



---

## KAJIAN KERUSAKAN DAN PENANGANAN PANTAI BIRU KERSIK KECAMATAN MARANGKAYU KABUPATEN KUTAI KARTANEGARA

Oleh

Agus Sofian Martin<sup>1</sup>, Eswan<sup>2</sup>, Hence Michael Wuaten<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Program Studi Magister Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas 17 Agustus 1945 Samarinda

Email: <sup>1</sup>[ubikayu222@gmail.com](mailto:ubikayu222@gmail.com)

### Abstrak

Pada kawasan Pantai Biru Kersik Kecamatan Marangkayu Kabupaten Kutai Kartanegara, mengalami abrasi yang mengancam tempat pariwisata, permukiman, sarana dan prasarana jalan, dan fasilitas umum lainnya. Dimana pada lokasi ini merupakan daerah konsentrasi energi gelombang yang menghantam pantai, sehingga mengakibatkan erosi pantai yang cukup besar. Pada lokasi ini akan dilakukan penelitian yang bertujuan untuk menentukan penanganan yang tepat secara efektif dan efisien. Dari hasil penelitian ini dapat diperoleh beberapa manfaat seperti dijadikan acuan untuk menunjang pengembangan wilayah, pemanfaatan sumber daya alam dan penanggulangan abrasi dan sedimentasi pantai tersebut. Pengolahan Data Angin dan Peramalan Gelombang merupakan tahapan penting dalam perencanaan perlindungan pantai karena gelombang laut terbentuk dari proses transfer energi angin ke permukaan air laut. Oleh karena itu, data angin digunakan untuk memperkirakan arah dan tinggi gelombang di lokasi kajian. Analisis data angin dilakukan berdasarkan data historis selama 20 tahun dengan penyusunan wind rose guna mengetahui arah dan kecepatan angin dominan. Selanjutnya dilakukan perhitungan fetch efektif, yaitu panjang lintasan angin di atas permukaan air yang berkontribusi terhadap pembentukan gelombang. Perhitungan fetch melibatkan penentuan daerah pengaruh dengan sudut  $\pm 22,5^\circ$  dari arah utama, dilanjutkan dengan penarikan elemen fetch setiap  $5^\circ$ , dan pemetaan garis fetch hingga bertemu daratan. Berdasarkan kondisi Pantai Biru Kersik dan parameter perencanaan yang ada maka alternatif jenis bangunan yang direncanakan ialah revetment batu armor dan revetment buis beton. Revetment direncanakan untuk menahan gempuran gelombang yang mengenai garis Pantai Biru Kersik, Revetment yang dibangun mengijinkan overtoping, diantisipasi dengan pembuatan saluran drainase di belakang revetment. Penanganan kerusakan pantai, hendaknya dilakukan berdasarkan beach cell (sistem ruas pantai) agar penanganan pantai satu dan yang lainnya tidak saling merubah keseimbangan sistem masing-masing pantai. Dalam menangani masalah di lokasi studi (Pantai Biru Kersik), pihak yang berwenang harus melakukan tindakan cepat untuk menanggulangi kerusakan pantai yang terjadi agar kerusakan tidak makin parah dan meluas. Untuk total biaya yang diperlukan untuk menangani permasalahan abrasi yang terjadi adalah sebesar **24,882,607,000** (Dua Puluh Empat Milyar Delapan Ratus Delapan Puluh Dua Juta Enam Ratus Tujuh Ribu Rupiah) yang mana biaya ini telah termasuk PPN sebesar 11%  
**Kata Kunci:** Kerusakan, Penanganan, Pantai Biru Kersik

### PENDAHULUAN

Abrasi ialah suatu peristiwa mundurnya garis pantai pada wilayah pesisir pantai yang rentan terhadap aktivitas yang terjadi di daratan maupun di laut. Aktivitas seperti penebangan

hutan mangrove, penambangan pasir, serta fenomena tingginya gelombang, dan pasang surut air laut menimbulkan dampak terjadinya abrasi atau erosi pantai (Abda, 2019). Pesisir



pantai merupakan kawasan yang sangat dinamis dengan berbagai ekosistem hidup yang saling terkait satu sama lain. Kedinamisan kawasan pantai yang terjadi secara terus menerus salah satu wujudnya yaitu perubahan garis pantai. Perubahan garis pantai yang terjadi berupa pengikisan badan pantai (abrasi) dan penambahan badan pantai (sedimentasi) (Badwi et al., 2019). Kekuatan abrasi ditentukan oleh besar-kecilnya gelombang yang menghempas ke pantai. Sebagaimana juga halnya erosi sungai, kekuatan daya kikis oleh gelombang dipertajam pula oleh butiran-butiran material batuan yang terkandung bersama gelombang yang terhempas membentur batuan.

Pada kawasan Pantai Biru Kersik Kecamatan Marangkayu Kabupaten Kutai Kartanegara, mengalami abrasi yang mengancam tempat pariwisata, permukiman, sarana dan prasarana jalan, dan fasilitas umum lainnya. Dimana pada lokasi ini merupakan daerah konsentrasi energi gelombang yang menghantam pantai, sehingga mengakibatkan erosi pantai yang cukup besar. Pada lokasi ini akan dilakukan penelitian yang bertujuan untuk menentukan penanganan yang tepat secara efektif dan efisien. Dari hasil penelitian ini dapat diperoleh beberapa manfaat seperti dijadikan acuan untuk menunjang pengembangan wilayah, pemanfaatan sumber daya alam dan penanggulangan abrasi dan sedimentasi pantai tersebut.

#### Rumusan Masalah

1. Bagaimana hasil identifikasi kerusakan yang terjadi di Pantai Biru Kersik Kecamatan Marangkayu Kabupaten Kutai Kartanegara?
2. Metode penanganan apa yang sesuai untuk penanganan kerusakan yang terjadi di Pantai Biru Kersik Kecamatan Marangkayu Kabupaten Kutai Kartanegara berdasarkan hasil identifikasi?
3. Berapa biaya penanganan kerusakan di Pantai Biru Kersik Kecamatan

Marangkayu Kabupaten Kutai Kartanegara berdasarkan metode yang dipilih dan hasil identifikasi?

#### Tujuan Penelitian

1. Mengetahui identifikasi kerusakan yang terjadi di Pantai Biru Kersik Kecamatan Marangkayu Kabupaten Kutai Kartanegara.
2. Menganalisis kerusakan yang terjadi di Pantai Biru Kersik dan menggunakan metode penanganan alternatif desain revetment dan buis beton di Pantai Biru Kersik Kecamatan Marangkayu Kabupaten Kutai Kartanegara, sehingga kerusakan yang terjadi tidak bertambah parah.
3. Mendapatkan biaya yang diperlukan untuk setiap desain alternatif yang diusulkan berdasarkan metode yang dipilih dan hasil identifikasi.

#### Batasan Masalah

1. Lokasi yang distudi hanya berada di Pantai Biru Kersik Kecamatan Marangkayu Kabupaten Kutai Kartanegara
2. Data pengukuran dan Hidro Oceanografi hanya didasarkan pada data sekunder.
3. Tidak melakukan analisa perubahan garis pantai.
4. Kondisi muka air laut dan energy gelombang dianggap konstan.
5. Kriteria dan parameter desain didasarkan pada Pedoman kriteria perencanaan pengaman pantai di direktorat jenderal sumber daya air PU SE 11-SE-D-2021 kriteria perencanaan pengaman pantai.
6. Kriteria dan parameter desain didasarkan pada Peraturan menteri pekerjaan umum dan perumahan rakyat , nomor 07/PRT/M/2015, Tentang Pengaman Pantai.

