

Penentuan Bangunan Pelindung Pantai yang Tepat di Desa Hatu, Kecamatan Leihitu Barat Maluku Tengah

N. Retraubun¹, M.F Telussa², Wynalda Halawane³,

^{1,2}Staf Pengajar Universitas Kristen Indonesia Maluku, Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Sipil
Gmail : nikolasretraubun@gmail.com, mayatelussa@yahoo.com

³Mahasiswa Universitas Kristen Indonesia Maluku, Jalan OT Pattimaipauw Talake - Ambon
Gmail : wynalda16@gmail.com.

Abstract

Hatu Village is one of the villages in West Leihitu Sub-district which has suffered serious beach damage due to tidal waves because it is directly facing the open sea. This resulted in severe damage to the coastal protection structures so that they needed to be reviewed and analyzed in order to prevent such damage. The data collection and analysis method used in this research is a survey at the research site, by measuring directly the tides, and processing the data obtained from the BMKG, as well as processing the data using the CERC method to analyze shoreline changes and transport. sediments, and then determine the appropriate alternative coastal protection structures. Based on a thorough analysis and calculation on the coast of Hatu Village, West Leihitu sub-district, Central Maluku, namely the south direction is the most dominant direction with wave height (Hs) for the south direction is 3.62 m with time (Ts) 10.63 seconds with Refraction Wave Height (H'O) of 1.82 m High Wave Break (Hb) 2.493 m, Wavelength (Lb) 0.555 m, and Depth of Breaking Wave (db) 3.561 m, Breaking Wave Celerity (cb) 5.911m The biggest erosion is 3.87m and the largest accretion is 4.80m. From the analysis above, the appropriate coastal protection building for the beach of Hatu Village is a revetment with a combination of foot protectors in the form of concrete or stone cubes.

Keywords: Beach, Erosion, Revetment

1. PENDAHULUAN

Pantai merupakan wilayah yang membatasi antara dataran dan lautan, proses di darat dan di laut saling mempengaruhi antara keduanya, hal ini di tunjukan dengan perubahan garis pantai yang sering terjadi di wilayah pantai. Kerusakan pada pantai seringkali terjadi dan di akibatkan oleh beberapa faktor seperti aktivitas manusia atau faktor alam seperti gelombang dan arus sehingga untuk menjaga stabilitas garis pantai maka perlu di bangun bangunan pelindung pantai. Bangunan pelindung pantai pada umumnya berfungsi untuk melindungi daerah pantai. Bangunan ini di bangun sejajar dengan garis pantai sehingga dapat mengurangi dampak kerusakan oleh gelombang. Beberapa struktur pelindung antara lain *sea dike*, *sea wall*, *break water*, *Revetment*, *groin* dan *jetty*. Bangunan pelindung pantai dalam hal ini *Revetment* merupakan struktur miring yang di bangun pada garis pantai atau di daratan yang digunakan untuk melindungi pantai dan daerah yang berada tepat di belakang bangunan langsung dari serangan gelombang.

Desa Hatu merupakan salah satu desa di kecamatan Leihitu Barat, kabupaten Maluku Tengah yang terletak di pesisir pantai dan berhadapan langsung dengan laut lepas. Pemerintah telah mengupayakan melindungi pantai dengan membuat bangunan pelindung pantai yaitu *Revetment* yang bertujuan melindungi pantai dari hantaman gelombang dan air pasang. Berdasarkan tinjauan yang di lakukan, terdapat kerusakan pada struktur bangunan pelindung

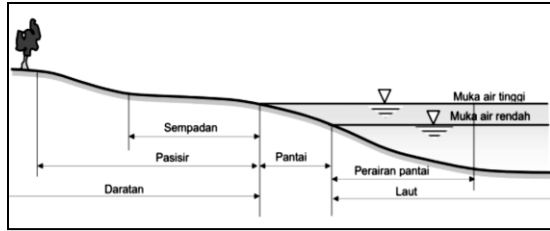
pantai (*Revetment*). Bangunan yang di bangun sejak 3 tahun lalu ini mengalami kerusakan sepanjang 105 m, di karenakan oleh cuaca buruk (menurut warga terjadi di bulan maret-april) yang mengakibatkan limpasan air laut sehingga bangunan *Revetment* mengalami pengikisan pada kaki bangunan dan lebih di perparah karena terjadi guling pada jalan raya yang merupakan akses transportasi antar desa. Kondisi jalan raya yang mula-mula 6 m sekarang menjadi 3 m.

Jika kondisi seperti ini berlangsung terus-menerus dan tidak di tanggulang, maka akan menyebabkan kerusakan yang jauh lebih parah yakni, daratan akan menjadi sempit dan masih memungkinkan terjadinya abrasi yang dapat membuat jalan raya tersebut sewaktu-waktu dapat runtuh. Berdasarkan hal di atas, maka di pandang perlu untuk melakukan penelitian tentang : Penentuan Bangunan Pelindung Pantai Yang Tepat Di Desa Hatu, Kecamatan Leihitu Barat, Maluku Tengah.

2. KAJIAN PUSTAKA

2.1. Defenisi Pantai

Pantai (*Shore*) adalah daerah di tepi perairan yang dipengaruhi oleh air pasang tertinggi dan air surut terendah. (Triatmodjo, 1999). Penjelasan mengenai defenisi daerah pantai dapat dilihat dalam Gambar 1 berikut :



Gambar 1. Batasan Pantai (Sumber : <http://eprints.undip.ac.id>)

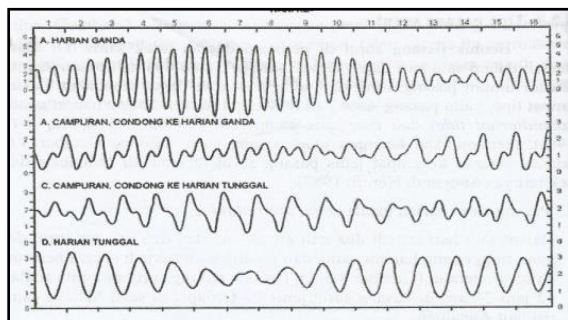
Tipe pantai sangat berpengaruh terhadap kemudahan terjadinya pantai. Berikut ini tipe-tipe pantai yang ada di Indonesia berdasarkan tipe paparan (*shelf*) dan perairan (Pratikto & Armono, 1997) :

1. Pantai Paparan, merupakan pantai dengan proses pengendapan yang dominan
2. Pantai Samudra, merupakan pantai di mana proses erosi lebih dominan.
3. Pantai Pulau, merupakan pantai yang mengelilingi pulau kecil yang dibentuk oleh endapan sungai, batu gamping, endapan gunung berapi atau endapan lainnya.

