pantai Hayalan Dengan Adanya Revetment Di Desa Salubomba Kabupaten Donggala Menggunakan Software Genesis. Penelitian ini bertujuan untuk:

- 1) Untuk mengetahui perubahan garis Pantai Hayalan jika menggunakan pemodelan *software* GENESIS 5 – 10 Tahun ke depan.
- 2) Untuk mengetahui jumlah angkutan Sedimen pada Pantai Hayalan.

2. Tinjauan Pustaka

Ada dua istilah tentang kepantaian dalam Bahasa Indonesia yang sering dipakai, yaitu pesisir dan Pantai. Pantai secara umum diartikan sebagai batas antara wilayah yang bersifat daratan dengan wilayah yang bersifat lautan. Pantai merupakan jalur yang memiliki batas antara darat dan laut, diukur pada saat pasang tertinggi dan surut terendah, dipengaruhi oleh fisik laut dan sosial ekonomi bahari, sedangkan ke arah darat dibatasi oleh proses alami dan kegiatan manusia di lingkungan darat (Amalia, 2023). Pesisir adalah daerah darat di tepi laut yang masih mendapat pengaruh laut seperti pasang surut, angin laut dan perembesan air laut.

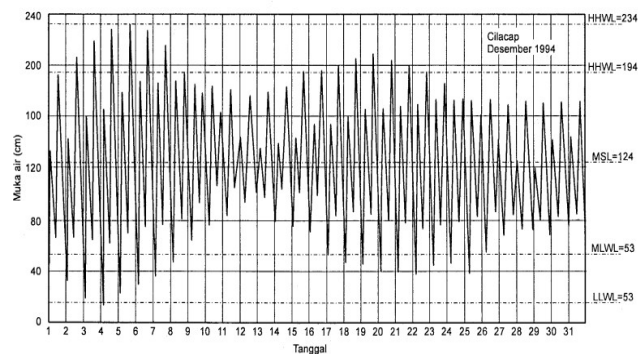
Garis pantai merupakan batas pertemuan antara lautan dan daratan, mempunyai posisi yang dinamis dan dapat berpindah sesuai fenomena pasang surut air laut. Faktor yang mempengaruhi perubahan garis pantai yaitu angin, gelombang, arus, pasang surut, jenis dan material pantai yang mempengaruhi proses sedimentasi di kawasan pantai (Aniendra, 2020).



Gambar 1 Definisi dan Batasan Pantai.

Pasang surut air laut adalah naik dan turunnya permukaan air laut akibat pengaruh dari gravitasi benda-benda langit terutama bulan dan matahari. Pasang surut menyebabkan perbedaan tinggi permukaan air laut pada kondisi kedudukan tertentu dari bumi, bulan dan matahari (Aniendra, 2020). Pengukuran elevasi muka air pasang surut dapat ditentukan, jika dilakukan selama 1 hari atau 30 hari. Ada beberapa elevasi yang dapat kita ketahui adalah sebagai berikut:

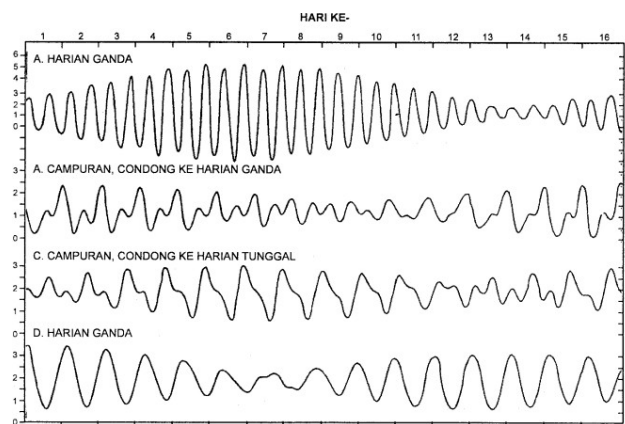
- 1) Muka air laut tinggi (*high water level*, HWL), dicapai pada saat air pasang dalam satu siklus pasang surut.
- 2) Muka air rendah (*low water spring*, LWS), dicapai pada saat air surut dalam satu siklus pasang surut.
- 3) Muka air tinggi rerata (*mean high water level*, MHWL), yaitu rerata selama periode 19 tahun dari muka air tinggi.
- 4) Muka air rendah rerata (*mean low water level*, MLWL), yaitu rerata selama periode 19 tahun dari muka air rendah.
- 5) Muka air laut rerata (*mean sea level*, MSL), yaitu dapat digunakan sebagai elevasi karena diantara muka air tinggi rerata dan muka air rendah rerata.
- 6) Muka air tertinggi (*highest high water level*, HHWL), yaitu air tertinggi pada saat pasang surut purnama atau bulan mati.
- 7) Air rendah terendah (*lowes low water level*, LLWL), yaitu air terendah pada saat pasang surut purnama atau bulan mati.



Gambar 2. Kurva pasang surut dan elevasi muka air.

Bentuk pasang surut di berbagai daerah tidak sama, di satu daerah dalam satu hari terjadi satu atau dua kali pasang surut. Secara umum pasang surut di berbagai daerah dibedakan dalam 4 tipe (Triadmodjo, 1999). Sebagai berikut :

1. Pasang surut harian tunggal (*diurnal tide*).
2. Pasang surut harian ganda (*semi diurnaltide*).
3. Pasang surut campuran condong ke harian ganda (*mixed tide prevailing semidiurnal*).
4. Pasang surut campuran condong ke harian tunggal (*mixed the prevailing diurnal*).



Gambar 3. Tipe Pasang Surut.

Pasang surut di perairan pantai merupakan pasang surut yang menjalar dari laut terbuka/lepas. Pasang surut yang kita amati adalah merupakan penjumlahan dari komponen-komponen pasang akibat gaya gravitasi bulan, matahari dan benda langit lainnya. Terdapat 9 komponen utama penyusun pasang surut yang dominan.

Tabel 1. Komponen-komponen Utama Pasang Surut.

No	Komponen	Symbol	Periode (Jam)	Kecepatan Sudut (°/Jam)	Keterangan
1	Utama Bulan	M2	12.4206	28.9841	Type Semi Diurnal
2	Utama Matahari	S2	12.0000	30.0000	
3	Bulan, variasi jarak Bumi – Bulan	N2	12.6582	28.4397	
4	Bulan-Matahari dan perubahan deklinasi	K2	11.9673	30.0821	
5	Matahari – Bulan	K1	23.9346	15.0411	Type Diurnal
6	Utama - Bulan	O1	25.8194	13.9430	
7	Utama - Matahari	P1	24.0658	14.9589	
8	Utama - Bulan	M4	6.2103	57.9682	Periode Panjang
9	Matahari - Bulan	Ms4	6.1033	59.9841	

Menurut tipe pasang surut ditentukan dengan rumus formal yang berbentuk sebagai berikut :
M2 dan S2 = Konstanta pasang surut ganda utama

Maka dari itu, tipe pasang surut dapat diklasifikasikan berdasarkan perbandingan antara jumlah amplitudo komponen diurnal K1 dan O1 dengan jumlah amplitude komponen semi diurnal M2 dan S2 yang disebut dengan Bilangan Formzahl (Rahmat, 2020). Berdasarkan harga F ini bentuk dari pasang surut dapat dibagi dalam 4 tipe.

Tabel 2. Tipe Pasang Surut berdasarkan Nilai F.

Harga F	Tipe Pasut	Keterangan
0 < F < 0.25	<i>Semi Diurnal Tide</i> (Pasang surut berganda)	Dalam sehari terjadi dua kali air pasang dan dua kali air surut dengan tinggi dan interval waktu hampir sama.
0.25 < F < 1.5	<i>Mixed Predominantly Semi Diurnal</i> (Pasang surut campuran cenderung ganda)	Dalam sehari terjadi dua kali air pasang dan dua kali air surut tetapi tinggi dan interval waktu tidak sama.
1.5 < F < 3.0	<i>Mixed Predominantly Diurnal</i> (Pasang surut campuran cenderung tunggal)	Dalam sehari kadang terjadi sekali pasang surut, kadang dua kali pasang dan dua kali surut, tetapi tinggi dan interval waktu berbeda.
F < 3.0	<i>Diurnal Tide</i> (Pasang surut tunggal)	Dalam sehari terjadi satu kali pasang dan satu kali surut, kecuali selama pasang perbani di mana dalam sehari dapat terjadi dua kali pasan dan dua kali surut.

Perubahan garis pantai sangat dipengaruhi oleh interaksi antara angin, gelombang, arus, pasang surut, jenis dan karakteristik dari material pantai yang meliputi bentuk, ukuran partikel dan distribusinya di sepanjang pantai sehingga mempengaruhi proses sedimentasi di sekitar pantai.

