

Alternatif penanggulangan kerusakan pantai Wisata Santai Beach kecamatan Nusaniwe kota Ambon

Nelson C Seimahura¹, N. Retraubun², M. F. Telussa³

¹Mahasiswa Universitas Kristen Indonesia Maluku, Jalan OT Pattimaipauw Talake – Ambon

Gmail : ncseimahura16@gmail.com

^{2,3}Staf Pengajar Universitas Kristen Indonesia Maluku, Jalan OT Pattimaipauw Talake - Ambon

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

Abstract

The tourist area of Santai beach, Latuhalat village, Nusaniwe district. is one of the beach tourism in Ambon city which has been developed and managed by the private sector. However, the relaxing beach development has not been done optimally. Santai beach is located in the south of Latuhalat village with an area of approximately 2 hectares. Santai beach has sandy and rocky beaches surrounded by ± 15 meters of wave barrier. around the relaxing beach location there are also residential areas. With the damage to the coastal protection structure, this area is directly adjacent to the sea, so it is often hit by waves or waves. This research begins with a survey of the research location, literature study, then measures the coastline of tidal data and wind data collection. From these data, an analysis was carried out to answer the objectives of this study. Based on the results of data analysis, it is obtained that the height of the breaking wave in the east direction (Hb) = 2.901 m, the southeast direction (Hb) = 4,670 m, the south direction (Hb) = 4.062 m. wavelength east direction (Lb) = 0.257 m, wavelength southeast (Lb) = 0.238 m south direction (Lb) = 0.247 m. and the depth of the breaking wave in the east direction (db) = 2.147 m, for the southeast direction (db) = 2.316 m, and south direction (db) = 3.006 m. In addition, from the analysis results obtained shoreline changes that occurred on this beach in 10 years caused erosion of -210.38 m at the 39th gleet. An alternative treatment that can be used is a simple breakwater.

Keywords: beach, waves, alternative

1. PENDAHULUAN

Indonesia sebagai Negara kepulauan mempunyai lebih dari 3700 pulau dan wilayah pantai sepanjang 80.000 km wilayah pantai ini merupakan daerah yang sangat intensif dimanfaatkan untuk kegiatan manusia, seperti sebagai kawasan pusat pemerintahan, pemukiman, industri, pelabuhan, pertambangan, perikanan, pariwisata, dan lain sebagainya (Triadmodjo). Berbagai kegiatan yang ada di daerah pantai menimbulkan peningkatan kebutuhan akan lahan dan pembangunan infrastruktur di kawasan tersebut. wilayah pantai yang sangat panjang, aktivitas manusia dan kegiatan pembangunan di daerah pantai serta factor alam seperti gelombang, pasang surut, dan arus dapat menimbulkan dampak negative di daerah pantai dengan terjadinya erosi dan sedimentasi pantai. erosi pantai dapat menyebabkan mundurnya garis pantai dan rusaknya berbagai fasilitas yang ada di daerah tersebut. (Triadmodjo, 2012)

Kawasan wisata santai beach latuhalat, nusaniwe. merupakan salah satu wisata pantai yang ada di kota ambon yang telah di kembangkan dan di kelolah oleh pihak swasta. Akan tetapi pengembangan santai beach belum di lakukan secara optimal. Santai

beach terletak di sebelah selatan desa latuhalat dengan luas area kurang lebih 2 Ha. Santai beach memiliki pantai berpasir dan berkarang yang di kelilingi oleh talud penghambat ombak ± 15 meter. di sekitar lokasi santai beach juga terdapat pemukiman penduduk. Dengan kerusakan bangunan pelindung pantai, daerah ini berbatasan langsung dengan laut, sehingga sering mendapat hantaman ombak atau gelombang (Ekonomi *et al.*, 2009) Hal ini sering terjadi pada musim angin kencang (menurut warga di sekitar tempat wisata santai beach angin kencang sering terjadi pada musim timur yakni musim hujan yang terjadi pada bulan mei – juli). Selain karena gelombang, aktifitas pengambilan material pasir dan batu juga sering dilakukan masyarakat dengan alasan untuk membangun rumah, tanpa disadari aktifitas tersebut tentu sangat berdampak *negative* pada lingkungan pesisir pantai. Berdasarkan tinjauan ke lapangan, santai beach memiliki karakteristik garis pantai yang sempit, karena bentuk pantainya yang melengkung dan miliki kedalaman yang relatif menurun. Dengan bentuk pantai seperti ini sebelumnya telah memiliki sistem pelindung terhadap erosi, karena memudahkan

proses tereduksinya gelombang yang melekat pada pesisir pantai.

2. KAJIAN PUSTAKA

2.1. Bangunan Pelindung Pantai.

Bangunan pantai digunakan untuk melindungi pantai terhadap kerusakan karena gelombang dan arus. Ada beberapa cara yang dilakukan untuk melindungi pantai, yaitu :

1. Memperkuat/melindungi pantai agar mampu menahan serangan gelombang,
2. Mengubah laju transpor sedimen sepanjang pantai,
3. Mengurangi energi gelombang yang sampai ke pantai,
4. Reklamasi dengan menambah suplai sedimen ke pantai atau dengan cara lain.

Sesuai dengan fungsinya seperti tersebut di atas, bangunan pantai dapat diklasifikasikan dalam tiga kelompok yaitu :

1. Konstruksi yang dibangun dipantai dan sejajar dengan garis pantai,
2. Konstruksi yang dibangun kira-kira tegak lurus pantai dan sambung ke pantai,
3. Konstruksi yang dibangun di lepas pantai dan kira-kira sejajar dengan garis pantai.

Jenis-jenis bangunan pelindung pantai yang bisa digunakan untuk melindungi pantai dari kerusakan pantai seperti erosi yaitu :

1. Dinding Pantai atau Revetmen

Dinding Pantai atau Revetmen adalah bangunan yang memisahkan daratan dan perairan pantai, yang terutama berfungsi sebagai pelindung pantai terhadap erosi dan limpasan gelombang ke darat. Daerah yang dilindungi adalah daratan tepat dibelakang bangunan. Permukaan bangunan yang menghadap arah datangnya gelombang dapat berupa sisi vertikal atau miring. Dinding pantai biasanya berbentuk dinding vertikal, sedangkan revetmen mempunyai sisi miring. Bangunan ini ditempatkan sejajar atau hampir sejajar dengan garis pantai, dan bisa terbuat dari pasangan batu, beton, tumpukan pipa (buis) beton, turap, kayu, atau tumpukan batu (Triadmodjo, 2012).

2. Groin

Groin adalah bangunan pelindung pantai yang biasanya dibuat tegak lurus garis pantai, dan berfungsi untuk menahan transpor sedimen sepanjang pantai, sehingga bisa mengurangi/menghentikan erosi yang terjadi. Bangunan ini juga bisa digunakan untuk menahan masuknya transpor sedimen sepanjang pantai ke pelabuhan atau muara sungai.

3. Jetty

Jetty adalah bangunan tegak lurus pantai yang diletakan pada kedua sisi muara sungai yang berfungsi untuk mengurangi pendangkalan alur oleh sedimen pantai. Selain melindungi alur pelayaran,

jetty juga dapat digunakan untuk mencegah pendangkalan dimuara dalam kaitannya dengan pengendalian banjir.

4. Seawall

Seawall adalah tembok alut atau dinding alut yang dipasang sepanjang garis pantai dan memisahkan secara tegas antara air laut dengan tanah atau daratan. Tujuannya untuk melindungi dari erosi dan kerusakan lain yang disebabkan oleh hambatan gelombang.

5. Pemecah Gelombang Lepas Pantai

Pemecah gelombang dapat dibedakan menjadi dua macam yaitu pemecah gelombang sambung pantai dan lepas pantai. Tipe pertama banyak digunakan pada perlindungan perairan pelabuhan sedangkan tipe kedua untuk perlindungan pantai terhadap erosi. Secara umum kondisi perencanaan kedua tipe adalah sama, hanya pada tipe pertama perlu ditinjau karakteristik gelombang di beberapa lokasi disepanjang pemecah gelombang; seperti halnya pada perencanaan groin dan jetty.

2.2. Teori Pantai

Pantai secara umum diartikan sebagai batas antara wilayah yang bersifat daratan dengan wilayah yang bersifat lautan. Pantai merupakan daerah di tepi perairan yang dipengaruhi oleh air pasang tertinggi dan surut terendah. Daerah pantai sering juga disebut daerah pesisir atau wilayah pesisir. Daerah pantai atau pesisir adalah suatu daratan beserta perairannya dimana pada daerah tersebut masih dipengaruhi baik oleh aktivitas darat maupun oleh aktifitas kelautan (Soares, 2013).

Pesisir pantai adalah daerah darat ditepi laut yang masih mendapat pengaruh laut seperti pasang surut, angin laut, dan perembesan air laut (Triadmodjo 2016). Kawasan pantai merupakan suatu gambaran nyata interaksi dinamis antara air, gelombang, dan material (tanah). Angin dan air bergerak membawa material tanah dari suatu tempat ketempat yang lain, mengikis tanah kemudian mengendapkannya lagi di daerah lain secara terus menerus. Dengan kejadian ini menyebabkan terjadinya perubahan garis pantai. Dalam kondisi normal, pantai selalu bisa menahan gelombang dan mempunyai pertahanan alami (*sand dune*, hutan bakau dan terumbu karang) untuk melindungi diri dari serangan arus dan gelombang.

