

Analisa Perubahan Garis Pantai Dan Perencanaan Bangunan Pelindung Pantai Di Negeri Amdua Kecamatan Amahai – Kabupaten Maluku Tengah

Ch. Joseph¹, Etmon Octovian Latupeirissa²

¹Staf Pengajar Universitas Kristen Indonesia Maluku, Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Sipil

Gmail : josephinchristin@gmail.com

²Mahasiswa Universitas Kristen Indonesia Maluku, Jalan OT Pattimaipauw Talake - Ambon

Gmail : latuperissamon@gmail.com

Abstract

Amdua Beach is located in the State (Village) of Amdua which is on the island of Seram, Amahai sub-district, Central Maluku district. Amdua beach is one a beach that is often hit by big waves that cause beach damage. This causes quite severe erosion in that area. This study aims to analyze the magnitude of changes in the beach that occurs at the Amdua beach location, determines the coastal protection building suitable for use, as well as planning a suitable beach building profile for protect coastal areas. In this paper, we use formulaic approaches by using the Excel program to analyze changes coastline that occurs. Analysis of Change (Erosion) shoreline calculation shoreline changes per year using the Komar method as a reference for calculate shoreline changes. From the results and calculations in this study obtained Sedimentation Transport that occurs in the dominant wind direction south, and west power within 1 year of incoming sediment transport (Accretion) of 15.77 m³ and sediment transport out (Erosion) of 203.64 m³, within 5 year there is an accretion of 78.53 m³ and an erosion of 26.79m³, and in term 10 years there was an accretion of 156.22 m³ and erosion of 53.68m³. from result analysis of shoreline changes using the komar method, the protective building which is feasible to use at the location of this research is Seawall. The seawall was built at an elevation of ± 0.03 m which based on data analysis means the wave that occurs is the wave has broken so that the dimensions of the building the height is 3.3, the top width = 2 m, and the bottom width is 4 m. the seawall built consisting of 2 layers using the main material is crushed stone, from the calculation of the thickness of the protective stone layer and the design wave height.

Keywords: Amdua, Seawall, Planning.

1. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan Negara kepulauan dengan beribu-ribu pulau yang mana terpisahkan oleh laut dan selat. Di sepanjang garis pantai terdapat wilayah pesisir yang sempit tetapi memiliki potensi sumber daya alam. Oleh karena itu pantai Indonesia berkembang dengan sangat pesat untuk berbagai keperluan seperti daerah pelabuhan, pemukiman, kawasan wisata, oleh karena itu pantai merupakan wilayah yang sangat penting dan berpotensi. Provinsi Maluku yang mana merupakan daerah kepulauan dengan luas wilayah 712.479,69 Km² yang terdiri dari daratan 54.185 Km² dan lautan 658.294,69 Km² diantara beberapa pulau yang ada di Maluku mengalami kerusakan akibat proses gelombang dan arus, penanggulangan kerusakan telah di buat di beberapa lokasi. Pulau Seram merupakan salah satu pulau yang terletak di Kabupaten Maluku Tengah. Luas pulau seram yaitu 17.100 Km².

Negeri Amdua Kecamatan Amahai, Kabupaten Maluku Tengah lebih tepatnya pantai Amdua memiliki panjang garis pantai 400 meter, lokasi pantai ini terletak sangat dekat dengan pemukiman masyarakat sekitar. Pada wilayah pesisir pantainya tidak memiliki bangunan pelindung pantai. Dengan tidak adanya bangunan pelindung pantai

daerah ini berbatasan langsung dengan laut sehingga sering mengalami hantaman gelombang, selain karena gelombang aktifitas pengambilan material (pasir dan batu) oleh masyarakat juga sering di lakukan tanpa disadari hal berdampak negative pada lingkungan persisir pantai.

Berdasarkan tinjauan ke lapangan, pantai amdua karena lokasi patai yang sangat dekat dengan jalan raya dan juga pemukiman masyarakat dimana pada tahun 2019 terjadi gelombang pasang yang mana air laut naik melewati jalan hal ini mengakibatkan rumah-rumah yang berada disekitar lokasi tersebut terendam air laut sehingga membuat masyarakat mengungsi ke tempat yang lebih aman hal inilah yang menjadi keresahan dari masyarakat sekitar karena kurangnya perhatian dari pemerintah untuk menghadirkan bangunan pelindung pantai untuk mencegah terjadinya gelombang pasang, kemudian berdasarkan hasil tinjauan pantai amdua yang beradach di kepulauan seram rata-rata memiliki karakteristik yang sama yaitu pasir yang berwarna hitam bercampur dengan bebatuan yang memiliki ukuran berfariasi tetapi tidak terlalu banyak sehingga mudah di temukan dan juga memiliki garis pantai yang sempit, karena bentuk pantainya yang lurus dan miliki kedalaman yang

relatif datar. Dengan bentuk pantai seperti ini sebelumnya telah memiliki sistem pelindung alami terhadap erosi, karena memudahkan proses tereduksinya proses gelombang yang melekat pada pesisir pantai, namun erosi yang terjadi tidak terelakan seiring bertambahnya jumlah penduduk yang sebagian besarnya nelayan lokal, mereka menjadikan daerah pesisir pantai sebagai area dominan untuk kawasan pemukiman. Oleh karena itu dibutuhkan cara untuk menanggulangi permasalahan kemunduran garis pantai akibat erosi yaitu membuat bangunan pelindung pantai, tentunya pemeliharaan bangunan pelindung pantai yang sesuai diharapkan dapat mempertahankan, melindungi terhadap kerusakan serta memperbaiki garis pantai yang ada sekarang.

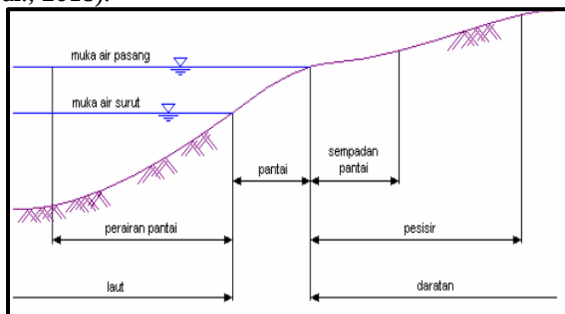
Berdasarkan latar belakang ini maka akan dilakukan Analisa Perubahan Garis Pantai Dan Perencanaan Bangunan Pelindung Pantai Di Negeri Amdua Kecamatan Amahai – Kabupaten Maluku Tengah. Dengan tujuan penelitian adalah untuk menganalisa seberapa besar kerusakan pantai yang terjadi, mengetahui bangunan pelindung pantai yang sesuai, serta mendesain profil dari bangunan pelindung pantai yang cocok ditempatkan di pantai Negeri Amdua Kecamatan Amahai.

2. KAJIAN PUSTAKA

2.1. Teori Pantai

Pantai merupakan gambaran nyata interaksi dinamis antara air, gelombang dan material (tanah). 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. Kejadian ini menyebabkan terjadinya perubahan pantai (Perencanaan et al., 2013).

Penjelasan mengenai definisi daerah pantai dapat dilihat pada gambar berikut : Pantai adalah alur yang merupakan batasan antara darat dan laut, diukur pada saat pasang tertinggi dan surut terendah, dipengaruhi oleh fisik laut dan sosial ekonomi bahari, sedangkan ke arah darat dibatasi oleh proses alami dan kegiatan manusia di lingkungan sarat (Bastian et al., 2018).



Gambar 1. Definisi dan Batasan Pantai,
Sumber : Triatmodjo (1999)

2.2. Angin

Angin adalah sirkulasi udara yang kurang lebih sejajar dengan permukaan bumi. Gerakan udara ini disebabkan oleh perubahan temperatur atmosfer. Perubahan temperatur disebabkan oleh adanya perbedaan penyerapan panas oleh tanah dan air. Pengaruh angin sebagai pembentuk gelombang, 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. Semakin lama dan semakin kuat angin berhembus, maka semakin besar gelombang yang terbentuk (Fauzi, 2021).

1. Distribusi Kecepatan Angin

Di daerah *geostropik* yang berada di atas 1000 m kecepatan angin adalah konstan. Di bawah elevasi tersebut terdapat dua daerah yaitu daerah *Ekman* yang berada pada elevasi 100 m sampai 1000 m dan daerah di mana tegangan konstan yang berada pada elevasi 10 sampai 100 m. Untuk memperkirakan pengaruh kecepatan angin terhadap pembangkitan gelombang, parameter ΔT_{as} , U^* dan y_0 harus diketahui. Untuk memudahkan hitungan dapat digunakan persamaan yang lebih sederhana berikut ini (Priatna, 2021).

$$U(10) = U^*(y) \left(\frac{10}{y} \right)^{1/7} \dots\dots\dots(1)$$

Keterangan :

U^* = kecepatan geser

y = elevasi terhadap permukaan air
(m)

2. Data Angin

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 didekat lokasi peramalan yang kemudian di konversi menjadi data angin di laut (Purwono & Sismiani, 2018).

Satu knot adalah panjang satu menit garis bujur melalui khatulistiwa 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 (Purwono & Sismiani, 2018).