#### Manfaat Penelitian

1. Untuk mendapatkan penyebab kerusakan di Pantai Biru Kersik



- berdasarkan hasil identifikasi untuk menentukan metode penanganan yang sesuai.
2. Identifikasi masalah yang ada pada lokasi pekerjaan terdiri aspek teknis, peruntukan pemanfaatan lahan dibelakang bangunan (hinterland) dan sosial kemasyarakatan.
  3. Mendapatkan hasil detail perencanaan struktur secara rinci sesuai dengan standar baku yang ditetapkan berdasarkan standar baku mutu perencanaan yang berlaku secara nasional dan internasional.
  4. Menganalisis pola pengamanan pantai serta jenis dan bentuk bangunan yang cocok untuk pengamanan pantai dilihat dari berbagai aspek teknis dan ekonomis.

## LANDASAN TEORI

### Abrasi

Abrasi, atau juga biasa disebut erosi pantai adalah proses pengikisan pantai oleh tenaga gelombang laut dan arus laut yang sifatnya merusak. Proses pengikisan pantai oleh tenaga gelombang dan arus laut yang bersifat merusak ini disebabkan oleh berbagai faktor dan tidak sama untuk tiap daerah. Bangunan pantai seperti tanggul penahan ombak dapat mengurangi bahkan menghentikan suplai sedimen dari angkutan sedimen sejajar pantai.

### Bahan Revetment

Bangunan revetment ditempatkan sejajar atau hampir sejajar dengan garis pantai dan bisa terbuat dari pasangan batu, beton, tumpukan pipa (buis) beton, turap, kayu atau tumpukan batu. Dalam perencanaan dinding pantai atau revetment perlu ditinjau fungsi dan bentuk bangunan, lokasi, panjang, tinggi, stabilitas bangunan dan tanah pondasi, elevasi muka air baik di depan maupun di belakang bangunan, ketersediaan bahan bangunan dan sebagainya.

## Inventarisasi Alternatif Penanganan

Penanganan abrasi pantai dapat dilakukan melalui pendekatan struktural dan vegetatif. Beberapa alternatif yang umum diterapkan antara lain: pertama, penggunaan groin, yaitu struktur tegak lurus garis pantai yang berfungsi menghambat angkutan sedimen sejajar pantai. Metode ini efektif untuk pantai berpasir, meskipun dapat menimbulkan erosi di sisi hilir struktur. Kedua, pembangunan breakwater atau pemecah gelombang yang ditempatkan sejajar pantai untuk mengurangi energi gelombang sebelum mencapai daratan, sehingga mampu mengurangi daya rusak terhadap garis pantai. Ketiga, pemasangan revetment atau seawall, yakni bangunan pelindung di tepi pantai untuk menahan gempuran gelombang langsung. Jenisnya bisa permeabel (tumpukan batu atau blok beton) maupun impermeabel (aspal beton), namun perlu perlindungan tambahan di kaki bangunan agar tidak tergerus. Keempat, reboisasi pantai melalui penanaman mangrove atau vegetasi pantai lainnya, yang efektif terutama di wilayah berlumpur. Vegetasi ini mampu meredam energi gelombang, mempercepat pembentukan daratan, serta menjaga keseimbangan ekosistem pesisir.

## METODE PENELITIAN

### Analisis Data

Pengolahan Data Angin dan Peramalan Gelombang merupakan tahapan penting dalam perencanaan perlindungan pantai karena gelombang laut terbentuk dari proses transfer energi angin ke permukaan air laut. Oleh karena itu, data angin digunakan untuk memperkirakan arah dan tinggi gelombang di lokasi kajian. Analisis data angin dilakukan berdasarkan data historis selama 20 tahun dengan penyusunan wind rose guna mengetahui arah dan kecepatan angin dominan. Selanjutnya dilakukan perhitungan fetch efektif, yaitu panjang lintasan angin di atas permukaan air yang berkontribusi terhadap pembentukan gelombang. Perhitungan fetch melibatkan penentuan daerah



pengaruh dengan sudut  $\pm 22,5^\circ$  dari arah utama, dilanjutkan dengan penarikan elemen fetch setiap  $5^\circ$ , dan pemetaan garis fetch hingga bertemu daratan. Jika tidak terdapat daratan pembatas, fetch diasumsikan antara 600 hingga 1000 km. Metode ini menjadi dasar dalam pemodelan peramalan gelombang yang akurat, sesuai dengan pedoman teknis dari Sub Direktorat Rawa dan Pantai (1997).

Analisis Kala Ulang Gelombang Rencana dilakukan untuk menentukan besarnya gelombang ekstrem yang berpotensi terjadi dalam periode tertentu. Proses ini menggunakan pendekatan statistik seperti distribusi Fisher-Tippet Type I, Weibull, dan Gumbel. Metode terbaik dipilih berdasarkan hasil Goodness of Fit, dengan nilai koefisien yang paling mendekati angka 1 untuk memastikan akurasi model.

Analisis Pasang Surut juga merupakan aspek penting dalam perencanaan struktur pelindung pantai. Dengan memahami pola naik turunnya muka air laut di suatu lokasi, dapat ditentukan elevasi minimum struktur agar tetap efektif dalam berbagai kondisi pasang.

Analisis Refraksi dan Difraksi Gelombang bertujuan untuk mempelajari perubahan arah dan tinggi gelombang akibat kontur dasar laut yang tidak merata. Refraksi terjadi ketika gelombang mendekati pantai dan mengalami perubahan arah karena variasi kedalaman. Perhitungan dilakukan menggunakan konsep gelombang laut dalam ekivalen (deep water equivalent wave), sebagaimana dijelaskan oleh Triatmodjo (1999).

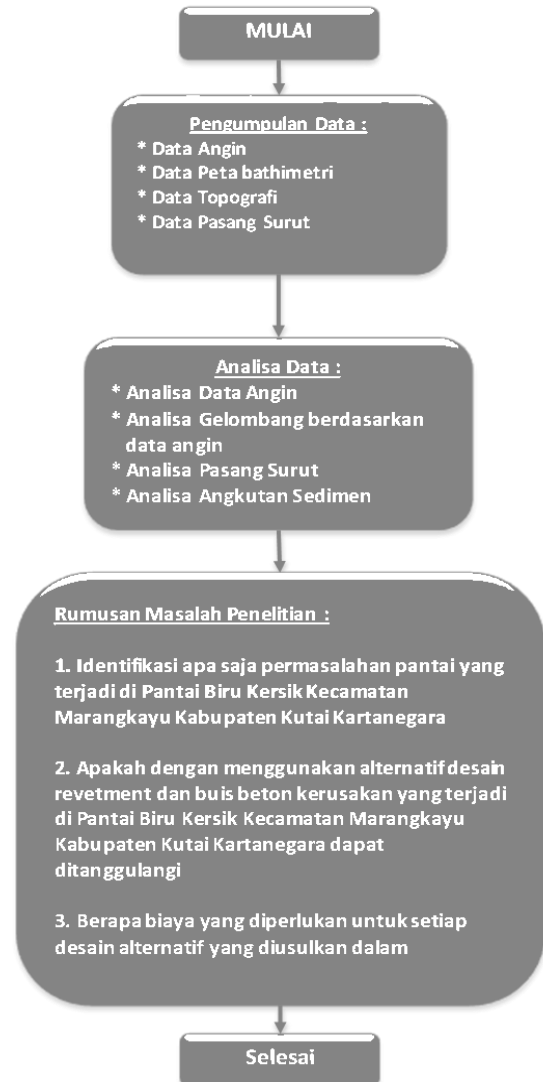
Analisis Angkutan Sedimen meninjau pergerakan material pantai yang terutama dipengaruhi oleh gelombang dan arus sejajar pantai. Sedimen yang terganggu akibat pecahan gelombang akan terbawa arus dan bergerak sepanjang pantai. Estimasi kuantitatif angkutan sedimen dilakukan menggunakan rumus CERC (Coastal Engineering Research Center), yang meskipun tidak mempertimbangkan karakteristik sedimen dasar, tetap efektif dalam