Garis pantai adalah garis batas pertemuan antara daratan dan air laut, dimana posisinya tidak tetap dan dapat bergerak sesuai dengan pasang surut air laut dan erosi pantai yang terjadi. Garis pantai memiliki sifat yang tidak tetap dan dapat berpindah sesuai dengan kondisi pasang surut air laut. Keadaan garis pantai sangat penting, diantaranya untuk kegiatan perencanaan pembangunan dan perlindungan wilayah pesisir. Sempadan pantai adalah daerah

sepanjang pantai yang diperuntukkan bagi pengamanan dan pelestarian pantai. Perairan pantai adalah daerah yang masih dipengaruhi aktivitas daratan.

2.3. Angin

Angin yang berhembus di atas permukaan air akan memindahkan energinya ke air. 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. Apabila kecepatan angin bertambah, riak tersebut menjadi semakin besar, dan apabila angin berhembus terus akhirnya akan terbentuk gelombang. Semakin lama dan semakin kuat angin berhembus, maka semakin besar gelombang yang terbentuk. Istilah musim barat dan musim timur banyak digunakan, meskipun seringkali juga disebut dengan istilah lain sesuai dengan arah utama angin yang bertiup disuatu daerah tertentu. Kecepatan angin diukur dengan *anemometer*, apabila tidak tersedia *anemometer*, kecepatan angin dapat diperkirakan berdasarkan keadaan lingkungan dengan menggunakan skala *Beaufort*, seperti pada tabel 1.

Data angin yang digunakan untuk peramalan gelombang adalah data di permukaan laut pada lokasi pembangkitan. Data tersebut dapat diperoleh dari pengukuran langsung di atas permukaan laut atau pengukuran di darat di dekat lokasi peramalan yang kemudian dikonversi menjadi data angin di laut. 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. Data angin dicatat tiap jam dan disajikan dalam tabel, sehingga dapat diketahui angin dengan kecepatan tertentu dan durasinya, kecepatan angin maksimum, arah angin dan dapat pula dihitung kecepatan angin rerata harian. Data angin yang diperlukan merupakan hasil pengamatan beberapa tahun yang disajikan dalam bentuk tabel dengan jumlah data yang sangat besar. Kemudian diolah dan disajikan dalam bentuk diagram yang disebut dengan mawar angin.

Tabel 1. Skala *Beaufort*: (Triatmodjo, 2010)

Tingkat	Sifat Angin	Keadaan Lingkungan	V	P
0	Sunyi (calm)	Tidak ada angin, asap mengumpul.	0 – 1	0,2
1	Angin sepoi	Arah angin terlihat pada arah asap, tidak ada bendera angin.	1 – 3	0,8
2	Angin sangat lemah	Angin terasa pada muka, daun ringan bergerak.	4 – 6	3,5
3	Angin lemah	Daun atau ranting terus menerus bergerak. Debu atau kertas tertiu, ranting dan cabang kecil bergerak.	7 – 10	8,1
4	Angin sedang	Pohon kecil bergerak, buih putih dilaut.		
	Angin agak kuat	Dahan besar bergerak, suara mendesir kawat tilpun.		
	Angin kuat	Pohon seluruhnya bergerak, perjalanan diluar sukar.	11 – 16	15,7
5		Ranting pohon patah, perjalanan menentang angin.		
	Angin kencang	Kerusakan kecil pada rumah, genting tertiu dan terlempar.	17 – 21	26,6
6	Angin sangat kuat	Pohon tumbang, kerusakan akan besar pada rumah.		
	Badai	Kerusakan karena badai terdapat di daerah luas. Pohon besar tumbang, rumah rusak berat	22 – 27	41,0
7			28 – 33	60,1
8	Badai kuat		34 – 40	83,2
9	Angin ribut		41–47	102,5
	Topan			
10			48–55	147,5
11			56–63	188,0
12			64	213,0

Biasanya pengukuran angin dilakukan di daratan, padahal dalam rumus-rumus pembangkitan gelombang data angin yang digunakan adalah yang ada di atas permukaan laut. Oleh karena itu diperlukan transformasi dari data angin di atas daratan yang terdekat dengan lokasi studi ke data angin di atas

permukaan laut. Hubungan antara angin diatas laut dan angin di atas daratan terdekat diberikan oleh:

$$R_L = U_w / U_L \dots \dots \dots (1)$$

Dimana:

U_w = Kecamatan angin di atas permukaan laut (m/s)

R_L = Nilai yang di peroleh dari grafik hubungan antara kecepatan angin di darat dan di laut

U_L = Kecepatan angin di atas daratan (m/s)

2.4. Fetch

Di dalam tinjauan pembangkit gelombang di laut, *fetch* dibatasi oleh bentuk daratan mengeliling laut. Di daerah pembentukan gelombang, gelombang tidak hanya dibangkitkan dalam arah yang sama dengan arah angin tetapi juga dalam berbagai sudut terhadap arah angin. Panjang *fetch* adalah panjang laut yang dibatasi oleh pulau – pulau pada kedua ujungnya. *Fetch* rerata efektif di berikan dengan persamaan :

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

Dengan :

F_{eef} = *Fetch* rerata efektif

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

α = Deviasi pada kedua sisi dari arah angin, dengan menggunakan pertambahan 3° sampai sudut sebesar 21° pada kedua sisi dari arah angin.

2.5. Peramalan gelombang laut

Berdasarkan kecepatan angin, lama hembusan angin dan *fetch* akan dilakukan peramalan dengan menggunakan grafik (SPM,1994). Dari grafik tersebut apabia panjang *fetch* (F), factor tegangan angin (U_A) dan durasi diketahui maka tinggi dan priode gelombang signifikan dapat dihitung. Dalam hubungan dengan gelombang maka perlu adanya beberapa persamaan yang dipakai untuk menghitung gelombang.

Jika gelombang menjalar dari tempat yang dalam menuju ke tempat yang makin lama makin dangkal, pada suatu lokasi tertentu gelombang tersebut akan pecah. Kondisi gelombang pecah tergantung pada kemiringan dasar pantai dan kecuraman gelombang. Tinggi gelombang pecah dapat dihitung dengan rumus berikut ini :

$$\frac{H_b}{H'_0} = \frac{1}{3,3 \left(\frac{H'_0}{gT^2} \right)^{1/3}} \dots \dots \dots (3)$$

Kedalaman air di mana gelombang pecah diberikan oleh rumus berikut :

$$\frac{d_b}{H_b} = \frac{1}{b - \left(\frac{aH}{gT^2} \right)^{1/3}} \dots \dots \dots (4)$$

Dimana a dan b merupakan fungsi kemiringan pantai m dan diberikan oleh persamaan berikut :

$$a = 43,75 (1 - e^{-19m}) \dots \dots \dots (5)$$

$$b = \frac{1,56}{(1 + e^{-19,5m})} \dots \dots \dots (6)$$

Dengan :

H_b : tinggi gelombang pecah

H'_0 : tinggi gelombang laut dalam ekuivalen ($H'_0 = K_r H_0$)

L_0 : panjang gelombang di laut dalam

d_b : kedalaman air pada saat gelombang pecah

m : kemiringan dasar laut

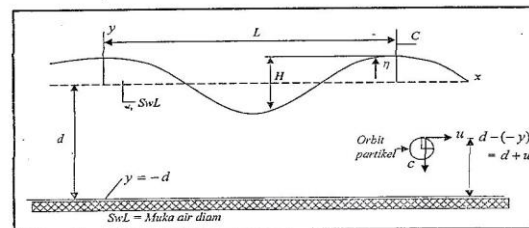
g : percepatan gravitasi

T : preiode gelombang

K_r : kofidien refraksi

2.6. Karakteristik Gelombang

Pada umumnya bentuk gelombang di alam adalah sangat kompleks dan sulit digambar secara matematis karena tidak linier tiga dimensi dan mempunyai bentuk random dimana suatu deret gelombang mempunyai tinggi dan periode gelombang yang berbeda. Beberapa teori hanya menggambarkan bentuk gelombang yang sederhana dan merupakan pendekatan gelombang alam. Ada beberapa teori dengan beberapa derajat kekompleksan dan ketelitian untuk menggambarkan gelombang di alam, di antaranya adalah Teori Airy, Stoke, dan lain-lain. Teori yang paling sederhana adalah teori Airy, disebut juga teori gelombang linier atau teori gelombang amplitude kecil, yang pertama kali ditemukan oleh Airy pada tahun 1845. Selain sederhana dan mudah dipahami teori ini juga memberikan model persamaan penting dalam menentukan properti gelombang pada permukaan (Triadmodjo, 1999)



Gambar 1 Definisi Gelombang (Triadmodjo Bambang, Ir,1999)

Keterangan :

- d = Jarak antara muka air merata dan dasar laut
 $\eta(x, t)$ = Fluktuasi muka air terhadap muka air diam
 α = Amplitudo gelombang
 H = Tinggi Gelombang
 T = Periode gelombang
 L = Panjang gelombang
 C = Kecepatan Rambat Gelombang = L/T
 K = Angka Gelombang = $2\pi/L$
 σ = Frekuensi Gelombang = 2π

2.7. Transformasi Gelombang

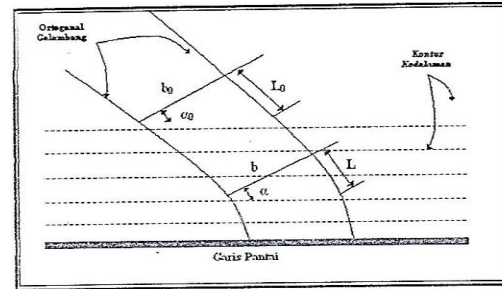
Gelombang merambat dari laut dalam ke laut dangkal. Selama perjalanan tersebut mengalami perubahan-perubahan atau transformasi gelombang. Transformasi akan menyebabkan tinggi gelombang (H), arah gelombang dengan cepat rambat gelombang (C), periode Gelombang (T) tetap. Penyebab utama terjadinya transformasi gelombang adalah: Variasi kedalaman perairan dangkal dan Penghalang seperti struktur perairan.