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

Tingkat	Sifat Angin	Kedadaan 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.	7 – 10	8,1
4	Angin sedang	Debu atau kertas tertiu, ranting dan cabang kecil bergerak.	11 – 16	15,7
5	Angin agak kuat	Pohon kecil bergerak, buih putih dilaut.	17 – 21	26,6
6	Angin kuat	Dahan besar bergerak, suara mendesir kawat tilpun.	22 – 27	41,0
7	Angin kencang	Pohon seluruhnya bergerak, perjalanan diluar sukar.	28 – 33	60,1
8	Angin sangat kuat	Ranting pohon patah, perjalanan menentang angin.	34 – 40	83,2
9	Badai	Kerusakan kecil pada rumah, genting tertiu dan terlempar.	41 – 47	102,5
10	Badai kuat	Pohon tumbang, kerusakan besar pada rumah.	48 – 55	147,5
11	Angin ribut	Kerusakan karena badai terdapat dideaerah luas.	56 – 63	188,0
12	Topan	Pohon besar tumbang, rumah rusak berat	64	213,0

3. Konversi Kecepatan Angin

Pengukuran angin biasanya dilakukan di daratan, padahal dalam rumus - rumus pembangkitan gelombang data angin yang digunakan adalah data diatas permukaan laut. Oleh karena itu diperlukan transformasi dari data angin diatas daratan yang terdekat dengan lokasi studi ke data angin diatas permukaan laut. Hubungan antara ke diberikan oleh (Hidayat, 2012)

$$R_L = \frac{U_W}{U_L} \dots\dots\dots(2)$$

Keterangan:

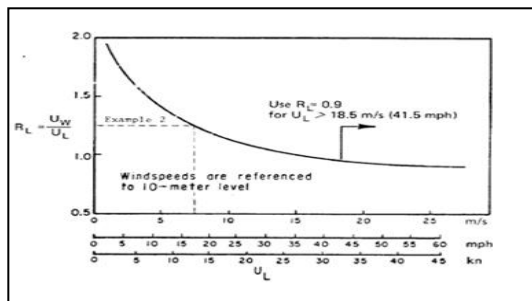
R_L = Nilai yang diperoleh dari grafik hubungan antara kecepatan angin di darat dan di laut

U_W = Kecepatan angin di atas permukaan laut (m/s)

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

Rumus-rumus dan grafik-grafik pembangkit gelombang mengandung variabel U_A , yaitu faktor tegangan angin yang dapat dihitung dari kecepatan angin. Faktor tegangan angin dapat dihitung dengan menggunakan rumus berikut : (Triatmodjo, 2010)

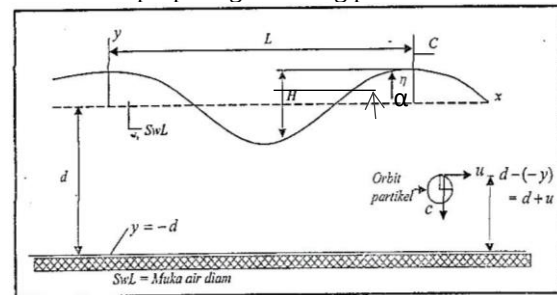
$$U_A = 0,71U_{W1,23} \dots\dots\dots(3)$$

Gambar 2. Hubungan Antara Kecepatan Angin dan Darat, Sumber : *Triatmodjo (1999)*

2.3. Karakteristik Gelombang

Pada umumnya gelombang terjadi karena hembusan angin dipermukaan air laut. Gelombang dapat menimbulkan energi untuk menimbulkan arus dan transportasi sedimen dalam arah tegak lurus sepanjang pantai, serta menyebabkan gaya - gaya yang bekerja pada bangunan pantai.

Parameter utama gelombang air laut adalah panjang gelombang, tinggi gelombang dan kedalaman air laut. Teori yang menjelaskan tentang karakteristik gelombang yang paling sederhana adalah teori *Airy*, disebut juga teori gelombang linier atau teori gelombang amplitudo kecil. Teori ini memberikan model persamaan penting dalam menentukan properti gelombang permukaan.

Gambar 3. Definisi Gelombang, Sumber : *Triatmodjo (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

2.4. Transformasi Gelombang

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

1. Refraksi Gelombang

Refraksi Gelombang terjadi karena adanya perubahan kedalaman laut. Pada daerah laut dalam air lebih besar dari pada panjang gelombang, maka gelombang menjalar tanpa dipengaruhi oleh dasar laut. Tetapi pada laut transisi dan dangkal, dasar laut akan mempengaruhi gelombang selama perambatan

gelombang dari perairan laut dalam ke perairan dangkal, maka gelombang akan mengalami refraksi yaitu terjadi perubahan karakteristik gelombang akibat perubahan kedalaman air.

Studi refraksi dilakukan secara analisis dengan menganggap bahwa kontur dasar laut yang dilintasi oleh 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:

$$\frac{\sin \alpha_1}{\sin \alpha_2} = \frac{C_1}{C_2} = \frac{L_1}{L_2} \dots\dots\dots(4)$$

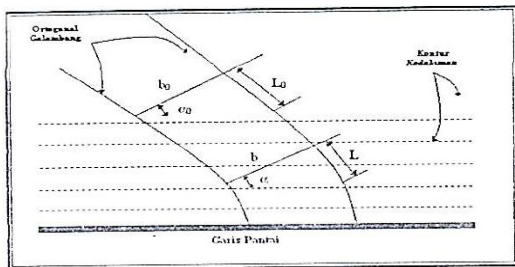
Keterangan :

α_1 dan α_2 = Sudut antara kedalaman dan puncak gelombang

C_1 dan C_2 = Kecepatan perambatan gelombang di tempat yang ditinjau

$$L_1 \text{ dan } L_2 = \text{Panjang gelombang}$$

Jika gelombang mendekati pantai dengan kontur sejajar seperti terlihat pada Gambar 4 berikut ini :



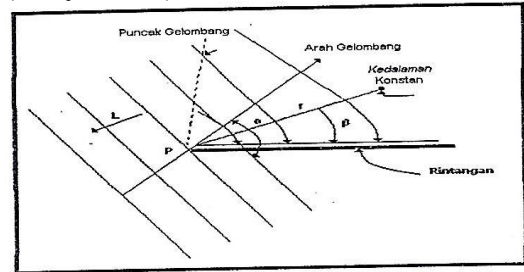
Gambar 4. Refraksi Gelombang,
Sumber : Triatmodjo (1999)

2. Difraksi Gelombang

Difraksi gelombang adalah deformasi gelombang yang terjadi apabila tinggi gelombang lebih besar dari pada titik di dekatnya. Difraksi gelombang ini akan mengakibatkan terjadinya transfer energi gelombang sepanjang garis puncak gelombang dalam arah tegak lurus penjalaran gelombang menuju daerah terlindung. Transfer energi daerah terlindung akan menyebabkan terbentuknya gelombang pada daerah tersebut.

Dianggap bahwa kedalaman air adalah konstan sehingga besarnya gelombang adalah perbandingan antara gelombang disuatu titik di daerah tersebut dan tinggi gelombang datang disebut koefisien difraksi (k_d).

Koefisien difraksi ini dipengaruhi oleh jarak titik pada tempat yang terlindung ujung rintangan r , sudut antara arah rintangan dan garis yang menghubungkan titik tersebut dengan ujung rintangan β , dan sudut antara penjalaran gelombang dan rintangan φ , selanjutnya koefisien difraksi dapat diperoleh menggunakan tabel yang diberikan oleh Sorensen, 1978 (Hidayat, 2012).



Gambar 5. Difraksi Gelombang,
Sumber : Triatmodjo (1999)

2.5. Tinggi dan Energi Gelombang

1. Tinggi dan Periode Gelombang Signifikan

Untuk menentukan tinggi gelombang signifikan (H_s), periode gelombang (T_s), diperoleh dengan cara memasukan nilai *wind stress factor* (U_A), panjang *fetch* efektif (F_{eff}) dalam Persamaan 5 dan Persamaan 6 berikut ini (Hidayat, 2012) :

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

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

Nilai *wind stress* dapat dilihat pada Persamaan 3.

2. Energi Gelombang

Energi gelombang adalah jumlah dari energi kinetik dan energi potensial gelombang. Energi kinetik adalah energi yang disebabkan oleh kecepatan partikel air. Energi potensial adalah energi yang dihasilkan oleh perpindahan muka air karena adanya gelombang. Pada teori gelombang *Airy*, jika energi potensial ditetapkan relatif terhadap muka air diam, dan semua gelombang menjalar dalam arah yang sama, maka komponen energi potensial dan kinetik sama, jadi energi total tiap satuan dapat dihitung dengan Persamaan 7 berikut ini (Hidayat, 2012) :

$$E = E_k + E_p = \rho \cdot g \cdot H_{s^2} L / 8 \quad \dots\dots\dots(7)$$

Keterangan :

$$E_k = \text{Energi kinetik total (Newton)}$$

E_p = Energi potensial (Newton)

P = Rapat massa air laut (Kg/m^3)

$$H = \text{Tinggi gelombang (m)}$$
$$L = \text{Panjang gelombang (m)}$$

2.6. Fetch

Tinjauan pembangkit gelombang di laut, *fetch* dibatasi oleh bentuk daratan mengelilingi laut. Di daerah pembentukan gelombang, gelombang tidak hanya dibangkitkan dalam arah yang sama dengan arah angin tetapi juga dalam berbagai sudut terhadap arah angin.