Tahapan proses dari proses sedimentasi yang mengarah pada terjadinya perubahan garis pantai adalah

$$F = \frac{K1+O1}{M2+S2}.....(1)$$

Dimana:

F = Nilai *Formzahl*

K1 dan O1 = Konstanta pasang surut harian utama :

- a) Teraduknya material kohesif dari dasar hingga tersuspensi atau lepasnya material non kohesif dari dasar laut
- b) Perpindahan material secara kohesif.
- c) Pengendapan kembali material tersebut.

Sedimen adalah material atau pecahan dari batuan, mineral, dan material organik yang melayang-layang di dalam air, udara maupun yang dikumpulkan di dasar sungai atau oleh perantara alami lainnya. Sedimen pantai dapat berasal dari erosi pantai, dari daratan yang terbawa oleh sungai, dari laut dalam yang terbawa oleh arus ke daerah pantai. Dalam ilmu teknik pantai dikenal pergerakan sedimen pantai atau transport sedimen pantai. Menjelaskan transport sedimen merupakan faktor yang penting dalam dinamika daerah pantai. Transport sedimen dapat membuat pantai menjadi berkembang (ekresi) maupun berkurang (erosi) (Fathirayan, 2023). Di daerah pantai, sungai, dan muara tidak akan lepas dengan yang namanya sedimentasi. Terlebih lagi sering menjadi persoalan yang penting, apalagi di daerah sekitar terdapat aktivitas manusia. Sedimentasi adalah proses pengendapan material yang terkait oleh aliran dari bagian hulu akibat dari erosi (Joseph, 2023).

Sedimen Pantai dapat berasal dari erosi garis Pantai itu sendiri, dari daratan yang dibawa oleh sungai, dan dari laut dalam

yang terbawa arus ke daerah pantai. Terdapat 3 (tiga) macam pergerakan angkutan sedimen (Estiana, 2024) yaitu :

a) *Bed Load Transport*

Partikel kasar yang bergerak di sepanjang dasar sungai secara keseluruhan disebut dengan *bed load*. Adanya *bed load* ditunjukkan oleh gerakan partikel di dasar sungai yang ukurannya besar, Gerakan itu dapat bergeser, menggelinding atau meloncat-loncat, akan tetapi tidak pernah lepas dari dasar sungai.

b) *Wash Load Transport*

Wash Load adalah angkutan partikel halus yang dapat berupa lempung (*silk*) dan debu (*dust*) yang terbawa oleh aliran sungai. Partikel ini akan terbawa aliran sampai ke laut atau dapat juga mengendap pada aliran yang tenang atau pada air yang tergenang. Sumber utama dari *wash load* adalah hasil pelapukan lapisan atau batuan atau tanah di dalam daerah aliran sungai.

c) *Suspended Load Transport*

Suspended load adalah material dasar sungai yang melayang di dalam aliran dan terutama terdiri dari butir pasir halus yang senantiasa mengambang diatas dasar sungai, karena selalu didorong ke atas oleh turbulensi aliran. Jika kecepatan aliran semakin cepat, gerakan lompatan material akan semakin sering terjadi sehingga apabila butiran tersebut tergerus oleh aliran utama atau aliran turbulen kearah permukaan, maka material tersebut tetap bergerak (melayang) didalam aliran pada selang waktu tertentu (Triatmodjo, 1999).

Transport sedimen Pantai merupakan gerakan sedimen yang disebabkan oleh gelombang dan arus pembangkit. Transport sedimen sepanjang pantai terdiri dari dua komponen utama yaitu, transport sedimen sepanjang pantai di *surf zone* dan yang berbentuk mata gergaji pada garis Pantai (Triatmodjo, 1999). Gelombang merupakan gerakan-gerakan partikel laut yang bergerak longitudinal dan orbital secara Bersama- sama hal ini disebabkan oleh transmisi energi serta waktu (momentum) dalam artian implus vibrasi melalui berbagai ragam bentuk materi (Estiana, 2024). Gelombang laut terbentuk karena adanya angin yang bertiup diatas permukaan laut. Didalam mempelajari gelombang laut ada 2 istilah yang biasa dipakai :

1. *Sea* (Ombak) adalah gelombang yang masih berada di daerah yang masih dipengaruhi angin yang bentuknya sangat tidak teratur
2. *Swell* (Alun) adalah gelombang yang telah ke luar dari daerah pengaruh angin yang bentuknya teratur dan mempunyai panjang gelombang besar.

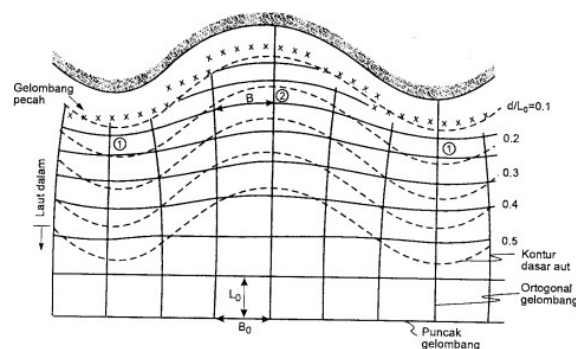
Terdapat tiga faktor yang menentukan karakteristik gelombang yang dibangkitkan oleh angin yaitu: Lama angin bertiup atau durasi angin, kecepatan angin dan Fetch (Jarak yang ditempuh oleh angin dari arah pembangkitan gelombang atau daerah pembangkit gelombang). Berikut beberapa istilah pada gelombang laut (*Coastal Engineering Research Center, 1984*):

1. *Fully Developed Seas*, kondisi dimana tinggi gelombang mencapai nilai maksimum (terjadi jika fetch cukup panjang).
2. *Fully Limited-Condition*, kondisi dimana pertumbuhan gelombang yang dalam hal ini fetch (Panjang daerah pembangkit angin) dapat dibatasi oleh garis pantai atau dimensi ruang dari medan angin.
3. *Duration Limited-Condition*, pertumbuhan gelombang dibatasi oleh lamanya waktu dari tiupan angin.
4. *Sea Waves*, gelombang yang tumbuh di daerah medan angin yang dimana kondisi gelombang disini curam serta Panjang gelombang berkisar antara 10 sampai 20 kali tinggi gelombang.
5. *Swell Waves (swell)*, gelombang yang tumbuh menjalar diluar medan angin yang dimana kondisi disini adalah landai yaitu Panjang gelombang berkisar antara 30 sampai 50 tinggi gelombang

Gelombang merambat bergerak menuju pantai, dari proses tersebut tentunya gelombang akan mengalami beberapa proses yang merubah sifat gelombang. Perubahan atau deformasi gelombang tersebut antara lain disebut dengan refraksi, difraksi, refleksi dan gelombang pecah (Joseph, 2023).

1. Refraksi Gelombang

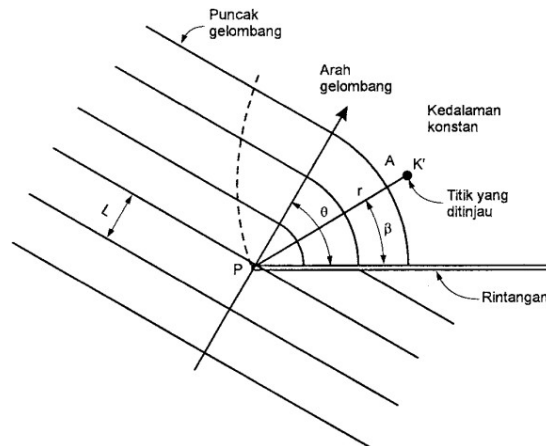
Refraksi terjadi karena adanya pengaruh perubahan kedalaman laut. Pada laut dalam, gelombang menjalar tanpa dipengaruhi dasar laut. Tetapi dilaut transisi dan dangkal, dasar laut mempengaruhi gelombang (Joseph, 2023).



Gambar 4 Refraksi Gelombang.

2. Difraksi Gelombang

Proses difraksi terjadi apabila gelombang datang terhalang oleh suatu rintangan seperti pemecah gelombang atau pulau, maka gelombang tersebut akan membelok di sekitar ujung rintangan dan masuk di daerah terlindung di belakangnya. Apabila tidak terjadi difraksi gelombang, maka daerah di belakang rintangan akan tenang. Oleh karena adanya proses difraksi maka daerah di belakang rintangan akan terpengaruh oleh gelombang datang (Estiana, 2024).



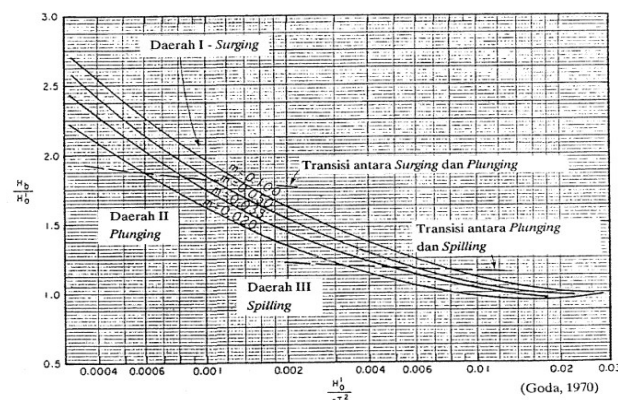
Gambar 5 Difraksi gelombang di belakang rintangan.

