

Analisis Kerusakan Garis Pantai Sopapei Desa Suli, Maluku Tengah

Ir. Ny. Ch. Joseph, MT¹, M. F. Telussa, ST. M. Eng², Klemensia Violet Leiwakabessy³

^{1,2}Staf Pengajar Universitas Kristen Indonesia Maluku, Jalan OT Pattimaipauw Talake – Ambon

Gmail : josephinchristin@gmail.com, mayatelussa@yahoo.com

³Mahasiswa Universitas Kristen Indonesia Maluku, Jalan OT Pattimaipauw Talake – Ambon

Gmail : klemensialeiwakabessy07@gmail.com

Abstract

Sopapei Beach, which is located in Suli Village, Central Maluku Regency, is a beautiful and attractive beach tourist destination for tourists and local residents. However, like many beaches around the world, Sopapei Beach is facing the problem of shoreline damage. This research aims to analyze the size of the waves that occur at the research location, analyze changes in the coastline that occur on Sopapei beach, and determine the alternatives needed to overcome damage to the Sopapei coastline. This research begins with the data collection process for the problem which begins with the preparatory stage of literature study and preliminary survey then the data analysis process uses primary and secondary data obtained in the form of tides, coastline measurements and wind data. The results obtained from this research are wave height (Hb) of 0.837 m, wave length (Lb) of 2.051 m, breaking wave depth (db) of 0.803 m and breaking wave celerity (cb) of 0.513 for the dominant wind direction (South West). The change in coastline that occurred on the Sopapei beach in Suli Village within a period of 10 years in the dominant direction (South West) was -6.43 m which resulted in erosion with a coastline of 22,228 m. The alternative used to overcome damage to the Sopapei coastline is a Seawall with the water surface elevation is 2.17 m, the dimensions of the seawall building are 3.1 m, the protective layer is 0.0184 tons/18 kg, the width of the seawall crest is 0.72 m, the thickness of the protective layer is 1.08 m and the diameter of the stone is 0.17 m. In order to overcome the problem of damage to Sopapei beach

Keywords; Waves, Beach, Erosion, Sedimentation, Influence

1 PENDAHULUAN

Indonesia adalah negara kepulauan terbesar di dunia dengan 17.506 pulau besar dan kecil. Dengan total garis pantai mencapai 95.181 KM Indonesia adalah juga negara dengan garis pantai terpanjang kedua di dunia, setelah Kanada. (wikipedia). Pantai adalah bagian daratan yang terdekat dengan laut. Perbatasan daratan dengan laut seolah-olah membentuk suatu garis yang disebut garis pantai. Keadaan dan bentuk pantai berbeda pada setiap tempat. Sedangkan Pengertian Pesisir adalah bagian permukaan bumi yang terletak antara pasang naik dan pasang surut. Pada waktu pasang naik, pesisir tertutup oleh air laut dan pada waktu surut tampak berupa daratan. Oleh karena itu pesisir sama panjangnya dengan pantai.

Pantai Sopapei yang terletak di Desa Suli kabupaten Maluku Tengah, merupakan salah satu destinasi wisata pantai yang indah dan menarik bagi wisatawan maupun penduduk lokal. Namun, seperti banyak pantai di seluruh dunia, pantai sopapei menghadapi masalah kerusakan garis pantai. Garis pantai di sekitar Desa Sopapei merupakan sumber daya alam yang sangat penting bagi masyarakat setempat. Selain menjadi tempat tinggal bagi banyak warga, garis pantai juga memiliki peran penting dalam mendukung sektor-sektor ekonomi seperti perikanan dan pariwisata.

Dengan melihat permasalahan di atas maka penulis tertarik untuk diteliti dengan judul : “ ANALISIS

KERUSAKAN GARIS PANTAI SOPAPEI DESA SULI, MALUKU TENGAH ”

2 KAJIAN PUSTAKA

2.1 Pengertian Daerah Pantai

Pantai merupakan gambaran nyata interaksi dinamis antara air, gelombang dan material (tanah)(Bimrew Sendekie Belay, 2022). Angin dan air bergerak membawa material tanah dari suatu tempat ke tempat yang lain, mengikis tanah dan kemudian mengendapkannya lagi di daerah lain secara terus-menerus. Daerah daratan adalah daerah yang terletak di atas dan dibawah permukaan darat dimulai dari batas garis pasang tertinggi. Daerah lautan adalah daerah yang terletak di atas dan di bawah permukaan laut dimulai dari sisi laut pada garis surut terendah, termasuk dasar laut dan bagian bumi di bawahnya. Sempadan pantai adalah kawasan tertentu sepanjang pantai yang mempunyai manfaat penting untuk mempertahankan kelestarian fungsi pantai. Kriteria sempadan pantai adalah daratan sepanjang tepian yang lebarnya sesuai dengan bentuk dan kondisi fisik pantai, minimal 100 m dari titik pasang tertinggi ke arah daratan (Triatmodjo, 1999)

2.2 Garis Pantai

Garis pantai adalah batas pertemuan antara daratan dengan bagian laut saat terjadi air laut pasang tertinggi. Garis ini bisa berubah karena beberapa hal seperti abrasi dan sedimentasi yang terjadi di pantai, sedimentasi akan

menyebabkan berkurangnya areal daratan, sehingga menyebabkan berubahnya garis pantai. (Triatmodjo, 1999) Sedangkan menurut Nurin (2017) garis pantai dapat dijabarkan sebagai suatu garis yang membagi antara lautan dengan daratan, yang dengan terjadinya perubahan pada garis pantai dapat menjadi indikator bahwa pada pantai tersebut telah terjadi erosi ataupun akresi.

2.3 Kriteria Kerusakan Pantai

Untuk menilai tingkat kerusakan pantai secara obyektif, diperlukan suatu kriteria kerusakan pantai. Kriteria kerusakan pantai yang dimaksudkan di sini adalah penjelasan tentang jenis kerusakan pantai yang akan dinilai. Menurut KemenPU No.08 (2010) kriteria kerusakan pantai yang dipergunakan ada tiga macam yaitu :

- a. Kriteria kerusakan lingkungan pantai;
- b. Kriteria erosi dan kerusakan bangunan;
- c. Kriteria sedimentasi;

2.4 Fungsi Lapisan Perkerasan

Daerah pantai atau pesisir memiliki sifat yang dinamis dan rentan terhadap perubahan lingkungan baik karena proses alami maupun aktivitas manusia. Manusia melakukan berbagai aktivitas untuk meningkatkan taraf hidupnya, sehingga melakukan perubahan-perubahan terhadap ekosistem dan sumberdaya alam yang berpengaruh terhadap lingkungan di daerah pantai. Terdapat keterkaitan ekologis baik antar ekosistem di dalam kawasan pesisir maupun antara kawasan pesisir dengan lahan atas dan laut lepas.