Panjang *fetch* adalah panjang laut yang dibatasi oleh pulau – pulau pada kedua ujungnya. *Fetch* rerata efektif diberikan dengan Persamaan 8 berikut ini (Hidayat, 2012) :

$$F_{\text{eef}} = \frac{\sum X_i \cos \alpha}{\sum \cos \alpha} \quad \dots\dots\dots(8)$$

Keterangan :

- 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 6° sampai sudut 42° pada kedua sisi dari arah angin.

2.7. Peramalan Gelombang Laut

Berdasarkan kecepatan angin, lama hembusan angin dan *fetch* akan dilakukan peramalan dengan menggunakan grafik (SPM,1994). Dari grafik tersebut apabila panjang *fetch* (F), faktor tegangan angin (U_A) dan durasi diketahui maka tinggi dan periode gelombang signifikan dapat dihitung. Dalam hubungan dengan gelombang maka perlu adanya beberapa persamaan yang dipakai untuk menghitung gelombang. Beberapa persamaan yaitu sebagai berikut (Hidayat, 2012) :

1. Gelombang Pecah

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 :

$$\frac{H_b}{H'_0} = \frac{1}{3,3 \left(\frac{H'_0}{gT^2} \right)^{1/3}} \quad \dots\dots\dots(9)$$

Kedalaman air di mana gelombang pecah diberikan oleh rumus berikut :

$$\frac{d_b}{H_b} = \frac{1}{b - \left(\frac{aH}{gT^2} \right)^{1/3}} \quad \dots\dots\dots(10)$$

Dimana a dan b merupakan fungsi kemiringan pantai

m dan diberikan oleh persamaan berikut :

$$a = 43,75 (1 - e^{-19m}) \quad \dots\dots\dots(11)$$

$$b = \frac{1,56}{(1 + e^{-19,5m})} \quad \dots\dots\dots(12)$$

Keterangan :

- H_b = Tinggi gelombang pecah
 H'_0 = Tinggi gelombang laut dalam ekuivalen ($H'_0 = K_r \cdot H_0$)
 L_0 = Panjang gelombang di laut dalam
 d_b = Kedalaman air pada saat gelombang pecah
 m = Kemiringan dasar laut
 g = Percepatan gravitasi
 T = Periode gelombang
 K_r = Koefisien refraksi

2.8. 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. 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 (Hidayat, 2012):

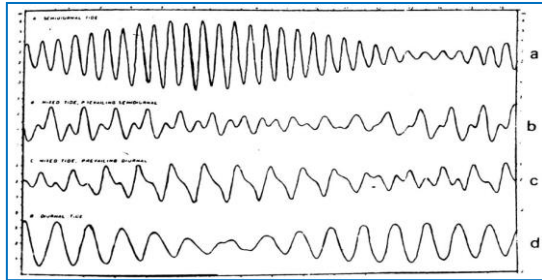
1. Muka air tertinggi (*Highest High Water Level, HHWL*) adalah air tertinggi pada saat pasang surut purnama atau bulan mati.
2. Muka air tinggi rata-rata (*Mean High Water Level, MHWL*) adalah rata-rata muka air tertinggi, dicapai pada pengukuran minimal 15 hari.
3. Muka air laut rata-rata (*Mean Water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

Secara umum pasang surut diberbagai daerah di Indonesia dibagi menjadi :

1. 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.
2. Pasang surut harian tunggal (*Diurnal Tide*), yaitu tipe pasang surut yang dalam satu hari terjadi satu kali pasang dan satu kali surut.
3. Pasang surut campuran condong ke harian ganda (*Mixed Tide Prevailing Semi diurnal*), yaitu pasang surut dalam sehari terjadi dua kali pasang

dan dua kali surut, tetapi tinggi dan periodenya berbeda.

4. Pasang surut campuran condong ke harian tunggal (*Mixed Tide Prevealling Diurnal*), dalam satu hari terjadi satu kali air pasang dan satu kali air surut, tetapi kadang untuk waktu terjadi dua kali pasang dan dua kali surut dengan tinggi dan periode yang sangat berbeda.



Gambar 6. Tipe Pasang Surut Yang Terjadi di Indonesia, Sumber : Triadmojo (1999)

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

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

Keterangan :

K_1 dan O_1 = Konstanta pasang surut harian utama

M_2 dan S_2 = Konstanta pasang surut ganda utama

Klasifikasi sifat pasang surut adalah :

$F \leq 0,25$ → pasang ganda

$0,25 \leq F \leq$ → pasang campur (ganda dominan)

$1,50 \leq F \leq$ → pasang campur (tunggal dominan)

2.9. Transpor Sedimen Pantai

Transpor sedimen pantai adalah gerak sedimen di daerah pantai yang di daerah pantai yang disebabkan oleh arus dan gelombang. Daerah transpor sedimen pantai ini terbentang dari garis pantai sampai tepat di luar daerah gelombang pecah. Transpor sedimen pantai dapat dibedakan menjadi transpor menuju dan meninggalkan pantai (*on shore – off shore transport*, dan transpor sedimen di sepanjang pantai (*longshore transport*). Transpor menuju dan meninggalkan pantai mempunyai arah rata-rata tegak lurus sepanjang pantai. Sedangkan transpor sedimen di sepanjang pantai mempunyai arah sejajar pantai.

Pada komponen tegak lurus, sedimen pada dasar laut terangkut dan membawa sedimen ke daerah pantai sehingga terjadi sedimentasi ke daerah pantai sedangkan pada komponen sejajar garis pantai, sedimen akan terangkut oleh arus sepanjang pantai sampai ke lokasi yang cukup jauh sehingga di lokasi tertentu terjadi kemunduran garis pantai.

Transpor sedimen sepanjang pantai dapat dihitung dengan menggunakan rumus empiris, yang

dikembangkan berdasarkan data pengukuran model pada pantai berpasir. Dan merupakan hubungan antara transpor sedimen dan komponen fluks energi gelombang sepanjang pantai (Hidayat, 2012).

$$Q_s = KP_i^n \quad \dots\dots\dots(14)$$

$$P_i = \frac{\rho g}{8} H_b^2 C_b \sin \alpha_b \cos \alpha_b \quad \dots\dots\dots(15)$$

Keterangan :

Q_s = Angkutan sedimen sepanjang pasir ($m^3/hari$)

P_i = Komponen fluks energi gelombang saat pecah ($Nm/s/m$)

P = Rapat massa air laut (Kg/m^3)

H_b = Tinggi gelombang pecah (m)

C_b = Cepat rambat gelombang pecah (m/s)= $b \cdot gd$

α_b = Sudut datang gelombang pecah

K, n = Konstanta

g = Percepatan gravitasi (m/s^2)

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 di sekitar pantai 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 disekitar pantai. Tahapan proses dari proses sedimentasi yang mengarah pada terjadinya perubahan garis pantai adalah :

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

Model perubahan garis pantai didasarkan pada persamaan kontinuitas sedimen. Untuk itu pantai dibagi menjadi sejumlah sel (ruas). Pada setiap sel ditinjau angkutan sedimen yang masuk dan keluar. Sesuai dengan hukum kekekalan massa, jumlah laju aliran massa netto di dalam sel adalah sama dengan laju perubahan massa didalam sel tiap satuan waktu. (Hidayat, 2012)

2.11. Arus

Transpor masa dan momentum dalam penjalaran gelombang menimbulkan arus didekat 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*).

Arus sepanjang pantai dapat juga dibentuk oleh pasang surut permukaan laut. Di perairan sempit seperti teluk dan selat, pasang surut merupakan penyebab utama, dan kecepatan arus yang dihasilkan dapat mencapai 2 knot (1m/det) (Hidayat, 2012).

2.12. Bangunan Pelindung Pantai.

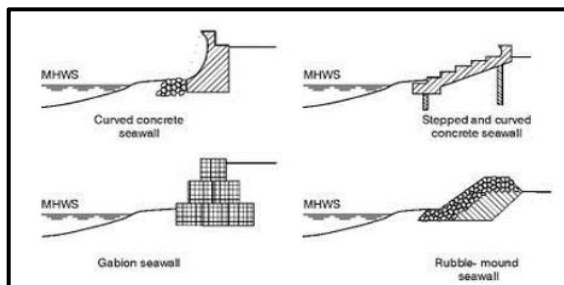
Secara alami, ancaman pada kawasan pantai yang paling signifikan adalah dari gelombang dan arus. Pantai dan infrastruktur disekitarnya perlu dilindungi dari gelombang yang datang. Pola gelombang dan arus serta sedimentasi yang terjadi di perairan pantai dapat menyebabkan kerusakan pantai seperti terjadinya erosi pantai. (Danial, 2008). Jenis-jenis bangunan pelindung pantai yang bisa digunakan untuk melindungi pantai dari kerusakan pantai seperti erosi yaitu (Priatna, 2021):

1. Revetment

Revetment/seawall adalah bangunan berupa dinding penahan gempuran gelombang yang ditempatkan disepanjang kawasan yang akan dilindungi. Penggunaan *seawall* dimaksudkan untuk memperkuat tepi pantai agar tidak terjadi pengikisan akibat gempuran gelombang.

