

Analisa Perubahan Garis Pantai Dan Alternatif Penanganannya Di Pantai Batu Kora Kabupaten Kepulauan Aru

Ch. Joseph¹, M. F. Telussa², Christina Karelau³

^{1,2}*Staf Pengajar Universitas Kristen Indonesia Maluku, Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Sipil*

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

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

Gmail : christina19@gmail.com

Abstract

Batu Kora Beach, located in Aru Islands Regency, is one of the beaches with the most obvious damage due to changes in the coastline. There are conditions where the land near the coast turns into cliffs due to erosion. In fact, conditions like this have a negative impact on public facilities owned by the community.

This study aims to analyze the height, length, and depth of the breaking waves, the magnitude of the shoreline changes that have occurred, and what alternatives are appropriate for the beach. This research begins with a survey at the research location, a literature study, then measuring the coastline, collecting tidal data, and collecting wind data.

From these data, an analysis was carried out to answer the purpose of this study. Based on the results of the data analysis, the height of the breaking wave in the northwest direction (H_b) = 5,621 m, the west direction (H_b) = 4,212 m, the wavelength in the northwest direction (L_b) = 29,725 m, the wavelength in the west direction (L_b) = 21,263 m, and the depth of the breaking waves towards the northwest (d_b) = 4,272 m, for the west (d_b) = 3,201 m. The shoreline changes that occurred at Batu Kora Beach in 10 years caused erosion of 2.40 m at the 10th slope. An alternative treatment that can be used is the Breakwater Building.

Keywords: Waves, Beach, Alternative

1. PENDAHULUAN

Indonesia adalah negara yang memiliki beribu-ribu pulau yang di pisahkan oleh selat dan laut. Di sepanjang garis pantai terdapat wilayah pesisir yang memiliki potensi sumber daya alam hayati dan non-hayati. Hampir sebagian besar penduduk Indonesia tinggal di wilayah pantai sehingga pantai di Indonesia berkembang dengan pesat untuk berbagai keperluan diantaranya sebagai kawasan wisata, daerah pelabuhan, pemukiman, dengan demikian wilayah pantai merupakan wilayah yang sangat berpotensi dan dapat memberikan keuntungan ataupun kerugian tersendiri.

Wilayah pantai selalu mengalami perubahan, perubahan ini dipengaruhi oleh kemunduran garis pantai (Suharyo et al. 2019). Garis Pantai merupakan batas pertemuan antara bagian laut dan daratan pada saat terjadi pasang tertinggi. 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. Garis pantai ini bisa berubah karena beberapa hal seperti abrasi dan sedimentasi yang terjadi dipantai, pengikisan ini akan menyebabkan berkurangnya areal daratan sehingga menyebabkan berubahnya garis pantai.

Kabupaten Kepulauan Aru adalah salah satu kabupaten yang terletak di Provinsi Maluku dengan Ibukotanya adalah Kota Dobo. Terdapat banyak

Pantai di Kota Dobo namun Pantai yang menjadi lokasi penelitian yaitu pantai Batu Kora, Pantai ini terletak di sebelah barat kota Dobo dengan panjang pantai adalah 706,49 m dan hanya memerlukan waktu ± 20 menit dari pusat kota untuk sampai ke pantai ini. Pantai Batu Kora merupakan pantai yang berjarak ± 10 M dari pemukiman warga karena itu pemerintah membangun talud untuk menahan gelombang karena gelombang besar sering terjadi di pantai ini dan dapat menimbulkan beberapa masalah seperti kerusakan jalan raya akibat gelombang karena jalan raya yang hanya berjarak ± 5 m dari pantai dan juga perubahan garis pantai.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui tinggi, panjang, kedalaman gelombang pecah, perubahan garis pantai yang terjadi serta alternatif pelindung pantai yang cocok untuk digunakan pada pantai Batu Kora. Berdasarkan latar belakang ini maka akan dilakukan “Analisa Perubahan Garis Pantai Dan Alternatif Penanganannya Di Pantai Batu Kora Kabupaten Kepulauan Aru”

2. KAJIAN PUSTAKA

2.1. Teori Pantai

Pantai secara umum di artikan sebagai batas antara wilayah yang bersifat daratan dengan wilayah yang bersifat lautan. Pantai adalah jalur yang merupakan batas antara darat dan laut, diukur pada saat pasang tertinggi dan surut terendah, dipengaruhi

oleh fisik laut dan sosial ekonomi bahari, sedangkan ke arah darat dibatasi oleh proses alami dan kegiatan manusia di lingkungan darat (Yuwono 1992).