memberikan estimasi volume transport sedimen lintas pantai.

### Kerangka Pikir

Bangunan pengaman pantai direncanakan dari pelaksanaan cek Lokasi, analisa hingga mendapatkan gambar rencana.

Untuk lebih jelas mengenai tahap-tahap kerangka pikir dapat dilihat dalam diagram seperti tercantum dalam gambar 3.6



## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Pendahuluan

Analisis hidro-oceanografi merupakan komponen utama dalam studi perencanaan perlindungan pantai, yang mencakup unsur



gelombang, arus, dan pasang surut. Salah satu tahap awal adalah hindcasting gelombang, yakni transformasi data angin dan fetch menjadi parameter gelombang yang digunakan untuk permodelan refraksi, difraksi, dan perubahan garis pantai. Proses ini menghasilkan data seperti distribusi angin, gelombang maksimum, dan gelombang rencana berdasarkan berbagai kala ulang.

Perhitungan fetch efektif dilakukan untuk menentukan daerah pengaruh angin yang membangkitkan gelombang. Dalam proses ini, digunakan data angin historis serta peta fetch untuk mengetahui jarak antara stasiun pengamatan dan lokasi studi. Analisis gelombang dilakukan dengan software Dina-Hindcast untuk memperoleh data tinggi, arah, dan periode gelombang yang menjadi input utama dalam pemodelan numeris.

Analisis frekuensi gelombang dilakukan terhadap data gelombang ekstrem selama 10 tahun (2013–2022) menggunakan metode statistik seperti Weibull, Log Normal, Log Pearson, dan Gumbel. Pemilihan metode terbaik ditentukan melalui evaluasi Goodness of Fit dengan faktor error terkecil. Selanjutnya, analisis kala ulang gelombang digunakan untuk menentukan gelombang rencana sesuai jenis konstruksi yang akan dibangun. Semakin besar nilai atau fungsi daerah yang akan dilindungi, semakin tinggi pula kala ulang gelombang yang dipilih.

Pengamatan pasang surut dilakukan selama 15 hari secara kontinyu setiap satu jam menggunakan papan skala dengan ketelitian 1 cm. Tujuannya adalah untuk menentukan parameter penting seperti High Water Level (HWL), Mean Sea Level (MSL), dan Low Water Level (LWL), yang menjadi dasar koreksi elevasi dalam perencanaan struktur pelindung pantai. Data pasang surut kemudian dianalisis menggunakan metode least square atau admiralty untuk memperoleh karakteristik pasang surut dan menentukan elevasi bangunan pantai secara akurat.

### **Pengolahan Proses Dina Hindcasting**

Proses hindcasting dalam pemodelan gelombang dimulai dengan pengumpulan data angin jam-jaman dalam format ASCII. Data ini disusun berdasarkan urutan dari kecil ke besar, dan disimpan dalam folder hindcast. Untuk menjalankan proyek lain, seluruh isi folder tersebut harus disalin dan hanya folder angin yang perlu diperbarui sesuai nilai dan besarnya. Format input terdiri dari tanggal, jam, arah angin (dalam derajat), dan kecepatan angin (dalam satuan knot). Perlu diperhatikan bahwa arah 000 dan kecepatan 00 menandakan kondisi calm, sedangkan kode 999 dan 99 menunjukkan data yang tidak tercatat. Data tidak dapat dibaca oleh program jika masih dalam format \*.txt atau jika terdapat perbedaan format. Selain itu, perubahan sistem hanya diperkenankan pada folder Angin dan Fetch, dan penamaan file angin harus mengikuti format tiga huruf dua angka, seperti JAN09 atau MEI09.

Data fetch diperoleh melalui gambar hasil AutoCAD R-14 (maksimal versi AutoCAD 2000) dengan skala yang akurat (1 satuan panjang = 1 meter). Gambar harus memuat lingkaran sebagai syarat agar dapat dibaca oleh program. File fetch harus berformat \*.dxf dan tidak diperbolehkan untuk mengubah nama file. Ketepatan fetch dapat diverifikasi melalui file RAM yang tersedia.

Selanjutnya, program dijalankan menggunakan file Gohind.exe, yang kemudian meminta beberapa input pengguna, seperti lokasi data angin, lokasi ramalan gelombang, faktor kalibrasi tinggi gelombang (default = 1), interval kecepatan angin (default = 5 knot), interval persentase (default = 10%), satuan kecepatan angin (1 = m/det, 2 = knot), pilihan kecepatan angin (1 = maksimum, 2 = rata-rata), serta interval dan persentase tinggi gelombang (default = 0,5 m dan 10%).

Hasil keluaran terdiri atas dua jenis, yaitu data gambar dan data tabel statistik. Data gambar disimpan dalam folder LSP dalam





format .lsp, dan dapat dibuka menggunakan AutoCAD R-14 dengan perintah Appload. File hasil meliputi WiEmpat, WiEmpatE, WiTotal, WiTotalE, WaEmpat, WaEmpatE, WaTotal, dan WaTotE, yang masing-masing merupakan visualisasi windrose dan waverose berdasarkan interval empat bulanan atau total, baik dalam Bahasa Indonesia maupun Bahasa Inggris. File ini hanya dapat dibaca oleh AutoCAD R-14 dan akan muncul di desktop setelah proses appload.

Sementara itu, data statistik terdiri dari beberapa file yang mencakup gelombang signifikan (SORT.txt), rekapitulasi kejadian angin bulanan (bulan.Win), angin maksimum menurut arah bulanan (WINMAX.Cut), angin maksimum ekstrim tanpa arah (WINMAX2.out), rekapitulasi kejadian gelombang bulanan (WAVEMAX.out), gelombang maksimum menurut arah bulanan (WAVEMAX.out), dan gelombang maksimum ekstrim tanpa arah (WAVEMAX2.out). Setiap file harus disalin ke sheet yang sesuai dalam file Excel masing-masing, seperti 01 Grafik HT, 02a wind-Tabel, 02b wind-ex, 03a WAVE-tabel, dan 03b wave-Ex. Penting untuk tidak langsung menumpuk data baru di atas data awal agar terhindar dari kesalahan. Judul grafik juga perlu dikoreksi setelah input data. Selanjutnya, dilakukan analisis distribusi menggunakan perangkat lunak SMADA terhadap data angin dan gelombang maksimum.