Refraksi terjadi karena adanya pengaruh perubahan kedalaman laut. Didaerah dimana kedalaman air besar dari setengah panjang gelombang, $d/L_0 > 0,5$ yaitu dilaut dalam, gelombang menjalar tanpa dipengaruhi dasar laut. Tetapi di laut transisi dan dangkal, dasar laut mempengaruhi gelombang. Di daerah ini, apabila ditinjau suatu garis puncak gelombang yang berada di air yang lebih dangkal akan menjalar dengan kecepatan yang lebih kecil daripada bagian di air yang lebih dalam (Triatmodjo, 1999). Studi refraksi dilakukan secara analisis dengan menganggap bahwa kontur dasar laut yang dilintasi oleh setiap garis *orthogonal* gelombang untuk berbagi arah gelombang adalah sejajar. Dengan menggunakan *orthogonal method* yang berdasarkan hukum snellius dirumuskan bahwa gelombang yang memasuki perairan yang lebih dangkal (h_1 menjadi h_2) akan berkurang kecepatan dan panjang gelombang dari C_1 dan L_1 menjadi C_2 dan L_2 , pada jarak *orthogonal* sejauh sumbu x dan selang waktu T , diperoleh $\sin \alpha_1 = C_1 T/x$ dan $\sin \alpha_2 = C_2 T/x$ dengan demikian diperoleh:

$$\frac{\sin \alpha_1}{\sin \alpha_2} = \frac{C_1}{C_2} = \frac{L_1}{L_2} \quad (7)$$

Dimana :

- α_1 dan α_2 = Sudut antara kedalaman dan puncak gelombang
 C_1 dan C_2 = Kecepatan perambatan gelombang di tempat yang di tinjau
 L_1 dan L_2 = panjang gelombang Jika gelombang mendekati pantai dengan kontur sejajar seperti terlihat pada gambar maka:



Gambar 2. Refraksi Gelombang (Triatmodjo Bambang, Ir,1999)

2.8. Tinggi dan Energi Gelombang

A. Tinggi dan periode gelombang signifikan

Untuk menentukan tinggi gelombang signifikan (H_s), Periode Gelombang (T_s), diperoleh dengan cara memasukkan nilai *wind stress factor* (U_A), panjang *fetch* efektif (F_{eff}) kedalam persamaan :

$$U_A = 0,71 \cdot U^{1,2} \quad (8)$$

$$H_s = 5,112 \times 10^{-4} U_A F^{1/2} \text{ (m)} \quad (9)$$

$$T_s = 6,23 \times 10^{-2} (U_A \cdot F)^{1/2} \text{ (dtk)} \quad (10)$$

B. Energi Gelombang

Energi gelombang adalah jumlah dari energi kinetic dan energi potensial gelombang. Energi kinetic 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. Untuk teori gelombang Airy, Jika energi potensial ditetapkan relative terhadap muka air diam, dan semua gelombang menjalar dalam arah yang sama, maka komponen energi potensial dan kinetic adalah sama, jadi energi total tiap satuan lebar adalah :

$$E = E_k + E_p = \rho g H_s^2 L / 8 \quad (11)$$

Energi gelombang dalah berubah dari satu titik ke titik yang lain sepanjang satu panjang gelombang, dan energi rerata satuan luas adalah :

$$E = E/L = \rho g H_s^2 L / 8 \quad (12)$$

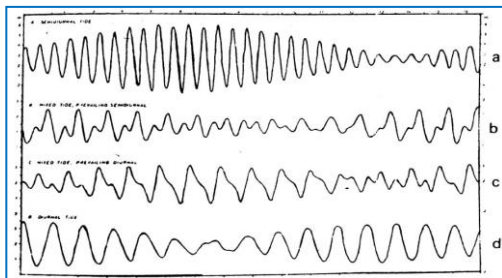
2.9. Pasang Surut

Pasang surut adalah fluktuasi muka air laut karena adanya gaya tarik benda-benda langit, terutama matahari dan bulan terhadap massa air laut di bumi (Triatmodjo, 1999). Elevasi muka air tertinggi (pasang) dan muka air terendah (surut) sangat penting untuk perencanaan bangunan pantai. Pasang surut mengakibatkan kedalaman air di pantai selalu berubah sepanjang waktu, sehingga diperlukan suatu elevasi yang ditetapkan berdasarkan data pasang surut sebagai berikut:

- Muka air tertinggi (*Highest High Water Level, HHWL*), adalah air tertinggi pada saat pasang surut purnama atau bulan mati.
- Muka air tinggi rata-rata (*Mean High Water Level, MHWL*) adalah rata-rata muka air tertinggi yang dicapai selama pengukuran minimal 15 hari.
- Muka air laut rata-rata (*Mean Water Level, MWL*) adalah muka air rata-rata antara muka air tinggi rata-rata dan muka air rendah rata-rata.
- Muka air terendah (*Lowest Low Water Level, LLWL*) adalah air terendah pada saat pasang surut purnama atau bulan mati.
- Muka air rendah rata-rata (*Mean Low Water Level, MLWL*) adalah rata-rata muka air terendah yang dicapai selama pengukuran minimal 15 hari.

Secara umum pasang surut diberbagai daerah di Indonesia dapat dibagi menjadi 4 jenis yaitu:

- Pasang surut harian ganda (*Semi Diurnal Tide*), yaitu pasang yang memiliki sifat dalam satu hari terjadi dua kali pasang dan juga dua kali surut dengan tinggi yang hampir sama dan pasang surut terjadi berurutan secara teratur.
- Pasang surut harian tunggal (*Diurnal Tide*), yaitu tipe pasang surut yang apabila dalam satu hari terjadi satu kali pasang dan satu kali surut.
- Pasang surut campuran condong ke harian ganda (*Mixed Tide Prevailing Semi diurnal*), yaitu pasang surut yang dalam sehari terjadi dua kali pasang dan dua kali surut, tetapi tinggi dan periodenya berbeda.
- Pasang surut campuran condong ke harian tunggal (*Mixed Tide Prevailing Diurnal*), yaitu dalam satu hari terjadi satu kali air pasang dan satu kali air surut, tetapi kadang untuk sementara waktu terjadi dua kali pasang dan dua kali surut dengan tinggi dan periode yang sangat berbeda.



Gambar 3. Tipe pasang surut yang terjadi di Indonesia (Triadmojo Bambang. Ir,1999)

Pada umumnya, tipe pasang surut ditentukan dengan menggunakan rumus Formal yang berbentuk sebagai berikut :

$$F = \frac{K_1 + O_1}{M_2 + S_2} \dots\dots\dots(13)$$

Dimana :

K_1 dan O_1 = konstanta pasut harian utama

M_2 dan S_2 = konstanta pasut ganda utama

Klasifikasi sifat pasang surut adalah :

$F \leq 0,25 \rightarrow$ pasang ganda

$0,25 \leq F \leq \rightarrow$ pasang campuran (ganda dominant)

$1,50 \leq F \leq \rightarrow$ pasang campuran (tunggal dominan)

2.10. Perubahan Garis Pantai

Proses perubahan garis pantai disebabkan oleh angin dan air yang bergerak dari suatu tempat ke tempat lain, mengikis tanah dan kemudian mengendapkannya di suatu tempat secara kontinu. Proses pergerakan gelombang datang pada pantai secara esensial berupa osilasi. Angin yang menuju ke pantai secara bersamaan gerak gelombang yang menuju pantai berpasir secara tidak langsung mengakibatkan pergesekan antara gelombang dan dasar laut, sehingga terjadi gelombang pecah dan membentuk turbulensi yang kemudian membawa material disekitar pantai termasuk yang mengakibatkan pengikisan pada daerah sekitar pantai (*erosi*).

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 (Azhar, Suntoyo and Musta'in, 2012) :

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

Selain dari tahapan diatas, semuanya tergantung pada gerakan air dan karakteristik material pantai yang terangkut. Pada daerah pesisir pantai gerakan dari air dapat terjadi karena adanya kombinasi dari gelombang dan arus. Gelombang dan arus memiliki peranan yang sama besarnya dalam mengaduk dan memindahkan material ke tempat lain.