2.2 Pasang Surut

Pasang surut adalah perubahan elevasi muka air laut akibat adanya pengaruh gaya tarik antara benda-benda di langit, terutama bulan dan matahari terhadap massa air laut di bumi.

Tinggi pasang surut adalah jarak vertikal antara air tertinggi (puncak air pasang) dan air terendah (lembah air surut) yang berurutan. Pasang surut dibagi menjadi empat tipe (Triatmodjo, 1999), yaitu :



Gambar 2. Tipe Pasang Surut (Triatmodjo, 1999)

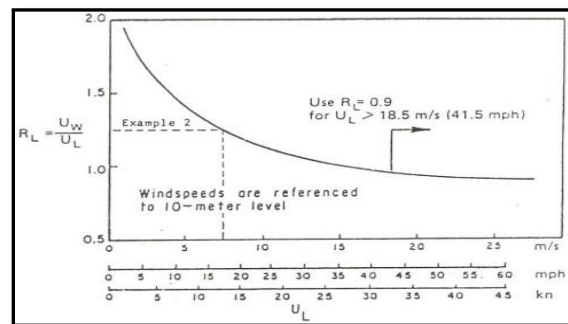
1. Pasang Surut Harian Ganda (*Semi Diurnal Tide*), Kejadian dimana terjadi dua kali pasang dan dua kali surut dalam satu hari dengan periode pasang surut rata-rata 12 Jam 24 Menit
2. Pasang Surut Harian Tunggal (*Diurnal Tide*), Kejadian dimana dalam sehari terjadi satu kali air pasang dan satu kali air surut dengan periode pasang surut 24 jam 50 menit.
3. Pasang Surut Campuran Condong Ke Harian Tunggal (*Mixed Tide Prevailing Diurnal*),

kejadian dimana dalam satu hari terjadi satu kali pasang dan satu kali surut, tetapi kadang-kadang untuk sementara waktu terjadi dua kali pasang dan dua kali surut.

4. Pasang Surut Campuran Condong Ke Harian Ganda (*Mixed Tide Prevailing Semi Diurnal*) Kejadian dimana dalam satu hari terjadi dua kali pasang dan dua kali surut.

2.3 Angin

Kecepatan angin akan menimbulkan tegangan pada permukaan laut, sehingga permukaan air yang semula tenang akan terganggu dan timbul riak gelombang kecil di atas permukaan air. Angin yang berhembus di atas permukaan air akan memindahkan energinya ke air (Purba, 2014). Data angin yang digunakan untuk peramalan gelombang adalah data di permukaan laut pada lokasi pembangkitan. Pengukuran angin dinyatakan dalam knot, 1 knot = 0,514 m/d. (Triatmodjo, 1999). Faktor koreksi dilambangkan dengan R_L , yang nilainya disajikan Gambar 3.



Gambar 3. Hubungan antara kecepatan angin di laut dan darat (Triatmodjo, 1999)

Kecepatan angin dikonversikan pada faktor tegangan angin dengan menggunakan rumus berikut :

$$U_A = 0,71 U^{1.23} \dots \dots \dots (1)$$

Dengan :

U_A : Koreksi tegangan angin (*Wind-stress factor*)

U : Kecepatan angin dalam *m/dt*

2.4 Fetch

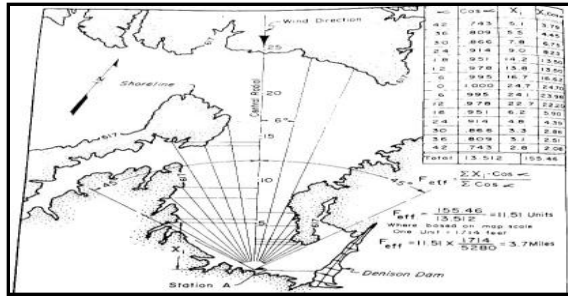
Fetch merupakan panjang daerah dimana kecepatan angin dan arah berhembus adalah konstan. Di dalam peninjauan pembangkitan gelombang di laut, *Fetch* dibatasi oleh daratan yang mengelilingi. *Fetch* efektif (F_{eff}) dengan persamaan berikut (Triatmodjo, 1999):

$$F_{eff} = \frac{\sum x_i \cos \alpha_i}{\sum \cos \alpha_i} \dots \dots \dots (2)$$

Dengan :

X_i : panjang *Fetch* pada arah yang ditinjau

A : sudut antara jalur *Fetch* yang ditinjau dengan arah mata angin.

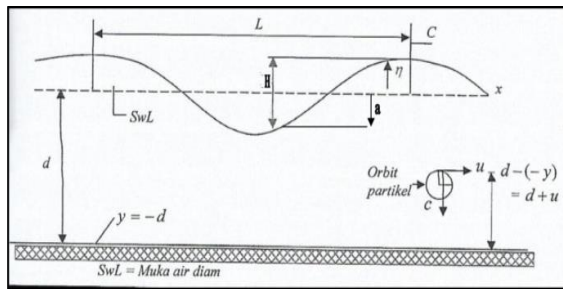


Gambar 4 Fetch (Yuwono, 1992)

2.5 Gelombang

Gelombang adalah salah satu bentuk energi yang dapat membentuk pantai, menimbulkan arus dan transpor sedimen dalam arah tegak lurus dan sepanjang pantai,serta menyebabkan gaya-gaya yang bekerja pada bangunan pantai(Triatmodjo, 1999).