Adapun untuk keperluan integrasi dengan program GENESIS, data input terletak di folder Tabel > Wave Year, dengan penyesuaian format waktu yyymmdd dan urutan kolom sesuai ketentuan GENESIS. Tambahan lainnya, file tahun.win digunakan untuk rekapitulasi data angin tahunan, dan file kosong.dat digunakan untuk mencatat data angin yang tidak tercatat.

### **Pengolahan Data Angin**

Gelombang laut merupakan salah satu elemen utama yang sangat berpengaruh dalam perencanaan dan pelaksanaan kegiatan pengamananan pantai. Oleh karena itu, arah dan besarnya gelombang datang perlu dianalisis

secara cermat untuk menentukan karakteristik dan kondisi pantai secara menyeluruh. Mengingat pentingnya peran data gelombang dalam desain pantai, ketersediaan data gelombang yang memadai menjadi hal yang mutlak diperlukan. Umumnya, seri data gelombang diperoleh melalui pengukuran langsung dengan menggunakan alat ukur gelombang yang dipasang di lepas pantai secara real time. Namun, metode ini memerlukan biaya yang cukup besar serta waktu pelaksanaan yang tidak singkat.

Sebagai solusi terhadap kendala tersebut, metode hindcasting atau peramalan gelombang berdasarkan data angin menjadi alternatif yang tepat dan efisien untuk memperoleh data gelombang yang representatif. Pengolahan data angin jam-jaman dengan mengikuti seluruh tahapan dan standar yang berlaku menjadi langkah penting dalam penyusunan proses hindcasting yang akurat. Dalam studi ini, kondisi angin diinterpretasikan berdasarkan data yang diperoleh dari Stasiun Meteorologi Maritim Temindung selama periode sepuluh tahun, yaitu dari tahun 2013 hingga 2022.

Transformasi data angin dilakukan melalui beberapa tahap. Tahap awal melibatkan proses diferensiasi data angin ke dalam jumlah cacah berdasarkan arah dan kecepatan angin setiap bulan dalam satu tahun, kemudian dilanjutkan dengan pengelompokan dalam bentuk persentase. Hasil dari proses ini menghasilkan rekapitulasi data angin bulanan selama tahun 2013 hingga 2022 yang disajikan dalam Tabel 4.2, yang merupakan hasil pengumpulan data dari BMKG. Berdasarkan rekapitulasi tersebut, diketahui bahwa arah angin dominan berasal dari empat arah utama, yaitu Utara, Timur Laut, Selatan, dan Barat Daya.

Visualisasi hasil analisis angin selama periode tersebut ditampilkan dalam bentuk wind rose (mawar angin) yang menggambarkan pola sebaran arah dan frekuensi angin untuk masing-masing bulan dalam rentang waktu

2013–2022. Gambar 4.2 menunjukkan wind rose bulanan, sementara Gambar 4.3 menggambarkan wind rose tahunan selama sepuluh tahun pengamatan. Hasil analisis ini selanjutnya menjadi dasar dalam pengolahan data gelombang menggunakan metode hindcasting, yaitu pembangkitan gelombang berdasarkan data angin yang telah diolah sebelumnya.

### Analisa Hidrooceanografi Di Pantai Biru Kersik

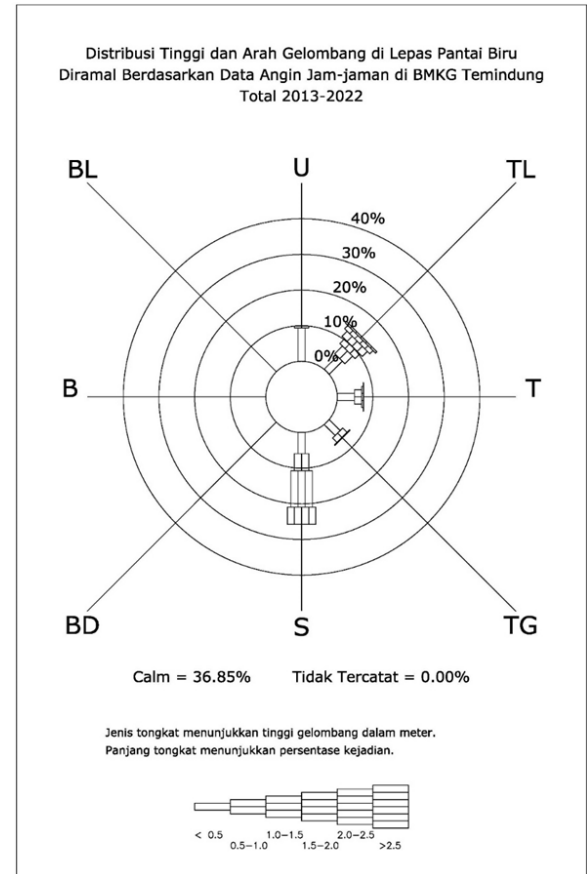
#### 1. Hindcasting Gelombang

##### a. Perhitungan Fetch (Daerah Pengaruh Angin)

Pantai Biru Kersik memiliki wilayah fetch yang cukup terbuka terhadap arah angin Timur Laut dan Selatan. Hal ini memberikan peluang bagi pembentukan gelombang yang signifikan dari kedua arah tersebut. Cakupan fetch yang terbentuk di lokasi ini digambarkan secara visual pada Gambar 4.4, yang menunjukkan arah dan luasan pengaruh angin terhadap perairan Pantai Biru Kersik.

##### b. Analisa Gelombang

Proses hindcasting gelombang di Pantai Biru Kersik dilakukan dengan menggunakan data angin yang diperoleh dari Stasiun Meteorologi Maritim Temindung selama periode 2013–2022. Hasil analisis ini mencakup rekapitulasi persentase kejadian gelombang bulanan yang ditampilkan dalam Tabel 4.3. Selanjutnya, visualisasi arah dan besaran gelombang selama periode tersebut disajikan dalam bentuk wave rose bulanan (Gambar 4.5), yang memudahkan identifikasi pola gelombang berdasarkan arah angin dominan. Untuk memberikan gambaran yang lebih menyeluruh, dilakukan pula penyajian total data gelombang ke dalam wave rose tahunan (Gambar 4.6), sebagai representasi gelombang yang terbentuk dari proses hindcasting selama sepuluh tahun terakhir.



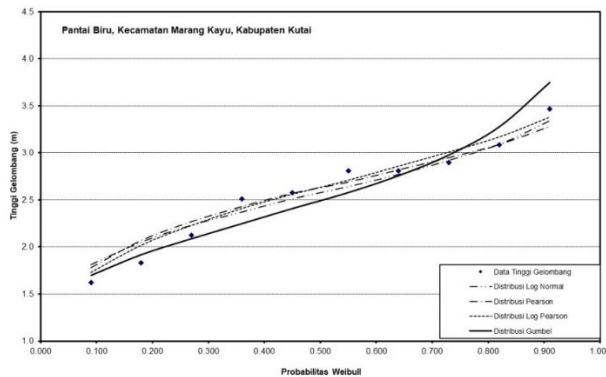
**Gambar 1. Wave Rose hasil hindcasting gelombang di Pantai Biru Kersik**

##### c. Analisa Frekuensi Gelombang

Analisa frekuensi gelombang dilakukan guna mengetahui distribusi probabilitas kejadian tinggi gelombang di Pantai Biru Kersik. Beberapa metode distribusi statistik digunakan dalam analisa ini, meliputi distribusi Weibull, Lognormal, Pearson, Log-Pearson, dan Gumbel. Tabel 4.4 menyajikan hasil estimasi tinggi gelombang dari masing-masing metode terhadap nilai data aktual. Selanjutnya, dilakukan perhitungan terhadap nilai error dari masing-masing metode untuk menentukan distribusi yang paling sesuai digunakan. Hasil analisis faktor error disajikan dalam Tabel 4.5 dan divisualisasikan pada Gambar 4.7.