2.2. Sedimen

Sedimen adalah material atau pecahan dari batuan, mineral, dan material organik yang melayang-layang di dalam air, udara maupun yang dikumpulkan di dasar sungai atau oleh perantara alami lainnya. Sedimen pantai dapat berasal dari erosi pantai, dari daratan yang terbawa oleh sungai, dari laut dalam yang terbawa oleh arus ke daerah pantai. Dalam ilmu teknik pantai dikenal pergerakan sedimen pantai atau transport sedimen pantai. Menjelaskan transport sedimen merupakan faktor yang penting dalam dinamika daerah pantai. Transport sedimen dapat membuat pantai menjadi berkembang (*ekresi*) maupun berkurang (*erosi*). (Danial, 2008).

$$P_1 = \frac{\rho g}{8} H_b^2 C_b \sin \alpha_b \cos \alpha_b \quad \dots\dots(1)$$

Keterangan :

P_1 = Rapat massa air laut (kg/m^3)

H_b = Tinggi gelombang pecah (m)

C_b = Kecepatan rambat gelombang (m/d)

$$= \sqrt{gd_b}$$

α_b = Sudut datang gelombang pecah

CERC (1984), memberikan hubungan berikut:

$$Q_s = 1290P_1 \quad \dots\dots(2)$$

Keterangan :

Q_s = Angka sedimen sepanjang pantai (m^3/hari)

2.3. 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, akan semakin besar gelombang yang berbentuk (Fauzi, 2021).

2.3.1. 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 di dekat lokasi peramalan yang kemudian dikonversi 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 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).

2.3.2. Konversi Kecepatan Angin

Pengukuran angin biasanya dilakukan di daratan, padahal dalam rumus-rumus pembangkitan gelombang data angin yang digunakan adalah data 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 (Hidayat, 2012).

$$R_L = U_w/U_L \quad \dots\dots(3)$$

Keterangan :

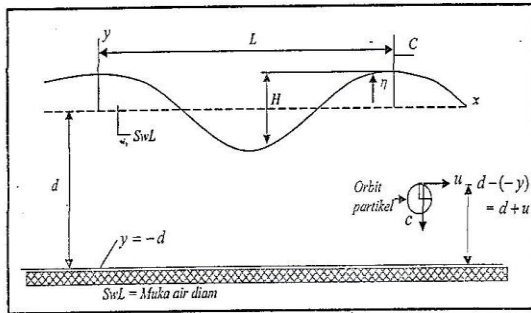
U_w = Kecepatan angin di atas permukaan laut (m/s)

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

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

2.4. 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 amplitudo 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 (Triatmodjo, 2016).



Gambar 1. Defenisi Gelombang
(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

2.5. Transformasi Gelombang

Gelombang yang merambat menuju tepi pantai akan mengalami beberapa proses perubahan ketinggian gelombang sebagai akibat dari proses pendangkalan (*wave shoaling*), refraksi, difraksi atau proses refleksi sebelum akhirnya gelombang tersebut pecah (*wave breaking*) (Pratikto et al, 1997; Triatmodjo, 1999).

2.5.1. Refraksi Gelombang

Refraksi terjadi karena adanya pengaruh perubahan kedalaman laut. Di daerah dimana kedalaman air besar dari setengah panjang gelombang, $d/L_0 > 0,5$ yaitu di laut 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, 2016).

Dengan menggunakan *orthogonal method* yang berdasarkan Hukum Snelius dirumuskan bahwa gelombang yang memasuki perairan dangkal (h_1 menjadi h_2) akan berku(10) an 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:

$$\frac{\sin \alpha_1}{\sin \alpha_2} = \frac{C_1}{C_2} = \frac{L_1}{L_2}$$

Keterangan:

- 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

2.6. Energi Dan Tinggi Gelombang

2.6.1. Energi Gelombang

Energi gelombang adalah jumlah dari energy kinetik dan energi potensial gelombang. Energi kinetik adalah energi yang disebabkan oleh kecepatan partikel air karena adanya gerak gelombang. Energi potensial adalah energi yang dihasilkan oleh perpindahan muka air karena adanya gelombang. Untuk 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 kinetic adalah sama, jadi energi total tiap satuan lebar adalah :

$$E = E_k + E_p = \rho g H_s^2 L/8 \quad \dots\dots(5)$$

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

$$E = E/L = \rho g H_s^2 L/8 \quad \dots\dots(6)$$

2.6.2. 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}) kedalam persamaan :

$$U_A = 0,71 U^{1,23} \quad \dots\dots(7)$$

$$H_s = 5,112 \times 10^{-4} (U_A \cdot F)^{1/2} (m) \quad \dots\dots(8)$$

$$T_s = 6,23 \times 10^{-2} (U_A \cdot F)^{1/2} (dtk) \quad \dots\dots(9)$$

2.7. Fetch

Di dalam 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 arag angin. Panjang *fetch* adalah panjang laut yang dibatasi oleh pulau – pulau pada kedua ujungnya. *Fetch* rerata efektif dihitung dengan persamaan berikut (Hidayat, 2012):

$$F_{eef} = \frac{\sum X_i \cos \alpha}{\sum \cos \alpha}$$

Keterangan :

F_{eef} = *Fetch* rerata efektif.

