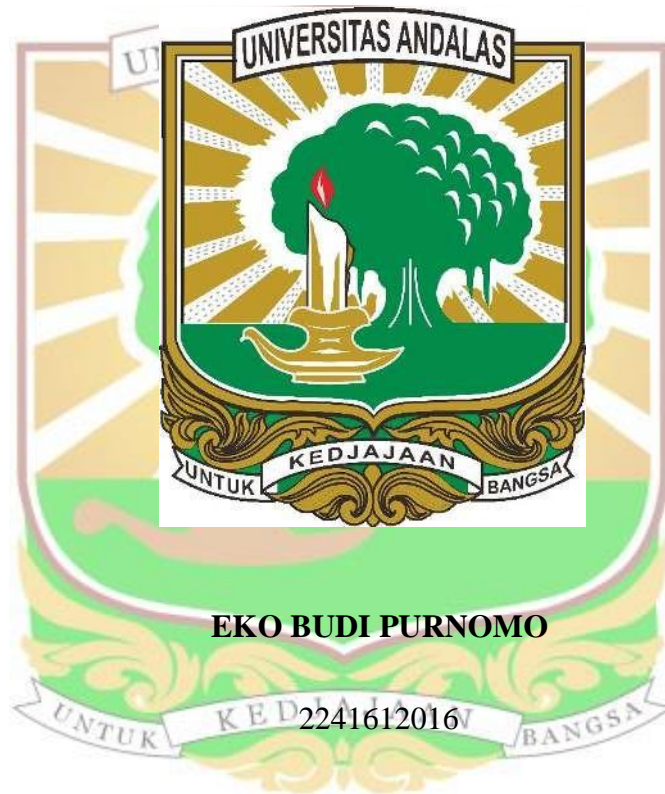


LAPORAN TEKNIK

**ANALISIS PASANG SURUT DAN GELOMBANG UNTUK
PERENCANAAN BANGUNAN PELINDUNG PANTAI PADA PANTAI
PANJANG –KOTA BENGKULU**

*Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Menyelesaikan Pogram Profesi Pada Program
Studi Pendidikan Profesi Insinyur Sekolah Pascasarjana*

Universitas Andalas



EKO BUDI PURNOMO

2241612016

**PROGRAM STUDI PENDIDIKAN
PROFESI INSINYUR SEKOLAH PASCASARJANA
UNIVERSITAS ANDALAS - PADANG**

2022

HALAMAN
PERSETUJUAN PEMBIMBING AKADEMIK

Judul Laporan Teknik : **LAPORAN TEKNIK ANALISIS PASANG SURUT DAN
GELOMBANG UNTUK PERENCANAAN BANGUNAN
PELINDUNG PANTAI PADA PANTAI PANJANG –
KOTA BENGKULU**

Nama Mahasiswa : EKO BUDIPURNOMO
Nomor Induk Mahasiswa : 2241612013
Program Studi : Pendidikan Profesi Insinyur

Laporan Teknik ini telah diperiksa dan dinyatakan telah memenuhi untuk mengikuti Ujian Profesi Insinyur pada Program Studi Pendidikan Profesi Insinyur, Sekolah Pascasarjana, Universitas Andalas.

Padang, Februari 2023

Dosen Pembimbing,

Ir, Benny Dwika Leonanda MT,IPM.ASEAN Eng

HALAMAN PENGESAHAN

Judul Laporan Teknik : Analisis Pasang Surut Dan Gelombang Untuk
Perencanaan Bangunan Pelindung Pantai Pada
Pantai Panjang –Kota Bengkulu
Nama Mahasiswa : EKO BUDI PURNOMO
Nomor Induk Mahasiswa : 2241612013
Program Studi : Pendidikan Profesi Insinyur

Laporan Teknik ini Telah di uji dan dipertahankan pada ujian Kompetensi Profesi Insinyur, Program Studi Pendidikan Profesi Insinyur, Sekolah Pascasarjana Universitas Andalas dan dinyatakan lulus pada tanggal 08 Februari 2023.

Menyetujui,

Koordinator Program Studi,

Pembimbing,



Ir. Elita Amrina, M.Eng, Ph.D, IPU
NIP. 197701262005012001

Ir. Benny Dwika Leonanda MT,IPM.ASEA
NIP. 196608061994121002

Direktur Sekolah Pasca Sarjana
Universitas Andalas

Prof. Dr. rer. soz. Nursyirwan Effendi
NIP. 196406241990011002

ANALISIS PASANG SURUT DAN GELOMBANG UNTUK PERENCANAAN BANGUNAN PELINDUNG PANTAI PADA PANTAI PANJANG – KOTA BENGKULU

EKO BUDI PURNOMO ¹

*Program Studi Pendidikan Profesi Insinyur Sekolah Pascasarjana
Universitas Andalas*

Abstrak

Studi prediksi pasang surut dan gelombang untuk perencanaan bangunan pelindung pantai pada Pantai Pasir Putih Pantai panjang kota Bengkulu oleh Eko Budi Purnomo. Pantai Pasir Putih Pantai panjang kota Bengkulu dengan panjang 7,412 km, yang merupakan daerah yang intensif digunakan sebagai wilayah pariwisata. Untuk itu diperlukan adanya upaya penanganan untuk mengatasi abrasi yang terjadi. Studi ini bertujuan untuk mengetahui tinggi gelombang berdasarkan arah angin dan berapa besar tinggi elevasi bangunan yang aman terhadap gelombang akibat angin. Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data angin dan data pasang surut. Dari hasil analisa diperoleh elevasi muka air tertinggi (HHWL) yaitu 2,47 m, elevasi muka air rata-rata (MSL) yaitu 1,78 m, dan elevasi muka air terendah (LLWL) yaitu 0,50 m. Persentase arah angin maksimum berasal dari arah selatan sebesar 20,35% dengan kecepatan angina maksimum 10,53 knot. Gelombang terbesar dari arah selatan sebesar 34,4% , tinggi gelombang (H) sebesar 1,35 m dengan periode (T) 6,4 m/detik, sehingga diperoleh elevasi mercu bangunan pelindung pantai yang direncanakan setinggi 5,12 m, elevasi muka air rencana yaitu 2,77 m dengan tinggi jagaan (Fb) yaitu 1,00 m dengan pertimbangan kenaikan muka air setiap tahunnya akibat pemanasan global. Dari hasil pembahasan diatas Pantai Pasir Putih Pantai panjang kota Bengkulu perlu adanya penanganan penanggulangan abrasi dengan membangun bangunan pelindung pantai

Kata kunci : Pantai Pasir Putih Pantai Panjang , Bangunan pnahai Gelombang Breakwater

Abstract

Tide and wave prediction studies for the planning of coastal protection structures at Pasir Putih Beach, Long Beach, Bengkulu City by Eko Budi Purnomo. White Sand Beach The long beach of Bengkulu city with a length of 7.412 km, which is an area that is intensively used as a tourism area. For this reason, it is necessary to have handling efforts to overcome the abrasion that occurs. This study aims to determine the wave height based on the wind direction and how much the building elevation is safe from wind-induced waves. The data used in this study are wind data and tidal data. From the analysis results obtained the highest water level elevation (HHWL) is 2.47 m, the average water level elevation (MSL) is 1.78 m, and the lowest water level elevation (LLWL) is 0.50 m. The maximum percentage of wind direction coming from the south is 20.35% with a maximum wind speed of 10.53 knots. The biggest wave from the south was 34.4%, the wave height (H) was 1.35 m with a period (T) of 6.4 m/s, so that the planned coastal protection building crest elevation was 5.12 m high, the front elevation The planned water level is 2.77 m with a guard height (Fb) of 1.00 m taking into account the annual increase in water level due to global warming. From the results of the discussion above, the White Sand Beach, Long Beach, Bengkulu city, needs to be handled to prevent abrasion by building coastal protection buildings

Keywords: Long Beach White Sand Beach, Breakwater Wave Archery

KATA PENGANTAR

Puji syukur atas kehadiran Allah SWT, karena atas Berkat dan Rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan studi pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar. Dan tak lupa pula penulis kirimkan syalawat kepada Nabiullah Muhammad SAW, yang telah membawa kita dari zaman jahiliah ke zaman seperti sekarang ini.

Selanjutnya dalam proses penyusunan Tugas Akhir ini, penulis banyak sekali mendapat bantuan dan bimbingan dari banyak pihak. Untuk itu, pada kesempatan ini izin kan penulis menghaturkan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah membantu.

Dalam kesempatan ini juga, izinkan kami menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada yang terhormat :

1. Bapak Rektor Universitas Andalas Padang
2. Bapak Direktur Pasca Sarjana Universitas Andalas Padang
3. Ibu Ketua Program Study Profesi Insinyur Universitas Andalas Padang
4. Bapak Dosen Pembimbing Program Study Profesi Insinyur Universitas Andalas Padang
5. Bapak /Ibu Dosen Dan Segenap Civitas Program Study Profesi Insinyur Universitas Andalas Padang
6. Rekan – Rekan Mahasiswa Program Study Profesi Insinyur

Universitas Andalas Padang Yang Telah Membantu Kami Dalam Menyelesaikan Laporan Ini semoga Allah Swt. Melimpahkan rahmat Dan Ridhonya Kepada Kita Semua Sesuai Dengan Amal Dan Kebaikan Kita. Akhir Kata Kami Berharap Semoga Laporan Teknik ini Akan Berguna Dan Bermanfaat Bagi Kita Semua.