2. Seawall

Seawall adalah tembok atau dinding 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.



Gambar 7. Jenis-jenis Seawall

3. Groin

Groin adalah struktur yang dibangun secara tegak lurus atau melintang dari garis pantai. Tujuan dari

bangunan ini adalah untuk menangkap transpor sedimen yang menjalar sepanjang pantai agar dapat digunakan untuk menambah suplai sedimen di pantai tersebut sehingga pantai menjadi lebih lebar arah laut (Triatmodjo, 1999)

Kriteria perencanaan groin:

- Panjang groin, 40%-60% dari lebar rerata *surf zone*
- Jarak antar groin, 1 sampai 3 kali panjang groin
- Tinggi groin antara 50 cm – 60 cm diatas elevasi rencana
- Elevasi puncak groin diambil di bawah HWL.

4. Break water

Break water adalah bangunan pelindung pantai yang bertujuan untuk mengurangi besarnya energi gelombang yang akan merusak daerah tertentu. Bangunan ini dapat terbuat dari tumpuan batu baik batu alam maupun batu buatan (lebih dikenal dengan nama *rubble mound*).

Break water sesuai dengan namanya adalah berfungsi untuk memecah gelombang sebelum gelombang itu pecah. Jadi *break water* dirancang untuk memaksa gelombang mengalami pecah sebelum waktunya agar energinya tidak merusak pantai atau bangunan pelindung lainnya.

5. Talud / dinding pantai

Talud adalah suatu bangunan yang berfungsi untuk menstabilkan kondisi tanah . Pada umumnya, dinding ini dibangun di daerah - daerah yang kondisi tanahnya masih labil. Kebanyakan dinding penahan tanah terbuat dari pasangan batu kali yang diperkuat campuran semen, pasir dan air. Selain itu bahan baku untuk membuat konstruksi ini juga bisa berasal dari mortar, beton, pasangan batu kosong, kayu dan sebagainya.

2.13. Bangunan Pantai Berdasarkan Permen No.07/PRT/M/2015

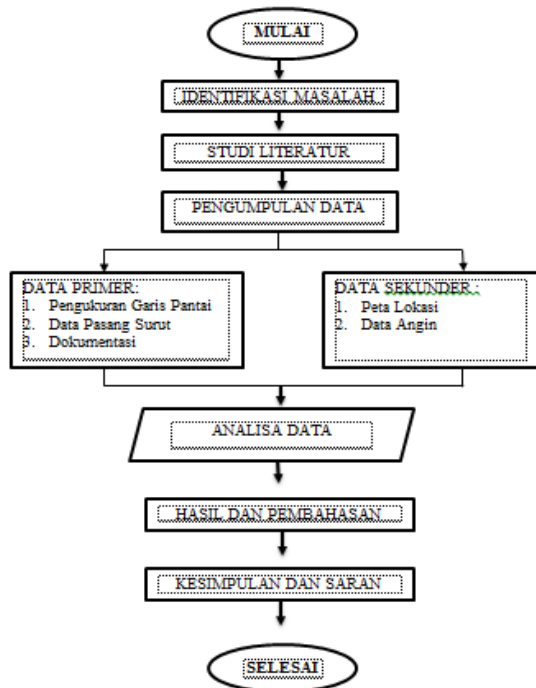
Pengamanan pantai diselenggarakan berdasarkan zona pengamanan pantai dan mempertimbangkan wilayah pantai, pola serta rencana pengelolaan sumber daya air pada wilayah pantai, namun dalam hal rencana pengelolaan sumber daya air pada wilayah pantai dan rencana zonasi wilayah pesisir belum diterapkan, pelaksanaan pengamanan pantai dilakukan berdasarkan zona pengamanan pantai. Pengaman pantai dilakukan berdasarkan aspek umum dan aspek teknis (Ramdan, 2019). Pembangunan bangunan pantai berdasarkan Permen No.07/PRT/M/2015 memiliki tahapan sebagai berikut:

- Tahapan Perencanaan : Perencanaan
- Tahapan Kegiatan : Pelaksanaan kegiatan, Operasi dan pemeliharaan.

3. Tahapan Lanjutan : Pengelolaan bangunan pengaman pantai milik negara atau daerah, pembiayaan bangunan pengaman pantai, peran masyarakat.

3. METODE PENELITIAN

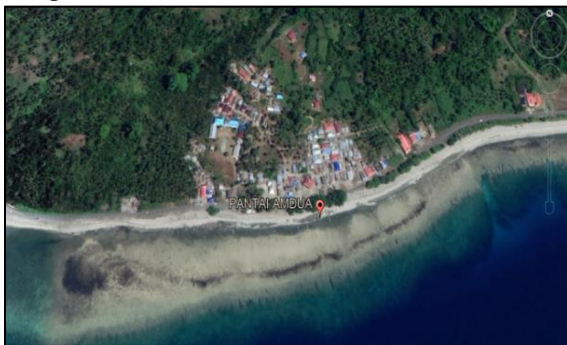
3.1. Alir Penelitian



Gambar 8. Bagan Alir Penelitian

3.2. Waktu dan Lokasi Penelitian

Penelitian ini dimulai pada kurun waktu 15 hari teritung sejak tanggal 28 November – 11 Desember 2021. Penelitian dilakukan pada lokasi pantai yang terdapat di Negeri Amdua Kecamatan Amahai, Kabupaten Maluku Tengah. Penentuan lokasi ini dikarenakan kondisi pantai sudah mengalami kerusakan.



Gambar 9. Peta Lokasi Penelitian, Sumber: Google Maps (2021)

3.3. Teknik Pengumpulan Data

Dalam proses pengumpulan data, diperlukan analisa yang teliti, semakin rumit permasalahan yang dihadapi maka kompleks pula analisa yang akan di lakukan. Untuk melakukan analisa yang baik, diperlukan data atau informasi, teori konsep dasar dan alat yang memadai, sehingga kebutuhan data sangat mutlak diperlukan.

1. Data Primer

Merupakan data yang didapat dari survei lapangan melalui pengamatan dan pengukuran secara langsung berupa data kemunduran garis pantai dan data pasang surut.

2. Data Sekunder

Merupakan data yang diperoleh dari instansi terkait dalam hal ini data sekunder didapatkan dari Badan Meteorologi dan Geofisika.

3.4. Teknik Analisa Data

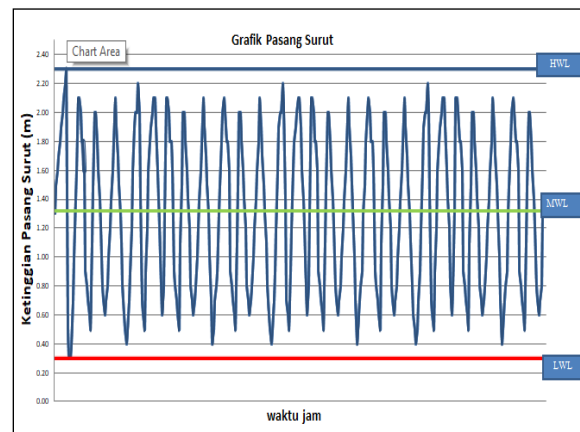
Dalam proses analisa data digunakan :

1. Pengolahan data angin yang diperoleh dari BMKG menjadi mawar angin
2. Perhitungan panjang *fetch* untuk mengetahui arah angin terbanyak dan terbesar pada lokasi penelitian
3. Perhitungan gelombang
4. Perhitungan perubahan garis pantai
5. Perhitungan dimensi bangunan pelindung pantai

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Analisa Pasang Surut

Tipe pasang surut pada pantai Amdua adalah condong ke harian ganda. Hasil pencatatan tersebut digambarkan dalam grafik berikut ini :



Gambar 10. Grafik Pasang Surut

Berdasarkan pengukuran pasang surut tersebut diperoleh beberapa elevasi muka air laut :

1. Low Water Level : 0.30 m
2. Middle Water Level : 1.30 m
3. High Water Level : 2.30 m

Manfaat dari pengukuran pasang surut adalah untuk menganalisa elevasi muka air yang diperlukan dalam perencanaan bangunan pelindung pantai yang akan digunakan untuk menanggulangi masalah kerusakan pantai pada lokasi penelitian.

4.2. Analisis Angin

Gelombang angin adalah gelombang yang dibangkitkan oleh angin (*wind generated wave*). Angin berhembus sejauh jarak angina (*fetch*) dengan kecepatan angin yang semakin besar dan durasi tertentu dan menyebabkan terjadinya pembangkit penuh tinggi gelombang. Dalam meramalkan suatu gelombang datang diperlukan data angin untuk dianalisa sehingga bisa diketahui kecepatan angin serta arah angin yang terjadi di suatu wilayah tertentu.