Teori gelombang airy merupakan salah satu teori untuk menggambarkan gelombang di alam.Selain sederhana dan mudah dipahami teori ini juga memberikan model penting dalam menentukan properti gelombang pada permukaan.(Triatmodjo, 1999)



Gambar 5. Defenisi Gelombang (Triatmodjo, 1999)

2.6 Gelombang Signifikan

Berdasarkan pada kecepatan angin, lama hembus angin dan Fetch.Dalam menentukan tinggi gelombang signifikan (Hs) dan periode gelombang signifikan (Ts), digunakan analisis spektrum gelombang JONSWAP (Shore Protection Manual, 1984) yang diturunkan berdasarkan kondisi FDS (Fully Developed Sea).Untuk menentukan tinggi gelombang signifikan (Hs), periode gelombang (Ts), diperoleh dengan cara memasukan nilai wind stress (UA), panjang Fetch efektif (F_{eff}) kedalam persamaan :

$$H_s = 2.482 \times 10^{-2} U_A \dots \dots \dots (3)$$

$$T_s = 6,23 \times 10^{-2} (U_A \cdot F_{eff})^{1/2} \dots \dots \dots (4)$$

Dengan :

- H_s : Tinggi gelombang signifikan (m)
- T_s : Periode gelombang signifikan (dt)
- F_{eff} : Panjang Fetch efektif (m)
- U_A : Kecepatan angin terkoreksi (m/dt)

2.7 Refraksi Gelombang

Refraksi gelombang adalah pembelokan arah gelombang yang menyesuaikan kontur kedalaman yang disebabkan oleh perubahan kecepatan rambat gelombang.Refraksi dapat menentukan tinggi gelombang di suatu tempat berdasarkan karakteristik gelombang datang.Refraksi gelombang terjadi karena adanya pengaruh perubahan kedalaman di laut, (Triatmodjo, 1999)

$$K_r = \left(\frac{\cos \alpha_0}{\cos \alpha} \right)^{\frac{1}{2}} \dots \dots \dots (5)$$

$$K_s = \left(\frac{n_0 \cdot L_0}{n \cdot L} \right) \dots \dots \dots (6)$$

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

$$\sin \alpha = \left(\frac{C}{C_0} \right) \sin \alpha_0 \dots \dots \dots (7)$$

Dengan :

- K_r : Koefisien refraksi.
- K_s : Koefisien shoaling
- L : Panjang gelombang
- L₀ : Panjang gelombang di laut dalam
- α₀ : Sudut antara garis puncak gelombang dengan kontur dasar dimana gelombang melintas.
- α : Sudut yang sama yang diukur saat garis puncak gelombang melintasi kontur dasar berikutnya.
- C : Kecepatan rambat gelombang
- C₀ : Kecepatan rambat gelombang di laut dalam

2.7.1 Gelombang Pecah

Gelombang pecah adalah Gelombang yang menjaral dari laut dalam menuju pantai dan mengalami perubahan bentuk karena adanya pengaruh perubahan kedalaman laut.yang disebut dengan kedalaman gelombang pecah (d_b). Tinggi gelombang laut dalam ekuivalen diberi notasi (H'₀) dan tinggi gelombang pecah diberi notasi (H_b).Kondisi gelombang pecah tergantung pada kemiringan dasar pantai dan kecuraman gelombang, sehingga tinggi gelombang pecah dapat dihitung dengan persamaan :

$$\frac{H_b}{H'_0} = \frac{1}{3,3(H'_0/L_0)^{1/3}} \dots \dots \dots (8)$$

$$d_b = \frac{H_b}{b^{(aH_b/gT^2)}} \dots \dots \dots (9)$$

Dengan :

- H_b : Tinggi gelombang pecah
- H'₀ : Tinggi gelombang laut dalam ekivalen
- L₀ : Panjang gelombang di laut dalam

- db : Kedalaman air pada saat gelombang pecah
- m : Kemiringan dasar laut
- g : Percepatan gravitasi
- T : Periode gelombang

2.8 Perubahan Garis Pantai

Pembuatan model matamatik yang berdasar pada imbalanced sedimen pantai dapat memprediksi perubahan garis pantai pada lokasi yang ditinjau(Wattimena & Ayal, 2018). Model perubahan garis pantai didasarkan pada persamaan kontinuitas sedimen. Untuk itu pantai dibagi menjadi sejumlah sel (ruas).Model perubahan garis pantai ini berdasarkan hukum kontinuitas sedimen sebagai berikut :

$$\frac{\partial y}{\partial t} = -\frac{1}{d} \frac{\partial Q}{\partial x} \dots\dots\dots(10)$$

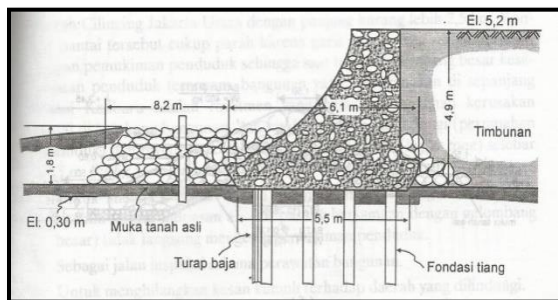
- Dengan :
- Y : Jarak antara garis pantai dan garis referensi
- Q : Transport sedimen sepanjang pantai
- T : Waktu
- X : Absis searah garis pantai.
- D: kedalaman air yang tergantung pada profil pantai.

2.9 Jenis-Jenis Bangunan Pantai

Solusi untuk melindungi pantai dari kerusakan akibat serang gelombang dan arus ialah dengan merencanakan Bangunan pantai. Adapun jenis-jenis bangunan pelindung pantai antara lain :

1. *Revetment*

Umumnya *Revetment* merupakan bangunan pantai konstruksi teringan dibandingkan dengan jenis-jenis bangunan pantai yang lainnya.*Revetment* mempunyai sisi miring dan biasanya terbuat dari tumpukan batu atau bronjong, sehingga lebih fleksibel dan dapat menyesuaikan diri terhadap gerusan di kaki bangunan.Daerah yang dilindungi adalah daratan tepat di belakang bangunan.



Gambar 6. Salah satu Bentuk *Revetment* (Triatmodjo, 1999)

2. Tembok Laut (*SeaWall*)

Seawall berfungsi sebagai pelindung pantai terhadap serang gelombang dan untuk menahan terjadinya

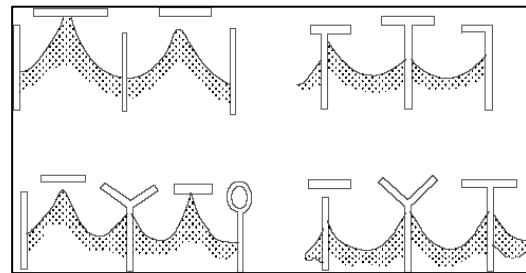
limpasan gelombang ke daratan di belakangnya.Biasanya tembok laut di gunakan untuk melindungi daerah pemukiman dan/atau fasilitas umum yang sudah sangat dekat dengan garis pantai. Bangunan ini bias berbentuk dinding vertikal, miring, lengkung, atau bertangga; dan bias terbuat dari pasangan batu, dinding beton, atau buis beton.