Padang , Februari 2023

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL

PENGESAHAN

HALAMAN PENGESAHAN

ABSTRAK

KATA PENGANTAR

DAFTAR ISI

DAFTAR GAMBAR

DAFTAR TABEL

BAB I PENDAHULUAN

| | |
|--------------------------------|---|
| A. Latar Belakang | 1 |
| B. Rumusan Masalah | 2 |
| C. Tujuan Penelitian | 2 |
| D. Batasan Masalah | 2 |
| E. Manfaat Penelitian | 2 |
| F. Sistematika Penulisan | 3 |

BAB II KAJIAN PUSTAKA

| | |
|---|----|
| A. Abrasi | .4 |
| 1. Pengertian Abrasi | .4 |
| 2. Faktor Penyebab Abrasi | 4 |
| 3. Dampak Abrasi Pantai | 5 |
| B. Gelombang | 8 |
| 1. Pengertian Gelombang | 8 |
| 2. Teori Gelombang Airy | 9 |
| 3. Gelombang Laut Dalam Ekuivalen | 11 |
| 4. Gelombang Pecah | 12 |
| 5. Refraksi Gelombang | 14 |
| C. Pembangkitan Gelombang | 16 |
| 1. Konversi Kecepatan Angin | 17 |
| 2. Fetch | 18 |



| | |
|--|----|
| 3. Peramalan Gelombang | 18 |
| D. Arus Dekat Pantai | 19 |
| E. Fluktuasi Muka Air Laut..... | 20 |
| 1. Pasang Surut | 20 |
| 2. Kenaikan Muka Air Karena Gelombang..... | 21 |
| 3. Kenaikan Muka Air Karena Angin | 22 |
| 4. Elevasi Muka Air Laut Rencana | 24 |

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

| | |
|---|----|
| A. Lokasi dan Waktu Penelitian | 25 |
| 1. Lokasi Penelitian..... | 25 |
| 2. Waktu Penelitian | 25 |
| B. Alat dan Bahan | 25 |
| 1. Alat..... | 26 |
| 2. Bahan..... | 26 |
| C. Jenis Penelitian dan Sumber Data | 26 |
| 1. Jenis Penelitian..... | 26 |
| 2. Sumber Data | 26 |
| D. Variabel yang Diteliti | 26 |
| 1. Variabel Bebas | 27 |
| 2. Variabel Terikat | 27 |
| E. Pengumpulan Data..... | 27 |
| F. Analisa Data | 28 |
| 1. Data Angin..... | 28 |
| 2. Data Pasang Surut | 28 |
| 3. Peramalan Gelombang | 28 |
| G. Prosedur Penelitian | 29 |

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

| | |
|--|----|
| A. Analisis Pasang Surut..... | 30 |
| B. Analisa Kecepatan Angin dan Windrose..... | 33 |
| C. Perhitungan Panjang Fetch Efektif..... | 34 |
| D. Peramalan Gelombang | 36 |

E. Penentuan Elevasi Bangunan 40

BAB V PENUTUP

A. Kesimpulan 45

B. Saran 45

DAFTAR PUSTAKA

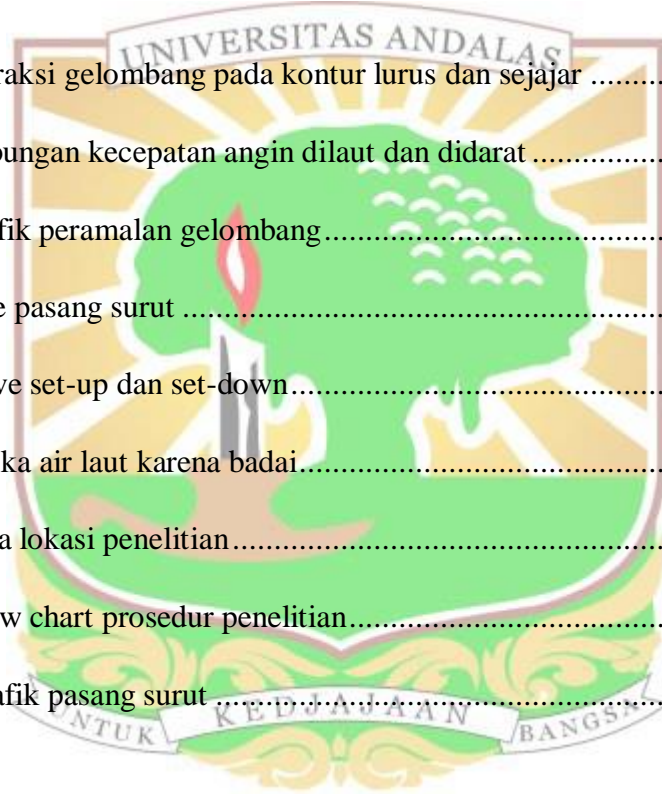
LAMPIRAN

DOKUMENTASI



DAFTAR GAMBAR

| | Halaman |
|---|---------|
| Gambar 1. Definisi parameter gelombang | 9 |
| Gambar 2. Penentuan tinggi gelombang pecah..... | 13 |
| Gambar 3. Penentuan kedalaman gelombang pecah | 13 |
| Gambar 4. Refraksi gelombang..... | 15 |
| Gambar 5. Refraksi gelombang pada kontur lurus dan sejajar | 16 |
| Gambar 6. Hubungan kecepatan angin dilaut dan didarat | 17 |
| Gambar 7. Grafik peramalan gelombang..... | 19 |
| Gambar 8. Tipe pasang surut | 21 |
| Gambar 9. Wave set-up dan set-down..... | 21 |
| Gambar 10. Muka air laut karena badai..... | 24 |
| Gambar 11. Peta lokasi penelitian..... | 25 |
| Gambar 12. Flow chart prosedur penelitian..... | 29 |
| Gambar 13. Grafik pasang surut | 31 |



DAFTAR TABEL

| | Halaman |
|--|---------|
| Tabel 1. Data pengamatan pasang surut selama 29 hari..... | 30 |
| Tabel 2. Penentuan elevasi air laut..... | 31 |
| Tabel 4. Kejadian angin rata – rata tahun 2016 | 33 |
| Tabel 5. Persentase kejadian angin tahun 2016..... | 34 |
| Tabel 6. Perhitungan panjang <i>fetch</i> efektif..... | 35 |
| Tabel 7. Tinggi dan periode gelombang signifikan | 38 |
| Tabel 8. Perhitungan panjang dan cepat rambat gelombang | 39 |



BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Wilayah Pantai Pasir Putih Pantai Panjang kota Bengkulu merupakan daerah yang intensif dimanfaatkan untuk kegiatan manusia seperti pemukiman, pertambakan, perikanan, dan pariwisata. Kawasan ini dapat intensif pemanfaatannya untuk kegiatan manusia, yang dapat ditinjau dari struktur, fungsi, peran ekologis, dan pendayagunaan pesisir pantai. Dikawasan pantai ini dapat dimanfaatkan untuk mendukung lokasi pariwisata dan sebagai sumber pendapatan daerah. Pada umumnya pantai Pasir Putih adalah tempat untuk berwisata bagi penduduk lokal karena mempunyai pantai yang indah. Selain itu, juga sebagai tempat mata pencaharian sebagian besar masyarakat setempat yang berprofesi sebagai nelayan. Secara geografis pantai Pasir Putih Pantai Panjang terletak Provinsi Bengkulu, yang memanjang dari utara ke selatan dan berada diantara $3^{\circ}30'00''$ - $3^{\circ}40'00''$ LS dan membentang dari barat ketimur diantara $120^{\circ}55'00''$ – $121^{\circ}5'00''$ BT. Dengan panjang garis pantai \pm 5,492 km. Sebagian besar penduduk disekitar pantai berprofesi sebagai nelayan. Terjadinya abrasi dipesisir pantai disebabkan pengaruh gelombang dan arus laut sehingga terjadi ketidakseimbangan pergerakan sedimen dari dan menuju pantai.

Pemahaman mengenai kondisi perairan sangat penting dilakukan sebagai analisis untuk mengurangi dampak – dampak negatif dalam merencanakan pengembangan wilayah pesisir dan laut. Gelombang dan pasang surut merupakan salah satu komponen oseonografi, pengukuran pasang surut dan peramalan gelombang merupakan langkah awal dalam memonitoring kondisi perairan. Melihat permasalahan tersebut maka penelitian tentang analisis spektrum dan transpormasi gelombang di Pantai Pasir Putih Pantai panjang kota Bengkulu.

B. Rumusan Masalah

1. Bagaimana prediksi gelombang berdasarkan arah angin ?
2. Bagaimana besar tinggi gelombang untuk pelindung Pantai Pasir Putih Pantai Panjang Kota Bengkulu?
3. Bagaimana besar tinggi elevasi bangunan pantai yang aman terhadap gelombang akibat angin ?

C. Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai dari penulisan tugas akhir ini yaitu :

1. Mengetahui prediksi gelombang berdasarkan arah angin.
2. Mengetahui besar tinggi gelombang untuk pelindung Pantai Pasir Putih Pantai Panjang Kota Bengkulu.
3. Mengetahui berapa besar tinggi elevasi bangunan pantai yang aman terhadap gelombang akibat angin.

D. Batasan Masalah

Dalam tugas akhir ini maka dibatasi permasalahan :

1. Pembahasan mengenai pasang surut yang dihitung berdasarkan data pasang surut 29 hari lokasi tinjauan yaitu Pantai Panjang Kota Bengkulu. Analisis untuk menentukan komponen – komponen pasang surut digunakan *Metode Admiralty*
2. Peramalan tinggi dan periode gelombang menggunakan data kecepatan angin yang terjadi dilokasi.

E. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini yaitu :

1. Untuk mengetahui jenis pasang surut yang terjadi pada daerah Pantai Pasir Pantai panjang Kota Bengkulu.
2. Sebagai bahan referensi bagi penelitian selanjutnya tentang kondisi pasang surut dan gelombang didaerah Pantai Panjang Kota Bengkulu.

F. Sistematika Penulisan

Guna memudahkan penyusunan serta untuk memudahkan pembaca memahami uraian dan makna secara sistematis, maka penulisan disusun berpedoman pada pola sebagai berikut :

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini terdiri atas latar belakang penelitian, rumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah, dan manfaat penelitian.

BAB II KAJIAN PUSTAKA

Dalam bab ini dijelaskan mengenai kerangka acuan yang memuat berisi tentang teori singkat yang digunakan dalam menyelesaikan dan membahas permasalahan penelitian.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Dalam bab ini dijelaskan langkah – langkah sistematis penelitian terdiri atas lokasi dan waktu penelitian, alat dan bahan, jenis penelitian dan sumber data, jenis bangunan pengendali, variabel yang diteliti, prosedur penelitian, pengumpulan data, dan analisa data

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam bab ini akan dibahas hasil dari penelitian dan pembahasannya

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini merupakan penutup dari keseluruhan isi penelitian berupa kesimpulan dan saran atas permasalahan yang telah dibahas sebelumnya.