Data angin yang digunakan adalah data angin tahunan yang diperoleh dari Stasiun Meteorologi Klimatologi dan Geofisika Amahai selama tahun 2012 – 2021. Data yang diperoleh tersebut ditulis dalam derajat dan pada akhirnya dikonversikan dalam bentuk 8 (delapan penjurur 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 < U < 22,5)
2. Arah Timur Laut (22,5 < TL < 67,5)
3. Arah Timur (67,5 < T < 112,5)
4. Arah Tenggara (112,5 < TG < 157,5)
5. Arah Selatan (157,5 < S < 202,5)
6. Arah Barat Daya (202,5 < BD < 247,5)
7. Arah Barat (247,5 < B < 292,5)
8. Arah Barat Laut (292,5 < BL < 337,5)

Dari data angin yang diperoleh, dapat dilihat bahwa selama kurun waktu 2012-2021 jumlah angin terbanyak adalah angin yang bertiup dari arah selatan.

Tabel 2. Jumlah Kejadian Angin 10 Tahun Terakhir (Tahun 2012 sampai 2021),

Sumber : Hasil Perhitungan (2021)

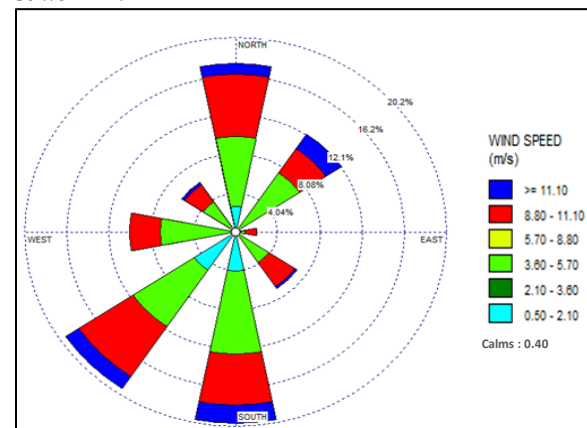
Arah Angin	Kecepatan Angin (Knot)				Jumlah
	0 - 2	3 - 5	6 - 9	10 - 13	
Timur	0	89	41	0	130
Barat	15	248	107	0	370
Utara	99	264	233	40	636
Selatan	92	371	191	68	722
Timur Laut	13	258	107	67	445
Barat Laut	1	136	79	12	228
Tenggara	2	138	111	7	258
Barat Daya	175	255	226	57	713
Tidak Tercatat					204
Total					3706

Tabel 3. Presentase Jumlah Kejadian Angin 10 Tahun Terakhir (Tahun 2012 sampai 2021),
Sumber : Hasil Perhitungan (2021)

Arah Angin	Kecepatan Angin (Knot)				Jumlah
	0 - 2	3 - 5	6 - 9	10 - 13	
Timur	0,00	2,40	1,11	0,00	3,51
Barat	0,40	6,69	2,89	0,00	9,98
Utara	2,67	7,12	6,29	1,08	17,16
Selatan	2,48	10,01	5,15	1,83	19,48
Timur Laut	0,35	6,96	2,89	1,81	12,01
Barat Laut	0,03	3,67	2,13	0,32	6,15
Tenggara	0,05	3,72	3,00	0,19	6,96
Barat Daya	4,72	6,88	6,10	1,54	19,24
Tidak Tercatat					5,50
Total					100,00

Berdasarkan data angin yang diperoleh dapat di lihat bahwa selama kurun waktu 2011-2021 jumlah kejadian angin terbanyak bertiup dari arah Selatan dengan jumlah kejadaian angin sebanyak 722 atau 19.48%. Jumlah kejadian angin tersedikit bertiup pada arah Timur dengan jumlah kejadian 130 kejadaian atau sebesar 3.51%.

Dari hasil analisa data kecepatan serta arah angin yang terjadi di Desa Amdua seperti pada Tabel 2 maka data kecepatan angin serta arah angin dapat di buat dalam bentuk mawar angin yang di bantu dengan WRPLOT vie4w seperti pada Gambar 11 di bawah ini:



Gambar 11. Mawar Angin,
Sumber : WRPLOT View

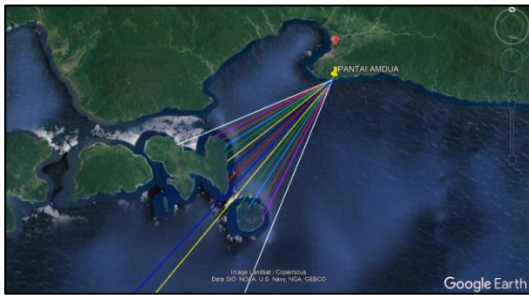
4.3. Analisa Gelombang

Bila terjadi hembusan angin di atas permukaan air akan terjadi riak gelombang yang kecil dan semakin lama angin bertiup akan terjadi gelombang. Semakin besar kecepatan angin akan mempengaruhi besarnya gelombang. Kecepatan angin U, lama hembusan angin t, serta arah datangnya angin sangat menentukan tinggi dan periode gelombang yang terbentuk

Panjang *fetch* adalah 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:

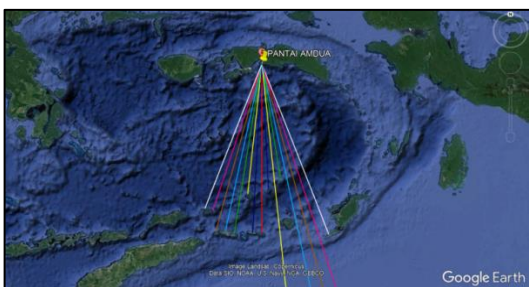
1. Garis *fetch* ditarik pada setiap interval 3^0
2. Panjang garis *fetch* diukur mulai dari lokasi peramalan gelombang sampai dengan daratan diujungnya.
3. Masing-masing garis *fetch* dalam daerah suatu penjurur angin diproyeksikan ke arah penjurur tersebut.
4. Panjang garis *fetch* efektif diperoleh dengan membagi jumlah panjang proyeksi garis tersebut dengan cosinus sudutnya.



Gambar 12. Peta Panjang Fetch Arah Barat Daya,
Sumber : Google Maps

Tabel 4. Panjang Fetch Arah Barat Daya,
Sumber : Hasil Perhitungan (2021)

Arah Utama	Sudut (α)	Cos α	Panjang Fetch (m)	Xi Cos α	Feff (m)
Barat Daya	-21	0.933	607089.33	566414.34	426873.26
	-18	0.951	38426.39	36543.50	
	-15	0.966	36426.39	35187.89	
	-12	0.978	38105.08	37266.77	
	-9	0.988	39270.31	38799.07	
	-6	0.995	684491.63	681069.17	
	-3	0.998	718736.46	717298.99	
	0	1.00	36387.98	36387.98	
	3	0.998	34907.14	34837.33	
	6	0.995	33401.00	33234.00	
	9	0.988	32830.33	32436.366	
	12	0.978	31430.78	30739.30	
	15	0.966	31630.48	30555.0437	
	18	0.951	33090.86	31469.41	
	21	0.933	4177700.12	3897794.21	
Jumlah	14.618		Jumlah	6240033.36	



Gambar 13. Peta Panjang Fetch Arah Selatan,
Sumber : Google Maps

Tabel 5. Panjang Fetch Arah Selatan,
Sumber : Hasil Perhitungan (2021)

Arah Utama	Sudut (α)	Cos α	Panjang Fetch (m)	Xi Cos α	Feff (m)
Barat Daya	-21	0.933	607089.33	566414.34	426873.26
	-18	0.951	38426.39	36543.50	
	-15	0.966	36426.39	35187.89	
	-12	0.978	38105.08	37266.77	
	-9	0.988	39270.31	38799.07	
	-6	0.995	684491.63	681069.17	
	-3	0.998	718736.46	717298.99	
	0	1.00	36387.98	36387.98	
	3	0.998	34907.14	34837.33	
	6	0.995	33401.00	33234.00	
	9	0.988	32830.33	32436.366	
	12	0.978	31430.78	30739.30	
	15	0.966	31630.48	30555.0437	
	18	0.951	33090.86	31469.41	
	21	0.933	4177700.12	3897794.21	
Jumlah	14.618		Jumlah	6240033.36	

Tabel 6. Perhitungan Penentuan Tinggi Dan Periode Gelombang Segnifikan Arah Barat Daya,
Sumber : Hasil Perhitungan (2021)

No	U (knot)	U_L (m/det)	U_w	U_A	Feff (m)	H_s (m)	T_s (det)
1	2	1,03	1,80	1,46	644491,93		
2	4	2,06	3,30	3,08			
3	6	3,09	4,48	4,49		0,60	5,83
4	8	4,12	5,36	5,59		1,87	7,93
5	10	5,15	6,31	6,84		2,29	8,47
6	12	6,18	7,11	7,92		2,65	8,89

Tabel 7. Perhitungan Penentuan Tinggi Dan Periode Gelombang Segnifikan Arah Selatan,
Sumber : Hasil Perhitungan (2021)