3. *Breakwater*

Breakwater dibedakan menjadi dua macam yaitu pemecah gelombang lepas pantai (*offshore*) dan pemecah gelombang sambung pantai (*inshore*).Pemecah gelombang lepas pantai (*offshore*) adalah bangunan yang dibuat sejajar pantai dan berada pada jarak tertentu dari garis pantai.Bangunan ini direncanakan untuk melindungi pantai yang terletak di belakangnya dari serangan gelombang.Pemecah gelombang lepas pantai dapat dibuat dari satu pemecah gelombang atau satu seri bangunan yang terdiri dari beberapa ruas pemecah gelombang yang dipisahkan oleh celah.

4. *Groin*

Groin adalah bangunan pelindung pantai yang biasanya dibuat tegak lurus garis pantai, dan berfungsi untuk menahan transport sedimen sepanjang pantai, sehingga bisa mengurangi/ menghentikan erosi yang terjadi. Bangunan ini juga bisa di gunakan untuk menahan masuknya transport sedimen sepanjang pantai ke pelabuhan atau muara sungai. *Groin* dapat dibedakan menjadi beberapa tipe, yaitu tipe lurus I, tipe T, tipe L.

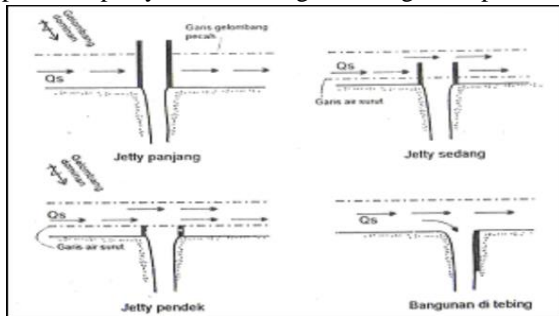


Gambar 7. *Groin* (Triatmodjo, 1999)

5. *Jetty*

Jetty adalah bangunan tegak lurus pantai yang diletakan di kedua sisi muara sungai yang berfungsi untuk mengurangi pendangkalan alur oleh sedimen pantai. Pada penggunaan muara sungai sebagai alur pelayaran, pengendapan di muara dapat mengganggu lalu lintas kapal.Untuk keperluan tersebut jetty harus panjang sampai ujungnya berada di luar sedimen sepanjang pantai juga sangat berpengaruh terhadap pembentukan endapan tersebut.Pasir yang melintas

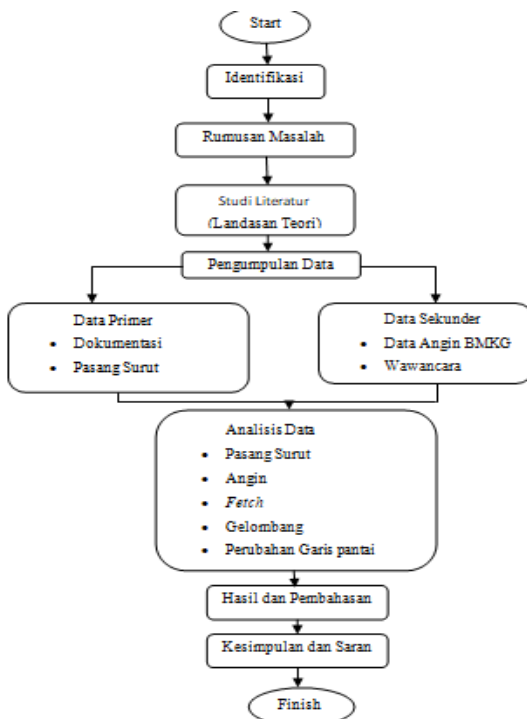
didepan muara gelombang pecah. Dengan *jetty* transport sedimen sepanjang pantai dapat tertahan dan pada alur pelayaran kondisi gelombang tidak pecah.



Gambar 8. Jetty (Triatmodjo, 1999)

3. METODE PENELITIAN

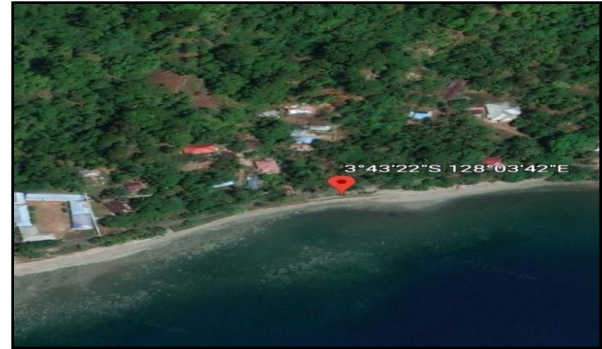
3.1. Alir Penelitian



Gambar 9. Bagan Alir Penelitian

3.2 Waktu dan Lokasi Penelitian

Waktu yang dibutuhkan untuk pengumpulan data serta informasi yang akurat dalam menyelesaikan penelitian ini, adalah 3 bulan. Penelitian ini bertempat di pantai Desa Hatu Kecamatan Leihitu Barat Maluku Tengah



Gambar 10. Lokasi Penelitian (Sumber Google Earth)

3.3 Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan untuk memperoleh data pengukuran lapangan dalam penelitian ini adalah :

Alat :

1. Meter Roll
2. Alat Tulis
3. Kamera
4. Bak ukur
5. Senter
6. Alat bantu lainnya

Bahan : (Membuat Bak Ukur)

1. Kayu/bambu
2. Cat

3.4 Teknik Pengumpulan Data

Pencarian data dapat dilakukan melalui observasi, data dokumen dan studi pustaka.

1. Observasi, memperoleh data oseonografi berupa :
 - a. Data Primer : Dokumentasi, Pasang Surut, Pengukuran Garis Pantai, Dokumentasi
 - b. Data Sekunder : Data Angin dari BMKG, wawancara.
2. Studi pustaka, yaitu pengumpulan informasi dari sumber-sumber literatur lain yang berkaitan dengan perubahan garis pantai.