BAB II

KAJIAN PUSTAKA

A. Abrasi

1. Pengertian Abrasi

Abrasi adalah proses dimana terjadi pengikisan pantai yang disebabkan oleh tenaga gelombang laut dan arus laut yang bersifat merusak. Abrasi atau kata lain biasa disebut erosi pantai. Kerusakan garis pantai tersebut diakibatkan terganggunya keseimbangan alam didaerah pantai tersebut. Dan meski abrasi dapat disebabkan oleh gejala alami, tapi manusialah yang menjadi penyebab utama terjadinya abrasi.

Akibat dari abrasi ini akan menyebabkan pantai menggetarkan batuan ataupun tanah dipinggir pantai sehingga lama - kelamaan akan berpisah dengan daratan dan akan mengalami abrasi pantai. Proses terjadi Abrasi yaitu pada saat angin yang bergerak dilaut menimbulkan arus serta gelombang mengarah kepantai, sehingga apabila proses ini berlangsung lama akan mengikis pinggir pantai. Kekuatan gelombang terbesar dapat terjadi pada waktu terjadi badai dan badai inilah yang mempercepat terjadi proses pantai.

Abrasi ini selain disebabkan oleh faktor alam bisa juga disebabkan karena faktor manusia, seperti contoh melakukan penambangan pasir, dikatakan demikian karena penambangan pasir begitu penting terhadap abrasi suatu pantai yang dapat menyebabkan terkurasnya pasir laut dan inilah sangat berpengaruh terhadap arah dan kecepatan arus laut karena akan menghantam pantai.

2. Faktor Penyebab Abrasi

Ada beberapa faktor yang menyebabkan terjadinya abrasi pantai diantaranya yaitu :

- a. Faktor Alam. Fenomena alam yang menyebabkan abrasi pantai yakni pasang surut air laut dan juga tiupan angin laut yang menghasilkan gelombang dan arus laut yang kuat.

- b. Penurunan Permukaan Tanah. Pengambilan air tanah yang berlebihan mengakibatkan menurunnya permukaan tanah sehingga daratan lebih rendah dari lautan. Hal ini tentu meningkatkan resiko terjadinya banjir rob akibat meluapnya air laut ke daratan.
- c. Kerusakan Hutan Mangrove. Masyarakat pesisir pantai menebang pohon mangrove untuk dijadikan pertambakan. Selain itu, kayu – kayu dari pohon mangrove juga dijual dan dijadikan pondasi bangunan. Kegiatan tersebut sangat mengganggu regenerasi dan menghambat proses suksesi hutan mangrove. Hal ini juga menyebabkan terjadinya abrasi, dan hilangnya beberapa ekosistem pulau.
- d. Kerusakan Akibat Kegiatan Manusia. Aktivitas manusia yang menjadi penyebab terjadinya abrasi pantai yaitu dalam bentuk penambangan pasir, pencemaran sampah anorganik dan penambangan terumbu karang.
- e. Perubahan Iklim Global. Perubahan iklim global atau yang sering disebut dengan pemanasan global. Meningkatnya suhu bumi menyebabkan mencairnya es di kutub. Ketika es di kutub mencair secara signifikan maka akan menyebabkan naiknya permukaan air laut sehingga akan menggerus daratan yang rendah seperti pantai.

3. Dampak Abrasi Pantai

Abrasi pantai dengan tingkat kerusakan yang cukup tinggi mempunyai dampak terhadap pelestarian lingkungan, kehidupan sosial ekonomi, dan kesehatan masyarakat pantai.

a. Dampak Terhadap Pelestarian Lingkungan

Dampak abrasi pantai terhadap lingkungan diantaranya yaitu :

- 1) Penyusutan area pantai. Menyempitnya daerah pantai adalah dampak dari erosi pantai yang paling jelas terlihat. Ombak laut yang tidak bisa diredam dan begitu keras menghantam daerah pantai membuat bebatuan dan tanah terpisah dari daratan sehingga memunculkan genangan air. Arus laut yang biasa digunakan

nelayan untuk berangkat dan pulang melaut terlihat sangat membahayakan. Gelombang ombak pantai yang biasanya memberi pemandangan dan suasana indah di pinggir pantai kemudian menjadi mengerikan. Hal tersebut tentu merugikan sektor pariwisata dan juga secara langsung membahayakan keberlangsungan hidup penduduk di sekitar pantai yang memiliki rumah atau ruang usaha.

- 2) Rusaknya hutan mangrove. Penanaman hutan mangrove yang sebenarnya ditujukan untuk menangkal dan mengurangi resiko erosi pantai juga berpotensi gagal total jika abrasi pantai sudah tidak bisa ditanggulangi. Pada umumnya hal ini terjadi saat 'musim' badai tiba, yakni saat keseimbangan ekosistem pantai sudah benar-benar rusak ataupun saat laut sudah kehilangan sebagian besar dari persediaan pasirnya. Jika hal tersebut terjadi, maka diperlukan penanganan yang lebih intensif karena keberadaan hutan mangrove masih cukup efektif untuk mengurangi resiko erosi pantai.
- 3) Hilangnya tempat berkumpul ikan perairan pantai. Terkikisnya daerah pantai yang diawali gelombang dan arus laut yang destruktif serta kegiatan penambangan terumbu karang menyebabkan ikan perairan pantai kehilangan habitatnya. Ketika kehilangan tempat hidupnya, ikan-ikan pantai akan kebingungan mencari tempat berkumpul sebab mereka tidak bisa mendiami perairan laut dalam karena adanya ancaman predator ataupun suhu yang tidak sesuai dan gelombang air laut yang terlalu besar. Akibat terburuknya dari semua hal tersebut adalah matinya ikan-ikan pantai sehingga merugikan nelayan yang mendiami daerah pantai tersebut.

b. Dampak Terhadap Sosial Ekonomi Masyarakat

Abrasi pantai berdampak pada perubahan sosial ekonomi masyarakat pesisir pantai. Masyarakat yang bermata pencaharian

sebagai petani mulai beralih kemata pencaharian lain. Air laut yang naik kedarat membuat air tanah menjadi asin dan tidak dapat digunakan untuk bercocok tanam. Selain itu, lahan pertanian yang tergenang oleh air laut tidak dapat digunakan untuk bertani lagi sehingga banyak petani yang beralih profesi menjadi nelayan. Tak sedikit pula petani yang beralih kebidang pertambakan. Semakin luasnya daerah yang terkena abrasi mengakibatkan tambak tidak dapat dipertahankan. Tambak milik penduduk seringkali gagal panen karena terjangan gelombang ombak yang besar. Kepala keluarga yang menghidupi keluarganya lewat tambak ikan kemudian beralih menjadi buruh pabrik atau buruh bangunan. Bahkan banyak pula yang akhirnya menganggur dan menggantungkan kehidupan ekonominya pada anggota keluarga yang lain.

Tingginya kebutuhan hidup memunculkan mata pencaharian baru di sektor perdagangan dan pengelolaan hutan mangrove. Perdagangan dapat menunjang pariwisata bahari di daerah pesisir. Masyarakat membuka warung- warung yang menjual makanan untuk wisatawan yang berlibur di pantai. Ada pula yang menawarkan jasa penyewaan perahu yang dapat digunakan wisatawan untuk berkeliling di sekitar hutan mangrove.

c. Dampak Terhadap Kesehatan Masyarakat

Abrasi pantai mengakibatkan air laut masuk kesumber - sumber air masyarakat pesisir pantai. Hal tersebut mempengaruhi salinitas atau tingkat kadar garam yang terlarut dalam sumber- sumber air tanah. Dampak pencemaran air tersebut yakni turunnya kualitas kesehatan masyarakat. Penurunan kualitas kesehatan tersebut dapat dilihat dari timbulnya berbagai macam penyakit yang diderita oleh masyarakat pesisir, diantaranya adalah :

- 1) Penyakit kulit. Air laut yang tercampur ke sumber- sumber air penduduk pesisir pantai sering kali tercemari oleh limbah. Padahal sumber- sumber air tersebut digunakan oleh masyarakat

pesisir pantai untuk keperluan sehari-hari seperti mandi dan mencuci. Hal tersebut tentu dapat menyebabkan penyakit kulit bagi masyarakat pesisir.

- 2) Penyakit saluran pencernaan. Air tanah yang sudah tidak sehat, apabila dikonsumsi akan menimbulkan penyakit pencernaan seperti sakit perut, disentri, diare dan lain sebagainya. Hal tersebut dapat diperparah dengan buruknya sanitasi masyarakat.
- 3) Gangguan fungsi ginjal. Indikasi gangguan fungsi ginjal pada masyarakat pesisir perlu diwaspadai mengingat sumber-sumber air yang sudah tercemari limbah.

B. Gelombang

1. Pengertian Gelombang

Gelombang dapat didefinisikan sebagai proses gerakan naik turunnya molekul air laut, membentuk puncak dan lembah pada lapisan permukaan air laut. Gelombang berasal dari tengah lautan menuju pantai. Gelombang sebenarnya merupakan gerakan naik dan turunnya air laut (penyebabnya bisa berasal dari angin ataupun gempa laut). Gesekan angin membentuk gerakan sirkulasi sehingga permukaan air menjadi naik dan turun. Menurut penyebabnya, berikut ini adalah jenis-jenis gelombang laut yaitu:

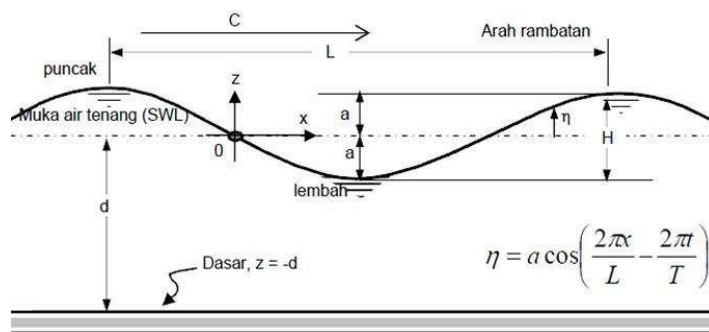
- a. Gelombang karena angin, yaitu jenis gelombang laut yang terjadi karena adanya gesekan angin di permukaan sehingga arah gelombang sesuai dengan arah angin.
- b. Gelombang karena menabrak pantai, yaitu jenis gelombang laut yang terjadi karena ketika sampai ke pantai, gelombang laut terhempas dan akhirnya pecah. Air yang pecah itu akan menjadi arus balik dan membentuk gelombang. Oleh karena itu, arah

gelombang akan berlawanan dengan arah datangnya gelombang.