X_i = Panjang segmen *fetch* yang di ukur dari titik observasi gelombang ke ujung akhir *fetch*.

$$\dots\dots(4)$$

α = Deviasi pada kedua sisi dari arah angin, dengan menggunakan pertambahan 6° sampai sudut sebesar 42° pada kedua sisi dari arah angin.

2.8. Peramalan Gelombang Laut

Berdasarkan kecepatan angin, lama hembusan angin dan *fetch* akan dilakukan peramalan dengan menggunakan grafik. Dari grafik tersebut apabila panjang *fetch* (F), faktor 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.

2.8.1. 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 :

$$\frac{H_b}{H'_0} = \frac{1}{3,3 \left(\frac{H'_0}{gT^2} \right)^{1/3}} \quad \text{.....(11)}$$

Kedalaman air dimana gelombang pecah diberikan oleh rumus berikut:

$$\frac{d_b}{H_b} = \frac{1}{b - \left(\frac{aH}{gT^2} \right)^{1/3}} \quad \text{.....(12)}$$

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

$$a = 43,75(1 - e^{-19m}) \quad \text{.....(13)}$$

$$b = \frac{1,56}{(1 + e^{-19,5m})} \quad \text{.....(14)}$$

Keterangan :

H_b = Tinggi gelombang pecah

H'_0 = Tinggi gelombang laut dalam ekivalen ($H'_0 = K_r \times H_0$)

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

2.9. 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, 2016). 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):

- Muka air tertinggi (*High Hest 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, dicapai pada pengukuran minimal 15 hari.
- Muka air laut rata-rata (*Mean Water Level/MWL*) dalam 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.

Secara umum pasang surut diberbagai daerah di Indonesia dapat di bagi menjadi 4 (empat) jenis yaitu sebagai berikut :

- Pasang surut harian tunggal
- Pasang surut harian ganda
- Pasang surut campuran condong ke harian tunggal
- Pasang surut campuran condong ke harian ganda

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

$$F = \frac{K_1 + O_1}{M_2 + S_2} \quad \text{.....(15)}$$

Keterangan:

K_1 dan K_2 = 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 campur (ganda dominan)

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

2.10. Perubahan Garis Pantai

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 (Luhwahyudin, 2012) :

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

2.11. Arus

Transpor masa dan momentum dalam penjalaran 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).

2.12. Bangunan Pelindung Pantai

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

- Memperkuat/melindungi pantai agar mampu menahan serangan gelombang.
- Mengubah laju transpor sedimen sepanjang pantai.
- Mengurangi energi gelombang yang sampai ke pantai
- 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 :

- Konstruksi yang dibangun dipantai dan sejajar dengan garis pantai.
- Konstruksi yang dibangun kira-kira tegak lurus pantai dan sambung ke pantai.
- 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 :

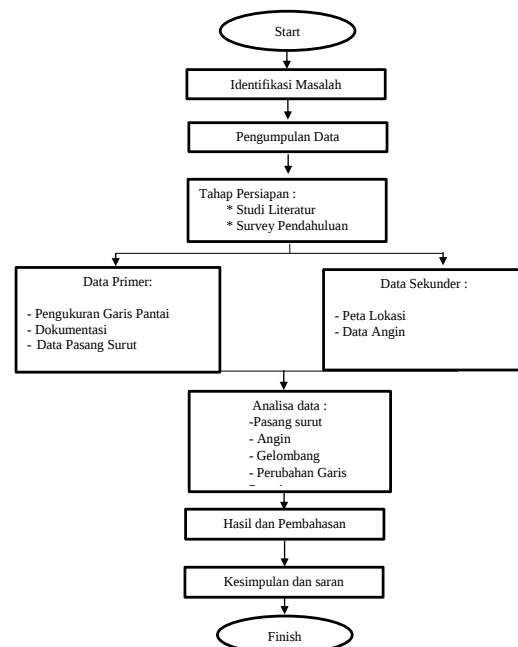
- Dinding pantai atau *revetmen* adalah bangunan yang memisahkan daratan dan perairan pantai, yang terutama berfungsi sebagai pelindung pantai terhadap erosi dan limpasan gelombang ke darat.
- Groin adalah bangunan pelindung pantai yang biasanya dibuat tegak lurus garis pantai, dan

berfungsi untuk menahan transpor sedimen sepanjang pantai, sehingga bisa mengurangi/menghentikan erosi yang terjadi.

- Pemecah gelombang lepas pantai atau *breakwater* 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.

3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Alir Penelitian



Gambar 2. Bagan Alir Penelitian

3.2. Waktu Dan Lokasi Penelitian

Penelitian ini dimulai pada bulan Oktober sampai November tahun 2022 berlokasi di Pantai Batu Kora Kabupaten Kepulauan Aru.