3. Refleksi Gelombang

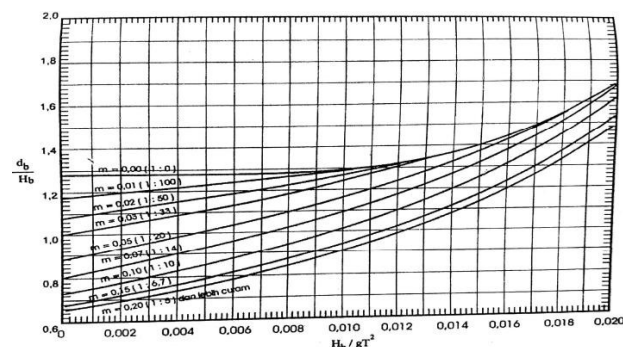
Gelombang yang mengenai atau membentur suatu bangunan akan dipantulkan Sebagian bahkan seluruhnya. Refleksi gelombang akan menyebabkan suasana yang tidak tenang dalam area perairan tersebut. Maka dari itu diperlukan bangunan pelindung yang dapat menyerap atau menghancurkan gelombang.

4. Gelombang Pecah

Jika gelombang menjalar dari tempat yang dalam menuju ke tempat yang semakin dangkal, karena gelombang belum pecah maka tinggi gelombang (H) semakin besar mengakibatkan gelombang pecah. Kondisi gelombang tergantung pada kemiringan dasar pantai dan kecuraman gelombang, apabila gelombang bergerak menuju laut dangkal maka kemiringan batas tergantung pada kedalaman relative (d/L) dan kemiringan dasar laut (m) (Joseph, 2023).



Gambar 6. Penentuan tinggi gelombang pecah.



Gambar 7. Penentuan kedalaman gelombang pecah.

Revetment atau *seawall* merupakan bangunan pantai yang mempunyai fungsi untuk melindungi langsung dari serangan gelombang yang dibangun pada garis pantai atau di daratan. *Revetment* melindungi area daratan yang berada tepat dibelakang bangunan serta permukaan *Revetment* menghadap dari arah datangnya gelombang berwujud sisi miring. Sisi miring dan kasar pada *Revetment* berfungsi meruntuhkan dan menyerap energi gelombang, mengurangi kenaikan gelombang, limpasan gelombang dan erosi dasar. Terdapat dua tipe *Revetment* yaitu tipe rigid beton dan tipe beton cor ditempat, pada tipe rigid beton memiliki perlindungan yang baik namun pembuatannya membutuhkan waktu yang cukup lama sebelum bisa dipasang. Bangunan ini diposisikan sejajar atau hampir sejajar garis pantai, dapat terbuat dari pasangan batu, beton, tumpukan pipa beton, turap, kayu atau tumpukan batu.

Fetch adalah daerah pembangkit gelombang laut yang dibatasi oleh daratan yang mengelilingi laut tersebut. Daerah *fetch* adalah daerah dengan kecepatan angin konstan. Sedangkan jarak *fetch* merupakan jarak tanpa rintangan dimana angin sedang bertiup (Kaunang, 2016). Panjang *fetch* membatasi waktu yang diperlukan gelombang untuk terbentuk karena pengaruh angin, jadi mempengaruhi waktu untuk mentransfer energy angin ke gelombang. *Fetch* ini berpengaruh pada periode dan tinggi gelombang yang dibangkitkan. Gelombang dengan periode panjang akan terjadi jika *fetch* besar. Di dalam tinjauan pembangkitan gelombang di laut, *fetch* dibatasi oleh bentuk daratan yang mengelilingi laut. Di daerah pembentukan gelombang, gelombang tidak hanya dibangkitkan dalam arah yang sama dengan arah angin tetapi juga dalam berbagai sudut terhadap arah angin (Joseph, 2023). *Fetch* rerata efektif diberikan oleh persamaan berikut :

$$F_{eff} = \frac{\sum X_i \cos \alpha}{\sum \cos \alpha} \dots\dots\dots (2)$$

Dimana:

F_{eff} = *Fetch* rerata efektif

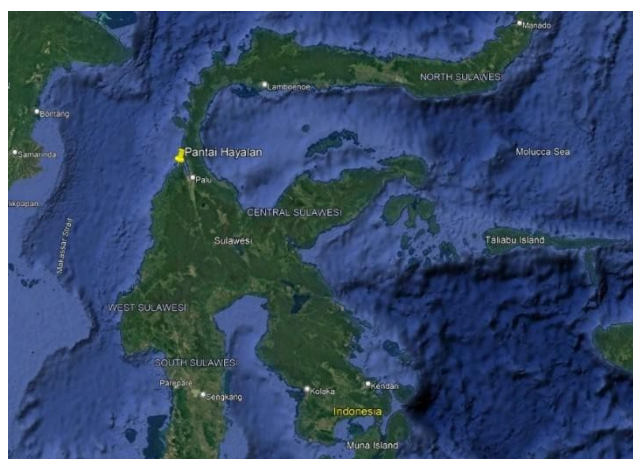
X_i = Panjang segmen *fetch* yang diukur dari titik observasi gelombang pada ujung akhir *fetch*

α = Deviasi (sudut simpangan) lintasan ke-i untuk suatu arah utama (°)

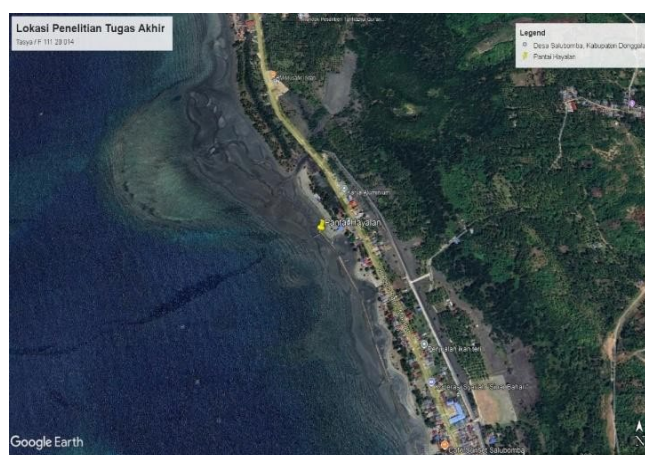
GENESIS (*Generalized Model for Simulating Shoreline Change*) merupakan program yang digunakan untuk mensimulasikan perubahan garis pantai dalam kurun waktu tertentu yang disusun oleh *US Army Corps Of Engineers* (Hanson, H;Kraus, C, 1991). GENESIS menggunakan pemodelan numerik dalam menganalisa perubahan garis pantai. Metodologi analisis program simulasi GENESIS dihitung berdasarkan *Longshore transport rate* (Q), atau tingkat angkutan sedimen sejajar pantai, lazim mempunyai satuan meter kubik pertahun (dalam SI). Karena pergerakannya sejajar pantai, maka ada dua kemungkinan pergerakan, yaitu ke arah kanan dan kiri diberi notasi (Qit) , dan pergerakan dari kiri ke kanan (Qrt) , sehingga didapatkan tingkat angkutan sedimen kotor (*gross*) ($Q_g = Q_{it} + Q_{rt}$) dan tingkat angkutan bersih (*netto*), ($Q_n = Q_{it} - Q_{rt}$). Nilai Q_g digunakan untuk mermalkan tingkat pendangkalan pada suatu alur paeriran yang terbuka. Q_n digunakan untuk alur yang dilindungi, sedangkan Q_{it} serta Q_{rt} untuk desain penumpukan sedimen di “balakang” sebuah struktur pantai yang menahan pergerakan sedimen.

3. Metode Penelitian

Lokasi penelitian berada di Pantai Hayalan yang terdapat di Desa Salubomba, Kecamatan Banawa Tengah, Kabupaten Donggala, Sulawesi Tengah yang berjarak 10 KM Ke arah Selatan Kota Donggala. Titik Lokasi penelitian terletak antara 0°44'15.73" LS - 119°40'58.80" BT.



Gambar 8. Peta Lokasi.



Gambar 9. Peta Lokasi Penelitian.

Data yang dibutuhkan dalam penelitian ini ada dua golongan yaitu Data Primer dan Data Sekunder. Dalam penelitian ini kita membutuhkan beberapa jenis data primer dan data sekunder berikut :

1) Data Primer

Data primer adalah data yang diperoleh secara langsung di lokasi, dalam hal ini data primer yang akan digunakan adalah sebagai berikut :

a) Data Pasang Surut.

Data pasang surut merupakan hasil pengukuran yang dilakukan di Pantai Hayalan selama 15 hari. Pencatatan data dilakukan dengan interval waktu 1 jam untuk mendapatkan nilai pasang surut sebagai penentu elevasi muka air laut.

b) Data Sedimen.