- a. Permukiman dan fasilitas umum yang terlalu dekat dengan garis pantai;
- b. Areal pertanian terlalu dekat dengan garis pantai;
- c. Penambangan pasir di kawasan pesisir/gumuk pasir;
- d. Pencemaran lingkungan di perairan pantai.
- e. Intrusi air laut;
- f. Penebangan hutan/tanaman Mangrove untuk dijadikan tambak;
- g. Pengambilan/perusakan terumbu karang;
- h. Banjir akibat rob air pasang;

2.5 Kriteria Erosi/ Abrasi dan Kerusakan Bangunan

2.5.1 Erosi dan Abrasi

Kriteria erosi dan abrasi yang dimaksudkan disini adalah erosi/abrasi yang terjadi karena faktor alamiah maupun akibat aktivitas manusia. Beberapa faktor penyebab yang sering mengakibatkan terjadinya erosi pantai antara lain:

1. Faktor manusia
 - Pengaruh adanya bangunan pantai yang menjorok ke laut.
 - Penambangan material pantai dan sungai.

- Pencemaran perairan pantai yang dapat mematikan karang dan Mangrove.
- Pengaruh bangunan air di sungai, yang mempunyai kecenderungan menyebabkan ketidakseimbangan transpor sedimen.
- Budidaya pesisir.
- Pengambilan air tanah yang berlebihan.

2. **Faktor alam** : kerusakan oleh bencana alam seperti gelombang badai, tsunami dan gempa.

2.5.2 Kerusakan Bangunan

Kriteria kerusakan bangunan yang dimaksudkan disini adalah kerusakan yang disebabkan oleh adanya gerusan pada fondasi bangunan atau rusaknya bangunan tersebut akibat hempasan gelombang. Gerusan yang terjadi pada fondasi bangunan dapat menyebabkan runtuhnya bangunan atau miringnya bangunan sehingga bangunan tidak dapat berfungsi sesuai dengan yang direncanakan KemenPU No.08 Tahun 2010. Hempasan gelombang dapat merusakkan bangunan yang berada di pantai sehingga bangunan tersebut tidak dapat berfungsi dengan baik. Kerusakan ini dapat terjadi karena bangunan tidak mampu menahan gaya gelombang atau material bangunan terabrasi oleh pukulan gelombang KemenPU No.08 Tahun 2010.

2.6 Kriteria Sedimentasi

Dalam ilmu teknik pantai dikenal pergerakan sedimen pantai atau transport sedimen pantai. Menjelaskan transport sedimen merupakan faktor yang penting dalam dinamika daerah pantai (Joseph et al., 2023)

Kriteria sedimentasi yang dimaksudkan di sini adalah sedimentasi yang menyebabkan banjir muara atau gangguan terhadap pelayaran yang memanfaatkan muara sungai. Permasalahan sedimentasi di muara sungai ada dua macam yaitu penutupan dan pendangkalan muara:

- a. Penutupan muara sungai terjadi tepat di mulut muara sungai pada pantai yang berpasir atau berlumpur yang dapat mengakibatkan terjadinya formasi ambang (bar) atau lidah pasir (sand spit) di muara. Mulut muara adalah bagian dari muara dimana ambang terbentuk. Proses ini terjadi akibat transpor sedimen menyusur pantai yang cukup besar dan debit sungai yang relatif kecil sehingga tidak mempunyai kemampuan untuk menggelontor lidah pasir yang terjadi (terbentuk) di muara sungai. Peristiwa ini menyebabkan muara sungai tidak stabil dan dapat berpindah-pindah.
- b. Pendangkalan muara sungai dapat terjadi mulai dari muara ke hulu sampai pada suatu lokasi di sungai yang masih terpengaruh oleh intrusi air laut (pasang surut dan kegaraman). Proses pendangkalan muara sungai disebabkan oleh terjadinya pengendapan sedimen terutama yang

berasal dari hulu sungai. Hal ini dapat terjadi karena aliran sungai tidak mampu mengangkut sedimen tersebut ke laut

2.7 Tolak Ukur Kerusakan Pantai

Dalam menilai kerusakan pantai, Menurut Kemen-PU No.08 Tahun 2010 pendekatan yang digunakan ada tiga macam yaitu: Kerusakan Lingkungan Pantai, Erosi atau abrasi, dan kerusakan bangunan permasalahan yang timbul akibat adanya sedimentasi. Dalam mengkaji kerusakan lingkungan akan ditinjau kerusakan lingkungan yang diakibatkan oleh Keberadaan permukiman dan fasilitas umum yang berada terlalu dekat dengan garis pantai, sehingga permukiman/fasilitas tersebut mudah terjangkau oleh hampasan gelombang.

2.8 Pemukiman dan Fasilitas Umum

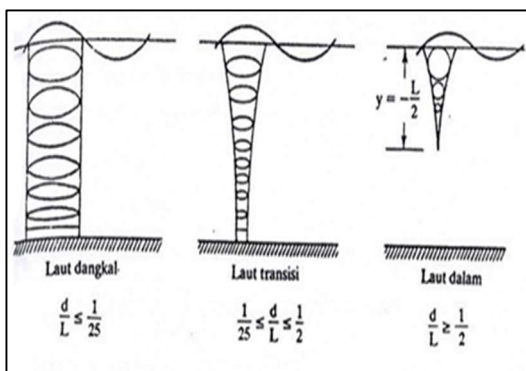
Pemukiman dan fasilitas umum yang terlalu dekat dengan pantai (berada di daerah sempadan pantai) akan menyebabkan bangunan dapat terkena hampasan gelombang sehingga bangunan dapat mengalami kerusakan dan mengganggu aktivitas masyarakat. Tolak ukur kerusakan lingkungan pantai akibat letak pemukiman adalah jumlah rumah yang terkena dampak dan keberadaan bangunan di sempadan pantai.

2.9 Penyebab Kerusakan Pantai

2.9.1 Gelombang

Gelombang dapat dibangkitkan oleh tiupan angin di permukaan laut ataupun oleh gaya tarik benda-benda langit terutama matahari dan bulan terhadap bumi. Gelombang dapat menimbulkan energi untuk membentuk pantai, menimbulkan arus dan transpor sedimen dalam arah tegak lurus dan sepanjang pantai, serta menyebabkan gaya-gaya yang bekerja pada bangunan pantai.