Dari hasil perhitungan tersebut, diperoleh bahwa metode Log-Pearson menunjukkan nilai error terkecil dibandingkan metode lainnya, sehingga metode ini dipilih sebagai pendekatan statistik yang paling tepat dalam analisa frekuensi gelombang di lokasi studi. Tahapan selanjutnya dari analisis statistik dilanjutkan dengan menggunakan metode tersebut sebagai dasar pengolahan data.



**Gambar 2. Kondisi Grafis Kesesuaian Analisa Distribusi dengan data**

Sumber : Hasil analisa 2024.

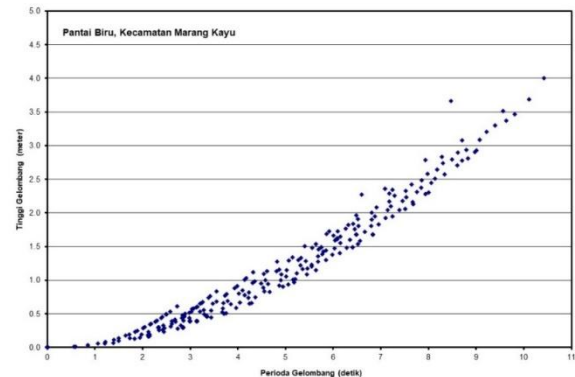
Berdasarkan hasil diatas, maka dilakukan tahapan untuk analisa statistik berikutnya berdasarkan hasil faktor error terkecil.

#### d. Analisa Kala Ulang Gelombang

Analisis kala ulang gelombang dilakukan untuk menentukan tinggi gelombang rencana pada berbagai periode ulang di Pantai Biru Kersik. Hasil analisis ditampilkan pada Tabel 4.6, yang menunjukkan variasi tinggi gelombang untuk beberapa kala ulang. Berdasarkan tabel tersebut, dalam perencanaan teknis pantai ini digunakan tinggi gelombang dengan kala ulang 25 tahunan, yaitu sebesar 3,44 meter.

Selanjutnya, untuk memperoleh nilai periode gelombang yang bersesuaian dengan tinggi gelombang signifikan, digunakan grafik hubungan antara tinggi gelombang (H) dan periode gelombang (T). Grafik ini dikembangkan berdasarkan data hasil simulasi pembangkitan gelombang dan menggambarkan keterkaitan antara kedua parameter tersebut secara empiris.

Grafik tersebut disajikan dalam Gambar 4.8, yang menjadi acuan penting dalam proses desain struktur pantai, khususnya dalam memperkirakan beban dinamis yang diakibatkan oleh gelombang terhadap bangunan pelindung pantai dan infrastruktur terkait lainnya.



**Gambar 3 Grafik hubungan H (tinggi) dan T (periode) gelombang di Pantai Biru Kersik**

Sumber : Hasil analisa 2024.

### Analisis Pasang Surut (Tidal Observation)

#### 1. Pelaksanaan Pengukuran Pasang Surut

Pengamatan pasang surut dilakukan selama 15 hari berturut-turut dengan interval pengukuran setiap satu jam. Alat ukur dipasang di lokasi yang senantiasa tergenang air, stabil, dan terlindungi dari gangguan gelombang guna menjaga akurasi pengukuran. Pembacaan elevasi muka air laut dilakukan dengan dua metode, yaitu rata-rata tiga kali pembacaan pada kondisi air tenang, serta pencatatan muka air tertinggi, tengah, dan terendah pada kondisi bergelombang.

#### 2. Analisa dan Hasil Pengukuran

Analisis data pasang surut dilakukan menggunakan perangkat lunak **KL-Tide**, yang mengaplikasikan metode **harmonic analysis** untuk memperoleh nilai-nilai elevasi penting, yaitu *High Water Level (HWL)*, *Mean Sea Level (MSL)*, dan *Low Water Level (LWL)*. Dalam proses analisis digunakan 10 komponen pasang surut utama, antara lain M2, S2, N2, K2, K1,





O1, P1, M4, MS4, dan S0, yang masing-masing merepresentasikan pengaruh gaya tarik benda langit dan faktor lainnya.

Hasil peramalan dengan KL-Tide menunjukkan kesesuaian yang baik dengan data observasi lapangan, sehingga konstanta pasang surut yang diperoleh dapat dianggap valid. Nilai amplitudo dan fase lag dari masing-masing komponen ditampilkan secara rinci dalam Tabel 1

**Tabel 1 Konstanta Pasang Surut Hasil Analisa**

NO	KOMPONEN	AMPLITUDO (CM)	PHASE LAG (°)
1	M2	54.33	34.23
2	S2	78.78	243.14
3	N2	3.68	-48.84
4	K2	27.28	52.10
5	K1	17.99	201.61
6	O1	15.59	193.53
7	P1	7.33	-22.64
8	M4	0.73	107.35
9	MS4	0.6	201.75
10	S0	102.38	

Sumber: Hasil analisa,2024

Selanjutnya, untuk mengidentifikasi jenis pasang surut, dilakukan perhitungan nilai **Formzahl (F)** menggunakan rumus:

$$F = \frac{O_1 + K_1}{M_2 + S_2} = \frac{15.59 + 17.99}{54.33 + 78.78} = 0.252$$

Nilai F sebesar 0,252 menunjukkan bahwa tipe pasang surut di Pantai Biru Kersik tergolong **campuran dengan dominasi semi-diurnal** (*mixed tide prevailing semidiurnal*), yang berarti dalam satu hari terjadi dua kali pasang dan dua kali surut.

Nilai elevasi pasang surut yang diperoleh, yaitu HWL, MSL, dan LWL, menjadi dasar penting dalam perencanaan bangunan pantai, khususnya untuk menentukan elevasi mercu dan menghindari potensi gerusan (*scouring*) di sekitar struktur.

**Tabel 2 Nilai tinggi pasang surut Pantai Biru Kersik**

NO	DESKRIPSI	Elevasi (m)	Ket.
1	HHWL (Highest High Water Level)	3.036	HWL
2	MHWS (Mean High Water Spring)	2.637	
3	MHWL (Mean High Water Level)	1.938	
4	MSL (Mean Sea Level)	1.024	MSL
5	MLWL (Mean Low Water Level)	0.107	
6	MLWS (Mean Low Water Spring)	0.054	
7	LLWL (Lowest Low Water Level)	0.000	LWL

Sumber: Hasil analisa,2024

### Permasalahan Daerah Pantai Biru Kersik

Permasalahan utama di kawasan Pantai Biru Kersik adalah tingginya energi gelombang di beberapa titik, yang diperparah dengan terganggunya aliran sedimen (*longshore drift*) akibat pembangunan struktur pantai seperti groin dan breakwater. Hal ini menyebabkan terganggunya keseimbangan alami pesisir.