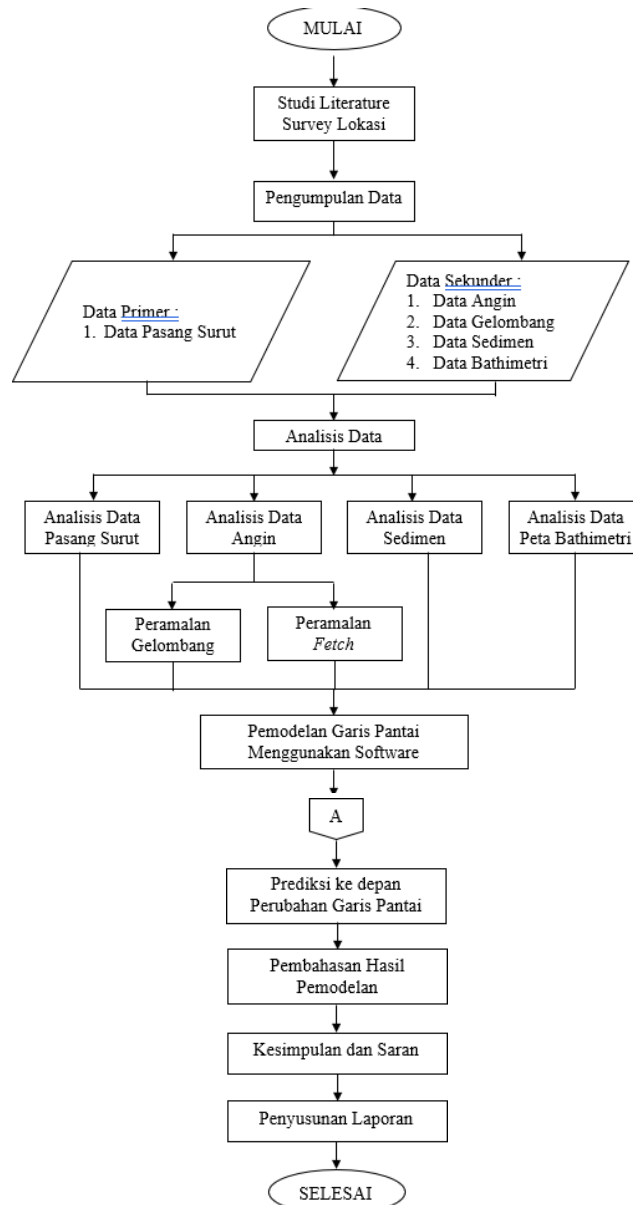
Data sedimen yang digunakan adalah sedimen D50, dimana nilai ukuran butir pada persentase ke 50 berat sampel sedimen yang dinyatakan dalam milimeter (mm).

2) Data Sekunder

Data sekunder atau data pendukung merupakan data yang diperoleh dari instansi terkait. Adapun data sekunder yang digunakan dalam penelitian ini adalah Data Angin 10 Tahun terakhir setiap jam yang bersumber dari *Nasa Power Data Access Viewer*, Data Gelombang, Data Peta.

Data yang didapatkan langsung di lapangan (data primer) dan sumber lain (data sekunder) kemudian diolah sebagai berikut:

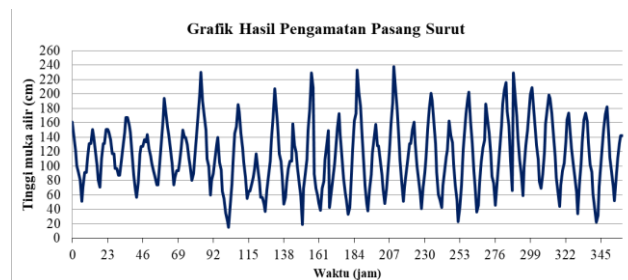
1. Data pasang surut digunakan untuk menentukan KKWL, MHWL, MSL, MLWL, dan LLWL serta untuk mengetahui batas-batas muka air laut pasang tertinggi dan surut terendah. Pasang surut terjadi karena pengaruh posisi bumi terhadap bulan dan matahari. Analisa data pasang surut dilakukan setelah memperoleh data pengukuran dengan menggunakan metode *Least Square*.
2. Data Sedimen yang diambil pada lokasi penelitian Pantai Hayalan diolah di Laboratorium Struktur dan Bahan Bangunan Fakultas Teknik U Data angin yang diperoleh diolah dan ditampilkan dalam bentuk grafik yang disebut *windrose*. Mawar angin (*Windrose*) dibuat untuk mendapatkan arah dan kecepatan angin yang berlaku. Secara umum langkah untuk mendapatkan *windrose* :
 - a) Mengelompokkan data angin berdasarkan arah dan kecepatan. Arah angin yang digunakan terdiri dari 8 titik mata angin yaitu utara, timur laut, timur, tenggara, selatan, barat daya, barat dan barat laut.
 - b) Menghitung persentase untuk setiap arah dan kecepatan.
 - c) Gunakan tabel untuk menggambar *windrose* yang diolah menggunakan Aplikasi WRPOLOT View™, kemudian membuat gambar *windrose* berdasarkan file data angin yang di input.
3. Data gelombang ialah peramalan gelombang yang terjadi sebagai akibat dari pengaruh kecepatan angin rata-rata perhari, Karena data gelombang dari pengukuran Indonesia sulit didapatkan, perkiraan dari data angin atau data satelit digunakan. Akuisisi data gelombang dalam beberapa tahapan :
 - a) Konversi data angin menjadi data gelombang secara komputer.
 - b) Saat menentukan tinggi gelombang ekstrim, perhitungan kembali menghasilkan satu set data tinggi gelombang dengan periode untuk semua data angin yang memiliki interval pembentukan gelombang.
 - c) Perhitungan gelombang pecah, yang dimana ketinggiannya biasanya berhubungan dengan kedalaman air (ds) dan kemiringan dasar pantai (m).
4. Data dari peta topografi dan bathimetri digabungkan dalam satu peta atau lebih. Peta ini dapat menjadi peta yang diinginkan dengan menggunakan *software* ArcGIS. Keuntungan menggunakan ArcGIS adalah jenis data yang berbeda dapat diatur ke dalam lapisan yang berbeda, memungkinkan pengguna menggunakan banyak lapisan untuk plot dan gambar 2D/3D. Perhitungan perubahan panjang, luas dan volume antara ketinggian dan jarak (profil) yang berbeda juga memungkinkan.



Gambar 10 Flowchart Penelitian.

4. Hasil dan Pembahasan

Pengamatan pasang surut di pesisir Pantai Khayalan dimulai pada tanggal 9 Desember 2024 sampai 24 Desember 2024 selama 15 hari dengan melakukan pembacaan elevasi Mukai air laut setiap satu jam. Berdasarkan pengamatan yang dilakukan, diperoleh hasil berupa data HHWL, MHWL, MSL, MLWL, dan LLWL. Untuk menganalisis pasang surut yang pertama harus dilakukan yakni membuat grafik hubungan antara tinggi muka air dan waktu selama pengamatan untuk mengetahui pasang tertinggi dan surut terendah selama melakukan pengamatan.



Gambar 11. Grafik Hasil Pengamatan Pasang Surut Pantai Hayalan.

Berdasarkan grafik di atas, pasang tertinggi pada tanggal 17 Desember 2024 pukul 18.00 dengan tinggi muka air senilai 238 cm dan surut terendah pada tanggal 13 Desember 2024 pukul 06:00 dengan tinggi muka air senilai 15 cm.



Gambar 12. Grafik Perbandingan Data Pengamatan dan Data Prediksi Pantai Hayalan.

Berdasarkan grafik di atas, pengolahan data pasang surut menggunakan metode *least square* sebagai metode analisis. Metode ini menghitung komponen pasang surut hingga menghasilkan permukaan air laut rata-rata.

Tabel 3. Komponen Pasang Surut Pantai Hayalan.

Konstanta	Komponen Pasang Surut (m)									
	S0	M2	S2	N2	K2	K1	O1	P1	M4	MS
A	112.325	12.543	51.904	5.970	43.592	3.429	7.452	15.182	0.246	0.16
g'		322.268	290.688	142.842	101.224	36.946	229.323	88.974	261.566	77.77

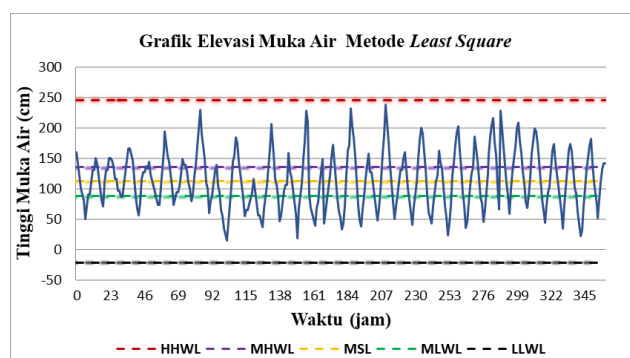
Data komponen pasang surut digunakan untuk mengetahui tipe pasang surut di Pantai Hayalan dengan perbandingan bilangan Formzahl (F), dapat dihitung dengan persamaan :

$$F = \frac{K1 + O1}{M2 + S2} = \frac{3,429 + 7,452}{12,543 + 51,904} = 0,169$$

Dalam Metode *least square* didapatkan nilai Formzahl sebesar 0,169, berdasarkan bilangan Formzahl tipe pasang surut pada Pantai Hayalan adalah Pasang surut ganda (*Semi Diurnal Tide*). Pasang surut ganda menandakan Pantai Hayalan memiliki dua kali air pasang dan dua kali air surut dengan tinggi dan interval waktu hampir sama. Berdasarkan komponen pasang surut dari metode *least square*, diperoleh elevasi muka air.