2.9.2 Klasifikasi Gelombang Menurut Kedalaman Relatif



Gambar 1 Gerak Orbit Partikel Pada Air Laut
(Sumber : Bambang Triatmodjo, Teknik Pantai 1999, hal 2)

Gelombang menurut kedalaman relatif diklasifikasikan menjadi tiga ((CERC), 1984) yaitu :

1. Gelombang di laut dangkal jika $d/L \leq 1/25$
2. Gelombang di laut transisi jika $1/25 < d/L < 1/2$
3. Gelombang di laut dalam jika $d/L \geq 1/2$

Keterangan :

d : Kedalaman air (m)

L : Panjang gelombang (m)

Tabel 1 Klasifikasi Gelombang Menurut Teori Gelombang Linier (Airy)

Keterangan	Gelombang di laut Dangkal	Gelombang Di laut Transisi	Gelombang Di Laut Dalam
d/L	$d/L \geq 1/2$	$1/20 < d/L < 1/2$	$d/L \leq 1/20$
$\frac{\text{Tanh } 2\pi d/L}{2\pi d/L}$	$\approx 2\pi d/L$	$\text{Tanh } 2\pi d/L$	≈ 1
Cepat Rambat Gelombang	$c = \frac{L}{T} = \sqrt{gd}$	$c = \frac{L}{T} = \frac{gT}{2\pi} \tanh \left[\frac{2\pi d}{L} \right]$	$c = c_0 = \frac{L}{T} = \frac{gT}{2\pi}$
Panjang Gelombang	$L = T\sqrt{gd}$	$L = \frac{gT^2}{2\pi} \tanh \left[\frac{2\pi d}{L} \right]$	$L = L_0 = \frac{gT^2}{2\pi} = 1,56T^2$

2.9.3 Energi dan Tenaga Gelombang

Energi total gelombang adalah jumlah dari energi kinetik dan energi potensial gelombang. Energi kinetik adalah energi yang disebabkan oleh kecepatan partikel air karena adanya gerak gelombang. Energi potensial adalah energi yang dihasilkan oleh perpindahan muka air karena adanya gelombang. Berikut besarnya energi yang bersumber dari buku Teknik Pantai Bambang Triatmodjo 1999.

Energi kinetik total adalah :

$$E_k = \int_0^L \int_{-d}^0 \frac{1}{2} \rho (u^2 + v^2) dy dx \dots\dots\dots 1$$

Jika di substitusikan menjadi :

$$E_k = \frac{\rho}{2} \int_0^L \int_{-d}^0 \left[\frac{\pi H}{T} \frac{\cosh k(d+y)}{\sinh kd} \cos(kx - \sigma t) \right]^2 + \left[\frac{\pi H}{T} \frac{\cosh k(d+y)}{\sinh kd} \cos(kx - \sigma t) \right]^2 dy dx.$$

$$E_k = \frac{\rho g H^2 L}{16} \dots\dots\dots 2$$

2.9.4 Gelombang Laut dan Ekuivalen

Analisis transformasi gelombang sering dilakukan dengan konsep gelombang laut dalam ekuivalen, yaitu tinggi gelombang di laut dalam apabila gelombang tidak mengalami refraksi. Tinggi gelombang laut dalam ekuivalen diberikan oleh bentuk:

$$H'_0 = K' K_r H_0 \dots\dots\dots 3$$

Keterangan : H'_0 : tinggi gelombang laut dalam ekuivalen (m)

H_0 : tinggi gelombang laut dalam (m)

K' : koefisien difraksi

K_r : koefisien refraksi

2.9.5 Refraksi Gelombang

Refraksi dan pendangkalan gelombang (*Wave Shooaling*) dapat menentukan tinggi gelombang disuatu tempat berdasarkan karakteristik gelombang datang.

Refraksi mempunyai pengaruh yang cukup besar terhadap tinggi dan arah gelombang serta distribusi energi gelombang di sepanjang pantai.

Perubahan arah gelombang karena refraksi tersebut menghasilkan konvergensi (penguncupan) atau divergensi (penyebaran) energi gelombang dan mempengaruhi energi gelombang yang terjadi di suatu tempat di daerah pantai. Berikut persamaan-persamaan yang dipakai yang bersumber pada buku Teknik Pantai Bambang Triatmodjo 1999 :

- Koefisien Refraksi

$$K_r = \sqrt{\frac{\cos \alpha_0}{\cos \alpha}} \dots\dots\dots 4$$

Dimana pada hukum *Snell* berlaku apabila ditinjau gelombang di laut dalam dan di suatu titik yang ditinjau, yaitu:

$$\sin \alpha = \frac{c}{c_0} \sin \alpha_0 \dots\dots\dots 5$$

- Koefisien *Shoaling*

$$K_s = \sqrt{\frac{n_0 L_0}{n L}} \dots\dots\dots 6$$

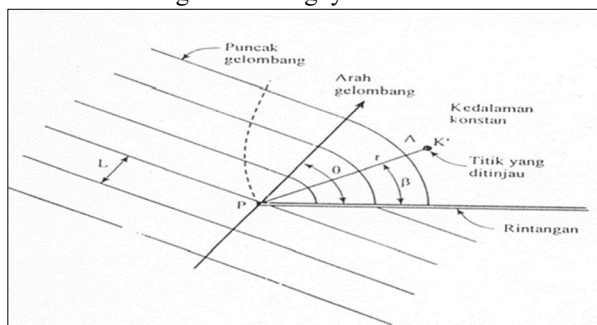
- Tinggi Gelombang

Tinggi gelombang akibat pengaruh refraksi gelombang dan pendangkalan (*wave shoaling*), diberikan oleh rumus

$$H = K_s \times K_r \times H_0 \dots\dots\dots 7$$

2.9.6 Difraksi Gelombang

Fenomena difraksi gelombang terjadi bila gelombang datang terhalang oleh suatu rintangan seperti pemecah gelombang atau pulau, maka gelombang itu akan membelok di sekitar ujung rintangan dan masuk di daerah terlindung di belakangnya.



Gambar 2 Difraksi Gelombang Di Belakang Rintangan

2.9.7 Refleksi Gelombang

Gelombang datang yang mengenai suatu rintangan akan dipantulkan sebagian atau seluruhnya. Tinjauan refleksi gelombang penting di dalam perencanaan bangunan pantai, terutama pada bangunan pelabuhan. Refleksi gelombang di dalam pelabuhan akan menyebabkan ketidaktenangan di dalam perairan. Untuk mendapatkan ketenangan di dalam perairan, maka bangunan- bangunan yang ada di pantai harus dapat menyerap atau menghancurkan energi gelombang.