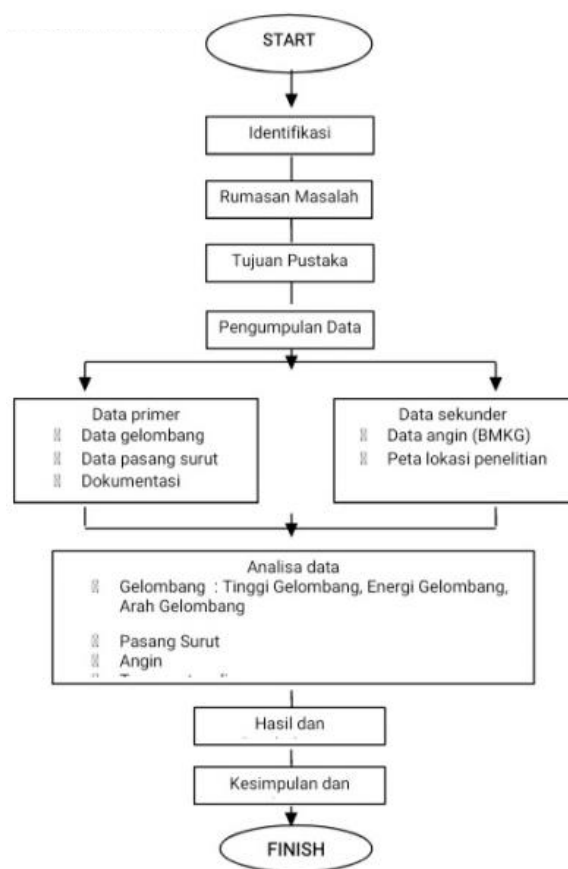
2.11. Arus

Transpor masa dan momentum dalam penjaralan gelombang menimbulkan arus di dekat pantai. Di beberapa daerah yang dilintasinya, perilaku gelombang dan arus yang ditimbulkan berbeda. Di daerah lepas pantai (*offshore zone*) gelombang menimbulkan gerak orbit partikel air, gerak orbit partikel air tidak tertutup sehingga menimbulkan transpor masa air. Transpor tersebut dapat disertai

dengan terangkutnya sedimen dasar dalam arah menuju pantai (*onshore*) dan meninggalkan pantai (*offshore*). Gelombang pecah menimbulkan arus dan turbulensi yang sangat besar yang dapat menggerakkan sedimen dasar gerak massa air tersebut disertai dengan terangkutnya sedimen. Arus yang terjadi di surf zone dan swash zone adalah yang paling penting di dalam analisis pantai, dimana sangat tergantung pada arah datang gelombang (Triatmodjo, 2012) Arus sepanjang pantai dapat juga dibentuk oleh pasang surut permukaan laut. Diperairan sempit seperti teluk dan selat, pasang surut merupakan penyebab utama, dan kecepatan arus yang dihasilkan dapat mencapai 2 knot (1m/det).

3. METODE PENELITIAN

3.1. Alir Penelitian



Gambar 4. Bagan Alir Penelitian

3.2. Teknik Pengumpulan Data

A. Pengumpulan Data

Data-data yang dikumpulkan dalam studi ini berasal dari data studi lapangan dan data studi literature yang terdiri dari:

- 1) Data Primer
Data primer meliputi peninjauan bagian kerusakan, pasang surut dan dokumentasi.
- 2) Data Sekunder
Data Sekunder meliputi data angin yang diperlukan untuk mengetahui arah angin dan arah gelombang.

B. Analisa Data

Analisa data yang dilakukan yaitu melakukan proses perhitungan data yang diperoleh pada lokasi penelitian untuk mampu menentukan dimensi, variasi, dan posisi kubus beton serta jumlah kubus yang akan diperoleh dengan proses analisa sebagai berikut:

- 1) Pengolahan data angin yang didapat dari BMKG menjadi mawar angin dan dilanjutkan dengan perhitungan panjang fetch untuk mengetahui arah angin terbanyak dan terbesar pada lokasi penelitian.
- 2) Perhitungan Pasang Surut.
- 3) Menghitung penentuan tinggi gelombang signifikan dan periode gelombang menggunakan hasil penjabaran dari perhitungan panjang fetch Tinggi dan Energi Gelombang.
- 4) Di dalam perencanaan pemecah gelombang sisi miring, yang harus ditentukan adalah:
 - a) Berat butir batu pelindung
 - b) Lebar pucuk pelindung.
 - c) Jumlah kubus pelindung.
 - d) Dimensi kubus

3.3. Teknik Analisa Data

Analisa data yang dilakukan yaitu melakukan proses perhitungan penentuan tinggi gelombang yang terjadi di lapangan dengan proses analisa sebagai berikut :

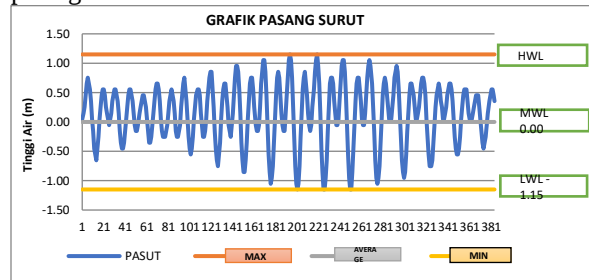
- 1) Perhitungan pasang surut dan pengolahannya dengan menggunakan persamaan rumus *fetch* efektif menurut Triatmodjo (1999). Pengolahan data angin yang didapat dari BMKG menjadi mawar angin (skema feekusensi angin) dan dilanjutkan dengan perhitungan *fetch* untuk mengetahui arah angin terbanyak dan terbesar pada lokasi penelitian.
- 2) Menghitung penentuan tinggi gelombang signifikan menggunakan hasil penjabaran dari perhitungan panjang *fetch* serta dengan menggunakan persamaan rumus yang kemudian dilanjutkan dengan perhitungan energi gelombang.

Perhitungan perubahan garis pantai dilakukan dengan menggunakan metode perhitungan CERC dengan memakai program Excel 2010 dan menghitung transport sedimen pantai dengan menggunakan rumus.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Analisa Pasang Surut

Pengambilan data pasang surut dilakukan di Santai Beach desa Latuhalat kecamatan Nusaniwe Pulau Ambon. Proses pengambilan data dilakukan selama 16 hari terhitung sejak tanggal 9-24 November 2020. Tipe pasang surut pada pantai Santai Beach adalah condong ke harian ganda. Hasil pencatatan tersebut digambarkan dalam grafik seperti terlihat pada gambar 5.



Sumber : Hasil Pengukuran

Gambar 5. Grafik Pasang Surut Air Laut

Berdasarkan pengukuran pasang surut tersebut diperoleh beberapa elevasi muka air laut :
Low Water Level (LWL) : 0.00 m
Middle Water Level (MWL) : 1.15 m
High Water Level (HWL) : 2.30 m

Untuk mengetahui nilai pasang yang sebenarnya dapat dilakukan dengan menjumlahkan nilai rata-rata muka air dengan nilai yang ada pada grafik. Contoh pada grafik menunjukkan nilai pasang 1.15 m dan nilai muka air rata-rata 1.15 m, maka nilai pasang yang sebenarnya adalah 2.30 m. nilai muka air rata-rata 1.15 m nilai pada grafik menunjukkan -1.15 m maka nilai pasang terendah sebenarnya adalah 0.00 m

4.2 Analisa Angin

Sirkulasi udara yang kurang lebih sejajar dengan permukaan bumi disebut angin. Gerakan udara ini disebabkan oleh perubahan temperatur atmosfer. Data angin yang dipakai dalam penulisan ini adalah data angin tahunan selama 10 tahun yang diperoleh dari stasiun meteorologi dan goefisika Pattimura Ambon. Data yang diperoleh tersebut ditulis dalam derajat dan pada akhirnya dikonversikan dalam bentuk delapan penjur mata angin (Utara, Selatan, Timur, Barat, Barat Laut, Barat Daya, Timur Laut dan Tenggara). Arah angin yang diambil sebagai acuan adalah sebagai berikut:

1. Arah Utara ($337,5^\circ < U < 22,5^\circ$)
2. Arah Timur Laut ($22,5^\circ < TL < 67,5^\circ$)
3. Arah Timur ($67,5^\circ < T < 112,5^\circ$)
4. Arah Tenggara ($112,5^\circ < TG < 157,5^\circ$)
5. Arah Selatan ($157,5^\circ < S < 202,5^\circ$)
6. Arah Barat Daya ($202,5^\circ < BD < 247,5^\circ$)
7. Arah Barat ($247,5^\circ < B < 292,5^\circ$)

8. Arah Barat Laut ($292,5^\circ < BL < 337,5^\circ$)

Berdasarkan data angin yang diperoleh dari stasiun BMKG Ambon bahwa selama kurun waktu 2010-2019 kecepatan rata-rata 2-32 (knot). dapat dilihat pada tabel 2 jumlah kejadian angin 10 tahun.

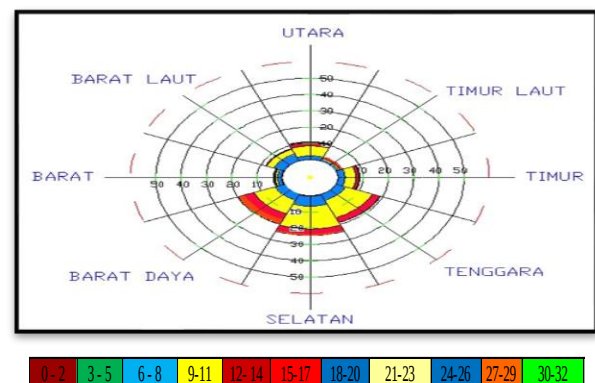
Dan Berdasarkan data angin yang diperoleh pada tabel di bawah, dapat dilihat bahwa selama kurun waktu 2010 – 2019 jumlah angin terbanyak adalah angin yang bertiup dari arah selatan dengan 902 hari berangin atau 24.69 %. Dan angin yang tersedikit yang berasal dari arah Timur laut dengan 96 hari berangin atau 2.63 % . Oleh sebab itu presentasinya dapat dilihat pada tabel 2 berupa presentase jumlah kejadian angin tahun 2010-2019.