Gambar 3. Lokasi Penelitian
(Sumber : Google Earth, 2022)

3.3. Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data yang digunakan atau metode yang di pakai adalah observasi atau pengamatan langsung di lapangan dan studi literatur untuk memperoleh data-data terkait penelitian. Data – data tersebut terdiri dari :

- Data primer yang meliputi pengukuran garis pantai dan pasang surut Pantai Batu Kora
- Data sekunder meliputi data angin yang diperlukan untuk mengetahui arah angin dan arah gelombang diperoleh dari BMKG Stasiun Meteorologi Karel Sadsuitubun.

3.4. Teknik Analisa Data

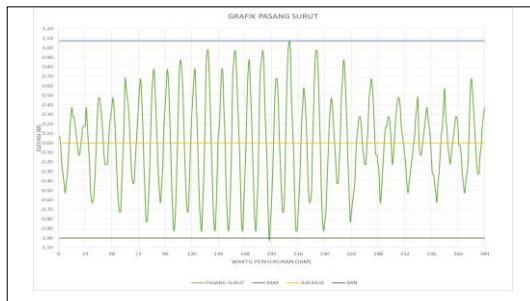
Teknik analisa data yang dilakukan yaitu melakukan perhitungan berdasarkan data primer dan sekunder dengan proses analisa sebagai berikut :

- Perhitungan pasang surut
- Pengolahan data angin yang diperoleh dari BMKG
- Perhitungan gelombang
- Perhitungan perubahan garis pantai
- Penentuan jenis bangunan pantai yang dipelukan.

4. ANALISA DAN PEMBAHASAN

4.1. Analisa Pasang Surut

Data pasang surut diambil dalam rentang waktu 15 hari selama 1 x 24 jam terhitung dari tanggal 20 Oktober sampai 04 November 2022. Data hasil pengukuran di olah dan disajikan dalam Gambar 4 berikut ini :



Gambar 4. Grafik Pasang Surut Pantai Batu Kora
(Sumber : Hasil Pengukuran, 2022)

Berdasarkan Gambar 4, diperoleh hasil sebagai berikut :

- Low Water Level : 0.3
- Middle Water Level : 1.3
- High Water Level : 2.4

4.2. Analisa Angin

Data angin sangatlah penting dan digunakan dalam peramalan tinggi dan periode gelombang. Setelah dikonversi kedalam bentuk delapan penjur mata angin, data ini harus diolah menjadi mawar angin. Guna mawar angin untuk melihat presentase arah mata angin yang paling dominan. Dari data angin

yang telah diolah menjadi mawar angin dapat di lihat bahwa jumlah kejadian yang paling banyak adalah arah selatan dan diikuti oleh arah barat daya. Berikut ini adalah tabel jumlah kejadian dan presentase data angin dalam 10 tahun terakhir (2013-2022)

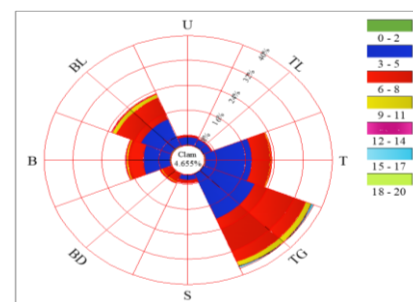
Tabel 1. Jumlah Kejadian Angin Tahun 2013 – 2022
(Sumber : Analisa Perhitungan, 2023)

AA	KECEPATAN ANGIN (KNOT)							Jumlah
	0-2	3-5	6-8	9-11	12-14	15-17	18-20	
TIMUR	11	469	186	10	1	0	0	677
BARAT	10	274	153	18	10	0	0	465
UTARA	6	94	19	2	2	0	0	123
SELATAN	6	64	36	2	0	1	0	109
TIMUR LAUT	5	84	8	0	0	1	0	98
BARAT LAUT	11	334	264	47	8	3	1	668
TENGGARA	5	571	561	62	3	2	2	1206
BARAT DAYA	4	103	20	3	1	1	0	132
TIDAK TERCATAT								174
TTL								3652

Tabel 2. Presentase Jumlah Kejadian Angin Tahun 2013 – 2022 (Sumber : Analisa Perhitungan, 2023)

AA	KECEPATAN ANGIN (KNOT)							Jumlah
	0-2	3-5	6-8	9-11	12-14	15-17	18-20	
TIMUR	0.301	12.842	5.093	0.274	0.027	0.000	0.000	18.538
BARAT	0.274	7.503	4.189	0.493	0.274	0.000	0.000	12.733
UTARA	0.164	2.574	0.520	0.055	0.055	0.000	0.000	3.368
SELATAN	0.164	1.752	0.986	0.055	0.000	0.027	0.000	2.985
TIMUR LAUT	0.137	2.300	0.219	0.000	0.000	0.027	0.000	2.683
BARAT LAUT	0.301	9.146	7.229	1.287	0.219	0.082	0.027	18.291
TENGGARA	0.137	15.635	15.361	1.698	0.082	0.055	0.055	33.023
BARAT DAYA	0.110	2.820	0.548	0.082	0.027	0.027	0.000	3.614
TIDAK TERCATAT				4.765				4.765
TTL								100.000