- c. Gelombang laut karena gempa bumi, yaitu jenis gelombang laut yang terbentuk akibat adanya gempa di dasar laut. Gempa ini terjadi karena adanya gunung laut yang meletus atau adanya getaran atau gesekan kulit bumi di dasar laut.

2. Teori Gelombang Airy

Dalam anak sub bab ini hanya diberikan beberapa karakteristik gelombang airy yang nantinya banyak berkaitan dengan hitungan - hitungan perencanaan. Gambar 1 menunjukkan suatu gelombang yang berada pada sistem koordinat x,y . Gelombang menjalar pada arah.



Gambar 1. Definisi parameter gelombang

Beberapa notasi yang digunakan adalah :

- d : jarak antara muka air rerata dan dasar laut
- $\eta(x,t)$: fluktuasi muka air terhadap muka air diam
- a : amplitudo gelombang
- H : tinggi gelombang = $2a$
- L : panjang gelombang
- T : periode gelombang, interval waktu yang diperlukan oleh partikel air untuk kembali pada kedudukan yang sama dengan kedudukan sebelumnya.

C : kecepatan rambat gelombang = L/T

k : angka gelombang $2\pi/L$

: frekuensi gelombang $2\pi/T$

Dalam gambar tersebut gelombang bergerak dengan cepat rambat C di air dengan kedalaman d . Dalam hal ini, yang bergerak (merambat) hanya bentuk (profil) muka airnya. Tidak seperti pada aliran air disungai dimana partikel (massa) air bergerak ke arah aliran, pada gelombang partikel air bergerak dalam satu orbit tertutup sehingga tidak bergerak maju ke arah sumbu x . Suatu pelampung yang berada dilaut hanya bergerak naik turun mengikuti gelombang dan tidak berpindah (dalam arah penjalaran) dari tempatnya semula.

a. Profil Muka Air

Profil muka air merupakan fungsi ruang (x) dan waktu (t) yang mempunyai bentuk berikut ini.

$$\eta(x, t) = A \sin(kx - \omega t) \quad \text{Persamaan (1)}$$

menunjukkan bahwa fluktuasi muka air adalah periodik terhadap x dan t , dan merupakan gelombang sinusoidal dan progresif yang menjalar dalam arah sumbu x positif.

b. Cepat Rambat Dan Panjang Gelombang

Cepat rambat (C) dan panjang gelombang (L) diberikan oleh persamaan berikut ini. Dengan $k = 2\pi/L$. Jika kedalaman air dan periode gelombang diketahui, maka dengan cara coba-banding (iterasi) akan didapat panjang gelombang (L).

c. Klasifikasi Gelombang Menurut Kedalaman Relatif

Berdasarkan kedalaman relatif, yaitu perbandingan antara kedalaman air (d) dan panjang gelombang (L), (d/L) gelombang dapat diklasifikasikan menjadi tiga macam yaitu :

- 1) Gelombang dilaut dangkal. Jika $d/L < 1/20$
- 2) Gelombang dilaut transisi. Jika $1/20 < d/L < 1/2$
- 3) Gelombang dilaut dalam. Jika $d/L > 1/2$

Klasifikasi ini dilakukan untuk menyederhanakan rumus – rumus gelombang. Apabila kedalaman relatif $d/L \geq 0,5$, nilai $\tanh(2\pi d/L) = 1,0$ sehingga persamaan (4) dan (5) menjadi (untuk $g = 9,81 \text{ m/d}^2$) : () Indeks 0 menunjukkan nilai – nilai tersebut adalah untuk kondisi dilaut dalam. Dilaut dalam, cepat rambat dan panjang gelombang hanya tergantung pada periode gelombang. Apabila kedalaman relatif $d/L < 1/20$ nilai $\tanh(2\pi d/L) = 0$ Dilaut dangkal cepat rambat gelombang hanya tergantung pada kedalaman. Untuk gelombang dilaut transisi, yaitu apabila $1/20 < d/L < 1/2$, cepat rambat dan panjang gelombang dihitung dengan persamaan (6) dan (7). Terdapat hubungan antara panjang gelombang dilaut dalam dan disuatu lokasi yang ditinjau, yaitu :

Persamaan (8) dapat digunakan untuk menghitung panjang gelombang disetiap kedalaman, apabila panjang gelombang dilaut dalam diketahui. Penyelesaian persamaan (8) sangat sulit karena diperlukan iterasi yang panjang. Untuk memudahkan perhitungan telah dibuat tabel yang disusun berdasarkan persamaan tersebut. Dalam tabel tersebut juga diberikan beberapa fungsi yang akan banyak digunakan dalam hitungan gelombang.

d. Energi Dan Tenaga Gelombang

Energi total gelombang adalah jumlah dari energi kinetik dan energi potensial gelombang. Energi kinetik adalah energi yang disebabkan oleh kecepatan partikel air karena adanya gerakan gelombang. Energi potensial adalah energi yang dihasilkan oleh perpindahan muka air karena adanya gelombang. Tenaga gelombang adalah energi gelombang tiap satu satuan waktu yang menjalar dalam

3. Gelombang Laut Dalam Ekuivalen

Analisa transformasi gelombang sering dilakukan dengan konsep gelombang laut dalam ekuivalen. Pemakaian gelombang ini bertujuan untuk menetapkan tinggi gelombang yang mengalami refraksi, difraksi, dan transformasi lainnya, sehingga perkiraan transformasi dan deformasi

gelombang dapat dilakukan dengan lebih mudah. Tinggi gelombang laut dalam ekivalen diberikan oleh bentuk

Dengan :

H'_0 : tinggi gelombang laut dalam ekivalen

H_0 : tinggi gelombang laut dalam

K_r : koefisien refraksi

Konsep tinggi gelombang laut dalam ekivalen ini digunakan dalam analisis gelombang pecah, kenaikan (*run up*) gelombang, limpasan gelombang, dan proses lain.

4. Gelombang Pecah

Jika gelombang menjalar dari tempat yang dalam menuju ketempat yang makin lama makin dangkal, pada suatu lokasi tertentu gelombang tersebut akan pecah. Kondisi gelombang pecah tergantung pada kemiringan dasar pantai dan kecuraman gelombang.

Dengan :

H_b : tinggi gelombang pecah

H'_0 : tinggi gelombang laut dalam ekivalen

L_0 : panjang gelombang

dilaut dalam d_b : kedalaman

gelombang pecah

m : kemiringan dasar laut

g : percepatan gravitasi (9,81

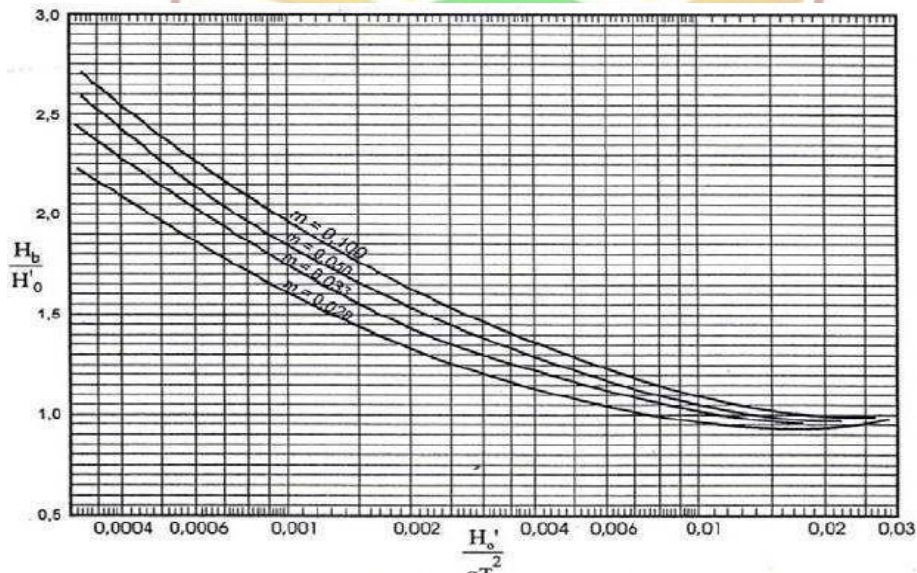
m/dtk^2) T : periode gelombang

Sudut datang gelombang pecah dihitung berdasarkan analisis refraksi pada kedalaman dimana terjadi gelombang pecah. Penelitian yang dilakukan oleh Iversen, Galvin, dan Goda (dalam SPM, 1984)

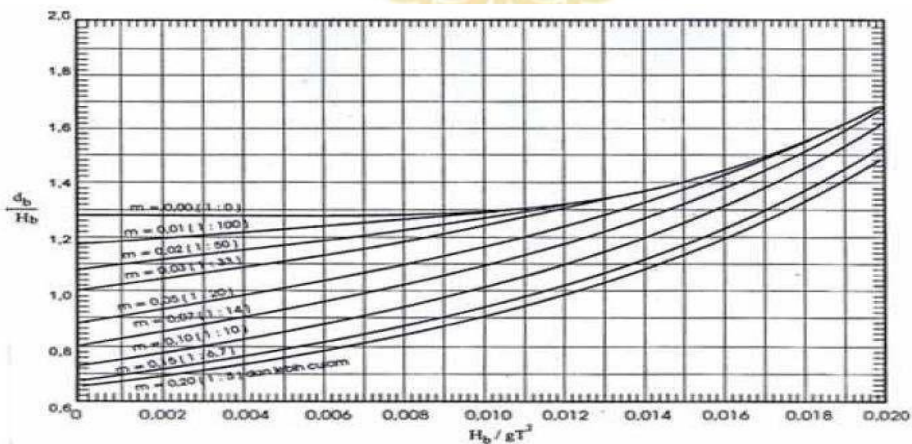
menunjukkan bahwa H_b/H_0 dan d_b/H_b tergantung pada kemiringan dasar pantai dan kemiringan gelombang datang. Gambar (6) adalah grafik yang dibuat oleh Goda yang memberikan hubungan antara H_b/H'_0 dan H'_0/gT^2 untuk berbagai kemiringan dasar pantai. Sedangkan

Gambar (7) adalah hasil penelitian Weigel yang memberikan hubungan anantara

d_b/H_b dan H_b/gT^2 untuk berbagai kemiringan dasar pantai. Gambar 2 dan 3 disarankan untuk digunakan dalam hitungan tinggi dan kedalaman gelombang pecah.