Beberapa ruas pantai mengalami erosi signifikan, yang ditandai dengan longsoran pada tebing pantai. Profil pantai yang landai memperbesar kemungkinan runup gelombang mencapai berm, mengancam keberadaan tanah milik warga pesisir yang umumnya berada di kawasan permukiman dan area aktivitas masyarakat.

Perubahan garis pantai yang terus mengalami kemunduran menunjukkan adanya abrasi yang cukup parah dan ketidakseimbangan dalam sistem pantai. Hal ini mengindikasikan perlunya pemahaman menyeluruh terhadap penyebab utama erosi agar langkah-langkah penanganan yang tepat dapat segera dilakukan untuk mencegah kerusakan lebih lanjut.

Upaya penanganan eksisting berupa pemasangan kantong material dilakukan sebagai bentuk antisipasi terhadap limpasan gelombang pasang. Meskipun penduduk setempat menilai kantong material ini mampu meredam energi gelombang, keberadaannya bersifat sementara karena lambat laun akan rusak akibat abrasi, sehingga kehilangan fungsi sebagai penahan gelombang.



Selain itu, pembangunan bangunan pelindung pantai seperti seawall, groin, dan geobag yang dilakukan secara sporadis tanpa kajian teknis yang memadai justru berpotensi memperburuk kondisi abrasi di sekitar area tersebut. Banyak dari struktur ini dibangun tanpa memenuhi standar teknis yang layak, baik dari sisi desain maupun fungsionalitasnya.

### Pemilihan Alternatif Material Penanganan Abrasi

Perencanaan bangunan pengaman pantai perlu mempertimbangkan berbagai aspek teknis seperti pemilihan material konstruksi, penentuan besaran gelombang, umur rencana, dan elevasi bangunan. Selain itu, fungsi bangunan dan pemanfaatan kawasan pantai yang akan dilindungi juga menjadi pertimbangan penting dalam perancangan.

Berdasarkan hasil analisis perencanaan, struktur yang paling sesuai untuk kondisi di Pantai Biru adalah buis beton dan revetment dari batu armor. Kedua jenis struktur ini dipilih karena tidak mengganggu proses transportasi sedimen alami dan efektif dalam mempertahankan garis pantai serta menahan longsoran tebing akibat rayapan gelombang.

Bangunan pengaman pantai umumnya diklasifikasikan menjadi dua jenis berdasarkan karakteristik strukturnya, yaitu konstruksi massif (seperti pasangan batu dan beton bertulang) dan konstruksi fleksibel (seperti bronjong, batu alam, dan sandbag). Setiap jenis memiliki kelebihan dan kekurangan tergantung pada parameter teknis seperti berat, ketahanan, kemudahan pelaksanaan, dan harga material.

Untuk mengevaluasi alternatif material berdasarkan berbagai parameter, digunakan pendekatan Multi-Criteria Decision Making (MCDM). Beberapa metode MCDM yang umum digunakan antara lain:

1. Analytical Hierarchy Process (AHP) – membandingkan alternatif berdasarkan prioritas kriteria.
2. Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS) –

memilih alternatif yang paling dekat dengan kondisi ideal.

3. Simple Additive Weighting (SAW) – menjumlahkan skor dari tiap kriteria yang telah dibobotkan.

Dengan mempertimbangkan aspek-aspek seperti berat struktur, daya tahan terhadap cuaca, kemudahan memperoleh bahan, serta efektivitas dalam menahan tinggi gelombang dan run-up, maka buis beton dan tumpukan batu armor direkomendasikan sebagai pilihan material pengaman pantai yang paling tepat dan efisien untuk lokasi perencanaan di Pantai Biru Kersik.

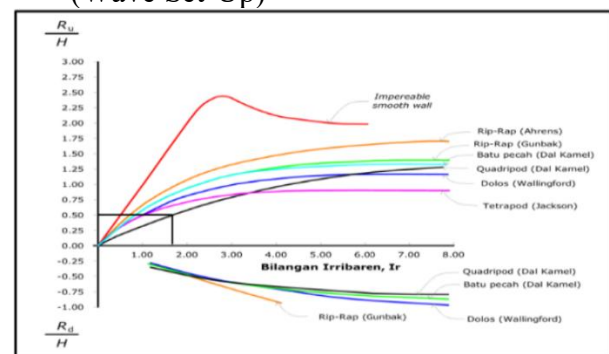
### Perhitungan Muka Air Rencana (Design Water Level – Dwl)

Perhitungan muka air rencana (*Design Water Level* atau DWL) mempertimbangkan beberapa komponen utama, yaitu tinggi muka air rata-rata laut (*Mean Sea Level*), kenaikan muka air akibat gelombang (*Wave Set-Up*), dan kenaikan muka air laut akibat pemanasan global (*Sea Level Rise*). Rumus perhitungannya adalah:

$$DWL = MSL + Sw + SLR$$

Berikut ini adalah penjabaran dari masing-masing komponen yang digunakan dalam menentukan DWL.

1. Kenaikan Muka Air Akibat Gelombang (*Wave Set-Up*)



Wave set-up merupakan kenaikan permukaan air laut akibat tekanan gelombang saat memasuki zona pantai. Berdasarkan perhitungan dengan data gelombang rencana yaitu tinggi gelombang pecah ( $H_b$ ) sebesar 0,5 meter dan periode gelombang ( $T$ ) selama 4

detik, digunakan rumus:  
$$Sw = 0,19 [1 - 2,82 \sqrt{(H_b / gT^2)}] H_b$$
  
yang menghasilkan nilai wave set-up sebesar 0,080 meter.

## 2. Kenaikan Muka Air Laut Karena Pemanasan Global (Sea Level Rise)

Perubahan iklim global menyebabkan kenaikan permukaan laut secara bertahap. Dalam perencanaan bangunan dengan umur rencana 10 tahun, berdasarkan data prediksi dari tahun 1990 hingga 2100, diperoleh estimasi kenaikan muka air laut sebesar 0,20 meter pada tahun ke-10 (sekitar tahun 2038). Nilai ini digunakan sebagai parameter *sea level rise* (SLR) dalam perhitungan DWL.

3. Perhitungan Design Water Level (DWL)  
Dengan menggunakan nilai MSL = 1,024 m, Sw = 0,080 m, dan SLR = 0,20 m, maka didapatkan:

$$DWL = 1,024 + 0,080 + 0,20 = 1,304 \text{ m.}$$

## 4. Perhitungan Tinggi Gelombang Rencana dan Gelombang Pecah

Dalam mendesain bangunan pantai, tinggi gelombang rencana dipengaruhi oleh proses refraksi, difraksi, pendangkalan, dan pecahnya gelombang. Bila gelombang pecah sebelum mencapai struktur pantai, maka digunakan tinggi gelombang pecah ( $H_b$ ), dihitung dengan rumus:

$$H_b = 0,78 \times ds$$
  
dengan ds adalah kedalaman air di lokasi bangunan. Pada lokasi studi, ds = 3,036 m, sehingga:

$$H_b = 0,78 \times 3,036 = 2,368 \text{ m.}$$

Dengan demikian, tinggi gelombang rencana (HD) ditetapkan sebesar 2,368 m.