3.5 Teknik Analisa Data

Analisa data yang dilakukan adalah sebagai berikut :

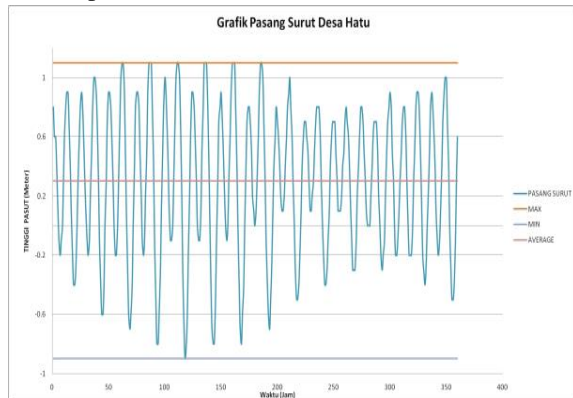
1. Pengolahan data angin dari BMKG menjadi mawar angin
2. Perhitungan *Fetch* untuk mengetahui arah angin terbanyak dan terbesar pada lokasi penelitian.
3. Mengolah data Pasang surut untuk mengetahui Pasang tertinggi, surut terendah dan muka air rerata.
4. Menghitung tinggi gelombang signifikan menggunakan hasil perhitungan panjang *Fetch* dengan menggunakan persamaan rumus (2.2)

5. Menghitung Refraksi gelombang untuk memper oleh data Tinggi gelombang pecah (Hb), kedalamn (db).
6. Perhitungan perubahan garis pantai dilakukan dengan menggunakan metode perhitungan CERC dengan memakai program Excel 2007 dan menghitung transport sedimen pantai dengan menggunakan rumus (2.12)
7. Menentukan bangunan pelindung pantai yang te pat berdasarkan perhitungan perubahan garis pantai

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Analisa Pasang Surut

Pasang surut adalah perubahan elevasi muka air laut akibat adanya pengaruh gaya tarik antara benda-benda di langit, terutama bulan dan matahari terhadap massa air laut di bumi. Pengambilan data pasang surut dilakukan selama 15 hari mulai terhitung dari tanggal 1 September – 15 September 2021 di Desa Hatu, Kecamatan Leihitu Barat, Kabupaten Maluku Tengah, memberi kesimpulan bahwa tipe pasang surut di Desa Hatu adalah campuran condong ke harian ganda. Hasil pencatatannya dapat dilihat dalam grafik seperti terlihat pada Gambar 11.



Gambar 11. Grafik Pasang Surut (Hasil Penelitian)

Berdasarkan pengukuran tersebut diperoleh : LWL = - 0,9m, MWL= 0,3m dan HWL= 1,1m.

4.2 Analisa Angin.

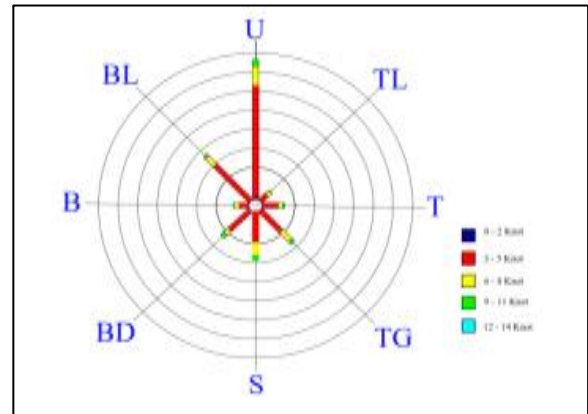
Dalam penulisan ini data angin yang digunakan adalah data angin harian yang diperoleh dari Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) Stasiun Meteorologi Pattimura Klas II Ambon selama 10 tahun terakhir (2011-2020) yang kemudian dikonversikan dalam delapan penjuru mata angin (Utara, Timur Laut, Timur, Tenggara, Selatan, Barat Daya, Barat, Barat Laut).

Tabel 1. Jumlah kejadian rata-rata tahun 2011-2020

Kec (Knot)	Arah Angin (o)									Jumlah
	U	TL	T	TG	S	BD	B	BL	CALM	
	0-2	12	0	0	5	1	1	1	5	
3-5	1162	20	30	271	272	229	24	536	2544	
6-8	152	13	22	195	148	97	9	71	707	
9-11	39	1	5	51	104	93	3	17	313	
12-14	9	0	1	3	2	30	2	4	51	
Jumlah	1374	34	58	525	527	450	39	633	13	3653

Tabel 2. Presentase kejadian angin tahun2011-2020

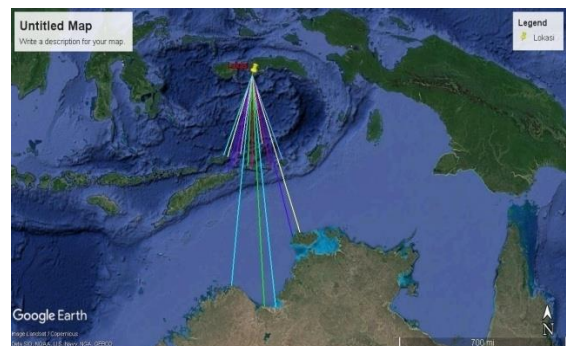
Kec (Knot)	Arah Angin (o)									Jumlah
	U	TL	T	TG	S	BD	B	BL	CALM	
	0-2	0.33	0.00	0.00	0.14	0.03	0.03	0.03	0.14	
3-5	31.81	0.55	0.82	7.42	7.45	6.27	0.66	14.67	69.64	
6-8	4.16	0.36	0.60	5.34	4.05	2.66	0.25	1.94	19.35	
9-11	1.07	0.03	0.14	1.40	2.85	2.55	0.08	0.47	8.57	
12-14	0.25	0.00	0.03	0.08	0.05	0.82	0.05	0.11	1.40	
Jumlah	37.61	0.93	1.59	14.37	14.43	12.32	1.07	17.33	0.36	100.00



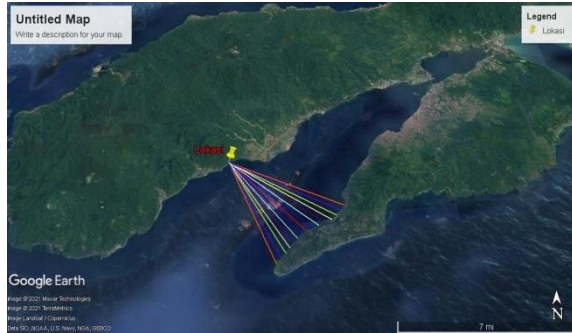
Gambar 12. Grafik Pasang Surut (Hasil Penelitian)

4.3 Analisa Fetch

Apabila Fetch pendek, maka gelombang kecil sebaiknya jika Fetch panjang maka gelombang besar. Berdasarkan kedudukan lokasi peneitian maka Fetch yang berpengaruh ialah arah selatan dan tenggara.