Berdasarkan Tabel 1 dan Tabel 2 dapat dianalisa presentase mawar angin pada Gambar 5 di bawah ini :



Gambar 5. Mawar Angin

4.3. Analisa Panjang Fetch

Panjang *fetch* merupakan jarak pengaruh hembusan angin yang dapat menimbulkan gelombang yang diukur mulai dari titik lokasi yang akan ditinjau sampai dengan daratan yang mengelilingi daerah pembangkit gelombang berdasarkan arah angin. Semakin panjang *fetch* ketinggian gelombangnya

semakin besar. Penentuan panjang *fetch* dilakukan sebagai berikut:

Tabel 3. Perhitungan Panjang *Fetch* Barat Laut (Analisa Perhitungan, 2013-2022)

Arah Utama	Sudut (α)	Cos α	Panjang Fecth (m)	Xi Cos α	Feff (m)
BARAT LAUT	21	0.933	184060.17	171728.14	420456.71
	18	0.951	193058.71	183598.83	
	15	0.965	215303.90	207768.26	
	12	0.978	224480.50	219541.93	
	9	0.987	226291.25	223349.46	
	6	0.994	446061.98	443385.61	
	3	0.998	643421.59	642134.75	
	0	1.000	586466.25	586466.25	
	-3	0.998	586122.89	584950.64	
	-6	0.994	820560.04	815636.68	
	-9	0.987	948714.08	936380.797	
	-12	0.978	366412.31	358351.24	
	-15	0.965	366855.00	354015.075	
	-18	0.951	317929.20	302350.67	
	-21	0.933	122245.57	114055.12	
Jumlah		14.612	Jumlah	6143713.45	

Tabel 4. Perhitungan Panjang *Fetch* Barat (Analisa Perhitungan, 2013-2022)

Arah Utama	Sudut (α)	Cos α	Panjang Fecth (m)	Xi Cos α	Feff (m)
BARAT	21	0.933	122035.58	113859.20	235892.82
	18	0.951	121062.32	115130.27	
	15	0.965	120605.40	116384.21	
	12	0.978	120897.56	118237.81	
	9	0.987	121730.93	120148.43	
	6	0.994	126775.08	126014.43	
	3	0.998	132275.24	132010.69	
	0	1.000	136761.53	136761.53	
	-3	0.998	138642.64	138365.35	
	-6	0.994	140751.09	139906.58	
	-9	0.987	148764.50	146830.5615	
	-12	0.978	526507.93	514924.76	
	-15	0.965	633050.49	610893.72	
	-18	0.951	639448.97	608115.97	
	-21	0.933	331492.40	309282.41	
Jumlah		14.612	Jumlah	3446865.92	

Berdasarkan Tabel 3 diperoleh panjang *fetch* efektif untuk arah gelombang barat laut adalah sebagai berikut :

$$F_{\text{eff}} = \frac{\sum x_i \cos a_i}{\sum \cos a_i} = \frac{6143713.45}{14,612} = 420456.71 \text{ m}$$

Berdasarkan Tabel 4 diperoleh panjang *fetch* efektif untuk arah gelombang barat adalah sebagai berikut:

$$F_{\text{eff}} = \frac{\sum x_i \cos a_i}{\sum \cos a_i} = \frac{3446865.92}{14,612} = 235892.82 \text{ m}$$

4.4. Penentuan Tinggi Gelombang

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}) ke dalam rumus yang ditentukan.

Penentuan tinggi dan periode gelombang signifikan, dapat dilihat dalam Tabel 4 dan Tabel 5 berikut ini :

Tabel 4. Perhitungan Tinggi dan Periode Gelombang Signifikan Arah Barat Laut (Analisa Perhitungan, 2023)

No	U (knot)	U (m/det)	U_w	U_A	Feff (m)	H_s (m)	T_s (det)
1	2	1.03	2.01	1.67	420456.71	0.55	5.30
2	4	2.06	3.67	3.51		1.16	6.77
3	6	3.09	5.19	5.38		1.78	7.79
4	8	4.12	6.46	7.04		2.33	8.51
5	10	5.15	7.64	8.66		2.87	9.11
6	12	6.18	8.64	10.07		3.34	9.58
7	14	7.21	10.08	12.18		4.04	10.20
8	16	8.24	11.52	14.35		4.76	10.77

Tabel 5. Perhitungan Tinggi dan Periode Gelombang Signifikan Arah Barat (Analisa Perhitungan, 2023)