Gambar 2. Penentuan tinggi gelombang pecah



Gambar 3. Penentuan kedalaman gelombang pecah

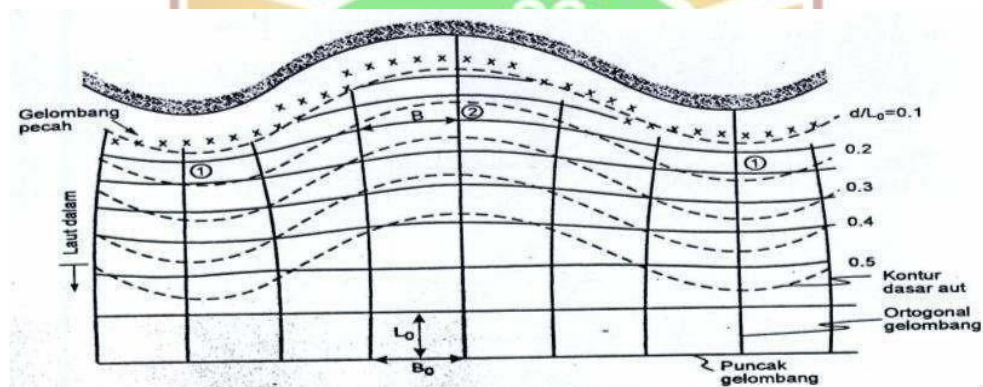
Gelombang pecah dapat dibedakan menjadi :

- a. *Spilling* terjadi apabila gelombang dengan kemiringan yang kecil menuju kepantai yang datar, gelombang mulai pecah pada jarak yang cukup jauh dari pantai dan pecahnya berangsur – angsur.
- b. *Plunging* terjadi apabila kemiringan gelombang dan dasar laut bertambah, gelombang akan pecah dan puncak gelombang akan memutar dengan masa air pada puncak gelombang akan terjun kedepan.
- c. *Surging* terjadi pada pantai dengan kemiringan yang cukup besar seperti yang terjadi pada pantai yang berkarang, daerah gelombang pecah sangat sempit dan energi dipantulkan kembali kelaut dalam.

5. Refraksi Gelombang

Refraksi terjadi karena adanya pengaruh perubahan kedalaman laut. Didaerah dimana kedalaman air lebih besar dari setengah panjang gelombang, $d/L_0 > 0,5$ yaitu dilaut dalam, gelombang menjalar tanpa dipengaruhi dasar laut. Tetapi dilaut transisi dan dangkal, dasar laut mempengaruhi gelombang. Didaerah ini, apabila ditinjau suatu garis puncak gelombang, bagian dari puncak gelombang yang berada diair yang lebih dangkal akan menjalar dengan kecepatan yang lebih kecil dari pada bagian diair yang lebih dalam. Akibatnya garis puncak gelombang akan membelok dan berusaha untuk sejajar dengan garis kedalaman laut. Garis ortogonal gelombang, akan membelok dan berusaha untuk sejajar dengan garis kedalaman laut. Garis ortogonal gelombang, yaitu garis yang tegak lurus dengan garis puncak gelombang dan menunjukkan arah penjalaran gelombang, juga akan membelok dan berusaha untuk menuju tegak lurus dengan garis kontur dasar laut.

Gambar 4 menunjukkan contoh refraksi gelombang didaerah pantai yang mempunyai garis kontur dasar laut dan garis pantai yang tidak teratur. Suatu deretan gelombang dilaut dalam mempunyai panjang gelombang L_0 dan garis puncak gelombang sejajar bergerak menuju pantai. Setelah melewati kontur dengan kedalaman relatif $d/L_0 < 0,5$ garis puncak gelombang yang semula lurus berubah bentuk dan berusaha untuk sejajar dengan garis kontur dan garis pantai. Garis ortogonal gelombang membelok dalam arah menuju tegak lurus garis kontur. Pada lokasi 1 garis ortogonal gelombang mengucup sedang dilokasi 2 garis ortogonal gelombang menyebar.



Gambar 4. Refraksi Gelombang

Proses refraksi gelombang adalah sama dengan refraksi cahaya yang terjadi karena cahaya melintasi dua media perantara berbeda. Dengan persamaan tersebut maka pemakaian hukum snell pada optik dapat digunakan untuk menyelesaikan masalah refraksi gelombang yang disebabkan karena perubahan kedalaman.

Dipandang suatu deretan gelombang yang menjalar dari laut dengan kedalaman d_0 menuju kedalaman d_1 dengan perubahan kedalaman mendadak (seperti anak tangga) dan dianggap tidak ada refleksi gelombang pada perubahan tersebut. Karena adanya perubahan kedalaman maka cepat rambat dan panjang gelombang berkurang dari C_0 dan L_0 menjadi C_1 dan L_1 sesuai dengan hukum snell berikut Dengan :

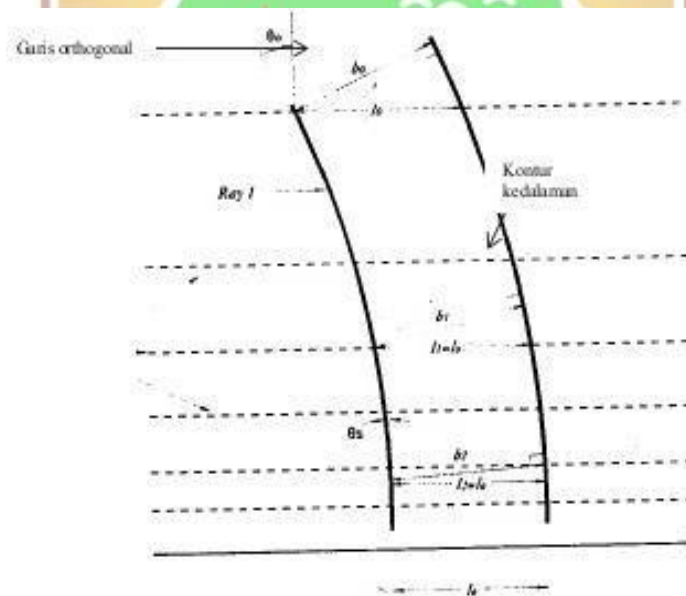
α_0 = sudut antara garis puncak gelombang dengan kontur dasar
dimana gelombang melintas

α_1 = sudut yang sama yang diukur saat garis puncak gelombang
melintasi kontur dasar berikutnya

C_0 = kecepatan gelombang pada kedalaman dikontur pertama

C_1 = kecepatan gelombang pada kedalaman dikontur berikutnya

Seperti terlihat pada gambar 5 jarak antara ortogonal dilaut dalam dan dititik 1 adalah b_0 dan b_1 . Apabila kontur dasar laut adalah lurus dan sejajar maka jarak x titik 0 dan 1 adalah sama sehingga :



Gambar 5. Refraksi Gelombang Pada Kontur Lurus dan Sejajar

C. Pembangkitan Gelombang

Angin yang berhembus diatas permukaan air yang semula tenang, akan menyebabkan gangguan pada permukaan tersebut, dengan timbulnya riak gelombang kecil. Apabila kecepatan angin bertambah, riak tersebut menjadi semakin besar, dan apabila angin berhembus terus akhirnya akan terbentuk gelombang. Semakin lama dan semakin kuat angin berehembus, semakin besar gelombang yang terbentuk. Tinggi dan periode gelombang

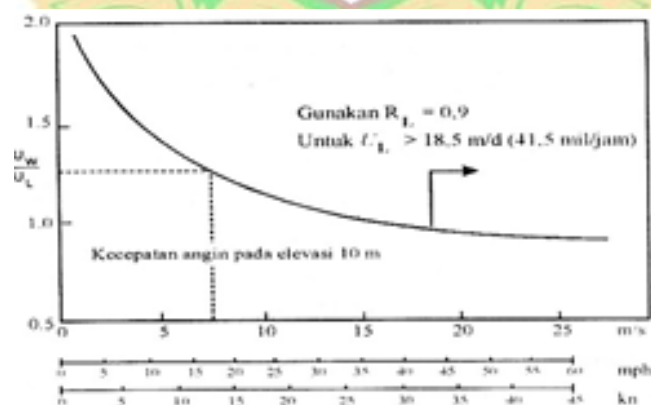
yang dibangkitkan dipengaruhi oleh kecepatan angin U_w , lama hembus angin D , dan fetch F yaitu panjang permukaan laut pada mana angin berhembus.

Didalam pembangkitan gelombang, perlu diketahui beberapa parameter berikut ini :

- Kecepatan rerata angin U_w dipermukaan air.
- Arah angin.
- Panjang daerah pembangkitan gelombang dimana angin mempunyai kecepatan dan arah konstan (*fetch*)
- Lama hembusan angin pada fetch

1. Konversi Kecepatan Angin

Biasanya pengukuran angin dilakukan di daratan, padahal rumus-rumus pembangkitan gelombang data angin yang digunakan adalah yang ada di atas permukaan laut. Oleh karena itu diperlukan transformasi dari data angin di lokasi stasiun angin ke data angin di atas permukaan laut. Hubungan antara angin di atas laut dan angin di atas daratan terdekat diberikan oleh $R = U_N / U_L$, seperti diperlihatkan pada Gambar 6.



Gamabat 6. Hubungan kecepatan angin dilaut dan didarat

Dengan memasukkan nilai kecepatan angin terkoresi (U) pada

Gambar (6) maka akan didapat R_L . Kecepatan angin harus dikonversikan menjadi faktor tegangan angin (U_A). Faktor tegangan angin berdasarkan kecepatan angin dilaut (U_w), yang telah dikoreksi terhadap data kecepatan angin didarat (U_L).