No	U (knot)	U_L (m/det)	U_w	U_A	Feff (m)	H_s (m)	T_s (det)
1	2	1,03	1,80	1,46	644491,93	0,60	5,83
2	4	2,06	3,30	3,08		1,26	7,46
3	6	3,09	4,48	4,49		1,84	8,45
4	8	4,12	5,36	5,59		2,30	9,08
5	10	5,15	6,31	6,84		2,81	9,71
6	12	6,18	7,11	7,92		3,25	10,19

4.4. Analisa Refraksi, Metode Shoaling dan Gelombang Pecah

Analisa gelombang pecah dan refraksi dapat dilihat pada tabel-tabel berikut :

Tabel 8. Perhitungan Refraksi untuk Arah Barat Daya (65^0), Sumber : Hasil Perhitungan (2021)

H_s	T	d	L_0	C_0	d/L_0	d/L	L	C	$\sin \alpha$
0,49	5,09	3,00	40,42	7,94	0,074	0,11768	25,49	5,01	0,906
1,03	6,51	3,00	66,17	10,16	0,045	0,08883	33,77	5,19	0,906
1,50	7,37	3,00	84,81	11,50	0,035	0,07748	38,72	5,25	0,906
1,87	7,93	3,00	98,08	12,37	0,031	0,07260	41,32	5,21	0,906
2,29	8,47	3,00	112,03	13,22	0,027	0,06747	44,46	5,25	0,906
2,65	8,89	3,00	123,40	13,87	0,024	0,06340	47,32	5,32	0,906

Lanjutan Tabel 8.

Sin α	α	Cos α	Cos α	kr	no	k	n	ks	H'o
0,572	34,858	0,423	0,821	0,718	0,50	0,246	0,8555	0,963	0,350
0,463	27,554	0,423	0,887	0,690	0,50	0,186	0,9095	1,038	0,711
0,414	24,443	0,423	0,910	0,681	0,50	0,162	0,9289	1,086	1,021
0,382	22,446	0,423	0,924	0,676	0,50	0,152	0,9368	1,126	1,263
0,360	21,083	0,423	0,933	0,673	0,50	0,141	0,9448	1,155	1,538
0,348	20,336	0,423	0,938	0,671	0,50	0,133	0,9508	1,171	1,776

Lanjutan Tabel 8

H'o/gT ²	Hb/H'o	Hb/gT ²	db/Hb	H	Hb	db	cb	Lb
0.001	1.660	0.002	0.940	0.337	0.581	0.546	1.667	0.813
0.002	1.390	0.002	0.940	0.737	0.988	0.928	2.459	2.530
0.002	1.390	0.003	0.960	1.109	1.420	1.363	3.170	4.751
0.002	1.390	0.003	0.960	1.422	1.756	1.686	3.656	6.831
0.002	1.390	0.003	0.960	1.776	2.138	2.052	4.170	9.530
0.002	1.390	0.003	0.960	2.080	2.469	2.370	4.591	12.149

Tabel 9. Perhitungan Refraksi Untuk Arah Selatan (70°), Sumber : Hasil Perhitungan (2021)

Hs	T	d	Lo	Co	dLo	dL	L	C	Sin α
0,60	5,83	3,00	53,05	9,10	0,057	0,10132	29,61	5,08	0,940
1,26	7,46	3,00	86,84	11,64	0,035	0,07748	38,72	5,19	0,940
1,84	8,45	3,00	111,31	13,18	0,027	0,06747	44,46	5,26	0,940
2,30	9,08	3,00	128,73	14,17	0,023	0,06200	48,39	5,33	0,940
2,81	9,71	3,00	147,03	15,14	0,020	0,05763	52,06	5,36	0,940
3,25	10,19	3,00	161,96	15,90	0,019	0,05611	53,47	5,25	0,940

Lanjutan Tabel 9

Sin α	α	Cos α	Cos α	Kr	No	k	n	ks	H'o
0,506	30,384	0,342	0,863	0,630	0,50	0,212	0,8867	1,005	0,377
0,404	23,834	0,342	0,915	0,611	0,50	0,162	0,9289	1,099	0,773
0,362	21,226	0,342	0,932	0,606	0,50	0,141	0,9448	1,151	1,116
0,341	19,917	0,342	0,940	0,603	0,50	0,130	0,9528	1,182	1,385
0,321	18,716	0,342	0,947	0,601	0,50	0,121	0,9588	1,214	1,687
0,299	17,409	0,342	0,954	0,599	0,50	0,118	0,9609	1,256	1,946

Lanjutan Tabel 9

H'o/gT ²	Hb/H'o	Hb/gT ²	db/Hb	H	Hb	db	cb	Lb
0.001	1.660	0.002	0.940	0.379	0.626	0.589	1.853	1.111
0.001	1.660	0.002	0.960	0.850	1.284	1.232	3.032	3.834
0.002	1.660	0.003	0.960	1.284	1.852	1.778	3.875	7.137
0.002	1.660	0.003	0.960	1.636	2.299	2.207	4.477	10.279
0.002	1.390	0.003	0.960	2.048	2.345	2.252	4.675	13.128
0.002	1.390	0.003	0.960	2.444	2.706	2.597	5.144	16.725

Berdasarkan dengan perhitungan refraksi maka diperoleh gelombang refraksi ($H'o$) tertinggi sebesar 1.95 m, gelombang pecah (Hb) tertinggi sebesar 2.7 m, panjang gelombang pecah (Lb) sebesar 16.7 m, celerity gelombang pecah (cb) sebesar 3.183 m/det, dan kedalaman gelombang pecah (db) sebesar 2.6 m seperti tertera pada Tabel 10 berikut ini:

Tabel 10. Hasil Refraksi, Sumber : Hasil Perhitungan (2021)

Hasil Analisa Refraksi	Arah Barat Daya	Arah Selatan
Tinggi gel.Refraksi ($H'o$) (m)	1.776	1.946
Tinggi gel.Pecah (Hb) (m)	2.469	2.706
Panjang gel (Lb) (m)	12.149	16.725
Celerity gel.Pecah (cb) (m/dtk)	4.591	5.144
Kedalaman gel. Pecah (db) (m)	2.370	2.597
Sudut Datang Gelombang	65°	70°

4.5. Analisa Arus Dekat Pantai

Pada lokasi pantai Amdua, memiliki arus sejajar pantai pada rumus dibawah yang dapat mengangkut sedimen yang telah dihancurkan (erosi) oleh gelombang, dan terbawa sepanjang pantai.

Arus sepanjang pantai yang ditimbulkan oleh gelombang pecah dengan membentuk sudut terhadap garis pantai, dibangkitkan oleh momentum yang di bawa oleh gelombang. Longuet - Higgins (dalam Komar, 1985) menurunkan rumus untuk menghitung arus sepanjang pantai dapat di lihat pada Persamaan 1. Hasil perhitungannya dapat dilihat pada tabel berikut ini :

Tabel 11. Hasil Perhitungan Arus Sepanjang Pantai, Sumber : Hasil Perhitungan (2021)

Arah Angin	α_b	H_b	V (cm/d)
Barat Daya	65°	2.469	2.822
Selatan	70°	2.706	2.954

4.6. Analisa Perubahan Garis Pantai

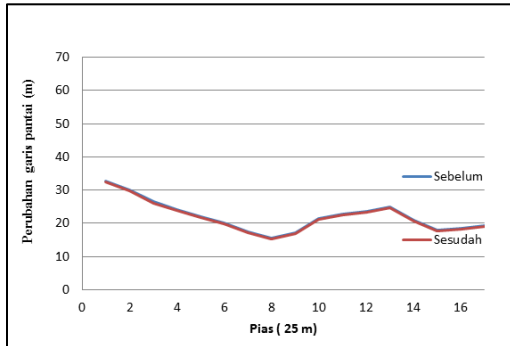
Analisa perubahan garis pantai (erosi) yang terdapat di Desa Amdua di hitung dengan menggunakan metode CERC (1984) dengan memakai program Excel (2010). Hasil perhitungan perubahan garis pantai dapat di lihat untuk permodelan perubahan garis pantai maka asumsi dasar yang digunakan dalam perhitungan tersebut adalah sebagai berikut :

1. Data gelombang dalam hal ini periode, tinggi dan arah gelombang, serta koordinat garis pantai. Pada perhitungan ini arah gelombang yang digunakan adalah arah gelombang dominan yaitu arah Selatan, Barat Daya.
2. Kontur kedalamannya dianggap paralel membentuk sudut 70° terhadap arah Selatan, 65° terhadap arah Barat Daya, Data gelombang pecah dan kedalaman gelombang pecah yang dipakai berdasarkan hasil analisa Shoaling dan refraksi gelombang.
3. Pantai Amdua adalah merupakan pantai yang landai dengan kemiringan rata-rata 0,05.
4. Lokasi pantai Amdua mempunyai panjang garis pantai sepanjang 400 m yang dibagi menjadi 16 pias (sel), dengan panjang pias (Δx) adalah 25 m.