Tabel 2. Jumlah Kejadian Angin 10 Tahun (2010-2019)

ARAH	Kecepatan Angin (Knot)											
ANGIN	0-2	5-Mar	8-Jun	11-Sep	12-14	15-17	18-20	21-23	24-26	27-29	30-32	Hasil
TIMUR	3	2	91	103	46	5	3	3	0	0	0	256
BARAT	5	8	58	25	18	3	5	1	0	2	2	127
UTARA	0	2	123	204	66	11	14	4	0	0	0	424
SELATAN	2	16	277	483	103	18	3	0	0	0	0	902
TIMUR LAUT	0	0	32	40	10	3	9	0	2	0	0	96
BARAT LAUT	0	7	168	110	23	7	0	0	0	0	0	315
TENGGAHA	1	4	175	429	111	8	0	1	0	0	0	729
BARAT DAYA	0	3	162	320	140	85	18	7	0	2	1	738
CALM	0	20	2	10	14	20						66
TTL												3653

Tabel 3. Presentase Jumlah Kejadian Angin 10 Tahun (2010-2019)

ARAH	Kecepatan Angin (Knot)											
ANGIN	0-2	5-Mar	8-Jun	11-Sep	12-14	15-17	18-20	21-23	24-26	27-29	30-32	Hasil
TIMUR	0.08	0.05	2.49	2.82	1.26	0.14	0.08	0.08	0	0	0	7.01
BARAT	0.14	0.22	1.59	0.68	0.49	0.08	0.14	0.03	0	0.05	0.05	3.48
UTARA	0	0.05	3.37	5.58	1.81	0.3	0.38	0.11	0	0	0	11.61
SELATAN	0.05	0.44	7.58	13.22	2.82	0.49	0.08	0	0	0	0	24.69
TIMUR LAUT	0	0	0.88	1.09	0.27	0.08	0.25	0	0.05	0	0	2.63
BARAT LAUT	0	0.19	4.6	3.01	0.63	0.19	0	0	0	0	0	8.62
TENGGAHA	0.03	0.11	4.79	11.74	3.04	0.22	0	0.03	0	0	0	19.96
BARAT DAYA	0	0.08	4.43	8.76	3.83	2.33	0.49	0.19	0	0.05	0.03	20.2
CALM	0	0.55	0.05	0.27	0.38	0.55	0	0	0	0	0	1.81
TTL												100



Gambar 6. Mawar Angin

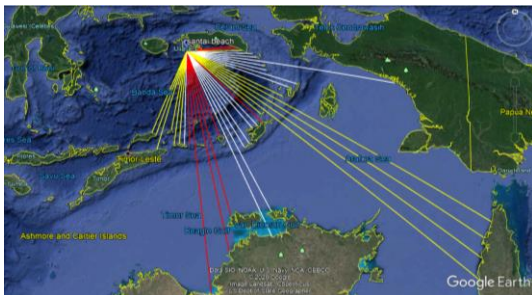
4.3 Analisa Gelombang oleh angin

Hembusan angin di atas permukaan air yang mulanya tenang akan menimbulkan gangguan di atas permukaan air tersebut. Pertama-tama bila terjadi hembusan angin di atas permukaan air akan terjadi gelombang kecil dan semakin lama angin bertiup akan terjadi gelombang. Semakin besar kecepatan angin akan mempengaruhi besarnya gelombang. Kecepatan angin (U), lama hembusan angin (t), panjang *fetch* (F) serta arah datangnya angin sangat menentukan tinggi dan periode gelombang yang terbentuk. Panjang *fetch* adalah 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.

Penentuan panjang *fetch* dilakukan sebagai berikut : Pada setiap interval 3° kemudian ditarik garis *fetch*. Panjang garis *fetch* diukur mulai dari lokasi peramalan gelombang sampai kedaratan diujungnya. Masing-masing garis *fetch* dalam daerah pengaruh suatu penjuror angin diproyeksikan ke arah penjuror tersebut. Panjang garis *fetch* efektif diperoleh dengan membagi jumlah panjang proyeksi garis tersebut dengan cosinus sudutnya.

Panjang *fetch* adalah merupakan jarak pengaruh hembusan angin yang dapat menimbulkan gelombang yang diukur mulai dari lokasi yang akan ditinjau sampai dengan daratan yang mengelilingi daerah pembangkit gelombang berdasarkan arah angin. Penentuan panjang *fetch* dilakukan sebagai berikut:

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



Gambar 7. Proyeksi Garis Fetch (Google Earth)

Hasil perhitungan panjang *fetch* efektif untuk arah Timur, Tenggara, Selatan dapat dilihat pada Tabel 4- 6 berikut ini :

Tabel 4. Perhitungan Panjang *Fetch*

Arah Utama	Sudut (α)	Cos α	Panjang Fetch (m)	$X_i \cos \alpha$	Feff (m)
Timur	-21	0.934	305.45	285.29	305969.79
	-18	0.951	1387.59	1319.6	
	-15	0.966	2508.27	2422.99	
	-12	0.978	73409.9	71794.88	
	-9	0.988	71307.16	70451.47	
	-6	0.995	231884.75	230725.3	
	-3	0.999	257498.61	257241.1	
	0	1	275981.2	275981.2	
	3	0.999	330564.49	330233.9	
	6	0.995	351768.71	350009.9	
	9	0.988	1049831.92	1037234	
	12	0.978	398602.48	389833.2	
	15	0.966	411789.73	397788.9	
	18	0.951	578117.88	549790.1	
	21	0.934	544730.68	508778.5	
Jumlah		14.622	Jumlah	4473890	

Tabel 5. Perhitungan Panjang *Fetch*

Arah Utama	Sudut (α)	Cos α	Panjang Fetch (m)	$X_i \cos \alpha$	Feff (m)
Tenggara	-21	0.934	208852.13	195067.9	875006.8
	-18	0.951	538607.45	512215.7	
	-15	0.966	1759143.7	1699333	
	-12	0.978	1764698.32	1725875	
	-9	0.988	1814262.89	1792492	
	-6	0.995	1875848.79	1866470	
	-3	0.999	502982.81	502479.8	
	0	1	529814.04	529814	
	3	0.999	534093.17	533559.1	
	6	0.995	519803.59	517204.6	
	9	0.988	345972.19	341820.5	
	12	0.978	182196.57	178188.2	
	15	0.966	579019.77	559333.1	
	18	0.951	920415.8	875315.4	
	21	0.934	1033385.41	965182	
Jumlah		14.622	Jumlah	12794349	

Tabel 6. Perhitungan Panjang *Fetch*

Arah Utama	Sudut (α)	Cos α	Panjang Fetch (m)	$X_i \cos \alpha$	Feff (m)
Selatan	-21	0.934	475380.81	444005.7	576973.03
	-18	0.951	370126.3	351990.1	
	-15	0.966	875536.83	845768.6	
	-12	0.978	1039326.61	1016461	
	-9	0.988	370543.65	366097.1	
	-6	0.995	1232017.89	1225858	
	-3	0.999	486675.02	486188.3	
	0	1	483419.79	483419.8	
	3	0.999	480984.96	480504	
	6	0.995	487103.1	484667.6	
	9	0.988	419121.48	414092	
	12	0.978	480990.69	470408.9	
	15	0.966	525807.6	507930.1	
	18	0.951	457673.17	435247.2	
	21	0.934	453812.61	423861	
Jumlah		14.622	Jumlah	8436500	

Dari tabel di atas di peroleh panjang *fetch* efektif sebagai berikut :

a. Arah timur :

$$F_{eff} = \frac{\sum \xi \cos \alpha_i}{\sum \cos \alpha_i} = \frac{4473890.26}{14.622} = 305969.79 \text{ m}$$

b. Arah Tenggara :

$$F_{eff} = \frac{\sum \xi \cos \alpha_i}{\sum \cos \alpha_i} = \frac{12794349.41}{14.622} = 875006.80 \text{ m}$$

c. Arah Selatan :

$$F_{eff} = \frac{\sum \xi \cos \alpha_i}{\sum \cos \alpha_i} = \frac{8436499.633}{14.622} = 576973.03 \text{ m}$$

4.4 Penentuan Tinggi Gelombang

Untuk menentukan tinggi gelombang signifikan (H_s), periode gelombang (T_s), diperoleh dengan cara memasukan (U_A), Panjang *Fetch* efektif (F_{eff}) ke dalam persamaan sesuai dengan keterangan di bawah. Hasil dari penentuan tinggi gelombang, periode gelombang pada lokasi studi dapat dilihat sebagai berikut :

Tabel 7. Perhitungan Penentuan Tinggi dan Periode Gelombang Signifikan Arah Timur

No	U	U	U_w	U_A	F_{eff}	H_s	T_s
	(knot)	(m/det)					
1	2	1.03	1.75	1.41	305969.8	0.4	4.51
2	4	2.06	3.09	2.84		0.8	5.68
3	6	3.09	4.33	4.3		1.22	6.51
4	8	4.12	4.53	4.56		1.29	6.64
5	10	5.15	5.67	5.99		1.69	7.27
6	12	6.18	6.67	7.33		2.07	7.77
7	14	7.21	7.57	8.56		2.42	8.18

Tabel 8. Perhitungan Penentuan Tinggi dan Periode Gelombang Signifikan Arah Tenggara

No	U	U	U_w	U_A	F_{eff}	H_s	T_s
	(knot)	(m/det)					
1	2	1.03	1.75	1.41	875006.8	0.68	6.38
2	4	2.06	3.09	2.84		1.36	8.04
3	6	3.09	4.33	4.3		2.06	9.21
4	8	4.12	4.53	4.56		2.18	9.39
5	10	5.15	5.67	5.99		2.87	10.28
6	12	6.18	6.67	7.33		3.51	10.99

Tabel 9. Perhitungan Penentuan Tinggi dan Periode Gelombang Signifikan Arah Selatan