Rumus faktor tegangan angin berdasarkan kecepatan angin dilaut adalah sebagai berikut :

Dimana :

U_w : kecepatan angin dilaut

U : kecepatan angin terkoreksi (knot)

U_A : faktor tegangan angin

2. Fetch

Fetch adalah jarak seret gelombang. Didalam tinjauan pembangkitan gelombang dilaut, fetch dibatasi oleh bentuk daratan yang mengelilingi laut. Didaerah 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 oleh persamaan berikut ini : Dengan :

F_{eff} : fetch rerata efektif

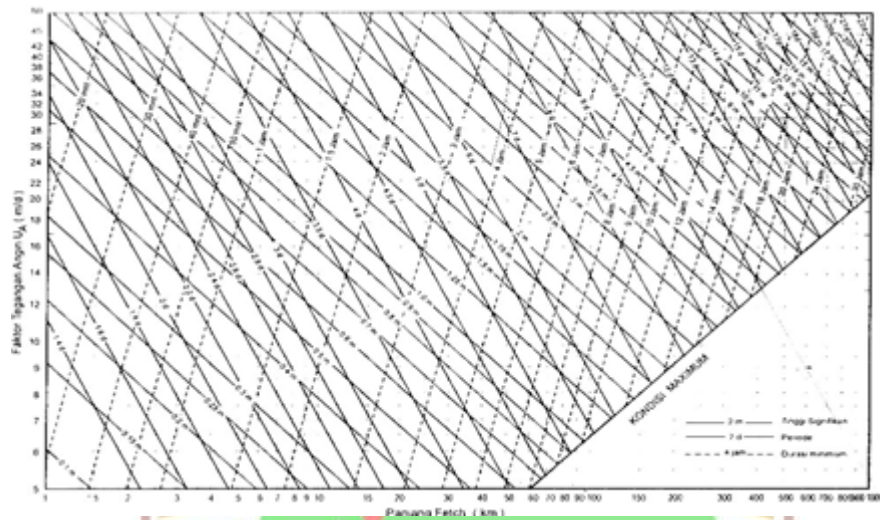
X_i : panjang segmen fetch yang diukur dari titik observasi gelombang keujung akhir fetch

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

3. Peramalan Gelombang

Peramalan gelombang berdasarkan pada kecepatan angin lama

hembus angin, dan fetch. Dari data angin dan fetch gelombang akan di dapat jenis, tinggi, dan periode gelombang yang ada didaerah pantai. Dari grafik peramalan gelombang tinggi, durasi, dan periode gelombang dapat diketahui.



Gamabar 7. Grafik peramalan gelombang (SPM, 1984)

D. Arus Dekat Pantai

Longshore current (arus panjang pantai) ditimbulkan oleh gelombang yang pecah dengan membentuk sudut terhadap garis pantai. Arus ini terjadi didaerah antara gelombang pecah dan garis pantai parameter yang penting dalam menentukan arus disepanjang pantai adalah tinggi dan sudut datang gelombang pecah. Arus sepanjang pantai yang ditimbulkan membentuk sudut terhadap garis

pantai. Kecepatan arus sepanjang pantai dapat dihitung dengan persamaan sebagai

Dimana :

V : kecepatan arus sepanjang pantai

g : percepatan gravitasi ($9,81 \text{ m/dtk}^2$)

H_b : tinggi gelombang pecah

α_b : sudut datang gelombang pecah

E. Fluktuasi Muka Air Laut

1. Pasang Surut

a. Pasang surut harian ganda (*semi diurnal tide*)

Dalam satu hari terjadi dua kali air pasang dan dua kali air surut dengan tinggi yang hampir sama dan pasang surut terjadi secara berurutan secara teratur. Periode pasang surut rata – rata adalah 12 jam 24 menit. Pasang surut jenis ini terdapat diselat Malaka sampai laut Andaman.

b. Pasang surut harian tunggal (*diurnal tide*)

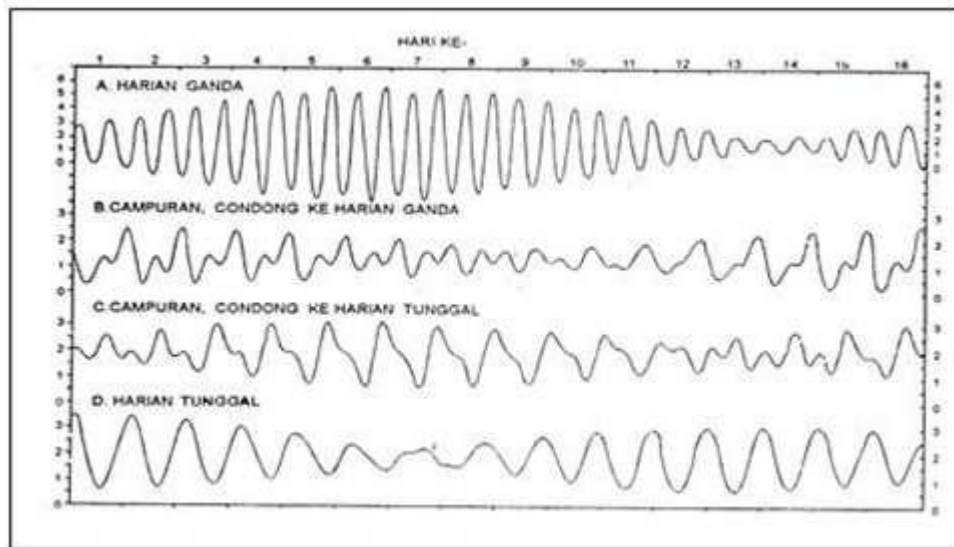
Dalam satu hari terjadi satu kali air pasang dan satu kali air surut. Periode pasang surut adalah 24 jam 50 menit. Pasang surut tipe ini terjadi diperairan selat Karimata.

c. Pasang surut campuran condong keharian ganda (*mixed tide prevailing semi diurnal*)

Dalam satu hari terjadi dua kali air pasang dan dua kali air surut, tetapi tinggi dan periodenya berbeda. Pasang surut tipe ini banyak terjadi diperairan Indonesia Timur.

d. Pasang surut campuran condong keharian tunggal (*mixed tide prevailing diurnal*)

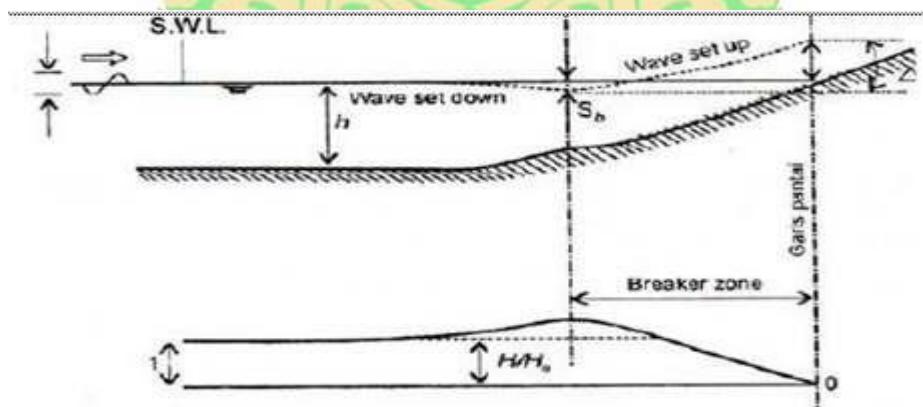
Pada tipe ini dalam satu hari terjadi satu kali air pasang dan satu kali air surut, tetapi kadang – kadang untuk sementara waktu terjadi dua kali pasang dan dua kali surut dengan tinggi dan periode yang sangat berbeda. Pasang surut terdapat di laut pantai Bengkulu.



Gambar 8. Tipe pasang surut (Ippen, A.T. 1966)

2. Kenaikan Muka Air Karena Gelombang

Gelombang yang datang dari laut menuju pantai menyebabkan fluktuasi muka air didaerah pantai terhadap muka air diam. Pada waktu gelombang pecah akan terjadi penurunan elevasi muka air rerata terhadap elevasi muka air diam disekitar lokasi gelombang pecah. Kemudian dari titik dimana gelombang pecah permukaan air rerata miring keatas kearah pantai. Turunnya muka air tersebut dikenal dengan *wave set-down*, sedangkan naiknya muka air disebut *wet set-up*. Seperti ditunjukkan pada Gambar.



Gambar 9. Wave set-up dan set-down

Kedalaman air minimum dilokasi gelombang pecah pada saat *wave set-down* adalah d_b . Perbedaan elevasi muka air rerata dan muka air diam di titik tersebut adalah S_b . Setelah itu muka air naik dan memotong garis pantai. Perbedaan elevasi muka air antara kedua titik adalah *wet set-up* antara daerah gelombang pecah dan dan pantai yang diberi notasi ΔS . *Wet set-up* terhadap muka air diam. S_w adalah perbedaan antara ΔS dan S_b .

Wet set-up dipantai dapat dihitung dengan menggunakan teori Loguet-Higgins

dan Stewart (1963, dalam CERC, 1984). Besar *wave set-down* didaerah gelombang pecah diberikan oleh : Dengan :

S_b : set-down didaerah gelombang pecah

T : periode gelombang

H'_0 : tinggi gelombang laut dalam

ekivalen d_0 : kedalaman

gelombang pecah

g : percepatan gravitasi

Wave set-up dipantai diberikan oleh bentuk berikut : Longuet-Higgins dan Stewart melakukan analisa data hasil percobaan yang dilakukan oleh Saville (1961, dalam SPM, 1984) dan hasilnya adalah $\Delta S = 0,15 d_b$. Dengan menganggap bahwa $d_b = 1,28 H_b$ maka :

3. Kenaikan Muka Air Karena Angin

Angin dengan kecepatan besar yang terjadi diatas permukaan laut bisa membangkitkan fluktuasi muka air yang besar disepanjang pantai. Penentuan elevasi muka air rencana selama terjadinya badai adalah sangat kompleks yang dipengaruhi interaksi antara angin dan air, perbedaan tekanan atmosfer dan beberapa parameter lainnya. Perbedaan tekanan atmosfer selalu berkaitan dengan perubahan arah dan kecepatan angin.

Angintersebut yang menyebabkan fluktuasi muka air laut.