## 5. Perhitungan Run-Up Gelombang dan Elevasi Mercu Bangunan

Run-up gelombang adalah ketinggian maksimum gelombang saat mendaki struktur pantai. Perhitungannya melibatkan parameter *Iribarren number* ( $Ir$ ) dengan rumus:  
$$Ir = (\tan \theta) / \sqrt{(H / L_o)}$$
  
dengan  $L_o = 1,56 \times T^2 = 24,96 \text{ m}$  dan kemiringan bangunan 1:1,5, diperoleh  $Ir =$

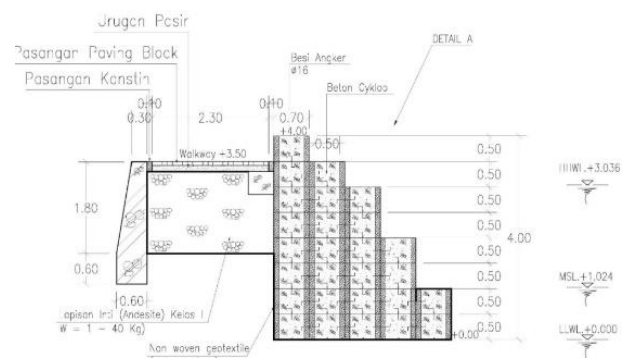
2,166. Berdasarkan grafik Iribarren, nilai  $R_u / H = 0,900$ , sehingga:  
$$R_u = 0,900 \times 2,368 = 2,131 \text{ m.}$$

Selanjutnya, elevasi mercu bangunan pengaman pantai dihitung dengan rumus:  
$$\text{Elevasi Mercu} = DWL + R_u + F_b$$
  
dengan tinggi jagaan ( $F_b$ ) sebesar 0,5 m, maka diperoleh:

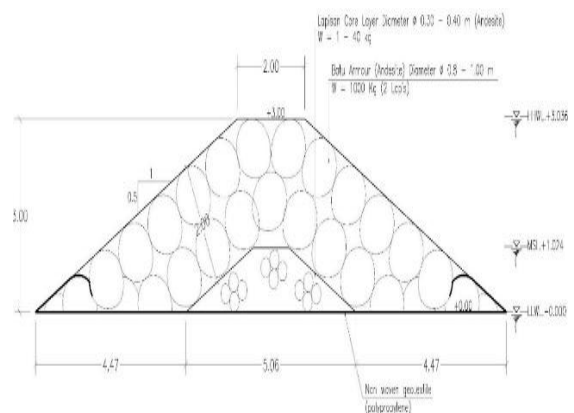
$$\text{Elevasi Mercu} = 1,304 + 2,131 + 0,5 = 3,935 \text{ m} \approx 4,00 \text{ m.}$$

## Gambar Tipikal Bangunan Pengaman Pantai

Berdasarkan perhitungan yang dilakukan sebelumnya, diperoleh dimensi dan elevasi. Berikut ini ialah gambar tipikal buis beton dan revetment batu armor di lokasi perencanaan :



Gambar 5. Tipikal bangunan pengaman pantai buis beton



Gambar 6. Tipikal bangunan pengaman pantai revetment batu armor



## Rencana Anggaran Biaya

Untuk merealisasikan bangunan pengaman pantai di Pantai Biru Kersik, diperlukan estimasi harga sebagai berikut :

**Tabel 5 Rekapitulasi Rencana Anggaran Biaya Penanganan di Pantai Biru Kersik**

NO.	URAIAN	JUMLAH HARGA (Rp.)
1	2	3
I	PEKERJAAN PERSIAPAN	5,300,000.00
II	PEKERJAAN BUIS BETON (SISI TIMUR)	4,556,433,999.09
III	PEKERJAAN BREAKWATER (SISI BARAT)	16,627,325,261.65
IV	PEKERJAAN WALKWAY	1,226,954,392.60
V	PEKERJAAN LAIN-LAIN	750,000.00
	JUMLAH (I+II+III+IV+V)	22,416,763,653.34
	PPN 11%	2,465,844,001.87
	TOTAL BIAYA	24,882,607,655.21
	DIBULATKAN	24,882,607,000.00

Terbilang :  
Dua Puluh Empat Milyar Delapan Ratus Delapan Puluh Dua Juta Enam Ratus Tujuh Ribu Rupiah

**Tabel 6 Detail Rencana Anggaran Biaya Penanganan di Pantai Biru Kersik**

NO.	URAIAN	SAT	VOLUME	HARGA SATUAN (Rp.)	JU
1	2	3	4	5	
<b>I PEKERJAAN PERSIAPAN</b>					
1	Papan Nama Pekerjaan	bb	1.00	200,000.00	
2	Pembersihan Lokasi	Ls	1.00	250,000.00	
3	Pengukuran / Ukur	Ls	1.00	350,000.00	
4	Mobilisasi dan Demobilisasi	Ls	1.00	4,500,000.00	
					<b>JUMLAH I</b>
<b>II PEKERJAAN BUIS BETON (SISI TIMUR)</b>					
1	Galian tanah biasa sedalam > 1 m s.d. 2 m	m <sup>3</sup>	2,639.44	89,326.00	
2	Tanbuan tanah atau urugan tanah kembali	m <sup>3</sup>	4,016.67	65,463.00	
3	Pengisian dan Pemasangan Geotextile (Non Woven)	m <sup>2</sup>	5,247.00	175,788.00	
4	Pengisian dan Pemasangan Buis Beton diameter 50 cm	bb	10,692.00	97,880.00	
5	Pengiriman 1 buah buis beton diameter 0.5 m dengan campuran beton f'c 7,4 Mpa (K-100)	m <sup>3</sup>	2,821.80	661,484.50	
6	Pekerjaan Pembesian Angkur Antar Buis Beton	kg	12,810.20	17,266.00	
					<b>JUMLAH II</b>
<b>III PEKERJAAN BREAKWATER (SISI BARAT)</b>					
1	Galian tanah biasa sedalam > 1 m s.d. 2 m	m <sup>3</sup>	8,346.61	89,326.00	
2	Pengisian dan Pemasangan Geotextile (Non Woven)	m <sup>2</sup>	10,480.07	175,788.00	
3	Pengisian dan Pemasangan Lapis Core Layer Diameter Ø 0.30-0.40 m (Batu Andesite, W = 1-40kg)	m <sup>3</sup>	1,778.36	835,702.00	
4	Pengisian dan Pemasangan Lapis Armor Diameter Ø 0.8-1.00 m (Batu Andesite, W = 1000kg)	m <sup>3</sup>	12,189.64	1,029,834.00	
					<b>JUMLAH III</b>
<b>IV PEKERJAAN WALKWAY</b>					
1	Pengisian dan Pemasangan Paving Block	m <sup>2</sup>	910.80	200,932.00	
2	Pengisian dan Pemasangan Kersa	m <sup>2</sup>	79.20	505,682.00	
3	Pekerjaan Plesteran	m <sup>2</sup>	158.40	110,388.00	
4	Pekerjaan Sitaran	m <sup>2</sup>	712.80	111,150.00	
5	Pekerjaan Pasangan Batu 1Pc : 4Ps	m <sup>2</sup>	528.20	1,704,311.00	
6	Pekerjaan Urugan Pasir	m <sup>2</sup>	106.40	65,463.00	
					<b>JUMLAH IV</b>
<b>V PEKERJAAN LAIN-LAIN</b>					
1	Dokumentasi / Lap. Pekerjaan	Ls	1.00	750,000.00	
					<b>JUMLAH V</b>
	JUMLAH (I+II+III+IV+V)				
	PPN 11%				
	TOTAL BIAYA				
	DIBULATKAN				

Terbilang :  
Dua Puluh Empat Milyar Delapan Ratus Delapan Puluh Dua Juta Enam Ratus Tujuh Ribu Rupiah

## Pembahasan

Desain revetment dan buis beton dapat menjadi solusi efektif untuk penanganan pantai karena beberapa alasan:

### Desain Revetment

- 1) Perlindungan terhadap erosi: Revetment dapat melindungi pantai dari erosi akibat gelombang laut dan arus.
- 2) Stabilitas pantai: Revetment dapat membantu menjaga stabilitas

pantai dan mencegah kerusakan pada infrastruktur pantai.