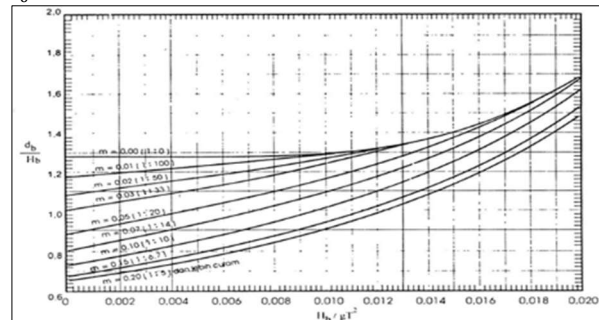
Tabel 2 Kofisien Refleksi

Tipe Bangunan	X
Dinding Vertikal dengan Puncak di Atas Air	0,7-1.0
Dinding Vertikal dengan Puncak Terendam	0.5-0.7
Tumpuk Batu sisi Miring	0.3-0.6
Tumpukan Balok Beton	0.3-0.5
Bangunan Vertikal dengan Peredam Energi (diberi lubang)	0.05-0.2

2.9.8 Gelombang Pecah

Menurut Harry Christady Hardiyatmo Jika nilai CDV telah diketahui, maka nilai Gelombang yang merambat dari dasar laut menuju pantai mengalami perubahan bentuk karena adanya pengaruh perubahan kedalaman laut (Hardiyatmo, 2007). Perubahan tersebut ditandai dengan puncak gelombang semakin tajam sampai akhirnya pecah pada kedalaman tertentu. Gelombang pecah dipengaruhi oleh kemiringan, yaitu perbandingan antara tinggi dan panjang gelombang. Di laut dalam kemiringan gelombang maksimum dimana gelombang mulai tidak stabil diberikan oleh bentuk persamaan berikut ini (Triatmodjo, 1999)

$$\frac{H_0}{L_0} = \frac{1}{7} = 0,142 \dots\dots\dots 8$$



Gambar 3 Penentuan Tinggi Gelombang Pecah (H_b)

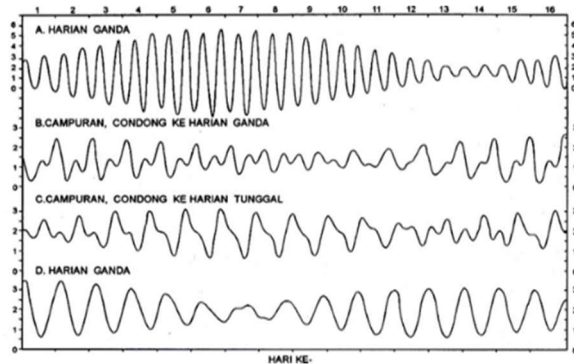
2.10 Angin

Angin adalah gerakan udara secara horizontal, angin mengalir dari tempat-tempat yang bertekanan udara tinggi menuju ketempat-tempat udara rendah. Proses terjadinya angin karena adanya perbedaan tekanan udara di dua tempat yang berbeda. Perbedaan tekanan udara ini akan mengakibatkan terjadinya gerakan udara dari daerah yang tekanan udaranya lebih tinggi ke rendah. Kecepatan angin diukur dengan anemometer, dan biasanya dinyatakan dalam knot. Satu knot adalah panjang satu menit garis bujur melalui katulistiwa yang ditempuh dalam satu jam, atau 1 knot = 1,852 km/jam = 0,5 m/d.

2.10.1 Distribusi Kecepatan Angin

Pada daerah tegangan konstan, yaitu pada daerah diatas 1000 m, profil vertikal dari kecepatan angin mempunyai bentuk berikut :

$$U(y) = \frac{U_*}{K} \left\{ \ln \left(\frac{y}{y_0} \right) - \Psi \left(\frac{y}{y_0} \right) \right\} \dots\dots\dots 8$$



Apabila angin tidak diukur pada elevasi 10 m, maka kecepatan angin harus dikonversi pada elevasi tersebut. (Triatmodjo, 1999)

$$U = (10)U(y) \left(\frac{10}{y} \right) \dots\dots\dots 9$$

Dari kecepatan angin yang didapat, dicari faktor tegangan angin (wind stress) dengan persamaan :

$$U_A = 0,71 U^{1,23} \dots\dots\dots 10$$

Dimana U adalah kecepatan angin dalam m/d.

2.10.2 Konversi Kecepatan Angin

Data angin dari pengukuran dengan kapal perlu dikoreksi dengan menggunakan persamaan :

$$U = (10)U(y) \left(\frac{10}{y} \right) \dots\dots\dots 11$$

Dengan :

U_s = kecepatan angin yang diukur oleh (knot)

U = kecepatan angin terkoreksi (knot)

Hubungan antara angin di atas laut dan angin di atas daratan terdekat diberikan oleh $R_L = U_w/U_L$, seperti dalam gambar berikut yang merupakan hasil penelitian yang dilakukan di Great Lake, Amerika Serikat. Grafik ini dapat digunakan untuk daerah lain kecuali apabila karakteristik daerah sangat berlainan.

2.11 Fetch

Fetch adalah panjang daerah di mana angin berhembus dengan kecepatan dan arah yang konstan. Di dalam peninjauan pembangkitan gelombang di laut, fetch dibatasi oleh daratan yang mengelilingi. Di daerah pembangkitan gelombang, gelombang tidak hanya dibangkitkan dalam arah yang sama dengan arah angin, tetapi juga dalam berbagai sudut terhadap arah angin. Cara menghitung fetch efektif adalah sebagai berikut :

$$F_{eff} = \frac{\sum X_i \cos \alpha}{\sum \cos} \dots\dots\dots 12$$

2.12 Pasang Surut

Perhitungan pasang surut menggunakan metode *admiralty*, yang kemudian akan di dapat muka air tinggi tertinggi (*highest high water level*, HHWL), muka air tinggi (*high water level*, HWL), muka air laut rerata (*mean water level*, MWL), muka air rendah (*low water level*, LWL) dan muka air rendah terendah (*lowest low water level*, LLWL). Secara umum pasang surut di

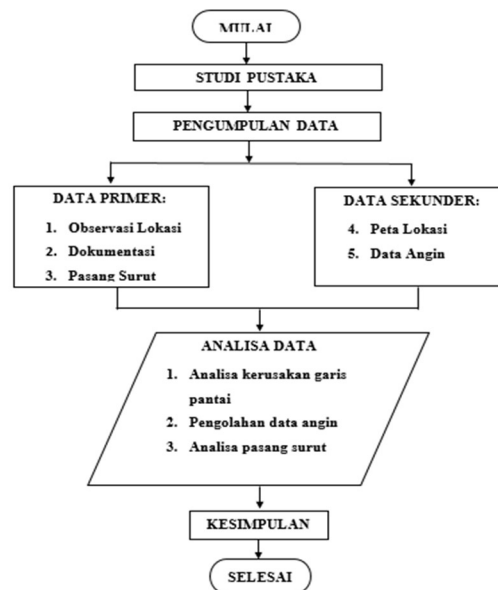
berbagai daerah di Indonesia dapat dibagi menjadi 4 (empat) jenis, yaitu (Teknik Pantai, 1999):