Tabel 4. Hasil Perhitungan Elevasi Muka Air dengan Metode *Least Square*.

Data Observasi Lapangan Metode <i>Least Square</i>	Elevasi Muka Air	
246.427	HHWL	<i>Highest High Water Level</i>
135.748	MHWL	<i>Mean High Water Level</i>
112.325	MSL	<i>Mean Sea Level</i>
88.901	MLWL	<i>Mean Low Water Level</i>
-21.778	LLWL	<i>Lowest Low Water Level</i>

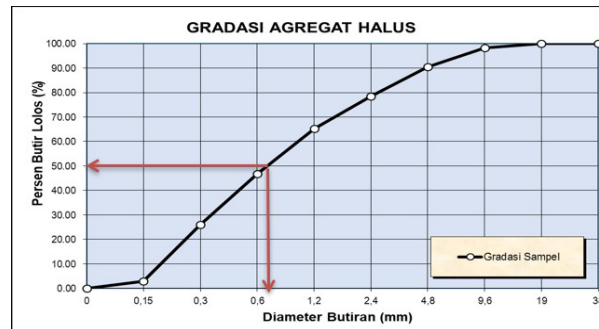


Gambar 13. Grafik Elevasi Muka Air dengan Metode *Least Square*.

Hasil perhitungan metode *least square*, didapatkan nilai elevasi muka air tertinggi sebesar 246,247 cm dan elevasi muka air terendah sebesar -21,778 cm berdasarkan Metode *Least Square*. Data sedimen dasar D50 diperlukan sebagai data input dalam proses simulasi angkutan sedimen. Data ini didapatkan dari pengujian analisa saringan di Laboratorium Struktur dan Bahan Bangunan Fakultas Teknik Universitas Tadulako. Dari hasil pengujian, didapatkan diameter sedimen yang lolos 50% (D50) sebesar 0,70 mm.

Tabel 5. Data Sedimen Pantai Hayalan.

No.	Jenis sedimen	Nilai	Keterangan
1	Sedimen dasar D50	0,70 mm	Ukuran Butiran

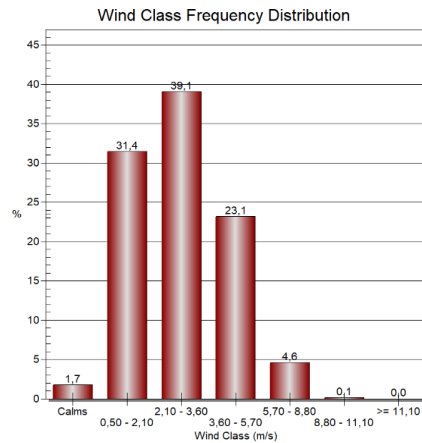


Gambar 14. Grafik Hasil pengujian sedimen Pantai Hayalan.

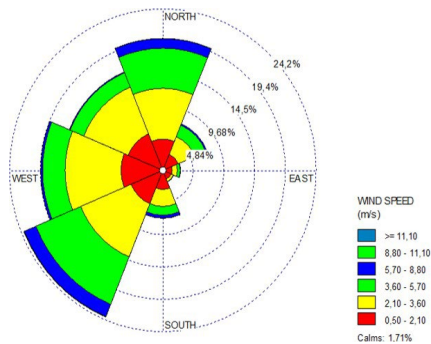
Data angin diperlukan untuk menentukan arah dan kecepatan angin yang terjadi pada Lokasi penelitian. Data angin yang berasal dari situs *Nasa Power Data Access Viewer* merupakan data angin perjam tahun 2015-2024. Data angin ini diolah menggunakan aplikasi WRPlot untuk mendapatkan distirbusi kejadian angin.

Tabel 6. Distribusi Kecepatan dan Arah Angin Perjam dalam berbagai interval.

Arah	Jumlah Jam						Total
	0,50 - 2,10	2,10 - 3,60	3,60 - 5,70	5,70 - 8,80	8,80 - 11,10	> 11,10	
Utara	2484	3987	3146	762	7	0	10386
Timur Laut	1404	1496	980	112	0	0	3992
Timur	816	429	236	28	0	0	1509
Tenggara	781	212	24	0	0	0	1017
Selatan	1527	1344	691	231	10	0	3803
Barat Daya	2877	4504	4020	1041	39	0	12481
Barat	3496	4613	1853	163	2	0	10127
Barat Laut	3136	3961	1221	74	0	0	8392
Berangin	=						51707
Tidak Berangin (<i>Calm</i>)	=						900
Tidak Tercatat	=						1
Total	=						52608
Arah	Presentase						Total
	0,50 - 2,10	2,10 - 3,60	3,60 - 5,70	5,70 - 8,80	8,80 - 11,10	> 11,10	
Utara	4.722	7.579	5.980	1.448	0.013	0.000	19.742
Timur Laut	2.669	2.844	1.863	0.213	0.000	0.000	7.588
Timur	1.551	0.815	0.449	0.053	0.000	0.000	2.868
Tenggara	1.485	0.403	0.046	0.000	0.000	0.000	1.933
Selatan	2.903	2.555	1.313	0.439	0.019	0.000	7.229
Barat Daya	5.469	8.561	7.641	1.979	0.074	0.000	23.725
Barat	6.645	8.769	3.522	0.310	0.004	0.000	19.250
Barat Laut	5.961	7.529	2.321	0.141	0.000	0.000	15.952
Berangin	=						98.287
Tidak Berangin (<i>Calm</i>)	=						1.711
Tidak Tercatat	=						0.002
Total	=						100.000



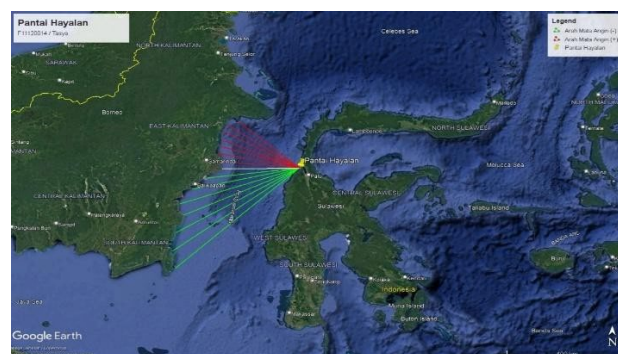
Gambar 15. Grafik Distribusi Kecepatan Angin.



Gambar 16. *Windrose* Distribusi Kecepatan dan arah Angin Pantai Hayalan.

Data angin dalam *windrose* dikelompokkan sesuai penjurur mata angin (utara, timur laut, timur, tenggara, selatan, barat daya, barat, dan barat laut) dengan kecepatan angin dalam satuan m/s. Hasil pengolahan data angin yang diambil dari *Nasa Power Data Access Viewer* tahun 2015- 2024, arah angin paling dominan berasal dari barat dengan persentase 8,769% dengan range kecepatan 2.10 – 3.60 m/s.

Fetch disebut juga sebagai daerah pembangkit gelombang. Dalam proses pembangkitan gelombang, batas *fetch* adalah daratan yang mengelilingi lautan. Nilai *fetch* efektif dihitung dari 8 arah mata angin utama. Berdasarkan titik Lokasi Pantai Hayalan, terlihat bahwa untuk arah barat merupakan arah pembangkit gelombang paling besar.



Gambar 17. *Fetch* Efektif Arah Barat (Sudut 6°).