No	U	U	U_w	U_A	F_{eff}	H_s	T_s
	(knot)	(m/det)					
1	2	1.03	1.75	1.41	576973	0.55	5.56
2	4	2.06	3.09	2.84		1.1	7.01
3	6	3.09	4.33	4.3		1.67	8.03
4	8	4.12	4.53	4.56		1.77	8.18
5	10	5.15	5.67	5.99		2.33	8.96
6	12	6.18	6.67	7.33		2.85	9.58
7	14	7.21	7.57	8.56		3.32	10.08

4.5 Analisa Refraksi, Shoaling dan Gelombang Pecah

Berdasarkan tinggi gelombang signifikan (H_s) dan periode gelombang (T_s) pada tabel 7 - 9 di atas maka, dapat dihitung refraksi gelombang dengan

mengasumsikan kedalaman laut (d) 3 meter yang dapat dilihat pada tabel 10 - 12 berikut:

Tabel 10. Analisa Refraksi, Shoaling, dan Gelombang Pecah Arah Timur

H_s	T	D	L_o	C_o	d/L_o	d/L	L	C	$\sin \alpha_o$
0.4	4.51	3	31.77	7.04	0.094	0.13573	22.1	4.9	0.342
0.8	5.68	3	50.38	8.86	0.06	0.1043	28.76	5.06	0.342
1.22	6.51	3	66.2	10.16	0.045	0.08883	33.77	5.18	0.342
1.29	6.64	3	68.75	10.36	0.044	0.08774	34.19	5.15	0.342
1.69	7.27	3	82.4	11.34	0.036	0.07867	38.13	5.25	0.342
2.07	7.77	3	94.13	12.12	0.032	0.07385	40.62	5.23	0.342
2.42	8.18	3	104.27	12.75	0.029	0.07007	42.81	5.24	0.342
$\sin \alpha_l$	α_l	$\cos \alpha_o$	$\cos \alpha_l$	Kr	No	k	N	ks	H'o
0.238	13.8	0.94	0.971	0.984	0.5	0.284	0.8204	0.936	0.393
0.195	11.3	0.94	0.981	0.979	0.5	0.218	0.8811	0.997	0.787
0.174	10	0.94	0.985	0.977	0.5	0.186	0.9095	1.038	1.19
0.17	9.8	0.94	0.985	0.977	0.5	0.184	0.9114	2.119	1.258
0.158	9.1	0.94	0.987	0.976	0.5	0.165	0.927	2.119	1.653
0.148	8.5	0.94	0.989	0.975	0.5	0.155	0.9348	2.119	2.021
0.14	8.1	0.94	0.99	0.974	0.5	0.147	0.9408	2.515	2.359
H'o/gT ^{1/2}	Hb/H'o	Hb/gT ^{1/2}	db/Hb	H	Hb	db	Cb	Lb	
0.002	1.37	0.003	0.71	0.368	0.539	0.383	0.887	0.197	
0.002	1.37	0.003	0.71	0.785	1.078	0.766	1.255	0.221	
0.003	1.23	0.004	0.71	1.234	1.462	1.038	1.461	0.224	
0.003	1.23	0.004	0.71	2.665	1.547	1.098	1.503	0.226	
0.003	1.23	0.004	0.74	3.504	2.034	1.505	1.759	0.242	
0.003	1.23	0.004	0.74	4.283	2.486	1.84	1.945	0.25	
0.004	1.23	0.004	0.74	5.932	2.901	2.147	2.101	0.257	

Tabel 11. Analisa Refraksi, Shoaling, dan Gelombang Pecah Arah Tenggara

$\sin \alpha_l$	α_l	$\cos \alpha_o$	$\cos \alpha_l$	kr	No	k	N	ks	H'o
0.177	10.2	0.94	0.984	0.977	0.5	0.191	0.9057	1.032	0.661
0.143	8.2	0.94	0.99	0.974	0.5	0.149	0.9388	1.13	1.325
0.125	7.2	0.94	0.992	0.973	0.5	0.13	0.9528	1.199	2
0.123	7.1	0.94	0.992	0.973	0.5	0.127	0.9548	1.206	2.12
0.114	6.6	0.94	0.993	0.973	0.5	0.114	0.9629	1.248	2.787
0.106	6.1	0.94	0.994	0.972	0.5	0.107	0.967	1.291	3.409
H_s	T	d	L_o	C_o	d/L_o	d/L	L	C	$\sin \alpha_o$
0.68	6.38	3	63.56	9.96	0.047	0.09098	32.97	5.17	0.342
1.36	8.04	3	100.79	12.54	0.03	0.07135	42.05	5.23	0.342
2.06	9.21	3	132.44	14.37	0.023	0.062	48.39	5.25	0.342
2.18	9.39	3	137.54	14.65	0.022	0.06057	49.53	5.27	0.342
2.87	10.28	3	164.86	16.04	0.018	0.05455	55	5.35	0.342
3.51	10.99	3	188.33	17.14	0.016	0.05132	58.46	5.32	0.342
H'o/gT ^{1/2}	Hb/H'o	Hb/gT ^{1/2}	db/Hb	H	Hb	db	cb	Lb	
0.002	1.65	0.003	0.69	0.682	1.09	0.752	1.244	0.195	
0.002	1.37	0.003	0.69	1.497	1.815	1.253	1.605	0.2	
0.002	1.37	0.003	0.71	2.399	2.743	1.947	2.001	0.217	
0.002	1.37	0.003	0.71	2.556	2.904	2.062	2.059	0.219	
0.003	1.37	0.004	0.71	3.478	3.819	2.711	2.362	0.23	
0.003	1.37	0.004	0.71	4.4	4.67	3.316	2.612	0.238	

Tabel 12. Analisa Refraksi, Shoaling, dan Gelombang Pecah Arah Selatan

Hs	T	d	Lo	Co	d/Lo	d/L	L	C	Sin α_0
0.55	5.56	3	48.28	8.68	0.062	0.10626	28.23	5.07	0.174
1.1	7.01	3	76.57	10.93	0.039	0.08215	36.52	5.21	0.174
1.67	8.03	3	100.62	12.53	0.03	0.07135	42.05	5.24	0.174
1.77	8.18	3	104.49	12.77	0.029	0.07007	42.81	5.23	0.174
2.33	8.96	3	125.24	13.98	0.024	0.0634	47.32	5.28	0.174
2.85	9.58	3	143.07	14.94	0.021	0.05911	50.75	5.3	0.174
3.32	10.08	3	158.48	15.72	0.019	0.05611	53.47	5.3	0.174
Sin α_1	α_1	Cos α_0	Cos α_1	Kr	No	K	n	ks	H'o
0.102	5.83	0.985	0.995	0.995	0.5	0.223	0.877	0.987	0.546
0.083	4.75	0.985	0.997	0.994	0.5	0.172	0.921	1.067	1.098
0.073	4.16	0.985	0.997	0.994	0.5	0.149	0.939	1.129	1.66
0.071	4.08	0.985	0.997	0.994	0.5	0.147	0.941	1.139	1.757
0.066	3.76	0.985	0.998	0.993	0.5	0.133	0.951	1.18	2.312
0.062	3.53	0.985	0.998	0.993	0.5	0.124	0.957	1.214	2.828
0.059	3.36	0.985	0.998	0.993	0.5	0.118	0.961	1.242	3.302
H'o/gT ^{1/2}	Hb/H'o	Hb/gT ^{1/2}	db/Hb	H	Hb	Db	Cb	Lb	
0.002	1.37	0.002	0.69	0.539	0.748	0.516	1.031	0.185	
0.002	1.37	0.003	0.71	1.171	1.504	1.068	1.482	0.212	
0.003	1.23	0.003	0.71	1.874	2.042	1.45	1.727	0.215	
0.003	1.23	0.003	0.71	2.002	2.162	1.535	1.777	0.217	
0.003	1.23	0.004	0.74	2.728	2.844	2.104	2.081	0.232	
0.003	1.23	0.004	0.74	3.433	3.479	2.574	2.301	0.24	
0.003	1.23	0.004	0.74	4.101	4.062	3.006	2.487	0.247	

Keterangan :

G	=	9.81	=	Percepatan Gravitasi (m/d ²)
α_0	=	20° 20' 10"	=	Sudut datang gelombang laut dalam, dari 3 arah (°)
L ₀	=	1.56 T ²	=	Panjang gelombang laut dalam
C ₀	=	L ₀ /T	=	Cepat rambat gelombang laut dalam
d	=		=	Dapat dilihat pada Tabel L-1
L	=	$\frac{d}{L}$	=	Panjang gelombang pada kedalaman yang ditinjau
C	=	$\frac{L}{T}$	=	Cepat rambat gelombang pada kedalaman yang ditinjau
sin α	=	$\left(\frac{C}{C_0}\right) \sin \alpha_0$	=	Arah datang gelombang kedalaman 3 meter
Kr	=	$\sqrt{\frac{\cos \alpha_0}{\cos \alpha}}$	=	Koefisien Refraksi. Nilai n dicari dengan menggunakan tabel L-1.
Ks	=	$\frac{n_0 L_0}{n L}$	=	Koefisien Shoaling
H'o	=	Kr.H ₀	=	Tinggi gelombang laut dalam ekuivalen.
n ₀	=	0,5		
Hb	=			Dapat dilihat pada Lampiran
H ₀	=			Dapat dilihat pada Lampiran
H _b	=	Hs.Kr.Ks	=	Tinggi gelombang pada kedalaman yang ditinjau.