1. Pasang surut harian ganda (*Semi Diurnal Tide*)
2. Pasang surut harian tunggal (*Diurnal Tide*)
3. Pasang surut campuran condong ke harian ganda (*Mixed Tide Prevailling Semidiurnal*)

Pasang surut campuran condong ke harian tunggal (*Mixed Tide Prevealling Diurnal*)

3 METODE PENELITIAN

3.1 Bagang Alir Penelitian

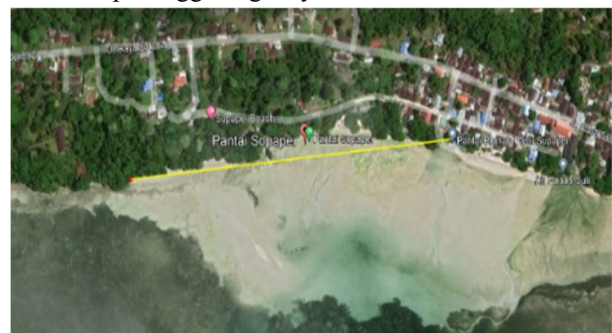


Gambar 4 Bagan Alir Penelitian

3.2 Lokasi dan Waktu Penelitian

3.2.1 Lokasi Penelitian

Berdasarkan judul penulisan di atas, maka study ini berlokasi di Pantai Sopapei Desa Suli, yang terletak kab Maluku Tengah dengan koordinat S 3°37'26.82" E 128°18'00.24" sasaran dari penulisan untuk meninjau proses kerusakan garis pantai Sopapei Desa Suli dan alternatif penanggulangannya.



Gambar 5 Lokasi Penelitian

Waktu yang diperlukan sampai pada seminar hasil adalah selama 4 bulan.

3.3 Bahan dan Alat Penelitian

Tabel 3 Alat & Kegunaan

ALAT	KEGUNAAN
Kamera	Alat dokumentasi
Mistar ukur	Alat untuk mengukur ketinggian pasut
Senter	Alat penerang (saat pengukuran malam hari)

Tabel 4 Bahan & Kegunaan

BAHAN	KEGUNAAN
Formulir pendataan pasang surut	Sebagai instrumen untuk pencatatan data pasang surut

3.4 Pengumpulan Data

Pengumpulan data berupa data primer dan data sekunder, sebagai berikut:

- Data Primer
 - Observasi lokasi:
 - Dokumentasi kondisi lokasi
 - Pengambilan data pasang surut di lokasi
- Data Sekunder
 - Peta Lokasi (*Google Earth*)
 - Data Angin yang di ambil dari BMKG

3.5 Teknik Analisa Data

Dalam hal ini analisa data dapat diperoleh meliputi:

- Analisa kerusakan garis pantai.
- Pengolahan data angin yang didapat dari BMKG menjadi mawar angin dan di lanjutkan dengan perhitungan panjang fetch untuk mengetahui arah angin terbanyak dan terbesar pada lokasi.
- Analisa Pasang Surut

4 HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Analisa Angin

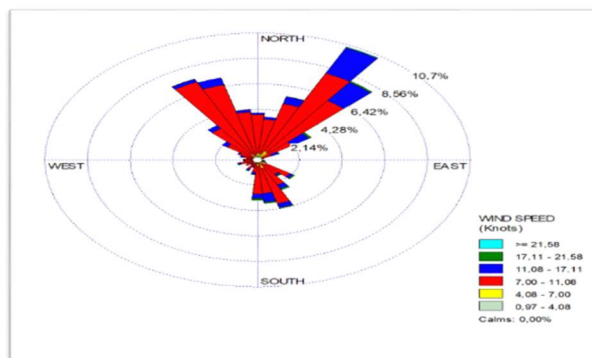
Data angin yang dipakai dalam penulisan ini adalah data angin tahunan selama 10 tahun yang diperoleh dari Stasiun Meteorologi Pattimura. Data yg diperoleh tersebut ditulis dalam derajat di konversikan dalam bentuk delapan penjuru mata angin (Utara, Timur Laut, Timur, Tenggara, Selatan, Barat Daya, Barat, Barat Laut). Berdasarkan data angin stasiun meteorologi pattimura selama 10 tahun 2013-2022 dapat dilihat pada tabel 5 dan 6 dalam jumlah kejadian dan persentase kejadiannya. Dari hasil pengolahan data dapat dilihat jumlah kejadian angin terbanyak datang dari arah Utara sebesar 2025 hari dengan persentase kejadian 55,47% dan kejadian terkecil adalah arah Barat sebesar 1 hari dengan persentase 0,03%. Selain itu kejadian angin yang tidak terbaca sebanyak 317 hari dengan persentase 8,86%.

Tabel 5 Kejadian Angin Selama 10 Tahun Terakhir

Arah Angin	Kecepatan Angin						Jmlh
	0-2	3-5	6-9	10-12	13-16	Calm	
Utara	11	1682	299	29	4	0	2025
Timur Laut	0	17	1	0	0		18
Timur	1	54	5	1	0		61
Timur Tenggara	1	238	37	10	0		286
Selatan	3	269	33	2	0		307
Barat Daya	0	116	24	2	0		142
Barat	0	1	0	0	0		1
Barat Laut	1	431	58	5	0		495
Tidak Terbaca	317						317
TOTAL							3652

Tabel 6 Presentase Kejadian Angin 10 Tahun (2013-2022)

Kecepatan Angin (KNOT)							
Arah Angin	0-2	3-5	6-9	10-12	13-16	CALM	Jumlah
Utara	0,03	46,08	8,19	0,80	0,10	0,00	55,47
Timur Laut	0	0,46	0,03	0	0		0,49
Timur	0,03	1,47	0,14	0,03	0		1,67
Timur Tenggara	0,03	6,52	1,01	0,27	0		7,83
Selatan	0,08	7,36	0,90	0,05	0		8,41
Barat Daya	0	3,17	0,65	0,05	0		3,89
Barat	0	0,03	0	0	0		0,03
Barat Laut	0,03	11,8	1,58	0,14	0		13,56
Tidak Terbaca	8,86						8,86
Total							100,00



Gambar 6 Gambar 7 Win Rosse
(Sumber: Program Wplot-Viewer)

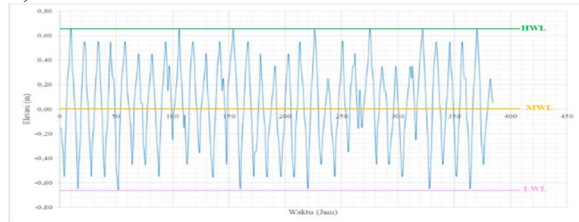
4.2 Analisa Pasang Surut

Pengambilan data pasang surut dilakukan di pantai sopapei desa Suli. Proses pengambilan data ini dilakukan selama 16 hari terhitung sejak 7-22 November 2023 dengan metode konvensional. Tipe pasang surut pada pantai sopapei adalah condong ke harian tunggal. Hasil pencatatan dapat dilihat pada gambar 8.