No	U (knot)	U (m/det)	U_w	U_A	Feff (m)	H_s (m)	T_s (det)
1	2	1.03	2.01	1.67	235892.82	0.42	4.38
2	4	2.06	3.67	3.51		0.87	5.59
3	6	3.09	5.19	5.38		1.34	6.44
4	8	4.12	6.46	7.04		1.75	7.03
5	10	5.15	7.64	8.66		2.15	7.53
6	12	6.18	8.64	10.07		2.50	7.92
7	14	7.21	10.08	12.18		3.02	8.43
8	16	8.24	11.52	14.35		3.56	8.90

Berikut penjelasan Tabel 4 dan Tabel 5 berdasarkan contoh perhitungan $U = 2$ Knot.

- Kolom ke-2 menunjukkan kecepatan angin dikalikan konversi $1 \text{ Knot} = 0,514 \text{ m/d}$, $2 \times 0,514 = 1.03 \text{ m/dtk}$
- Kolom ke-3 menunjukkan hubungan antara angin laut dan angin darat
- Kolom ke-4 menunjukkan *wind stress factor*
 $U_A = 0,71 U_w^{1,23} = 1,67 \text{ m/d}$
- Kolom ke-5 menunjukkan *fetch* efektif
- Kolom ke-6 menunjukkan tinggi gelombang

$$H_s = 5,112 \times 10^{-4} (U_A F_{\text{eff}})^{\frac{1}{2}} = 0,14 \text{ m}$$

- Kolom ke-7 menunjukkan periode gelombang signifikan

$$T_s = 6,23 \times 10^{-2} (U_A \cdot F_{\text{eff}})^{\frac{1}{3}} = 5,53 \text{ m}$$

4.5. Perhitungan Energi Gelombang

Berikut ini adalah perhitungan energi gelombang di Pantai Batu Kora.

- Arah Barat Laut :

$$E = \frac{\rho g H_s^2}{L} = \frac{1025 \times 9,81 \times 4.76^2}{53.04} = 4295,39 \text{ N}$$

- Arah Barat :

$$E = \frac{\rho g H_s^2}{L} = \frac{1025 \times 9,81 \times 3.56^2}{42.07} = 3029,14 \text{ N}$$

4.6. Analisa Gelombang Pecah dan Refraksi (Metode *Shoaling*)

Perhitungan analisa refraksi, *shoaling*, dan gelombang pecah dihitung berdasarkan hasil analisa tinggi gelombang signifikan (H_s) dan periode gelombang (T_s) pada perhitungan sebelumnya dengan mengasumsikan kedalaman laut (d) 2.44 m.

Tabel 6. Hasil Perhitungan Analisa Refraksi Gelombang (Analisa Perhitungan, 2022)

Hasil Analisa Refraksi	Arah Barat Laut	Arah Barat
Tinggi gel.Refraksi (HFO)	4.723 m	3.539 m
Tinggi gel.Pecah (Hb)	5.621 m	4.211 m
Panjang.gel (Lb)	29.724 m	21.261 m
Celerity gel.Pecah(cb)	2.761 m	2.390 m
Kedalaman gel. Pecah (db)	4.272 m	3.200 m

4.7. Analisa Arus 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* (Komar, 1985) menurunkan rumus untuk menghitung arus sepanjang pantai berikut ini. Arus sepanjang pantai Batu Kora terus terbawa sepanjang pantai dan dapat dihitung dengan rumus dibawah ini :

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

Keterangan :

- V = Kecepatan arus sejajar pantai
 G = Percepatan gravitasi = 9,81 m/det²
 H_b = Tinggi gelombang pecah
 α_b = Sudut datang gelombang pecah

Tabel 7. Hasil Perhitungan Arus Sepanjang Pantai (Sumber : Hasil Perhitungan, 2022)

Arah Angin	α _b	H _b	V
			(cm/d)
Barat Laut	10°	5.621	3.9659
Barat	10°	4.212	3.4330

4.8. Analisa Perubahan Garis Pantai

Program Microsoft Excel 2013 untuk menganalisa perhitungan perubahan garis Pantai Batu Kora. Beberapa asumsi dasar untuk melakukan pemodelan perubahan garis pantai yaitu sebagai berikut :

- Arah gelombang yang digunakan adalah arah gelombang dominan yaitu arah barat laut dan barat.
- Kontur kedalaman dianggap paralel membentuk sudut 10° terhadap arah barat dan barat laut, data gelombang pecah membentuk sudut.
- Panjang garis Pantai Batu Kora adalah 200 m yang dibagi menjadi 10 pias (sel), dengan panjang pias (Δx) adalah 20 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.