Sesuai dengan perhitungan refraksi tersebut, maka diperoleh hasil seperti pada tabel 13 berikut ini :

Tabel 13. Hasil Perhitungan Analisa Refraksi

HasilAnalisa Refraksi	Arah Selatan	Arah Tenggara	Arah Timur
Tinggi geL.Refraksi (H'O)	3.302	3.409	2.359
Tinggi geL.Pecah (Hb)	4.062	4.67	2.901
Panjang.gel (Lb)	0.247	0.238	0.257
Celerity gel.Pecah(cb)	2.487	2.612	2.101
Kedalaman gel. Pecah (db)	3.006	3.316	2.147
Sudut Datang Gelombang	10°	20°	20°

4.6 Analisa Arus di Dekat Pantai

Arus sepanjang pantai yang disebabkan oleh gelombang pecah dengan membentuk sudut terhadap garis pantai, dibangkitkan oleh momentum yang dibawa oleh gelombang. *Longuet-Higgins* (dalam Komar, 1985) menurunkan rumus untuk menghitung arus sepanjang pantai berikut ini. Arus sepanjang pantai Santai Beach terus terbawa sepanjang pantai dan dapat dihitung dengan rumus dibawah ini :

$$V = 1,17 (g H_b)^{1/2} \sin \alpha_b \cos \alpha_b$$

Tabel 14. Hasil Perhitungan Arus Sepanjang Pantai

Arah Angin	α_b	H _b	V (cm/d)
Selatan	10°	4.062	3.3712
Tenggara	20°	4.67	2.9504
Timur	20°	2.901	2.3254

4.7. Analisa Perubahan Garis Pantai

Dengan menggunakan program Microsoft Excel 2010 penulis dapat menganalisa perhitungan perubahan garis pantai Santai Beach Desa Latuhalat. Berikut ini adalah beberapa asumsi dasar untuk melakukan pemodelan perubahan garis pantai, sebagai berikut :

1. Pada perhitungan ini arah gelombang yang dipakai adalah arah gelombang dominan yaitu arah timur tenggara dan selatan.
2. Berdasarkan hasil analisa *Shoaling* dan refraksi gelombang maka dapat digunakan data gelombang pecah dan kedalaman gelombang pecah.
3. Kontur kedalaman dianggap paralel membentuk sudut.
4. Panjang garis Pantai Santai Beach yang di tinjau dalam penelitian ini adalah mempunyai panjang garis pantai sepanjang 119 m yang dibagi menjadi 40 pias (sel), dengan panjang pias (Δx) adalah 3 m.

Berikut ini adalah contoh Tabel Analisa Perhitungan Perubahan Garis Pantai untuk tahun pertama

Tabel 15. Hasil Perhitungan Perubahan Garis Pantai Tahun ke satu (Analisa Perhitungan, 2020)

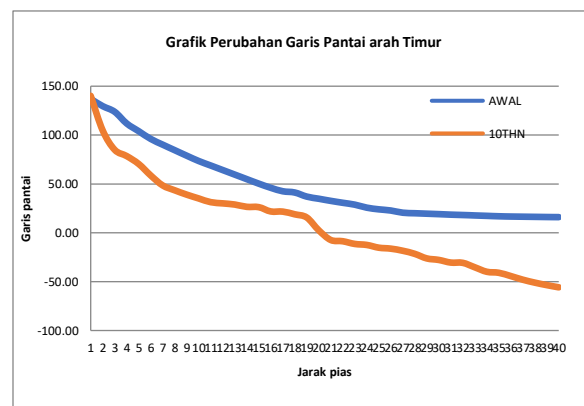
Pias	Y-2019	Y-2020	Tg ai	Tg ab	Ab	Sin ab	Cos ab	PI(m/dt/m)	Qs(m ³ /th)	D Vi(m)	Yakhir	Pias
0	137.01	136.95	45.651	45.287	88.735	1	0.022	0.49	0.382	0.059	137.013	0
1	126.86	129.59	-2.456	-2.82	-70.476	-0.943	0.334	-7	-5.446	-2.724	126.861	1
2	120.61	123.77	-1.939	-2.303	-66.525	-0.917	0.398	-8.12	-6.318	-3.16	120.61	2
3	109.93	111.82	-3.982	-4.346	-77.041	-0.975	0.224	-4.857	-3.779	-1.89	109.935	3
4	101.33	103.93	-2.631	-2.995	-71.538	-0.949	0.317	-6.676	-5.194	-2.598	101.333	4
5	93.44	96.04	-2.631	-2.995	-71.538	-0.949	0.317	-6.676	-5.194	-2.598	93.439	5
6	87.01	90.15	-1.963	-2.327	-66.747	-0.919	0.395	-8.061	-6.272	-3.137	87.01	6
7	81.29	84.51	-1.879	-2.243	-65.972	-0.913	0.407	-8.265	-6.43	-3.216	81.293	7
8	75.66	78.87	-1.879	-2.243	-65.972	-0.913	0.407	-8.265	-6.43	-3.216	75.656	8
9	70.16	73.44	-1.811	-2.175	-65.308	-0.909	0.418	-8.435	-6.563	-3.282	70.157	9
10	65.25	68.81	-1.544	-1.908	-62.336	-0.886	0.464	-9.139	-7.11	-3.556	65.252	10
11	60.62	64.18	-1.544	-1.908	-62.336	-0.886	0.464	-9.139	-7.11	-3.556	60.621	11
12	55.99	59.55	-1.544	-1.908	-62.336	-0.886	0.464	-9.139	-7.11	-3.556	55.99	12
13	51.36	54.92	-1.544	-1.908	-62.336	-0.886	0.464	-9.139	-7.11	-3.556	51.359	13
14	46.73	50.28	-1.544	-1.908	-62.336	-0.886	0.464	-9.139	-7.11	-3.556	46.729	14
15	42.35	46.05	-1.413	-1.777	-60.63	-0.871	0.49	-9.499	-7.39	-3.696	42.35	15
16	38.55	42.5	-1.183	-1.547	-57.116	-0.84	0.543	-10.133	-7.883	-3.943	38.555	16
17	37	41.21	-0.43	-0.794	-38.437	-0.622	0.783	-10.822	-8.419	-4.211	36.998	17
18	33.31	37.02	-1.396	-1.76	-60.398	-0.869	0.494	-9.545	-7.426	-3.714	33.306	18
19	30.53	34.84	-0.728	-1.092	-47.524	-0.738	0.675	-11.069	-8.612	-4.307	30.528	19
20	28.35	32.65	-0.727	-1.091	-47.491	-0.737	0.676	-11.07	-8.613	-4.308	28.346	20
21	26.38	30.7	-0.651	-1.015	-45.439	-0.713	0.702	-11.111	-8.644	-4.324	26.376	21
22	24.47	28.79	-0.636	-1	-45.001	-0.707	0.707	-11.112	-8.645	-4.324	24.467	22
23	21.61	25.72	-1.025	-1.389	-54.256	-0.812	0.584	-10.537	-8.198	-4.1	21.615	23
24	19.68	24	-0.573	-0.937	-43.125	-0.684	0.73	-11.088	-8.627	-4.315	19.683	24
25	18.63	22.8	-0.399	-0.763	-37.355	-0.607	0.795	-10.719	-8.339	-4.171	18.628	25
26	16.26	20.56	-0.746	-1.11	-47.983	-0.743	0.669	-11.052	-8.598	-4.301	16.261	26
27	16.37	20.01	-0.183	-0.547	-28.674	-0.48	0.877	-9.356	-7.279	-3.641	16.372	27
28	16.01	19.55	-0.156	-0.52	-27.46	-0.461	0.887	-9.093	-7.075	-3.539	16.007	28
29	15.54	19.08	-0.156	-0.52	-27.461	-0.461	0.887	-9.094	-7.075	-3.539	15.54	29
30	14.96	18.56	-0.172	-0.536	-28.186	-0.472	0.881	-9.252	-7.198	-3.601	14.962	30
31	14.78	18.19	-0.124	-0.488	-26.025	-0.439	0.899	-8.762	-6.817	-3.41	14.78	31
32	14.26	17.75	-0.145	-0.509	-26.99	-0.454	0.891	-8.988	-6.992	-3.497	14.256	32
33	13.82	17.32	-0.145	-0.509	-26.988	-0.454	0.891	-8.987	-6.992	-3.497	13.821	33
34	13.38	16.88	-0.145	-0.509	-26.99	-0.454	0.891	-8.988	-6.992	-3.497	13.385	34
35	13.4	16.63	-0.084	-0.448	-24.134	-0.409	0.913	-8.293	-6.452	-3.227	13.403	35
36	13.38	16.46	-0.055	-0.419	-22.74	-0.387	0.922	-7.923	-6.164	-3.083	13.381	36
37	13.22	16.3	-0.055	-0.419	-22.742	-0.387	0.922	-7.923	-6.164	-3.083	13.215	37
38	13.06	16.14	-0.054	-0.418	-22.708	-0.386	0.922	-7.914	-6.157	-3.08	13.055	38
39	13.02	16.02	-0.039	-0.403	-21.927	-0.373	0.928	-7.699	-5.989	-2.996	13.024	39

ϕ_0 = sudut datang gelombang laut dalam ($^\circ$)
 = 20
 $T_g \phi_0$ = 0.364
 L = panjang gelombang (m)
 T = periode
 D_x = Jarak Antar Pias (m) = 3
 D_t = Waktu (Tahun) = 1
 R = rapat massa air laut (kg/m³) = 1.025
 G = percepatan gravitasi (m/dt²) = 9.81