Gambar 13. Panjang Garis Fetch Arah Selatan



Gambar 14. Panjang Garis Fetch Arah Tenggara Setelah pengukur panjang Fetch dilakukan perhitungan Fetch Efektif untuk setiap arah.yang perhitungannya dapat dilihat pada Tabel

Tabel 3. Perhitungan Panjang Garis Fetch Arah Selatan

Arah	Sudut (α)	Cos α	Panjang Fetch (m)	Xi Cos α	Feff (m)
Selatan	-21	0.933	483464.00	451071.91	673011.18
	-18	0.951	878500.18	835453.67	
	-15	0.966	886802.67	856651.38	
	-12	0.978	508250.19	497068.69	
	-9	0.988	374614.95	370119.57	
	-6	0.995	1239460.63	1233263.33	
	-3	0.998	1226627.11	1224173.86	
	0	1.00	489036.8	489036.80	
	3	0.998	485822.59	484850.94	
	6	0.995	1122445.08	1116832.85	
	9	0.988	426093.81	420980.68	
	12	0.978	488183.55	477443.51	
	15	0.966	537413.17	519141.12	
18	0.951	458080.74	435634.78		
21	0.933	456971.48	426354.39		
JUMLAH		14.618		9838077.49	

4.4 Analisa Gelombang.

Gelombang angin juga merupakan faktor paling dominan yang menganalisa juga merencanakan fasilitas pantai. Dengan demikian data gelombang dihitung berdasarkan kecepatan angin.

Tabel 4. Hasil Perhitungan Gelombang untuk Arah Selatan

No	U	U _L	U _w	U _A	Feff	H _s	T _s
	(knot)	(m/det)					
1	2	1	1.91	1.57	673011.18	0.66	6.06
2	4	2	3.67	3.51		1.47	7.90
3	6	3	5.19	5.38		2.26	9.10
4	8	4	6.18	6.67		2.80	9.77
5	10	5	7.62	8.63		3.62	10.63

Tabel 5. Hasil Perhitungan Gelombang untuk Arah Tenggara

No	U	U _L	U _w	U _A	Feff	H _s	T _s
	(knot)	(m/det)					
1	2	1	1.91	1.57	7704.72	0.07	1.39
2	4	2	3.67	3.51		0.16	1.81
3	6	3	5.19	5.38		0.24	2.08
4	8	4	6.18	6.67		0.30	2.23
5	10	5	7.62	8.63		0.39	2.43

4.5 Analisa Gelombang Pecah, Shoaling dan Refraksi

Berdasarkan perhitungan gelombang pada tabel 4.5 dan 4.6 maka, dapat dihitung refraksi gelombang arah selatan dan tenggara dengan mengasumsikan kedalaman dasar laut (d) 2.5 meter seperti pada tabel berikut :

Tabel 6 Hasil Perhitungan Refraksi, Shoaling dan Gelombang Pecah Arah Selatan

H _s	T	D	Lo	Co	d/Lo	d/L
0.66	6.06	2.5	57.34	9.46	0.044	0.08774
1.47	7.90	2.5	97.44	12.33	0.026	0.06613
2.26	9.10	2.5	129.29	14.21	0.019	0.06200
2.80	9.77	2.5	149.03	15.25	0.017	0.05611
3.63	10.65	2.5	177.09	16.63	0.014	0.04791

L	C	Sin αo	αo	kr	No	K	n	ks
28.493	4.702	0.170	9.786	0.504	0.5	0.2205	0.9114	1.0507
37.804	4.785	0.133	7.625	0.502	0.5	0.1662	0.9468	1.1667
40.323	4.431	0.107	6.123	0.501	0.5	0.1558	0.9528	1.2972
44.555	4.560	0.102	5.869	0.501	0.5	0.1410	0.9609	1.3193
52.181	4.900	0.101	5.784	0.501	0.5	0.1204	0.9710	1.3219

H'o	H'o/gT ²	Hb/H'o	Hb/gT ²	db/Hb	Hb	db	cb	Lb
0.33	0.001	1.59	0.001	0.68	0.529	0.777	2.761	0.456
0.74	0.001	1.59	0.002	0.70	1.174	1.677	4.056	0.513
1.13	0.001	1.59	0.002	0.70	1.802	2.574	5.025	0.552
1.40	0.001	1.59	0.002	0.70	2.232	3.188	5.593	0.572
1.82	0.002	1.37	0.002	0.70	2.493	3.561	5.911	0.555

Tabel 7. Hasil Perhitungan Refraksi, Shoaling dan Gelombang Pecah Arah Tenggara

H _s	T	D	Lo	Co	d/Lo	d/L	L
0.07	1.39	2.5	3.00	2.16	0.83	0.83005	3.012
0.16	1.81	2.5	5.10	2.82	0.490	0.49203	5.081
0.24	2.08	2.5	6.76	3.25	0.370	0.37658	6.639
0.30	2.23	2.5	7.79	3.49	0.321	0.33116	7.549
0.39	2.43	2.5	9.24	3.80	0.271	0.28627	8.733

Lanjutan Tabel 7.

C	Sin αo	Ao	Kr	No	K	n	ks
2.173	0.425	25.121	0.272	0.5	2.0861	0.5003	0.9974
2.811	0.421	24.896	0.272	0.5	1.2366	0.5128	0.9894
3.189	0.415	24.506	0.271	0.5	0.9464	0.5417	0.9698
3.379	0.409	24.169	0.271	0.5	0.8323	0.5649	0.9559
3.590	0.399	23.546	0.270	0.5	0.7195	0.5986	0.9400

H'o	H'o/gT ²	Hb/H'o	Hb/gT ²	db/Hb	Hb	Db	Cb	Lb
0.02	0.001	1.59	0.002	0.70	0.030	0.044	0.653	0.471
0.04	0.001	1.59	0.002	0.70	0.068	0.097	0.977	0.540
0.07	0.002	1.37	0.002	0.70	0.090	0.128	1.122	0.539
0.08	0.002	1.37	0.002	0.70	0.111	0.159	1.248	0.559
0.10	0.002	1.37	0.002	0.70	0.143	0.205	1.418	0.583

Sumber : Hasil Perhitungan

4.6 Analisis Perubahan Garis Pantai

Dalam analisa perubahan garis pantai (PGP) mempergunakan metode CERC yangdibantu Program Excel versi 2007. kemudian untuk mengetahui besarnya perubahan garis pantai dibutuhkan data pendukung dan asumsi dasar yang digunakan untuk melihat permodelan perubahan garis pantai pada Desa Hatu Kecamatan Leihitu Barat Maluku Tengah antara lain :

1. Data gelombang yang meliputi : Periode, tinggi dan arah gelombang, tinggi gelombang pecah (Hb) serta kedalaman gelombang pecah (db).
2. Kontur kedalaman dianggap membentuk sudut 20° untuk arah Selatan dan 25° untuk arah tenggara.
3. Kemiringan yang digunakan untuk rata-rata pantai Desa Hatu 0.02.
4. Panjang garis pantai lokasi penelitian yang ditinjau sepanjang 105 meter yang kemudian dibagi menjadi 20 pias dengan jarak setiap pias (Δx) adalah 5 meter.