4.8.1. Analisa Perubahan Garis Pantai 1 Tahun

Transport sedimen (Qi) sepanjang pantai yang terjadi pada Pantai Batu Kora dalam jangka waktu 1 tahun dengan arah angin dominan barat laut dan barat terjadi erosi pada pias ke 5 dan 8 dan ekresi terjadi pada pias ke 10 yaitu transport sedimen masuk sebesar 0.40m dan 0.44m dan transport sedimen keluar sebesar 0.17m. Perubahan garis pantai Batu Kora jangka waktu 1 tahun dapat di lihat pada Gambar 6 berikut ini.



Gambar 6. Grafik Perubahan Garis Pantai Arah Barat Laut dan Barat Jangka Waktu 1 Tahun (Sumber : Hasil Perhitungan, 2022)

4.8.2. Analisa Perubahan Garis Pantai 5 Tahun

Transport sedimen (Qi) sepanjang pantai yang terjadi pada Pantai Batu Kora dalam jangka waktu selama 5 tahun dengan arah angin dominan barat laut dan barat dimana terjadi erosi pada pias ke 5 dan 8 dan ekresi terjadi pada pias 10. Transport sedimen dalam jangka waktu 5 tahun terdiri atas transport sedimen masuk sebesar 1.60 m dan 1.61m dan transport sedimen keluar sebesar 1.67m dapat di lihat pada Gambar 7 berikut ini :

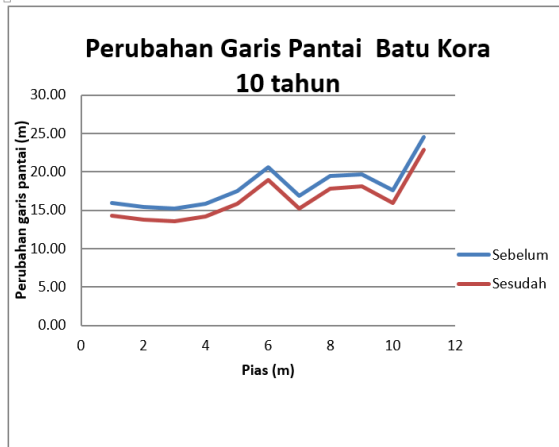


Gambar 7. Grafik Perubahan Garis Pantai Arah Barat Laut dan Barat Jangka Waktu 5 Tahun (Sumber : Hasil Perhitungan, 2022)

4.8.3. Analisa Perubahan Garis Pantai 10 Tahun

Transport sedimen (Qi) sepanjang pantai yang terjadi pada pantai Batu Kora dalam jangka waktu selama 10 tahun dengan arah angin dominan barat laut dan barat terjadi erosi pada pias ke 5 dan 8 dan ekresi

terjadi pada pias ke 10. Transport sedimen dalam jangka waktu 10 tahun terdiri atas transport sedimen masuk sebesar 0.12m dan 0.53m dan transport sedimen keluar sebesar 2.40m dapat di lihat pada Gambar 8 berikut ini :



Gambar 8. Grafik Perubahan Garis Pantai Arah Barat Laut dan Barat Jangka Waktu 10 Tahun
(Sumber : Hasil Perhitungan, 2022)

4.9. Alternatif Penanggulangan

Perubahan garis pantai yang terjadi di Pantai Batu Kora dapat memberikan dampak yang besar pada daerah pantai, antara lain dapat merusak kawasan pemukiman dan fasilitas umum seperti jalan raya dikarenakan jarak jalan raya yang sangat dekat dengan pantai. Maka dari itu sebagai solusi untuk menanggulangi masalah tersebut diperlukan bangunan pelindung pantai. Dilihat dari kondisi Pantai Batu Kora maka untuk menanggulangi masalah ini, bangunan pantai yang dipilih diharapkan dapat melindungi pantai dari terjangan gelombang, dan melindungi daratan yang berada didekat pantai.

Berdasarkan hasil analisa pasang surut, pantai mengalami muka air pasang yang paling tinggi yaitu 2.4 meter, maka air rata-rata 1.3 meter, dan muka air surut 0.3 meter. Selain itu salah satu prosedur untuk penentuan bangunan pelindung pantai adalah keadaan gelombang (tinggi gelombang, arah gelombang, periode gelombang) dan besar angin yang bertiup (arah datangnya angin ke pantai). Dari hasil analisa arah angin yang paling dominan untuk Pantai Batu Kora adalah arah barat laut dan arah barat. Dengan tinggi gelombang pecah yang paling besar adalah 5.61 meter dan kecepatan gelombang 5.967 m/s untuk arah selatan. . Maka dapat disimpulkan bahwa pantai Batu Kora mengalami gelombang yang cukup besar dan akan menjadi masalah yang serius jika tidak diberikan penanggulangan.

Berdasarkan hasil analisa ini diperlukan bangunan pelindung pantai yang dapat melindungi pantai khususnya daratan yang berada di dekat pantai.