H_b = tinggi gelombang pecah (m)
 = 2.901
 D_b = kedalaman perairan saat gelombang pecah (m)
 = 2.147
 C_b = Celerity gelombang pecah (m/dt)
 = 2.101

A. Perubahan Garis Pantai Arah Timur

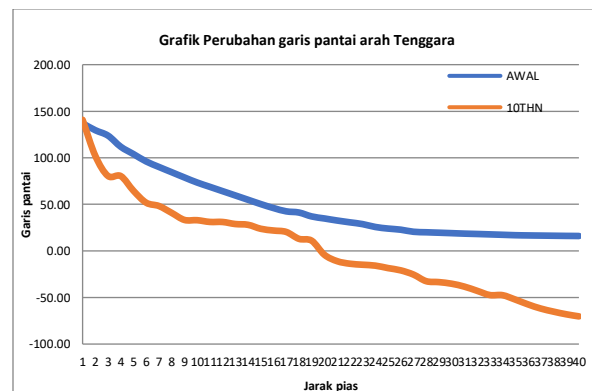
Bedasarkan perubahan garis pantai Santai Beach pada arah Timur ini, transport sedimen sepanjang pantai yang terjadi pada pantai dalam ,jangka waktu selama 10 tahun menyebabkan erosi maksimal sebesar -55.80 m pada pias 39. Hal ini kemudian dapat dilihat pada gambar grafik dibawah ini:



Gambar 8. Grafik perubahan garis pantai 10 tahun arah Timur

B. Perubahan Garis Pantai Arah Tenggara

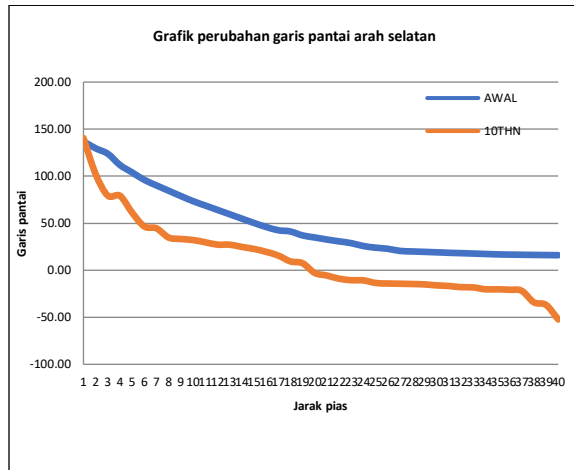
Bedasarkan perubahan garis pantai Santai Beach, pada arah Tenggara ini, transport sedimen sepanjang pantai yang terjadi dalam ,jangka waktu selama 10 tahun yang menyebabkan erosi maksimal sebesar -70.29 m pada pias 39. Hal ini kemudian dapat dilihat pada gambar grafik dibawah ini :



Gambar 9. Grafik perubahan garis pantai 10 tahun arah Tenggara

C. Perubahan Garis Pantai Arah Selatan

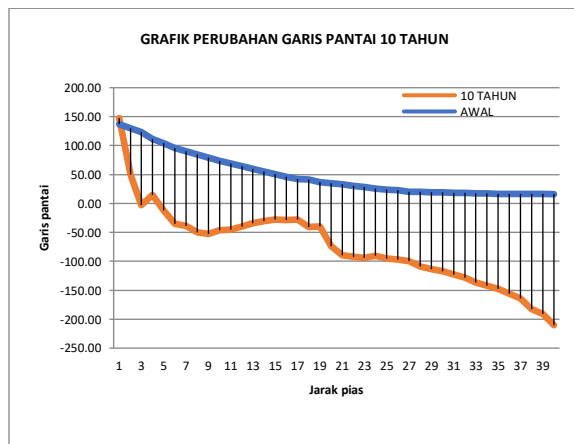
Bedasarkan perubahan garis pantai Santai Beach, pada arah Selatan ini, transport sedimen sepanjang pantai yang terjadi dalam ,jangka waktu selama 10 tahun yang menyebabkan erosi maksimal sebesar -52.25 m pada pias 39. Hal ini kemudian dapat dilihat pada gambar grafik dibawah ini :



Gambar 10. Grafik perubahan garis pantai 10 tahun arah Selatan

D. Perubahan Garis Pantai Sepuluh Tahun

Dari perhitungan analisa perubahan garis pantai maka dihasilkan kemunduran garis pantai Santai beach dalam 10 tahun terkakhir adalah -108.67 m pada pias ke 27 tanpa melihat pada pias yang terdapat existing groin. Grafik perubahan garis pantai dapat dilihat di gambar 11.



Gambar 11. Grafik perubahan garis pantai 10 tahun untuk 3 arah angin

4.8 Alternatif Penanggulangan

Santai Beach memiliki jenis pantai berpasir dan berkarang ,yang mana pada kondisi gelombang normal pantai membentuk profilnya yang mampu menghancurkan energi gelombang. Namun sewaktu-waktu datang gelombang yang lebih besar, pantai tidak mampu meredam energi gelombang sehingga terjadi erosi.

Dari hasil perhitungan yang telah dilakukan maka terjadi transport sedimen sepanjang pantai sehingga mengakibatkan kemunduran garis pantai (erosi) yang dapat mengancam tempat wisata, pemukiman penduduk, serta fasilitas umum lainnya. Untuk menanggulangi kerusakan garis pantai (erosi), maka bangunan pelindung pantai yang dipilih adalah breakwater sederhana.

Yang dimaksud dari breakwater sederhana yaitu peletakan kubus-kubus beton pada daerah pantai yang terdapat karang seperti yang suda ada dalam gambar rencana. Bangunan ini ditempatkan hampir sejajar dengan garis pantai, dan bisa terbuat dari pasangan batu, beton, tumpukan pipa (buis) beton, turap kayu atau tumpukan batu. Fungsi dari bangunan ini; dapat menahan energi gelombang yang datang dari arah laut sehingga gelombang yang masuk kearah pantai sudah dalam debit yang kecil. Gambar alternative dapat dilihat pada gambar 12.



Gambar 12. Alternatif penanggulangan

Keterangan gambar :

- 1 (Existing Groin),
- 2a (Rekomendasi alternatif bagian 1)
- 2b (Rekomendasi alternatif bagian 2)
- 3 (Batas pasang surut air laut)
- 4 (Area greenzone)
- 5 (Perumahan / tempat penginapan)
- 6 (Batas area pantai wisata)
- 7 (Existing seawall pantai)

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisa perhitungan pada penelitian ini, maka kesimpulan yang dapat diambil adalah :

1. Besar gelombang pecah yang terjadi pada Pantai Santai beach Akibat Gelombang di Desa Latuhalat Kecamatan Nusaniwe Kota Ambon adalah tinggi gelombang pecah arah Timur (Hb) = 2.901 m, arah Tenggara (Hb) = 4.670 m, arah Selatan (Hb) = 4.062 m, panjang gelombang arah Timur (Lb) = 0.257 m, arah Tenggara (Lb) = 0.238 m, arah Selatan (Lb) = 0.247 m, dan kedalaman gelombang pecah arah timur (db) = 2.147 m, arah tenggara (db) = 3.316 m, arah selatan (db) = 3.006 m.
2. Perubahan garis pantai yang terjadi pada pantai Santai beach dalam 10 Tahun menyebabkan erosi sebesar -108.67 m pada pias ke 27 tanpa melihat pada pias yang terdapat existing groin.
3. Bangunan pantai yang digunakan untuk mengatasi masalah kerusakan garis pantai di Santai beach Desa Latuhalat Kecamatan Nusaniwe Kota Ambon adalah peletakan kubus-kubus beton secara acak di sekitar tubir karang, di arah laut.

5.2 Saran

Berikut adalah saran yang dapat dilakukan untuk menjadikan penelitian selanjutnya menjadi lebih baik:

1. Berdasarkan penelitian ini penulis menyarankan agar hasil analisa ini dapat digunakan sebagai acuan untuk penelitian selanjutnya dalam hal mengkaji lebih dalam terkait perencanaan alternatif bangunan pelindung pantai Santai beach Desa Latuhalat Kecamatan Nusaniwe Kota Ambon.
2. Dari hasil penelitian ini, sekiranya dapat menjadi informasi, dan masyarakat diharapkan dapat memberikan perhatian lebih kepada kelestarian pantai Santai beach Desa Latuhalat.
3. Dari hasil penelitian ini penulis menyarankan kepada Pemerintah Desa Latuhalat, Pemerintah Kota Ambon, maupun instansi dan dinas-dinas terkait untuk lebih memperhatikan kondisi pantai Santai beach Desa Latuhalat ini agar tidak meyebabkan dampak yang lebih besar dan merugikan pengunjung wisata serta masyarakat.

DAFTAR PUSTAKA

Azhar, M. R., Suntoyo and Musta'in, M. (2012) 'Analisa Perubahan Garis Pantai Tuban, Jawa Timur dengan Menggunakan Empirical Orthogonal Function (EOF)', *Jurnal Teknik Its*, 1(1), pp. 286–291.

Ekonomi, V. et al. (2009) 'JURNAL MANAJEMEN SUMBERDAYA PERAIRAN (The Economic Valuation of Tourism Santai Beach and', 5(1). 'Pantai 1.Pdf' (Triadmodjo 2016).

Soares, A. P. (2013) 'felix sopamena', *Journal of Chemical Information and Modeling*, 53(9), pp. 1689–1699.

triadmodjo, 2012 (no date) 'pantai 2.pdf'.

Triatmodjo, B. (1999) 'Teknik Pantai', *Beta Offset*.