Hasil perhitungan erosi pada garis pantai yang disebabkan oleh pengaruh gelombang angin berdasarkan koordinat tiap-tiap pias untuk jangka waktu 1 tahun, 5 tahun dan 10 tahun pada masing-masing arah dominan, yang menunjukkan besarnya perubahan garis pantai berdasarkan koordinat tiap-tiap pias dapat dilihat dalam penjelasan berikut :

1. Analisa Perubahan Garis Pantai 1 Tahun

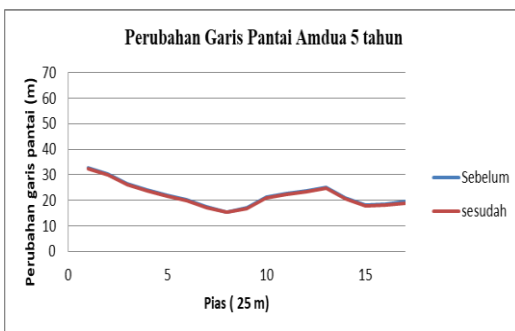
Transport sedimen (Q_i) sepanjang pantai yang terjadi pada pantai Amdua dalam jangka waktu selama 1 tahun pada arah angin dominan selatan, dan barat daya di mana terjadi erosi sebesar 0.17 m pada pias ke 1 dan 12. Dan akresi terjadi pada pias 16 yaitu 0.20 m. Transport sedimen dalam jangka waktu 1 tahun terdiri atas transport sedimen masuk sebesar 15.77 m^3 dan transport sedimen keluar sebesar 203.64 m^3 dapat dilihat dalam grafik berikut :



Gambar 14. Grafik Perubahan Garis Pantai Arah Barat Daya dan Selatan untuk Jangka Waktu 1 Tahun, Sumber : Hasil Perhitungan (2021)

2. Analisa Perubahan Garis Pantai 5 Tahun

Transport sedimen (Q_i) sepanjang pantai yang terjadi pada pantai Amdua dalam jangka waktu selama 5 tahun pada arah angin dominan selatan, dan barat daya di mana terjadi erosi sebesar 0.34 m pada pias ke 1 dan 12. Dan akresi terjadi pada pias 16 yaitu 0.40m, Transport sedimen dalam jangka waktu 5 tahun terdiri atas transport sedimen masuk sebesar 78.53 m^3 dan transport seimen keluar sebesar 26.79 m^3 dapat dilihat dalam grafik berikut:

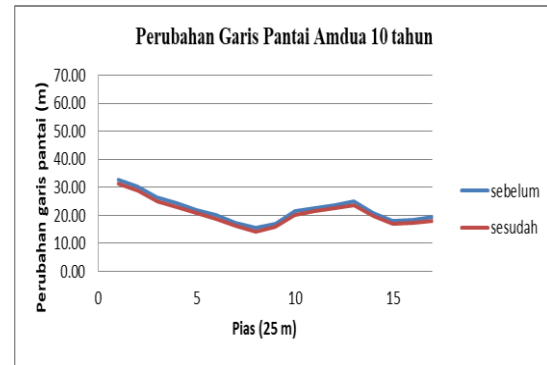


Gambar 15. Grafik Perubahan Garis Pantai Arah Barat Daya dan Selatan untuk Jangka Waktu 5 Tahun, Sumber : Hasil Perhitungan (2021)

3. Analisa Perubahan Garis Pantai 10 Tahun

Transport sedimen (Q_i) sepanjang pantai yang terjadi pada pantai Amdua dalam jangka waktu

selama 10 tahun pada arah angin dominan selatan, dan barat daya di mana terjadi erosi sebesar 1.31 m pada pias ke 1 dan 12. Dan akresi terjadi pada pias 16 yaitu 1.43 m. Transport sedimen dalam jangka waktu 10 tahun terdiri atas transport sedimen masuk sebesar 156.22 m^3 dan transport sedimen keluar sebesar 53.68 m^3 dapat di lihat dalam grafik berikut :



Gambar 16. Grafik Perubahan Garis Pantai Arah Barat Daya dan Selatan untuk Janga Waktu 10 Tahun, Sumber : Hasil Perhitungan (2021)

4.7. Pemilihan Bangunan Pelindung

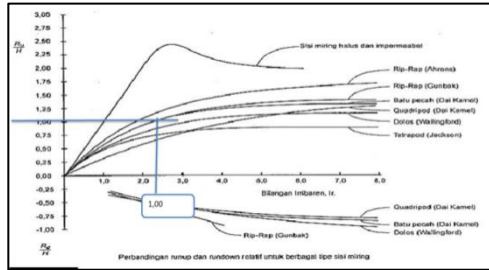
Berdasarkan hasil perhitungan maka bangunan pelindung pantai yang sesuai dengan kondisi kerusakan yang terjadi pada pantai Amdua Kecamatan Amahai ialah *Seawall*. *Seawall* hampir sama dengan *Revetment* yaitu di buat sejajar pantai tapi *seawall* memiliki dinding relatif tegak dan melengkung. *Seawall* juga dapat dikatakan sebagai dinding banjir yang beerfungsi melindungi dan menahan terhadap kekuatan gelombang. *Seawall* umunya di buat dengan konstruksi padat seperti beton, turap baja atau kayu, pasangan batu bata atau pipa beton sehingga *seawall* tidak meredam energi gelombang, tetapi gelombang yang memukul permukaan *seawall* akan dipantulkan kembali dan menyebabkan gerusan pada bagian tumitnya.

1. Perhitungan Struktrur Seawall

Ketika gelombang datang menghantam suatu struktur, air terbawa oleh momentum nya terdorong naik ke atas permukaan struktur. Ketinggian vertikal dari SWL yang berhasil dicapai oleh gelombang yang datang tersebut adalah *run-up*, maka :

$$\begin{aligned} H_b &= 2,706 \\ L_0 &= 123,290 \\ \theta &= 1:2 \text{ (Sudut kemiringan sisi pemecah gelombang)} \\ I_r &= \frac{\tan \theta}{\left(\frac{H_b}{L_0}\right)^{0,5}} = \frac{\tan 0,5}{\left(\frac{2,760}{123,29}\right)^{0,5}} = 3,375 \end{aligned}$$

Dengan grafik *Run Up* gelombang untuk batu pecah diperoleh nilai :



$$\frac{Ru}{H} = 1,00$$

$$Ru = H \times 2,706 = 1,00 \times 2,706 = 2,71 \text{ m}$$

Jadi tinggi *Run Up* gelombang adalah 2,71 m

2. Perhitungan Elevasi dan Puncak Seawall

a. Elevasi Muka Air

$$DWL = HWL + \Delta h + SLR$$

mencari nilai Δh (kenaikan elevasi muka air laut karena badai)

$$H_s = 3,25$$

$$T_s = 10,19$$

$$U_w = 7,92$$

$$d = 2,59$$

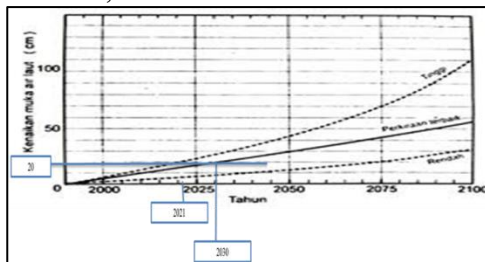
Fetch pada arah dominan (selatan) = 644491,93

$$\text{konstanta } c = 3,5 \times 10^{-6}$$

$$\Delta h = fc \left(\frac{V^2}{2gd} \right)$$

$$= 644491,93 \times 3,5 \times 10^{-6} \times \frac{7,290}{2 \times 2,98 \times 2,5977}$$

$$= 0,35 \text{ m}$$



Dari Grafik diatas didapatkan bahwa kenaikan muka air laut yang terjadi ditahun 2031 dengan perkiraan terbaik adalah :

$$SLR = 20 \text{ cm} = 0,2 \text{ m}$$

Sehingga didapatkan elevasi muka air rencana adalah sebagai berikut :

$$DWL = 2,3 + 0,35 + 0,2 = 2,85 \text{ m}$$

b. Tinggi Seawall

$$\begin{aligned} \text{Elevasi Puncak} &= DWL + Ru + \text{Tinggi Jagaan} \\ &= 2,58 + 2,71 + 0,5 \\ &= 6,06 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Elevasi Seawall} &= EL.Puncak - EL.Dasar Laut \\ &= 6,06 - 2,597 \\ &= 3,46 \text{ m} \end{aligned}$$

Untuk perhitungan tinggi gelombang rencana, dapat dihitung sebagai berikut :

$$ds = DWL = 2,85 \text{ m}$$

$$H_b = 0,78 \times ds$$

$$H_b = 2,223765 \text{ m}$$

3. Berat dan Volume Butir Batu Pelindung Seawall

a. Perhitungan Lapis Lindung

Berat batu lapis lindung dihitung dengan rumus Hudson berikut ini : untuk lapis lindung dari batu pecah bersudut kasar dengan $n = 2$, penempatan acak, gelombang telah pecah dan koefisien stabilitas (K_D) lengan bangunan = 2.