Dari berbagai jenis bangunan pelindung pantai jika dipertimbangkan dari berbagai sisi dan masalah yang ada pada Pantai Batu Kora maka bangunan pelindung pantai yang tepat adalah *Breakwater*.

Breakwater adalah bangunan yang di buat sejajar pantai dan berada pada jarak tertentu dari garis pantai berfungsi untuk memecahkan ombak atau gelombang dengan menyerap sebagian energi gelombang.

5. PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisa perhitungan dan pembahasan, maka kesimpulan yang dapat diambil adalah sebagai berikut :

- Besar gelombang pecah yang terjadi pada Pantai Batu Kora akibat gelombang adalah tinggi gelombang pecah arah barat laut (H_b) = 5.621 m, arah barat (H_b) = 4.212 m, panjang gelombang barat laut (L_b) = 29.725 m, panjang gelombang arah barat (L_b) = 21.263 m dan kedalaman gelombang pecah arah barat laut (db) = 4.272 m, untuk arah barat (db) = 3.201 m.
- Perubahan garis pantai yang terjadi pada Pantai Batu Kora dalam 10 tahun menyebabkan erosi sebesar 2.40 m pada pias ke 10.
- Bangunan pantai yang digunakan untuk mengatasi masalah kerusakan garis pantai di Pantai Batu Kora Kabupaten Kepulauan Aru adalah bangunan *Breakwater*.

5.2. Saran

Saran yang dapat dilakukan untuk menjadikan penelitian selanjutnya menjadi lebih baik yaitu sebagai berikut :

- Kepada Pemerintah Desa Wangel, Pemerintah Kabupaten Kepulauan Aru maupun instansi dan dinas - dinas terkait untuk lebih memperhatikan kondisi Pantai Batu Kora ini agar tidak meyebabkan dampak yang lebih besar dan merugikan masyarakat.
- Hasil analisa kiranya dapat digunakan sebagai acuan untuk penelitian selanjutnya dalam hal mengkaji lebih dalam terkait perencanaan alternatif bangunan pelindung Pantai Batu Kora Kabupaten Kepulauan Aru.

DAFTAR PUSTAKA

- Angkotasana, A. M., Nurjaya, I. W., & Natih, N. M. N. (2017). ANALISIS PERUBAHAN GARIS PANTAI DI PANTAI BARAT DAYA PULAU TERNATE, PROVINSI MALUKU UTARA. Jurnal Teknologi Perikanan Dan Kelautan, 3(2).
<https://doi.org/10.24319/jtpk.3.11-22>

- Darmiati, Nurjaya, I. W., & Atmadipoera, A. S. (2020). ANALISIS PERUBAHAN GARIS PANTAI DI WILAYAH PANTAI BARAT KABUPATEN TANAH LAUT KALIMANTAN SELATAN. *Jurnal Ilmu Dan Teknologi Kelautan Tropis*, 12(1). <https://doi.org/10.29244/jitkt.v12i1.22815>
- Haristyana, A., Suntoyo, & Sambodo, K. (2012). Analisa Perubahan Garis Pantai Akibat Kenaikan Muka Air Laut di Kawasan Pesisir Kabupaten Tuban. *Teknik Pomits*, 1(1).
- Heriati, A., & Husrin, S. (2018). Perubahan Garis Pantai di Pesisir Cirebon Berdasarkan Analisis Spasial. *REKA GEOMATIKA*, 2017(2). <https://doi.org/10.26760/.v2017i2.1764>
- Hidayah, R., & Dwito, H. (2012). Analisa Perubahan Garis Pantai Jasri, Kabupaten Karangasem Bali. *J. Tek. ITS*, 1(1).
- Purnawarman. (2020). Analisa Perubahan Garis Pantai Manggar Baru. *Kurva S Jurnal Mahasiswa*, April.
- Setiawan, B., Junaidi, J., & Junaidi, A. (2020). Analisa Perubahan Garis Pantai di Wilayah Pantai Antara Muara Batang Air Dingin dan Muara Batang Anai Provinsi Sumatera Barat. *Jurnal Civronlit Unbari*, 5(1). <https://doi.org/10.33087/civronlit.v5i1.61>
- Triatmodjo, Bambang. 2011. Perencanaan Bangunan Pantai.
- Triatmodjo, Bambang 1999. Teknik Pantai.
- Wattimena, J. D., & Ayal, M. R. (2019). Analisis Perubahan Garis Pantai Desa Rutong Kota Ambon. *Jurnal Teknik Sipil*, 14(2). <https://doi.org/10.28932/jts.v14i2.1796>
- Yulius, & Ramdhan, M. (2013). Perubahan Garis Pantai di Teluk Bungus Kota Padang, Provinsi Sumatera Barat Berdasarkan Analisis Citra Satelit. *Ilmu Kelautan Dan Teknologi Kelautan Tropis*, 5(2)