Berdasarkan pengukuran pasang surut tersebut di peroleh beberapa elevasi muka air laut:

High Water Level (HWL): 0,65 m = 180 m
Middle Water Level (MWL) : 0,00 m = 1,15 m
Low Water Level (LWL): -0,65 m = 0,50 m

Nilai HWL 0,65 m = 1,80 m dari data awal pengukuran, nilai MWL 0,00 m = 1,15 m dan nilai LWL -0,65 m = 0,50 m.



Gambar 7 Grafik Pasang Surut Air Laut
(Sumber : hasil pengukuran)

4.3 Perhitungan Penentuan Tinggi dan Periode Gelombang Signifikan

Panjang fetch merupakan jarak pengaruh hembusan angin yang dapat menimbulkan gelombang yang diukur mulai dari titik lokasi yang akan ditinjau sampai dengan daratan yang mengelilingi daerah pembangkit gelombang berdasarkan arah angin. Semakin panjang fetch ketinggian gelombangnya semakin besar. Pada setiap interval 3° kemudian ditarik garid fetch. Panjang garis fetch diukur mulai dari lokasi peramalan gelombang sampai ke daratan diujungnya. Penentuan panjang fetch dilakukan sebagai berikut:

- Garis fetch ditarik setiap interval 3°.
- Panjang garis fetch diukur mulai dari lokasi peramalan gelombang sampai dengan daratan diujungnya.
- Setiap garis fetch dalam daerah suatu penjuruan angin diproyeksikan ke arah penjuruan tersebut.
- Fetch efektif diperoleh dengan membagi jumlah keseluruhan panjang proyeksi garis tersebut dengan cosinus sudutnya.

Tabel 7 Perhitungan Panjang Fetch Efektif Arah Barat Daya

Arah Utama	Sudut α	Cos α	Panjang Fetch	$\text{Xi Cos } \alpha$	Feff (m)
Selatan	-21	0,933	4371,02	4078,16	3900,88
	-18	0,951	4339,36	4126,73	
	-15	0,966	4253,23	4108,62	
	-12	0,978	4043,91	3954,94	
	-9	0,988	3884,56	3837,95	
	-6	0,995	3747,75	3729,01	
	-3	0,998	3715,12	3707,69	
	0	1	3645,93	3645,93	
	3	0,998	3595,03	3587,84	
	6	0,995	3528,90	3511,26	
	9	0,988	3574,80	3531,90	
	12	0,978	3741,51	3659,20	
	15	0,966	3843,72	3713,03	
	18	0,951	4053,70	3855,07	
	21	0,933	4261,26	3975,76	
Jumlah		14,618	Jumlah	57023,09	

Dari tabel diatas diperoleh panjang fetch efektif sebagai berikut:

$$F_{eff} = \frac{\sum xi \cos \alpha}{\sum \cos \alpha} = \frac{57023,09}{14,618} = 3900,88 \text{ m}$$

Untuk menentukan tinggi dan periode gelombang signifikan, dapat dihitung dengan menggunakan rumus-rumus berikut:

$$U_A = 0,71 \times U^{1,23}$$

$$U_W = R_L \times U_L$$

Nilai R_L ditentukan menggunakan gambar grafik pada lampiran E.1

$$2,482 \times 10^{-2} U_A$$

$$T_s = 6,23 \times 10^{-2} (U_A \cdot F_{eff})^{1/2}$$

$$t = 3,125 \times 10^{1/3} \left(\frac{F^2}{U_A} \right)^{1/3}$$

Berdasarkan rumusan diatas, maka penentuan gelombang dapat dilihat pada tabel 8 dibawah ini.

Tabel 8 Perhitungan Penentuan Tinggi dan Periode Gelombang Signifikan

NO	U (Knot)	UL (m/det)	Uw	Ua	Feff (m)	Hs (m)	Ts (det)
1	2	1,03	1,80	1,46	3900,88	0,11	1,98
2	4	2,06	3,30	3,08		0,22	2,67
3	6	3,09	4,48	4,49		0,33	3,10
4	8	4,10	5,36	5,59		0,41	3,39
5	10	5,15	6,31	6,84		0,50	3,67
6	12	6,18	7,11	7,92		0,58	3,89
7	14	7,21	7,28	8,16		0,60	3,94
8	16	8,24	7,50	8,46		0,62	4,00

4.4 Energi Gelombang

Pantai Sopapei Negeri Suli merupakan pantai berpasir, yang mana pada kondisi pantai normal, pantai membentuk profilnya dimana mampu menghancurkan energi gelombang. Namun saat terjadi gelombang yang besar maka pantai tidak mampu meredam energi gelombang sehingga terjadi kerusakan pantai. Besar energi gelombang yang terjadi sebagai berikut:

$$E = \frac{P_g H_s^2}{8} = \frac{1025 \times 9,81 \times 0,618^2}{8} = 480,043 \text{ N}$$

Keterangan:

E =Energitotal (Newton)

P =Rapat massa air laut(m/s²)

H =Tinggi gelombang (m)

4.5 Analisa Gelombang Pecah dan Refraksi (Metode Shoaling)

Berdasarkan tinggi gelombang (Hs) dan periode gelombang (Ts) pada hasil perhitungan diatas maka,

Tabel 9 Analisa Gelombang Pecah dan Refraksi Arah Barat Daya-Metode Shoaling (Hasil Perhiungan)