Lapis Lindung	n	Penempatan	Lengan Bangunan		Ujung (kepala) bangunan		Kemiringan
			K _D		K _D		
			Gelomb. Pecah	Gelomb. Tidak Pecah	Gelomb. Pecah	Gelomb. Tidak Pecah	
							Cot f
Batu pecah							
Bulat halus	2	Acak	1,2	2,4	1,1	1,9	1,5 - 3,0
Bulat halus	>3	Acak	1,6	3,2	1,4	2,3	1,5 - 3,0
Bersudut kasar	1	Acak	1,1	2,9	1,1	2,3	1,5 - 3,0
					1,9	3,2	1,5
Bersudut kasar	2	Acak	2,0	4,0	1,6	2,8	2,0
					1,3	2,3	3,0
Bersudut kasar	>3	Acak	2,2	4,5	2,1	4,2	1,5 - 3,0
Bersudut kasar	2	Khusus	5,8	7,0	5,3	6,4	1,5 - 3,0
Paralelepipedum	2	Khusus	7,0-20,0	8,5-24,0	-	-	1,5 - 3,0
Tetrapod					5,0	6,0	1,5
dan	2	Acak	7,0	8,0	4,5	5,5	2,0
Quadripod					3,5	4,0	3,0
					8,3	9,0	1,5
Trihar	2	Acak	9,0	10,0	7,8	8,5	2,0
					6,0	6,5	3,0
Dolos	2	Acak	15,8	31,8	8,0	16,0	2,0
					7,0	14,0	3,0
Kubus dimodifikasi	2	Acak	6,5	7,5	-	5,0	1,5 - 3,0
Hexapod	2	Acak	8,0	9,5	5,0	7,0	1,5 - 3,0
Trihar	1	Seragam	12,0	15,0	7,5	9,5	1,5 - 3,0

(SPM, 1984)

Catatan :

n : jumlah susunan butir batu dalam lapis pelindung

1 : penggunaan n = 1 tidak disarankan untuk kondisi gelombang pecah.

2 : sampai ada ketentuan lebih lanjut tentang nilai K_D , penggunaan K_D diatas pada kemiringan 1:1,5 sampai 1:3

3 : batu ditempatkan dengan sumbu panjangnya tegak lurus permukaan bangunan

Tabel 11. Koefisien Stabilitas (K_D) Berbagai Jenis Butir Nilai Koefisien Layer (k_A), Sumber : *Shore Protection Manual 1984*

No	Armor unit	Placement	Layer coefficient k_A	Porosity (%)
1	2	Random	1.02	38
2	2	Random	1.00	37
3	>3	Random	1.00	40
4	2	Special		27
5	2	Random	1.10	47
6	2	Random	1.04	50
7	2	Random	0.95	49
8	2	Random	1.15	47
9	2	Random	1.02	54
10	2	Random	0.94	56
11	2	Random	1.03	52
12	1	Uniform	1.13	47
13	graded	Random		37

$$W = \frac{y^3}{kd} \times \frac{H^3}{(sr - 1)^3} \times \cot \theta$$

Untuk menghitung nilai W , kita harus terlebih dahulu menghitung nilai S_r , dengan rumus :

$$s_r = \frac{\gamma_r}{\gamma_w}$$

Keterangan :

γ_r = Berat jenis untuk batu alam = 2,65 t/m³

γ_w = Berat jenis untuk air laut = 1,03 t/m³

$H = 2,44 \rightarrow H^3 = 14,59$

$\Theta = 1 : 2 = 0,5 \rightarrow \cot \theta = 2$

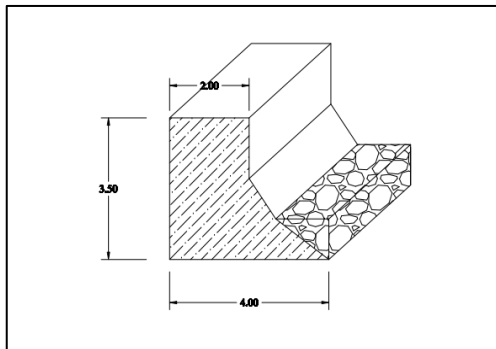
$$S_r = \frac{2,65}{1,03} = 2,573$$

$$W = \frac{2,65 \times 14,59}{2,0 \times (2,573-1)^3 \times 2} = 2,49 \text{ ton} = 2485,08 \text{ kg}$$

- b. Tebal Lapis Pelindung 1(T_1) = 2,25 m
- c. Tebal Lapis Pelindung 2(T_2) = 1,04 m
- d. Lapis Core Layer = 12 Kg
- e. Lebar Puncak *Seawall* = 2,3 m
- f. Jumlah Batu Pelindung = 121 Bh

4. Toe Protection

- a. Tinggi Toe = 1,65 m
- b. Lebar Toe = 4,45 m
- c. Berat Butir Toe = 5,22 Kg
- d. Berat Butir Toe Protection (w) = 110 Kg



Gambar 19. Profil Bangunan Pelindung Pantai *Seawall*

5. PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang di lakukan di desa Amdua kecamatan amahai kabupaten maluku tengah dan hasil analisa data yang di dapat dari proses perhitungan menggunakan rumus-rumus yang tersedia, disimpulkan beberapa hal penting yang berkaitan dengan penulisan adalah sebagai berikut :

1. Transport sedimentasi yang terjadi di pantai Amdua pada arah angin dominan selatan, dan barat daya dalam jangka waktu 1 tahun transport sedimen masuk (akresi) sebesar 15.77 m³ dan transport sedimen keluar (erosi) sebesar 203.64

m³, dalam jangka waktu 5 tahun terjadi akresi sebesar 78.53 m³ dan erosi sebesar 26.79m³, dan dalam jangka waktu 10 tahun terjadi akresi sebesar 156.22 m³ dan erosi sebesar 53.68m³

2. Berdasarkan karakteristik pantai di lokasi ini maka Jenis bangunan pelindung pantai yang layak di gunakan pada lokasi penelitian ini adalah *seawall*.
3. Dimensi *seawall* pada pantai Amdua adalah tinggi (H) = 3,46 m lebar (B) = 4 m, lebar puncak *seawall* (b) = 3,38 m

5.2. Saran

Berdasarkan kesimpulan di atas maka berikut ini ada beberapa saran yang dituhkan untuk penyempurnaan penelitian ini :

1. Dikarenakan penulisan ini hanya terbatas pada perencanaan profil bangunan pelindung, diharapkan penelitian ini dapat dilanjutkan dan dikembangkan dengan data yang baru sesuai dengan kondisi terkini di lokasi penelitian.
2. Kemudian perlu juga ditambahkan menghitung stabilitas bangunan pantai yang mana dalam penulisan ini ialah *Seawall*.
3. Pemerintah Kabupaten Maluku Tengah untuk memperhatikan dan dapat merealisasikan dinding pelindung pantai agar dapat mengatasi gelombang dan memperkuat garis pantai pada lokasi tersebut.
4. Masyarakat Desa Amdua agar dapat menjaga, merawat dan melestarikan daerah pesisir pantai.

DAFTAR PUSTAKA

- Bastian, D., Retraubun, N., Joseph, C. (2018). *Analisis Kemunduran Garis Pantai Wisata Kuako Kecamatan Amahai Kabupaten Maluku Tengah*. Manumata: Jurnal Ilmu Teknik, 4(1), 22–31.
- Dauhan, S. K., Tawas, H., Tangkudung, H., Mamoto, J. D. (2013). *Analisis Karakteristik Gelombang Pecah Terhadap Perubahan Garis Pantai Di Atep Oki*. Jurnal Sipil Statik, 1(12).
- Fauzi, A. N. (2021). *TA: Peramalan Gelombang Dengan Metode Spm Dan Darbyshire Yang Divalidasi Dengan Data Altimetri Di Pantai Monse, Pulau Wowonii Sulawesi Tenggara*. Institut Teknologi Nasional.
- Hidayat, N. (2006). *Konstruksi Bangunan Laut Dan Pantai Sebagai Alternatif Perlindungan Daerah Pantai*. Smartek, 4(1).
- Hidayat, N. (2012). *Kajian Hidro-Oceanografi Untuk Deteksi Proses-Proses Fisik Di Pantai*. Smartek, 3(2).
- Perencanaan, S., Pada, R., Rindu, P., Di, A., Tanah, K., Kalimantan, B. (2013). *Studi Perencanaan Revetment Pada Pantai Rindu Alam Di*

- Kabupaten Tanah Bumbu Kalimantan Selatan. 1(1), 94–104.*
- Priatna, A. (2021). *TA: Model Distribusi Kecepatan Angin Untuk Peramalan Gelombang Menggunakan Metode Darbyshire Dan SPM Di Perairan Sorong, Papua Barat. Institut Teknologi Nasional.*
- Purwono, N. A. S., & Sismiani, A. (2018). *Peramalan Kejadian Gelombang Pantai Watunohu Dengan Pendekatan Empiris Analisa Data Angin. Teodolita (Media Komunikasi Ilmiah Di Bidang Teknik), 19(2).*
- Ramdan, A. (2019). *TA: Kajian Kinerja Dan Aknop Bangunan Pelindung Pantai Di Pantai Tirtamaya. Institut Teknologi Nasional.*
- Saifuddin, D. A., Thaha, M. A., & Maricar, F. (n.d.). *Pelindung Tipe Rangkaian Ponton Untuk Mereduksi Energi Gelombang Pada Dermaga Terapung.*