- 3) Fleksibilitas desain: Desain revetment dapat disesuaikan dengan kondisi pantai dan kebutuhan spesifik.
- 4) Melindungi pantai dari erosi akibat gelombang laut dan arus.
- 5) Menjaga stabilitas pantai dan mencegah kerusakan pada infrastruktur pantai.
- 6) Dapat disesuaikan dengan kondisi pantai dan kebutuhan spesifik.

### Buis Beton

- 1) Kuat dan tahan lama: Buis beton memiliki kekuatan dan ketahanan yang baik terhadap beban dan tekanan.
- 2) Mencegah erosi: Buis beton dapat membantu mencegah erosi pantai dengan menstabilkan tanah dan mengurangi dampak gelombang laut.
- 3) Mudah dipasang: Buis beton relatif mudah dipasang dan dapat digunakan dalam berbagai kondisi pantai.
- 4) Kuat dan tahan lama terhadap beban dan tekanan.
- 5) Mencegah erosi pantai dengan menstabilkan tanah dan mengurangi dampak gelombang laut.
- 6) Mudah dipasang dan dapat digunakan dalam berbagai kondisi pantai.

### Keuntungan Gabungan

- 1) Perlindungan pantai yang efektif: Kombinasi desain revetment dan buis beton dapat memberikan perlindungan pantai yang efektif terhadap erosi dan kerusakan.
- 2) Mengurangi biaya perawatan: Dengan menggunakan desain revetment dan buis beton, biaya perawatan pantai dapat dikurangi



karena struktur yang kuat dan tahan lama.

- 3) Mengoptimalkan fungsi pantai: Desain revetment dan buis beton dapat membantu mengoptimalkan fungsi pantai sebagai area rekreasi, perlindungan lingkungan, dan kegiatan ekonomi.

#### Manfaat

- 1) Mengurangi risiko kerusakan: Desain revetment dan buis beton dapat mengurangi risiko kerusakan pada infrastruktur pantai dan properti sekitarnya.
- 2) Mengoptimalkan fungsi pantai: Desain revetment dan buis beton dapat membantu mengoptimalkan fungsi pantai sebagai area rekreasi, perlindungan lingkungan, dan kegiatan ekonomi.
- 3) Mengurangi biaya perawatan: Dengan menggunakan desain revetment dan buis beton, biaya perawatan pantai dapat dikurangi karena struktur yang kuat dan tahan lama.

Dengan demikian, desain revetment dan buis beton dapat menjadi solusi yang efektif untuk penanganan pantai dan perlindungan lingkungan pantai.

## **PENUTUP**

### **Kesimpulan**

Berdasarkan uraian perencanaan pada bab sebelumnya, maka dapat diambil kesimpulan dan saran sebagai berikut :

1. Berdasarkan kondisi Pantai Biru Kersik dan parameter perencanaan yang ada maka alternatif jenis bangunan yang direncanakan ialah revetment batu armor dan revetment buis beton. Revetment direncanakan untuk menahan gempuran

gelombang yang mengenai garis Pantai Biru Kersik,

2. Revetment yang dibangun mengijinkan overtoping, diantisipasi dengan pembuatan saluran drainase di belakang revetment.
3. Penanganan kerusakan pantai, hendaknya dilakukan berdasarkan beach cell (sistem ruas pantai) agar penanganan pantai satu dan yang lainnya tidak saling merubah keseimbangan sistem masing-masing pantai. Dalam menangani masalah di lokasi studi (Pantai Biru Kersik), pihak yang berwenang harus melakukan tindakan cepat untuk menanggulangi kerusakan pantai yang terjadi agar kerusakan tidak makin parah dan meluas. Untuk total biaya yang diperlukan untuk menangani permasalahan abrasi yang terjadi adalah sebesar **24,882,607,000** (Dua Puluh Empat Milyar Delapan Ratus Delapan Puluh Dua Juta Enam Ratus Tujuh Ribu Rupiah) yang mana biaya ini telah termasuk PPN sebesar 11% .

## **DAFTAR PUSTAKA**

- [1] B. Trihatmodjo 2012, Perencanaan Bangunan Pantai, Yogyakarta: Beta Offset.
- [2] Bambang Triatmodjo.1999 Teknik Pantai, Beta Offset, Yogyakarta,.
- [3] CEM (Coastal Engineering Manual).2002. US ARMY CORPS OF ENGINEERS.
- [4] CERC.1984.Shore Protection Manual, Vol.1 and Vol.2. US ARMY CORPS.
- [5] CV. Harsindo.,2022., (Perencanaan pembangunan pengaman abrasi pantai biru kecamatan marangkayu).
- [6] Direktorat Bina Teknik SDA 2003. Pedoman Umum Pengamanan Dan Penanganan Kerusakan Pantai, Jakarta.
- [7] M. A. Samaila and S. M. Hidayatun 2018, "Efektifitas Kinerja Bangunan Pengaman Pantai di Desa Munte Kabupaten Luwu





- 
- Utara," Jurnal Rancang Bangun, vol. 04, no. 1, pp. 1-6.
- [8] Nur Yuwono 1982. Teknik Pantai, Edisi Kedua, Biro Penerbit, Keluarga Mahasiswa Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- [9] Pedoman kriteria perencanaan pengaman pantai di direktorat jenderal sumber daya air PU SE 11-SE-D-2021 kriteria perencanaan pengaman pantai.
- [10] Peraturan menteri pekerjaan umum dan perumahan rakyat, nomor 07/PRT/M/2015, Tentang Pengaman Pantai.
- [11] Perencana Utama.2009. Detail Disan Pengaman Pantai Ujung Kabupaten Karangasem, Denpasar,Bali.
- [12] R. Hidayah 2012, "Analisa Perubahan Garis Pantai Jasri, Kabupaten Karangasem Bali," Jurnal Teknik ITS, vol. 1, no. 1, pp. 1-6.
- [13] S. Edaran 2011, "Pedoman Operasi dan Pemeliharaan Bangunan Pengaman Pantai," Kementrian Pekerjaan Umum, Jakarta.
- [14] Subdit Rawa dan Pantai 1997. Pedoman Survai Investigasi Dan Desain Pengaman Pantai, Sub Direktorat Rawa Dan Pantai Direktorat Bina Teknik, Jakarta.
- [15] WIDI A. Pratikno (2015), struktur pelindung pantai.