Besar perubahan elevasi muka air tergantung pada kecepatan angin, fetch, kedalaman air, dan kemiringan dasar. Fetch adalah panjang daerah diatas mana angin berhembus dengan kecepatan dan arah konstan. Selain itu, konfigurasi pantai juga menjadi faktor penting. Kenaikan muka air dipantai yang berbentuk corong seperti teluk, estuari (muara sungai), akan lebih besar dibandingkan dengan yang dipantai yang lurus, karena massa air yang terdorong oleh angin akan bergerak terpusat pada ujung corong. Kenaikan muka air dapat menyebabkan genangan yang luas didaratan. Penurunan muka air yang cepat karena badai dapat menyebabkan kerusakan (abrasi) karena sapuan air dari genangan kembali kelaut.

Gelombang badai biasanya terjadi dalam waktu yang bersamaan dengan proses alam lainnya seperti pasang surut. Besarnya kenaikan muka air karena badai dapat diketahui dengan memisahkan hasil pengukuran muka air laut selama terjadi badai dengan fluktuasi muka air laut karena pasang surut. Kenaikan elevasi muka air karena badai dapat dihitung dengan persamaan berikut : Dengan :

Δh : kenaikan elevasi muka air karena badai (m)

F : panjang *fetch* (m)

i : kemiringan

muka air c :

kostanta $3,5 \times 10^{-6}$

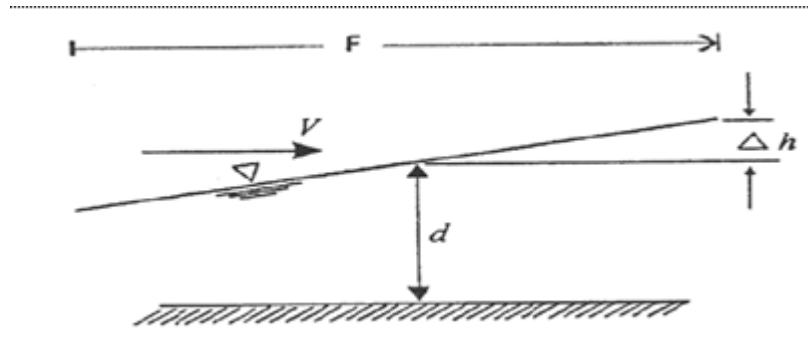
V : kecepatan angin (m/dtk)

d : kedalaman air (m)

g : percepatan gravitasi (9,81 m/dtk²)

Didalam memperhitungkan *wind set-up* didaerah pantai dinanggap bahwa laut dibatasi oleh sisi (pantai) yang impermeabel,

dan hitungan dilakukan untuk kondisi dalam arah tegak lurus pantai. apabila arah angin dan fetch membentuk sudut terhadap garis pantai, maka yang diperhitungkan adalah komponen tegak lurus pantai.



Gambar 10. Muka air laut karena badai

4. Elevasi Muka Air Laut Rencana

Elevasi muka air laut rencana merupakan parameter sangat penting didalam perencanaan bangunan pantai. Elevasi tersebut merupakan penjumlahan dari beberapa parameter yaitu pasang surut, wave set-up, wind set-up, dan kenaikan muka air karena perubahan suhu global. Tsunami tidak diperhitungkan mengingat kejadiannya sangat jarang. Apabila tsunami diperhitungkan, akan menyebabkan bangunan menjadi sangat besar, sementara terjadinya belum tentu 100 atau 200 tahun sekali. Di Indonesia sangat jarang terjadi badai, sehingga sering pengaruh wind set-up tidak diperhitungkan dalam menentukan elevasi muka air laut rencana.

BAB III

METODE PENELITIAN

A. Lokasi dan waktu Penelitian

1. Lokasi Penelitian

Penelitian dilakukan di daerah Pantai panjang kota Bengkulu. Pantai ini terletak di bagian barat Sulawesi Tenggara, dengan panjang $\pm 5,492$ km yang memanjang dari utara keselatan dan berada diantara $3^{\circ} 30' 00'' - 3^{\circ} 40' 00''$ LS dan membentang dari barat ketimur diantara $120^{\circ} 55' 00'' - 212^{\circ} 5' 00''$ BT.



2. Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan selama 3 (tiga) bulan, yaitu dari bulan Agustus 2017 sampai pada bulan Oktober 2017. Dimana pada bulan pertama melakukan pengumpulan data, dilanjutkan pada bulan kedua yaitu analisa data, dan pada bulan ketiga adalah proses penyelesaian penelitian.

B. Alat dan Bahan

Adapun alat dan bahan yang digunakan dalam menunjang penelitian adalah sebagai berikut :

1) Alat

Alat yang digunakan yaitu :

- (a) Kertas dan alat tulis untuk mencatat pengambilan data
- (b) Kamera yang berfungsi untuk menagmbil dokumentasi penelitian

2) Bahan

Bahan yang digunakan yaitu :

- (a) Buku – buku penunjang yang menyangkut dengan penelitian
- (b) Data – data berupa ; data angin, data gelombang, data pasang surut, dan peta bathimetri. (Sumber BMKG).

C. Jenis Penelitian dan Sumber Data

1) Jenis Penelitian

Jenis penelitian yang digunakan adalah studi kasus, dimana didalamnya peneliti menyelidiki secara cermat suatu peristiwa, aktivitas, atau proses. Kasus – kasus dibatasi oleh waktu dan aktivitas, dan peneliti mengumpulkan informasi secara lengkap dengan menggunakan berbagai prosedur pengumpulan data berdasarkan waktu yang telah ditentukan.

2) Sumber Data

Pada penelitian ini akan menggunakan 2 (dua) sumber data antara lain sebagai berikut :

- (a) Data primer yaitu data yang diperoleh dari hasil wawancara mendalam dengan toko masyarakat sekitar dan narasumber terpilih.
- (b) Data sekunder yaitu data yang diperoleh dari literatur dan hasil penelitian yang sudah ada sebelumnya.

D. Variabel yang Diteliti

Pada penelitian ini akan menggunakan 2 (dua) variabel yaitu :

- 1) Variabel Bebas atau Variabel Penyebab (*Independent Variable*)
 - (a) Periode gelombang (T)
 - (b) Tinggi gelombang (H)

- (c) Kecepatan angin (V)
- 2) Variabel Terikat atau Varia Tergantung (*Defendent Variable*)
 - (a) Panjang Gelombang (L)
 - (b) Cepat Rambat Gelombang (C)
 - (c) Koefesien Refraksi (K_r)

E. Pengumpulan Data

Untuk menunjang permasalahan dilokasi penelitian perlu dilakukan pengumpulan data yang meliputi :

1. Data Angin

Data angin yang ada berguna dalam menentukan distribusi arah angin dominan dan kecepatan angin yang terjadi dilokasi. Data angin yang digunakan didapat dari Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) Kota Bengkulu berupa data angin 2016

2. Data Gelombang

Dalam penelitian ini tidak dilakukan pengukuran gelombang karena bila dilakukan pengukuran gelombang dalam waktu yang pendek, kurang dapat mewakili gelombang yang ada di lapangan. Untuk itu dilakukan peramalan tinggi dan periode gelombang berdasarkan data angin yang ada.

3. Data Pasang Surut

Data pasang surut yang digunakan adalah data hasil pengamatan langsung di lokasi penelitian, yang dilakukan selama 29 hari. Data pasang surut diperlukan untuk menentukan elevasi *HHWL*, *MHWL*, *MSL*, *MLWL*, dan *LLWL*, yang digunakan dalam perencanaan dimensi bangunan pantai.

4. Peta Bathimetri

Peta bathimetri sendiri dapat diartikan Peta yang menggambarkan bentuk konfigurasi dasar laut dinyatakan dengan angka-angka kedalaman dan garis-garis kedalaman. Dari peta bathimetri dapat diketahui kedalaman dasar laut dilokasi. Kedalaman dasar laut ini digunakan untuk menentukan

kondisi bangunan pengaman pantai. Data bathimetri juga digunakan untuk menghitung refraksi gelombang yang terjadi dan kedalaman gelombang pecah pada dasar laut.

F. Analisa Data

1. Data Angin

Pengolahan data angin dalam penelitian ini menggunakan software WR -Plot yang dipakai untuk membuat mawar angin dimana mawar angin ini digunakan untuk mengetahui arah datang gelombang. Dimana WR-Plot itu sendiri adalah program yang memiliki kemampuan untuk mempresentasikan data kecepatan angin sebagai data meteorologi.

2. Data Pasang Surut

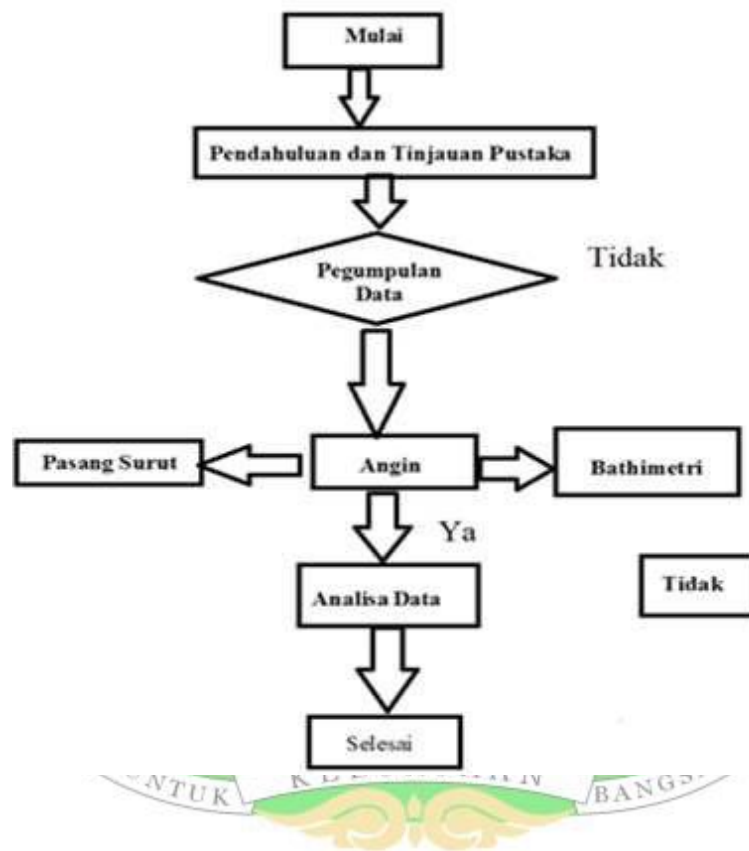
Analisa pasang surut pada penelitian ini menggunakan *Metode Admiralty*. Penggunaan *Metode Admiralty* diterapkan pada panjang data 15 – 29 pintaan dengan interval waktu pengamatan selama satu jam. Dengan metode ini ada sembilan komponen pasang surut yang dapat diturunkan. Metode kuadrat terkecil didasarkan pada penentuan tinggi muka air model yang memberikan kuadrat kesalahan terhadap tinggi muka pengamatan yang minimum.