Tabel 8. Perubahan Perubahan Garis Pantai 1 Tahun Arah Selatan

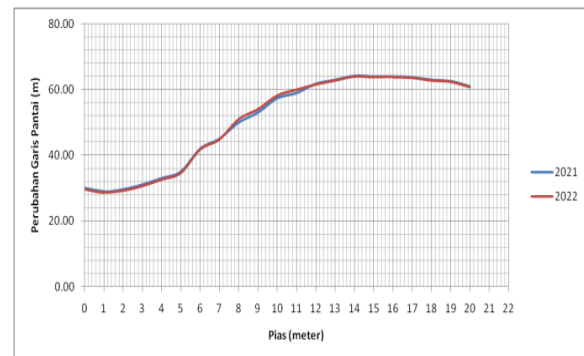
Pias	Y ₂₀₂₁	Y ₂₀₂₂	Tg ai	Tg ab	ab	Sin ab	Cos ab	PH(m/dt/m)	Q(m ³ /th)	D Yi(m)	Y akhir
0	30,00	29,65	6,000	5,636	79,939	0,985	0,175	7,942	6,179	-0,347	29,653
1	29,00	28,64	5,800	5,436	79,577	0,983	0,181	8,215	6,391	-0,359	28,641
2	29,60	29,24	5,920	5,556	79,797	0,984	0,177	8,049	6,262	-0,352	29,248
3	31,00	30,66	6,200	5,836	80,277	0,986	0,169	7,685	5,979	-0,336	30,664
4	33,00	32,68	6,600	6,236	80,890	0,987	0,158	7,218	5,616	-0,315	32,685
5	35,00	34,70	7,000	6,636	81,430	0,989	0,149	6,803	5,293	-0,297	34,703
6	42,00	41,75	8,400	8,036	82,907	0,992	0,123	5,658	4,402	-0,247	41,753
7	45,00	44,77	9,000	8,636	83,395	0,993	0,115	5,275	4,104	-0,230	44,770
8	50,00	51,02	-0,600	-0,964	-43,949	-0,694	0,720	-23,069	-17,948	1,008	51,008
9	53,00	54,00	-0,860	-1,224	-50,751	-0,774	0,633	-22,621	-17,599	0,988	53,988
10	57,30	58,26	-0,340	-0,704	-35,144	-0,576	0,818	-21,732	-16,907	0,950	58,250
11	59,00	60,02	-0,560	-0,924	-42,737	-0,679	0,734	-23,013	-17,904	1,005	60,005
12	61,80	61,63	12,360	11,996	85,235	0,997	0,083	3,822	2,974	-0,167	61,633
13	63,00	62,83	12,600	12,236	85,328	0,997	0,081	3,748	2,916	-0,164	62,836
14	64,20	64,04	12,840	12,476	85,417	0,997	0,080	3,677	2,861	-0,161	64,039
15	64,00	63,84	12,800	12,436	85,403	0,997	0,080	3,689	2,870	-0,161	63,839
16	64,00	63,84	12,800	12,436	85,403	0,997	0,080	3,689	2,870	-0,161	63,839
17	63,80	63,64	12,760	12,396	85,388	0,997	0,080	3,700	2,879	-0,162	63,638
18	63,00	62,83	12,600	12,236	85,328	0,997	0,081	3,748	2,916	-0,164	62,836
19	62,50	62,33	12,500	12,136	85,290	0,997	0,082	3,779	2,940	-0,165	62,335
20	61,00	60,83	12,200	11,836	85,171	0,996	0,084	3,873	3,013	-0,169	60,831

Tabel 9. Perubahan Perubahan Garis Pantai 1 Tahun Arah Tenggara

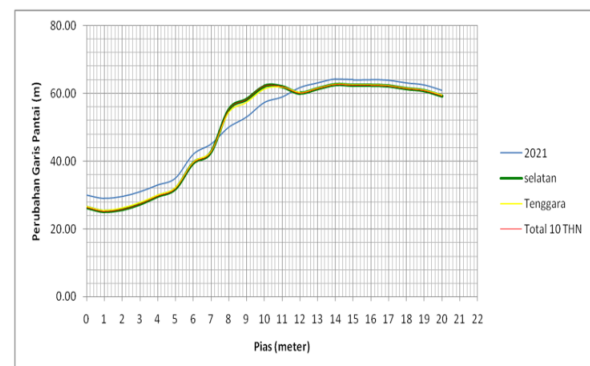
Pias	Y ₂₀₂₁	Y ₂₀₂₂	Tg ai	Tg ab	Ab	Sin ab	Cos ab	PH(m/dt/m)	Q(m ³ /th)	D Yi(m)	Y akhir
0	30,00	29,648	6,000	5,534	79,757	0,984	0,178	0,0064	0,0050	-0,0049	30,000
1	29,00	28,636	5,800	5,334	79,381	0,983	0,184	0,0066	0,0052	-0,0050	28,599
2	29,60	29,243	5,920	5,434	79,610	0,984	0,180	0,0065	0,0051	-0,0049	29,600
3	31,00	30,659	6,200	5,734	80,107	0,985	0,172	0,0062	0,0048	-0,0047	31,000
4	33,00	32,680	6,600	6,134	80,740	0,987	0,161	0,0058	0,0045	-0,0044	33,000
5	35,00	34,699	7,000	6,534	81,298	0,988	0,151	0,0055	0,0043	-0,0042	35,000
6	42,00	41,749	8,400	7,934	82,816	0,992	0,125	0,0046	0,0035	-0,0035	42,000
7	45,00	44,766	9,000	8,534	83,316	0,993	0,116	0,0042	0,0033	-0,0032	45,000
8	50,00	51,022	-0,600	-1,066	-46,838	-0,729	0,684	-0,0183	-0,0142	0,0139	50,01
9	53,00	54,002	-0,860	-1,326	-52,985	-0,798	0,602	-0,0176	-0,0137	0,0134	53,01
10	57,30	58,263	-0,340	-0,806	-38,879	-0,628	0,778	-0,0179	-0,0139	0,0136	57,31
11	59,00	60,019	-0,560	-1,026	-45,744	-0,716	0,698	-0,0183	-0,0143	0,0139	59,01
12	61,80	61,631	12,360	11,894	85,194	0,996	0,084	0,0031	0,0024	-0,0023	61,80
13	63,00	62,834	12,600	12,134	85,289	0,997	0,082	0,0030	0,0023	-0,0023	63,000
14	64,20	64,037	12,840	12,374	85,380	0,997	0,081	0,0029	0,0023	-0,0022	64,200
15	64,00	63,837	12,800	12,334	85,365	0,997	0,081	0,0030	0,0023	-0,0022	64,000
16	64,00	63,837	12,800	12,334	85,365	0,997	0,081	0,0030	0,0023	-0,0022	64,000
17	63,80	63,636	12,760	12,294	85,350	0,997	0,081	0,0030	0,0023	-0,0023	63,800
18	63,00	62,834	12,600	12,134	85,289	0,997	0,082	0,0030	0,0023	-0,0023	63,000
19	62,50	62,333	12,500	12,034	85,250	0,997	0,083	0,0030	0,0024	-0,0023	62,500
20	61,00	60,828	12,200	11,734	85,129	0,996	0,085	0,0031	0,0024	-0,0024	61,000