Tabel 7. Perhitungan *Fetch* Efektif

Arah Angin Utama	$\alpha(^{\circ})$	$\cos \alpha$	x_1 (km)	$X_1 \cos \alpha$
Barat	42	0.743	236.980	176.110
	36	0.809	260.580	210.814
	30	0.866	259.770	224.967
	24	0.914	250.690	229.017
	18	0.951	246.540	234.473
	12	0.978	246.550	241.162
	6	0.995	230.410	229.148
	0	1	228.250	228.250
	-6	0.995	280.010	278.476
	-12	0.978	325.500	318.387
	-18	0.951	378.090	359.585
	-24	0.914	378.820	346.069
	-30	0.866	429.920	372.322
	-36	0.809	476.180	385.238
	-42	0.743	509.600	378.707
Total		13.511		4,212.725

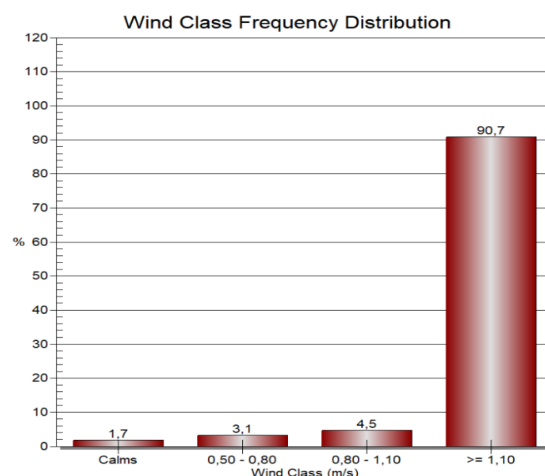
$$F_{eff} = \frac{\sum X_i \cos \alpha}{\sum \cos \alpha} = \frac{4.2134}{13,511} = 311,802 \text{ km}$$

Dari hasil perhitungan, *fetch* efektif yang didapatkan sebesar 311,802 km. Dalam menganalisis data gelombang dapat dilakukan dengan cara *hindcasting*, *hindcasting* gelombang merupakan teknik peramalan gelombang untuk mendapatkan nilai tinggi gelombang (H) dan periode gelombang (T) berdasarkan data angin dari *Nasa Power Data Access Viewer*. Data yang akan di unduh di isi sesuai format yang telah dipilih, dengan cara yakni memilih waktu kala ulang data, menentukan titik lokasi penelitian, menentukan rentang waktu data yang diinginkan, memilih parameter data yang akan diunduh, dan terakhir memilih format file yang akan diunduh.

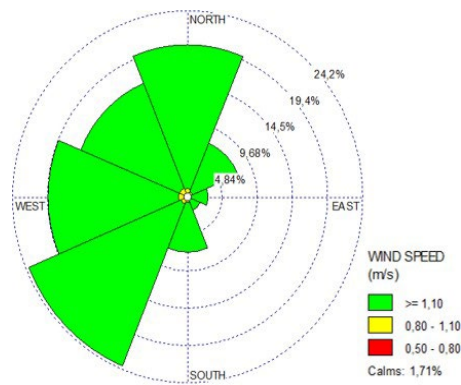
Hindcasting gelombang memerlukan nilai kecepatan dan arah angin agar menghasilkan distrubusi tinggi dan arah gelombang dari tahun 2015-2024 yang di olah menggunakan Aplikasi WRplot .

Tabel 8. Distribusi Tinggi dan Arah Gelombang dalam berbagai Interval.

Arah	Presentase			Total
	0,50 - 0,80	0,80 - 1,10	> 1,10	
Utara	0.431	0.705	18.606	0.000
Timur Laut	0.329	0.462	6.797	0.000
Timur	0.264	0.283	2.321	0.000
Tenggara	0.234	0.344	1.355	0.000
Selatan	0.357	0.454	6.417	0.000
Barat Daya	0.447	0.622	22.656	0.000
Barat	0.496	0.829	17.925	0.000
Barat Laut	0.506	0.787	14.659	0.000
Bergelombang	=			98.287
Tidak Bergelombang (<i>Calm</i>)	=			1.711
Tidak Tercatat	=			0.002
Total	=			100



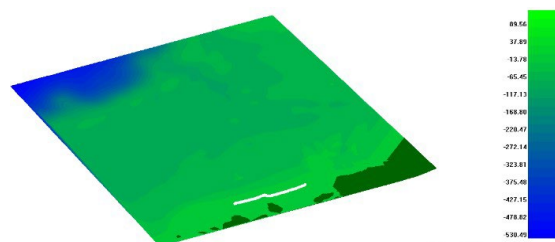
Gambar 18. Grafik Distribusi Ketinggian Gelombang.



Gambar 19. Waverose Distribusi Tinggi dan arah Gelombang Pantai Hayalan 2015-2024.

Pemodelan perubahan garis pantai memiliki analisis dalam memodelkan pola perubahan garis pantai yang dilakukan menggunakan *Software* GENESIS. Terdapat dua kondisi dalam analisis perubahan garis pantai. Analisis pertama memperlihatkan arah gelombang yang terjadi dengan bantuan sub *Software* NEMOS (*Nearshore Evolution Modeling System*) bagian *STWAVE* dan analisis kedua memperkirakan perubahan garis pantai yang terjadi 5 – 10 tahun kedepan berdasarkan pengaruh adanya bangunan pelindung pantai dan tanpa bangunan pelindung pantai dengan bantuan sub *Software* NEMOS (*Nearshore Evolution Modeling System*) bagian GENESIS. Pengolahan terhadap data-data dilakukan terlebih dahulu, sebelum melakukan pemodelan. Pengolahan data yang pertama dilakukan di dalam Grid Generator dengan mengimport data bathimetri yang disusun dalam bentuk teks dokumen dengan koordinat X, Y, dan Z.

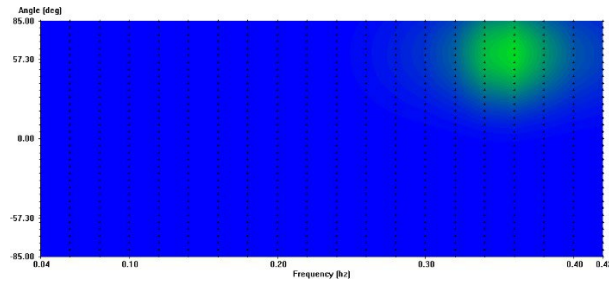
Setelah input data bathimetri, selanjutnya menginput data garis pantai tahun 2024 dengan koordinat X dan Y, terdapat dalam Gambar 4.10. Garis pantai tahun 2024 diperoleh dari hasil ekstraksi pengolahan citra satelit tahun 2024, kemudian menentukan koordinat Lokasi azimuth awal pembagian *grid* sebesar $dx = 10$ dan $dy = 10$ untuk menentukan wilayah yang akan dimodelkan dengan Panjang garis pantai sejauh 1690 m dan pembagian *grid* 10 m. Selanjutnya membuat *station* sepanjang garis pantai, *station* dibuat sepanjang *offshore* pada zona sebelum gelombang pecah sebagai input *STWAVE*. Hasil dari *grid generator* berupa *station file* dan *spatial domain file* yang akan digunakan dalam pemodelan selanjutnya.



Gambar 20. Hasil input Data Bathimetri dan Data Garis Pantai.

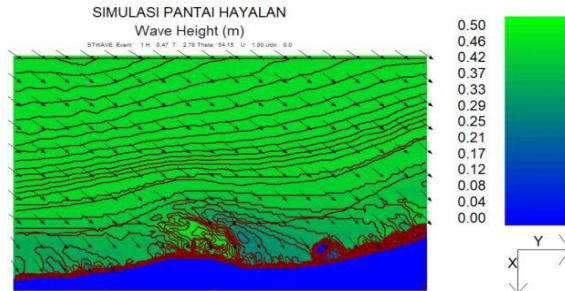
Pola pergerakan gelombang dimodelkan dalam sub *Software* NEMOS (*Nearshore Evolution Modeling System*) bagian *STWAVE*, dengan memodelkan transformasi gelombang yang berfungsi untuk menghitung spectrum gelombang. Dalam model ini struktur data terdiri dari data gelombang, file permutasi, *spatial domain*, *specgen*, dan *station file*. Hasil dari pemodelan pada *STWAVE* adalah *station file* dan *field file*, hasil tersebut akan digunakan untuk pemodelan selanjutnya.

Sebelum melakukan pemodelan gelombang, maka dilakukan input data gelombang pada WWWL Data. Penginputan data gelombang tersebut harus dilengkapi informasi yang di olah dalam format *excel*, kemudian diubah ke dalam format teks dokumen. Hasil keluaran dari WWWL Data digunakan pada modul WISPH3 sebagai input data. Data transformasi gelombang keluaran WISPH3 dilakukan Kembali pada WWWL Data untuk menentukan gelombang *calm* dan *nocalm*. Selanjutnya dilakukan analisis statistik gelombang pada modul WSAV. Analisis statistik gelombang dihitung dari hasil data transformasi gelombang, hasil statistik gelombang disajikan dalam bentuk wave rose dan diagram blok yang berisi arah dan periode kejadian gelombang. Untuk mendapatkan spectrum gelombang yang akan digunakan pada modul SPECGEN, dilakukan *filtering* dalam hasil data gelombang yang kemudian dikonversi orientasi azimuthnya. Konversi dilakukan dengan mengubah kondisi acuan yang awalnya *shore ref3* menjadi *local polar*. Hasil ini akan digunakan untuk proses selanjutnya pada modul SPECGEN, yang hasilnya berupa spectrum gelombang.



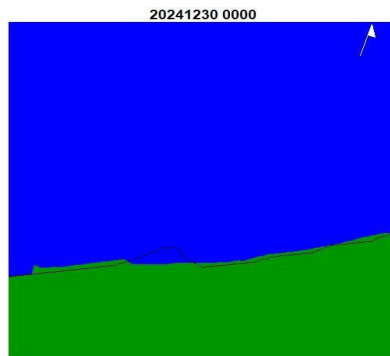
Gambar 21. Spektrum Gelombang dari SPECGEN.