Hs	T	d	Lo	Co	d/Lo	d/L	L	C	Sin α	Sin α
0,11	1,98	3,00	6,12	3,09	0,490	0,44626	6,72	3,39	0,866	0,996
0,22	2,67	3,00	11,12	4,16	0,270	0,26267	11,42	4,28	0,866	0,931
0,33	3,10	3,00	15,02	4,84	0,200	0,20917	14,34	4,62	0,866	0,865
0,41	3,39	3,00	17,91	5,29	0,167	0,18414	16,29	4,81	0,866	0,824
0,50	3,67	3,00	21,05	5,73	0,143	0,16573	18,10	4,93	0,866	0,779
0,58	3,89	3,00	23,66	6,08	0,127	0,15388	19,50	5,01	0,866	0,747
0,60	3,94	3,00	24,24	6,15	0,124	0,15132	19,83	5,03	0,866	0,741
0,62	4,00	3,00	24,95	6,24	0,120	0,14875	20,17	5,04	0,866	0,733

dapat dihitung gelombang pecah dan refraksi gelombang dengan mengasumsikan kedalaman dasar laut (d) 3 meter yang dapat dilihat pada tabel berikut ini:

Dari hasil perhitungan refraksi, maka diperoleh gelombang refraksi (H'_0) tertinggi yaitu 0,529 m, gelombang pecah (H_b) tertinggi 0,837 m, panjang gelombang pecah (L_b) sebesar 2,051 m, celerity gelombang pecah (c_b) sebesar 0,513 m/det, dan kedalaman gelombang pecah (db) sebesar 0,803 m seperti tertara pada tabel berikut ini.

4.6 Analisa Arus di Dekat Pantai

Lokasi pantai Sopapei Negeri Suli memiliki arus sejajar pantai yang di berikan pada rumus :

Tabel 10 Hasil Perhitungan Analisa Refraksi

Hasil Analisa Refraksi	Arah Barat Daya
Tinggi gel Refraksi (H'_0)	0.529
Tinggi gel Pecah (H_b)	0.837
Panjang Gel (L_b)	2.051
Celerity Gel.Pecah (c_b)	0.513
Kedalaman Gel.Pecah (db)	0.803
Sudut Datang Gelombang	10°

dibawah dapat mengangkut sedimen yang telah dihancurkan (dierosi) dan (diakresi) oleh gelombang, dan terus terbawa sepanjang pantai.

Arus sepanjang pantai yang timbul karena gelombang pecah dengan bentuk sudut terhadap garis pantai, di bangkitkan oleh momentum yang dibawah oleh gelombang.

Tabel 11 Hasil Perhitungan Arus Sepanjang Pantai

Arah Angin	a_b	H_b	V (cm/d)
Barat Daya	10°	0.837	0.9730

4.7 Analisa Perubahan Garis Pantai

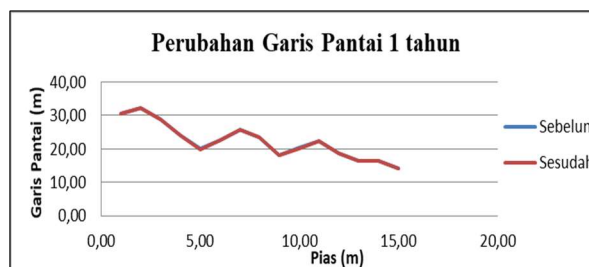
Analisa perubahan garis pantai dihitung dengan menggunakan metode CERC (1984) dengan menggunakan program Excel versi 2010. Untuk pemodelan perubahan garis pantai ada beberapa asumsi dasar yang digunakan dalam perhitungan sebagai berikut:

1. Pada perhitungan ini arah gelombang yang dipakai adalah arah gelombang dominan yaitu arah Barat Daya.
2. Data gelombang pecah dan kedalaman gelombang pecah yang dipakai berdasarkan hasil analisa *Shoaling* dan refraksi gelombang.
3. Kontur kedalaman dianggap paralel membentuk sudut 3° terhadap arah Barat Daya
4. Panjang garis pantai Sopapei Negeri Suli yang ditinjau, mempunyai panjang garis panjang 200 m yang dibagi menjadi 14 pias (sel), dengan panjang pias (Δx) adalah 14 m.

Dari hasil perhitungan perubahan garis pantai yang disebabkan oleh pengaruh gelombang angin berdasarkan koordinat tiap-tiap pias untuk jangka waktu 1 tahun, 5 tahun, dan 10 tahun pada arah dominan yang menunjukkan bahwa besar perubahan garis pantai berdasarkan koordinat tiap-tiap pias.

4.7.1 Perubahan Garis Pantai Arah Barat Daya 1 Tahun

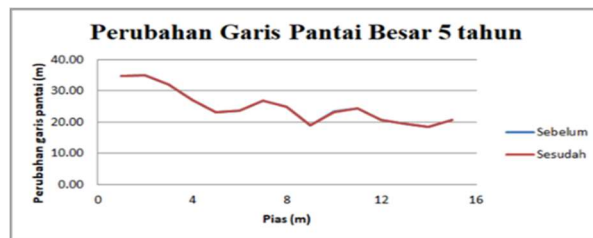
Transport sedimen (Q_i) sepanjang pantai yang terjadi pada pantai Sopapei dalam jangka waktu 1 Tahun mengalami akresi -0,100 m arah barat daya pada lokasi penelitian untuk arah barat daya dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 8 Grafik Perubahan Garis Pantai 1 Tahun (Hasil Perhitungan)

4.7.2 Perubahan Garis Pantai Arah Barat Daya 5 Tahun

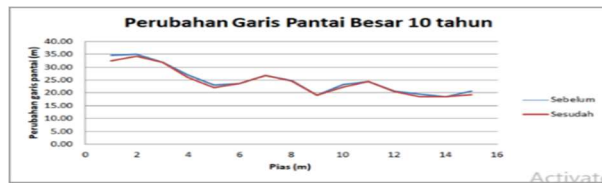
Transport sedimen (Q_i) sepanjang pantai yang terjadi pada pantai Sopapei dalam jangka waktu 5 mengalami erosi -2,802 m, arah barat daya pada lokasi penelitian untuk arah barat daya dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 9 Grafik Perubahan Garis Pantai 5 Tahun (Hasil Perhitungan)

4.7.3 Perubahan Garis Pantai Arah Barat Daya 10 Tahun

Transport sedimen (Q_i) sepanjang pantai yang terjadi pada pantai Sopapei dalam jangka waktu 10 Tahun untuk arah barat daya menunjukkan terjadi erosi yaitu -6,43 m pada arah barat daya dengan garis pantai 22,228 m pada lokasi penelitian untuk arah barat daya dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 10 Grafik Perubahan Garis Pantai 10 Tahun
(Hasil Perhitungan)