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 8 dan tabel 9 di atas merupakan contoh perhitungan yang digunakan untuk mengetahui besarnya perubahan garis pantai Desa Hatu. Perhitungan yang sama dilakukan untuk mengetahui perubahan garis pantai untuk 5 dan 10 tahun total yang akan datang. hasil pengolahan data perubahan garis pantai 1 tahun diatas dapat di gambarkan pada grafik berikut ini :



Gambar 13. Grafik Perubahan Garis Pantai Desa Hatu jangka Waktu 1



Gambar 14. Grafik Perubahan Garis Pantai Total 10 Tahun

4.7 Penentuan Alternatif Penanggulangan

Perubahan Garis Pantai dapat berupa Kemajuan Garis Pantai (Akresi) atau kemunduran Garis Pantai (Erosi). Terjadi Akresi ataupun Erosi akan memberi dampak. Berdasarkan hasil perhitungan perubahan garis pantai pada Sub bab sebelumnya, yang menyimpulkan bahwa pantai Desa Hatu terjadi Kemunduran garis pantai (Erosi) maka, Untuk menjaga kestabilan garis pantai Desa Hatu, Kecamatan Leihitu Barat, Maluku Tengah, dapat digunakan pilihan alternatif penanggulangan berupa :

“*Revetment* dengan kombinasi Pelindung kaki”.



Gambar 15. Ilustrasi Penempatan Posisi *Revetment*

Sesuai dengan fungsi utamanya yaitu untuk melindungi pantai terhadap erosi maka bangunan pelindung pantai jenis *Revetment* sangat cocok di bangun pada Pantai Desa Hatu. menempatkan *revetment* disepanjang pantai yang akan dilindungi akan mencegah terjadinya erosi. Hal ini menunjukkan bahwa *revetment* mampu melindungi daratan di belakang bangunan sehingga tidak terjadi Kemunduran (erosi) yang semakin besar. *Revetment* yang dipasang harus di kombinasikan dengan pelindung kaki dapat berupa kubus beton ataupun batu. Hal ini dilakukan untuk memperkuat kaki *Revetment* agar tidak terjadi pengikisan pada bangunan pelindung pantai (*Revetment*) juga dapat mempertahankan posisi garis pantai yang ada.

5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan pada penulisan ini maka kesimpulan yang diperoleh adalah sebagai berikut :

1. Arah selatan merupakan arah yang paling dominan dengan tinggi gelombang (H_s) untuk arah selatan ialah 3,62 m dengan waktu (T_s) 10,63detik. Berdasarkan perhitungan refraksi, shoaling dan gelombang pecah maka

diperoleh Tinggi Gelombang Refraksi ($H'O$) sebesar 1,82 m Tinggi Gelombang Pecah (H_b) 2,493 m, Panjang gelombang (L_b) 0,555 m, dan Kedalaman gelombang Pecah (db) 3,561 m, Celerity gelombang Pecah (cb) 5,911 m

2. Garis pantai di Desa Hatu mengalami kemunduran (erosi). Untuk jangka waktu 10 tahun terjadi erosi pada pias 0-7 dan pias 13-20 dengan erosi terbesar ada pada pias 1 sebesar 3,87m dan erosi terkecil terjadi pada pias 16 dan 17 yakni sebesar 1,65m. sedangkan untuk akresi hanya terjadi pada 4 pias dimana pada pias ke-9 terjadi kemajuan garis pantai sebesar 5,28m, pias ke-10 sebesar 5,25m, pias ke-10 sebesar 4,80 dan pias ke-11 sebesar 2,94m.
3. Jenis Bangunan Pelindung Pantai yang tepat digunakan sebagai alternatif penanggulangan kemunduran garis pantai yang terjadi pada Desa Hatu ialah *Revetment* dengan kombinasi pelindung kaki berupa kubus beton atau batu hal ini dikarenakan *revetment* memiliki fungsi utama melindungi pantai terhadap erosi dan untuk melindungi kaki *revetment* di topang oleh pelindung kaki. Kombinasi kedua tipe bangunan pelindung pantai ini mampu menjaga kestabilan garis pantai sehingga tidak terjadi erosi.

5.2 Saran

Adapun saran yang diberikan penulis antara lain :

1. Peneliti selanjutnya sebaiknya dibuat perencanaan bangunan pelindung pantai *Revetment* dengan kombinasi pelindung kaki untuk menjaga kaki *Revetment* agar tetap stabil.
2. Bagi pemerintah dan masyarakat Desa Hatu agar lebih memperhatikan dan tetap memelihara daerah-daerah pantai

DAFTAR PUSTAKA

- Pratikto, A. W., & Armono, D. H. (1997). *Suntoyo. Perencanaan Fasilitas Pantai Dan Laut, BPFE, Yogyakarta.*
- Triatmodjo, B. (1999). *Teknik pantai.*
- Wattimena, J. D., & Ayal, M. R. (2018). Analisis Perubahan Garis Pantai Desa Rutong Kota Ambon. *Jurnal Teknik Sipil, 14*(2), 115–136.
- Yuwono, N. (1992). *Dasar-Dasar Perencanaan Bangunan Pantai. Keluarga Mahasiswa Teknik Sipil Unuversitas Gadjah Mada, Yogyakarta.*
- Purba, N. P. (2014). *Variabilitas angin dan gelombang laut sebagai energi terbarukan di pantai selatan Jabar, Jurnal Akuatika, 5*(1).