Pemodelan pada STWAVE masuk dalam tahap *running*. Setelah model *running completed*, hasilnya bisa dilihat secara visualisasi pada WMV (Wave Model Visualization).



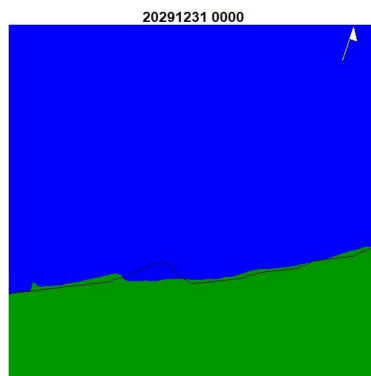
Gambar 22. Visualisasi Arah Gelombang Menggunakan WMV.

Sebelum melakukan pemodelan perubahan Garis Pantai Hayalan 5 – 10 Tahun ke depan, dilakukan simulasi 1 Tahun terlebih dahulu yakni (2023 – 2024). Hal ini sebagai pembuktian mengenai perubahan garis pantai yang akan menjadi acuan pada simulasi (2025 – 2029) dan (2025 - 2034). Hasil simulasi 2023-2024 menunjukkan Garis Pantai Hayalan mengalami perubahan yang sama. Maka dari itu, simulasi 1 Tahun ini dapat dijadikan acuan untuk simulasi 5 – 10 Tahun ke depan dengan atau tanpa adanya bangunan pelindung pantai. Dapat dilihat juga bahwa Garis Pantai Hayalan berada pada garis yang sama.



Gambar 23. Hasil Simulasi *Software* GENESIS jangka 1 Tahun (2023-2024).

Pemodelan perubahan Garis Pantai Hayalan yang pertama dilakukan pada rentan waktu 5 tahun. Simulasi pada jangka 5 tahun dilakukan menggunakan dua skenario, skenario 1 adalah perubahan garis pantai tanpa adanya bangunan pelindung pantai sedangkan pada skenario 2 adalah perubahan garis pantai berdasarkan adanya bangunan pelindung pantai *Seawall*. Simulasi dilakukan mulai 01 Januari 2025 sampai dengan 31 Desember 2029.

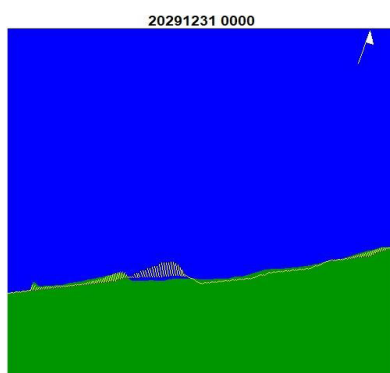


Gambar 24. Hasil Simulasi *Software* GENESIS jangka 5 Tahun tanpa adanya bangunan pelindung pantai (2025-2029).

Hasil simulasi pemodelan rentan waktu 5 tahun pada skenario 1 tanpa adanya bangunan pelindung pantai menunjukkan terjadi akresi maksimum pada grid 470 sepanjang 31,738 meter dari posisi awal garis pantai dan nilai abrasi maksimum pada grid 690 sepanjang -56,496 meter dari posisi awal garis pantai. Sehingga terjadi perubahan garis pantai tersedimentasi 6,348 meter pertahun dan nilai erosi -11,299 meter pertahun.



Gambar 25. Grafik Perubahan Garis Pantai 5 Tahun tanpa adanya bangunan pelindung pantai (2025-2029).



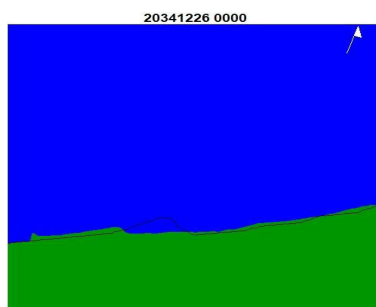
Gambar 26. Hasil Simulasi *Software* GENESIS jangka 5 Tahun dengan adanya bangunan pelindung pantai (2025-2029).

Hasil simulasi pemodelan rentan waktu 5 tahun pada skenario 2 dengan adanya bangunan pelindung pantai menunjukkan terjadi akresi maksimum pada grid 470 sepanjang 30,738 meter dari posisi awal garis pantai dan nilai abrasi maksimum pada grid 670 sepanjang -55,815 meter dari posisi awal garis pantai. Sehingga terjadi perubahan garis pantai tersedimentasi 6,148 meter pertahun dan nilai erosi -11,163 m pertahun.



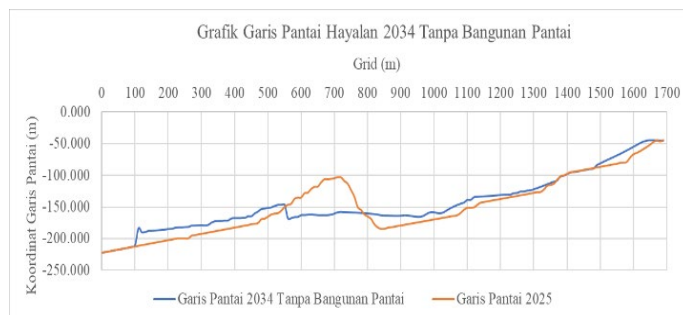
Gambar 27. Grafik Perubahan Garis Pantai 5 Tahun dengan adanya bangunan pelindung pantai (2025-2029).

Pemodelan perubahan Garis Pantai Hayalan selanjutnya dilakukan pada rentan waktu 10 tahun. Simulasi pada jangka 10 tahun dilakukan menggunakan dua skenario, skenario 1 adalah perubahan garis pantai tanpa adanya bangunan pelindung pantai sedangkan pada skenario 2 adalah perubahan garis pantai berdasarkan adanya bangunan pelindung pantai *Seawall*. Simulasi dilakukan mulai 01 Januari 2025 sampai dengan 26 Desember 2034.

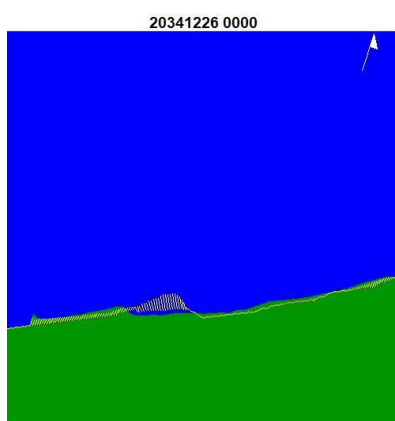


Gambar 28. Hasil Simulasi *Software* GENESIS jangka 10 Tahun tanpa adanya bangunan pelindung pantai (2025-2034).

Hasil simulasi pemodelan rentan waktu 10 tahun pada skenario 1 tanpa adanya bangunan pelindung pantai menunjukkan terjadi akresi maksimum pada grid 110 sepanjang 27,790 meter dari posisi awal garis pantai dan nilai abrasi maksimum pada grid 690 sepanjang -56,386 meter dari posisi awal garis pantai. Sehingga terjadi perubahan garis pantai tersedimentasi 2,779 meter pertahun dan nilai erosi -5,639 meter pertahun.

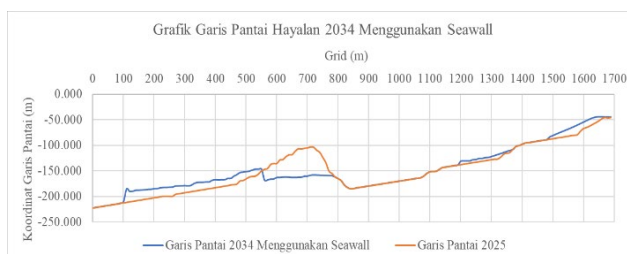


Gambar 29. Grafik Perubahan Garis Pantai 10 Tahun tanpa adanya bangunan pelindung pantai (2025-2034).



Gambar 30. Hasil Simulasi *Software* GENESIS jangka 10 dengan tanpa adanya bangunan Pelindung pantai (2025-2034).

Hasil simulasi pemodelan rentan waktu 10 tahun pada skenario 2 dengan adanya bangunan pelindung pantai menunjukkan terjadi akresi maksimum pada grid 110 sepanjang 26,090 meter dari posisi awal garis pantai dan nilai abrasi maksimum pada grid 670 sepanjang -55,975 meter dari posisi awal garis pantai. Sehingga terjadi perubahan garis pantai tersedimentasi 2,609 meter pertahun dan nilai erosi -5,598 meter pertahun.



Gambar 31. Grafik Perubahan Garis Pantai 10 Tahun dengan adanya bangunan pelindung pantai (2025-2034).