4.8 Perhitungan Dimensi Bangunan Pengaman Pantai (SEAWALL).

4.8.1 Elevasi Muka Air Laut Rencana

Hb = 0,83652 m

Sw = wave setup

$$SW = 0.19 \left[1 - 2.82 \sqrt{\frac{Hb}{gT^2}} \right] Hb$$

$$SW = 0.19 \left[1 - 2.82 \sqrt{\frac{0.83652}{9.81 \times (3.999)^2}} \right] 0.83652$$

$$SW = 0.12 \text{ m}$$

$$HHWL = 1.95 \text{ m}$$

Dari grafik perkiraan kenaikan muka air laut akibat pemanasan global diperoleh:

SLR = 10 cm = 0.1 m

DWL = HHWL + Sw + SLR
= 1.95 m + 0.12 m + 0.1 m
= 2.17 m

4.8.2 Dimensi Bangunan Seawall

H = 0,467 m

Lo = 24,95 m

Kemiringan konstruksi = 1:2

Dari grafik run up gelombang untuk batu pecah dengan nilai :

$$Ir = \frac{\text{tg}\theta}{(H/L_0)^{0.5}} = \frac{(1/2)}{(0.467/24.95)^{0.5}} = 3.65 \text{ m}$$

Ir = 3,65 di peroleh nilai Ru/H = 1,1

sehingga:

Ru/H = 1,10 = 1,10 x 0,467 = 0,514 m

El Puncak = DWL + Ru + Tinggi Jagaan (fb)
= 2.17 + 0.154 + 0.5 = 3.184 m ≈ 3.1

4.8.3 Perhitungan Lapis Lindung

Wr = 2.60 t/m³

Ww = 1.03 t/m³

Kd = 2.0

cot θ = 2

H = 0,467 m (Tinggi gelombang datang Hi)

$$W = \frac{W_r H^3}{K_d (S_r - 1)^{3/2}} = 0.0184 \text{ ton} = 18 \text{ kg}$$

4.8.4 Lebar puncak seawall dengan jenis batu alam kasar dicari dengan perhitungan sebagai berikut:

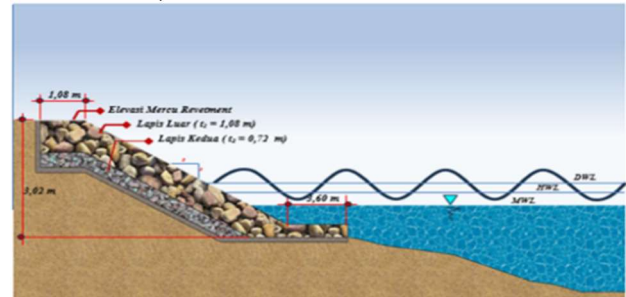
$$B = nk_{\Delta} \left(\frac{W}{W_r} \right)^{1/3} = 2 \times 1.15 \times \left(\frac{0.0814}{2.60} \right)^{1/3} = 0.72 \text{ m}$$

4.8.5 Tebal lapisan pelindung puncak seawall dihitung sebagai berikut:

$$t = nk_{\Delta} \left(\frac{W}{W_r} \right)^{1/3} = 3 \times 1.15 \times \left(\frac{0.0814}{2.65} \right)^{1/3} = 1.08 \text{ m}$$

4.8.6 Diameter Batu

$$D = \left(\frac{W}{W_r} \right)^{1/2} = \left(\frac{0.0814}{2.60} \right)^{1/2} = 0.17 \text{ m}$$



Keterangan :
DWL = Design Water Level
HWL = High Water Level
MWL = Middle Water Level

Gambar 11 Bangunan Seawall di Lokasi Penelitian

Berdasarkan hasil analisa, diperoleh perencanaan dimensi Seawall sebagai berikut:

Jenis Bangunan: Seawall

Tinggi Bangunan: 3,1 m

Tebal Lapis Lindung puncak: 1,08 m

Kemiringan: 1:2

Fungsi Bangunan: mencegah erosi

5 KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisa perhitungan maka kesimpulan yang dapat diambil adalah:

Besar gelombang pecah yang terjadi pada pantai Sopapei Desa Suli Kecamatan Salahutu Kabupaten Maluku Tengah adalah tinggi gelombang (Hb) = 0,837 m, panjang gelombang (Lb) = 2,051 m dan kedalaman gelombang pecah (db) = 0,803 m untuk arah angin Barat Daya. Faktor penyebab kerusakan garis pantai adalah erosi dan akresi, perubahan garis pantai yang terjadi pada pantai Sopapei Desa Suli dalam jangka waktu 10 tahun untuk arah dominan (Barat Daya) adalah sebesar -6,43 m yang mengakibatkan erosi dengan garis pantai 22,228 m. Alternatif yang digunakan untuk mengatasi kerusakan garis pantai Sopapei adalah Seawall dengan elevasi muka air = 2,02 m, dimensi bangunan seawall = 3,1 m, lapis lindung = 0,0184 ton, lebar puncak seawall = 0,72 m, tebal lapisan pelindung = 1,08 m dan diameter batu = 0,17m. Agar dapat mengatasi masalah pada lokasi pantai tersebut.

5.2 Saran

Dari hasil penelitian mengenai perubahan garis pantai yang penulis lakukan dapat di jadikan dasar penelitian selanjutnya mengenai alternatif untuk mengatasi masalah perubahan garis yang terjadi di pantai Sopapei Desa Suli.

Pemerintah dan masyarakat untuk lebih memperhatikan kondisi areal pantai Sopapei agar tidak terjadi kerusakan tambahan yang dapat merugikan.

DAFTAR PUSTAKA

- (CERC), C. E. (1984). *Shore Protection Manual*. Washington D.C.: US Army Corps of Engineers.
- Hardiyatmo, H. C. (2007). *Pemeliharaan Jalan Raya*. Yogyakarta: UGM Press.
- Teknik Pantai. (1999). Dalam B. Triadmojo, *Teknik Pantai* (hal. 119).
- Triatmodjo, B. (1999). *Teknik Pantai Abrasi di Kabupaten Bengkalis*. Yogyakarta: Betta Offset .
- Bimrew Sendekie Belay. (2022). Perencanaan Bangunan Pelindung Pantai Revetment Pada Pantai Wisata Kuako Kecamatan Amahai – Kabupaten Maluku Tengah. *Manumata: Jurnal Ilmu Teknik*, 8(2), 96–105.
- Joseph, Ch., Telussa, M. F., & Karelau, C. (2023). Analisa Perubahan Garis Pantai Dan Alternatif Penanganannya Di Pantai Batu Kora Kabupaten Kepulauan Aru. *Manumata: Jurnal Ilmu Teknik*, 9(I), 1–10.