Dari simulasi perubahan garis pantai yang telah dilakukan dengan menggunakan *software* GENESIS, terdapat 2 jenis perubahan garis pantai yang terjadi. Hasil perubahan berupa akresi (penambahan garis pantai) dan abrasi (pengurangan garis pantai) pada dua variasi waktu simulasi, dapat dilihat selisih dari nilai koordinat melintang garis pantai berupa nilai positif dan negatif. Nilai positif menunjukkan garis pantai mengalami penambahan garis pantai akibat pengendapan sedimen dan nilai negatif menunjukkan garis pantai mengalami pengikisan garis pantai.

Berdasarkan hasil simulasi menggunakan *software* GENESIS selama 5 – 10 Tahun kedepan, garis pantai pada Pantai Hayalan mengalami perubahan yang cukup drastis, terjadinya pengendapan sedimen yang berakibat majunya garis pantai (akresi) serta terkikisnya garis pantai yang menyebabkan daratan menyusut. Dengan konsep penanggulangan menggunakan bangunan pantai (*seawall*) menghasilkan pergeseran garis pantai yang relatif tidak aman walaupun struktur dibangun sepanjang pantai, maka pemodelan hasil simulasi yang dilakukan menggunakan bangunan pantai kurang efektif dalam mengurangi adanya akresi dan abrasi. Maka dari itu kondisi lingkungan dan pengaruh terhadap pemukiman di sekitar wilayah Pantai Hayalan cukup berpengaruh karena memiliki perubahan yang cukup besar walau adanya pengaman yang telah dibangun.

5. Kesimpulan dan Saran

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian perubahan garis Pantai Hayalan menggunakan *Software* GENESIS menunjukkan perubahan garis pantai yang terjadi berupa akresi dan abrasi, menghasilkan beberapa kesimpulan :

1. Hasil simulasi pemodelan garis pantai dalam 5 tahun (2025-2029) dengan 2 skenario menunjukkan pada skenario 1 tanpa adanya bangunan pelindung pantai terjadi akresi maksimum pada grid 470 sepanjang 31,738 meter dan nilai abrasi maksimum pada grid 690 sepanjang -56,496 meter serta pada skenario 2 dengan adanya bangunan pelindung pantai terjadi akresi maksimum pada grid yang sama sepanjang 30,738 meter dan nilai abrasi maksimum pada grid yang sama sepanjang -54,396 meter. Hasil simulasi pemodelan garis pantai dalam 10 tahun (2025-2034) dengan 2 skenario menunjukkan pada skenario 1 tanpa adanya bangunan pelindung pantai terjadi akresi maksimum pada grid 110 sepanjang 27,790 meter dan nilai abrasi maksimum pada grid 690 sepanjang -56,386 meter serta skenario 2 dengan adanya bangunan pelindung pantai terjadi akresi maksimum pada grid yang sama sepanjang 26,090 meter dan nilai abrasi maksimum pada grid yang sama sepanjang -55,975 meter.
2. Berdasarkan hasil simulasi menggunakan *software* GENESIS, garis pantai pada Pantai Hayalan mengalami perubahan yang cukup drastis, terjadinya pengendapan sedimen yang berakibat majunya garis pantai (akresi). Pada simulasi dalam waktu 5 Tahun garis pantai tanpa bangunan tersedimentasi 31,738 meter serta dengan adanya bangunan tersedimentasi 30,738 meter dan pada simulasi dalam waktu 10 Tahun garis pantai tanpa bangunan tersedimentasi 27,790 meter serta dengan adanya bangunan tersedimentasi 26,090. Hal ini menunjukkan jumlah angkutan sedimen Pantai Hayalan pada simulasi 5 Tahun mengalami peningkatan pengendapan dan pada simulasi 10 Tahun pengendapan sedimen cukup berkurang.

5.2. Saran

1. Dalam penggunaan *software* GENESIS perlu dipelajari dan dipahami terlebih dahulu mengenai *software* tersebut, serta melakukan latihan simulasi secara berulang demi kelancaran penggunaan saat simulasi.
2. Dari hasil penelitian mengenai perubahan garis pantai yang telah penulis lakukan dapat dijadikan dasar penelitian selanjutnya dengan memperhatikan penggunaan bangunan pantai yang sesuai agar menghasilkan nilai akresi dan abrasi yang aman serta dapat mengatasi perubahan garis pantai yang terjadi di Pantai Hayalan, Desa Salubomba, Kabupaten Donggala.

DAFTAR PUSTAKA

- Amalia, F. (2023). Shoreline Changes for 20 Years (2001-2021) and 2041 Predictions and Adaptation of Coastal Communities. *JST (Jurnal Sains Dan Teknologi)*. Vol. 12 : No.1:102–110. Semarang
- Ananda Yudistira, F., Agustriani, F., Jurusan Ilmu Kelautan, M., Mipa, F., Sriwijaya, U., & Jurusan Ilmu Kelautan, D. (2023). Pemantauan Perubahan Garis Pantai Pesisir Kabupaten Banyuasin, Sumatera Selatan Shoreline Changes in the Banyuasin Coast of South Sumatra Province. *Jurnal MASPARI*. Vol. 15 : No.1:23–31. Sumatera
- Aniendra, A. A., Sasmito, B., & Sukmono, A. (2020). Analisis Perubahan Garis Pantai Dan Hubungannya Dengan Land Subsidence Menggunakan Aplikasi Digital Shoreline Analysis System (DSAS) (Studi Kasus: Wilayah Pesisir Kota Semarang). *Jurnal Geodesi Undip Januari*. Vol. 9 : No.9:2337–845X. Semarang.
- Arafat, Y., & Hidayat, N. (2011). Model perubahan garis pantai Rerang (Kabupaten Donggala) menggunakan Genesis Rerang Shoreline Change Model (Donggalam Regency) Using GENESIS. *Jurnal Teknik Sipil*. Vol. 1 : No.1:18–25. Palu
- Fathirayan, M. C., & Satriadi, A. (2023). Pemodelan Perubahan Dasar Perairan (Bed Level Change) di Pantai Moro , Kabupaten Kendal. *Jurnal Universitas Dipenogoro*. Vol. 12 : No.2: 293–304. Semarang
- Pratama, R. P., Apriansyah., & Risiko (2020). Perubahan Garis Pantai di Perairan Batu Burung Singkawang Selatan. *Jurnal Laut Khatulistiwa*. Vol. 3 : No.1: 23–30. Pontianak
- Ibrahim, M. L. G., Atmodjo, W., & Widada, S. (2023). Perubahan Garis Pantai Perairan Teluk Awur Kabupaten Jepara Menggunakan DSAS (Digital Shoreline Analysis System) Dari Tahun 2012 Sampai 2021. *Indonesian Journal of Oceanography*. Vol 5 : No.2:198–206. Semarang
- Isdianto, A., Asyari, I. M., Fairuz Haykal, M., Adibah, F., Irsyad, M. J., & Supriyadi, D. (2020). Analisis Perubahan Garis Pantai Dalam Mendukung Ketahanan Ekosistem Pesisir Analysis Of Shoreline Change In Supporting Coastal Ecosystem Resilience. *Jukung Jurnal Teknik Lingkungan*. Vol. 6 : No.2:168–181. Malang
- Joseph, C., Telussa, M. F., & Karelau, C. (2023). Analisa Perubahan Garis Pantai Dan Alternatif Penanganannya Di Pantai Batu Kora. *Jurnal Manumata*. Vol. 9 : No.1:1–10. Maluku
- Kaunang, J. A., Jasin, M. I., & Mamoto, J. D. (2016). Analisis Karakteristik Gelombang dan Pasang Surut Pada Pantai Kima Bajo Kabupaten Minahasa Utara. *Jurnal Sipil Statik*. Vol. 4 : No.9:567–576. Manado
- Liwun, M. K. L., Ismanto, A., Indrayanti, E.,

- Munandar, B., & Siagian, H. (2023). Prediksi Perubahan Garis Pantai Di Pantai Tanjung Lesung, Kec. Panimbang, Kabupaten Pandeglang, Banten (Studi Kasus: 2022-2047). *Jurnal Buletin Oseanografi Marina*. Vol. 12 : No.2:270–277. Semarang
- Suci, D. R., & Atmodjo, W. (2023). Analisis Pasang Surut Dalam Rangka Penentuan Tinggi Dermaga di Timbulsloko, Demak, Jawa Tengah. *Indonesian journal of Occeanography*. Vol. 5 : No.3:131–137. Semarang
- Kristi, L., Saputro, S. (2014). Perubahan Garis Pantai Larangan, Kabupaten Tegal Melalui Pendekatan Model GENESIS (*Generalized Model for Simulating Shoreline Change*). *Jurnal Universitas Diponegoro*. Vol. 3 : No.1:52–56. Semarang
- Triatmodjo, B. (1999). *Buku Teknik Pantai*. Beta Offset. Yogyakarta
- Triatmodjo, B. (2009). *Buku Teknik Pantai*. Beta Offset. Yogyakarta
- Triatmodjo, B. (2016). *Buku Teknik Pantai*. Beta Offset. Yogyakarta