3. Peramalan Gelombang

Prediksi tinggi gelombang (H), periode gelombang (T), dan panjang gelombang diperoleh dari hubungan fetch dan kecepatan angin tertinggi. Dengan menggunakan grafik peramalan gelombang tinggi dan periode gelombang dapat diketahui. Peramalan gelombang dilakukan karena tidak adanya alat yang dapat digunakan untuk mengukur tinggi dan periode gelombang maka dilakukan peramalan gelombang dengan menggunakan grafik peramalan gelombang berdasarkan data angin yang ada. Disamping itu sulitnya mencari alat untuk menghitung tinggi dan periode gelombang itu sendiri.

G. Prosedur Penelitian

Secara garis besar prosedur penelitian ini akan digambarkan pada flowchart berikut ini.




BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Analisis Pasang Surut

Hasil pengamatan pasang surut 29 hari dengan interval waktu 1 jam, dengan pembacaan elevasi muka air berdasarkan acuan titik nol adalah titik nol rambu pasang surut (*peilschaal*), sebagai mana disajikan dalam tabel 1 berikut ini.

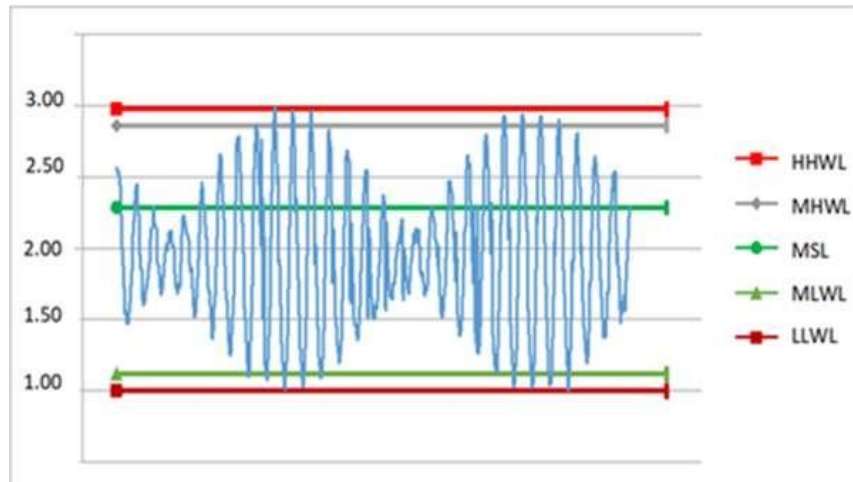
Tabel 1. Data pengamatan pasang surut selama 29 hari



| Hari | Tanggal | Waktu (Jam) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|------|-----------|-------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | | 0:00 | 1:00 | 2:00 | 3:00 | 4:00 | 5:00 | 6:00 | 7:00 | 8:00 | 9:00 | 10:00 | 11:00 | 12:00 | 13:00 | 14:00 | 15:00 | 16:00 | 17:00 | 18:00 | 19:00 | 20:00 | 21:00 | 22:00 | 23:00 |
| 1 | 01-Jun-19 | 2,01 | 2,07 | 2,06 | 2,01 | 1,91 | 1,79 | 1,65 | 1,52 | 1,39 | 1,26 | 1,15 | 1,06 | 1,00 | 0,97 | 0,95 | 0,98 | 1,01 | 1,07 | 1,16 | 1,27 | 1,40 | 1,53 | 1,65 | 1,75 |
| 2 | 01-Jun-19 | 1,82 | 1,88 | 1,9 | 1,88 | 1,81 | 1,71 | 1,60 | 1,49 | 1,39 | 1,30 | 1,22 | 1,16 | 1,12 | 1,11 | 1,13 | 1,17 | 1,20 | 1,24 | 1,28 | 1,34 | 1,41 | 1,5 | 1,57 | 1,63 |
| 3 | 01-Jun-19 | 1,67 | 1,70 | 1,72 | 1,71 | 1,68 | 1,6 | 1,5 | 1,40 | 1,33 | 1,27 | 1,23 | 1,21 | 1,2 | 1,22 | 1,27 | 1,34 | 1,4 | 1,45 | 1,47 | 1,49 | 1,51 | 1,54 | 1,57 | 1,58 |
| 4 | 01-Jun-19 | 1,58 | 1,56 | 1,55 | 1,54 | 1,51 | 1,46 | 1,38 | 1,29 | 1,21 | 1,18 | 1,17 | 1,19 | 1,22 | 1,28 | 1,36 | 1,46 | 1,57 | 1,65 | 1,69 | 1,69 | 1,67 | 1,65 | 1,64 | 1,61 |
| 5 | 01-Jun-19 | 1,56 | 1,5 | 1,44 | 1,39 | 1,36 | 1,31 | 1,24 | 1,16 | 1,08 | 1,04 | 1,05 | 1,10 | 1,17 | 1,26 | 1,38 | 1,52 | 1,67 | 1,81 | 1,89 | 1,91 | 1,88 | 1,83 | 1,77 | 1,70 |
| 6 | 01-Jun-19 | 1,61 | 1,51 | 1,40 | 1,30 | 1,24 | 1,18 | 1,12 | 1,03 | 0,95 | 0,90 | 0,90 | 0,96 | 1,06 | 1,19 | 1,33 | 1,5 | 1,7 | 1,88 | 2,03 | 2,10 | 2,10 | 2,03 | 1,95 | 1,84 |
| 7 | 01-Jun-19 | 1,73 | 1,59 | 1,44 | 1,29 | 1,17 | 1,09 | 1,01 | 0,93 | 0,85 | 0,77 | 0,75 | 0,80 | 0,90 | 1,05 | 1,23 | 1,43 | 1,64 | 1,87 | 2,08 | 2,22 | 2,27 | 2,23 | 2,14 | 2,02 |
| 8 | 01-Jun-19 | 1,88 | 1,73 | 1,69 | 1,64 | 1,19 | 1,06 | 0,96 | 0,87 | 0,78 | 0,69 | 0,64 | 0,65 | 0,74 | 0,89 | 1,08 | 1,3 | 1,53 | 1,79 | 2,04 | 2,24 | 2,36 | 2,38 | 2,32 | 2,2 |
| 9 | 01-Jun-19 | 2,05 | 1,88 | 1,55 | 1,53 | 1,28 | 1,10 | 0,96 | 0,85 | 0,75 | 0,66 | 0,58 | 0,56 | 0,61 | 0,73 | 0,92 | 1,14 | 1,38 | 1,64 | 1,92 | 2,17 | 2,35 | 2,45 | 2,43 | 2,34 |
| 10 | 01-Jun-19 | 2,21 | 2,04 | 1,99 | 1,42 | 1,41 | 1,2 | 1,02 | 0,88 | 0,77 | 0,67 | 0,59 | 0,53 | 0,54 | 0,62 | 0,78 | 0,98 | 1,22 | 1,48 | 1,75 | 2,02 | 2,25 | 2,41 | 2,46 | 2,45 |
| 11 | 01-Jun-19 | 2,32 | 2,17 | 1,85 | 1,8 | 1,57 | 1,34 | 1,13 | 0,96 | 0,83 | 0,73 | 0,64 | 0,57 | 0,54 | 0,57 | 0,69 | 0,86 | 1,07 | 1,31 | 1,57 | 1,83 | 2,08 | 2,28 | 2,4 | 2,42 |
| 12 | 01-Jun-19 | 2,36 | 2,24 | 2,09 | 1,83 | 1,41 | 1,49 | 1,27 | 1,09 | 0,93 | 0,82 | 0,73 | 0,66 | 0,61 | 0,61 | 0,67 | 0,8 | 0,97 | 1,18 | 1,41 | 1,64 | 1,88 | 2,09 | 2,24 | 2,33 |
| 13 | 01-Jun-19 | 2,32 | 2,25 | 2,13 | 1,71 | 1,25 | 1,60 | 1,41 | 1,22 | 1,06 | 0,94 | 0,84 | 0,78 | 0,73 | 0,71 | 0,74 | 0,81 | 0,94 | 1,11 | 1,29 | 1,49 | 1,69 | 1,88 | 2,04 | 2,16 |
| 14 | 01-Jun-19 | 2,20 | 2,18 | 2,1 | 1,57 | 1,12 | 1,67 | 1,5 | 1,33 | 1,18 | 1,06 | 0,97 | 0,91 | 0,88 | 0,86 | 0,87 | 0,91 | 0,99 | 1,11 | 1,25 | 1,4 | 1,55 | 1,70 | 1,84 | 1,95 |
| 15 | 01-Jun-19 | 2,02 | 2,04 | 2,00 | 1,18 | 1,04 | 1,66 | 1,53 | 1,39 | 1,27 | 1,16 | 1,08 | 1,04 | 1,02 | 1,02 | 1,04 | 1,08 | 1,12 | 1,19 | 1,28 | 1,38 | 1,49 | 1,59 | 1,68 | 1,76 |
| 16 | 01-Jun-19 | 1,82 | 1,85 | 1,84 | 1,16 | 1,05 | 1,6 | 1,49 | 1,39 | 1,3 | 1,23 | 1,17 | 1,14 | 1,14 | 1,17 | 1,22 | 1,26 | 1,3 | 1,34 | 1,39 | 1,44 | 1,5 | 1,55 | 1,59 | 1,62 |
| 17 | 01-Jun-19 | 1,64 | 1,65 | 1,65 | 1,22 | 1,13 | 1,49 | 1,4 | 1,32 | 1,26 | 1,23 | 1,21 | 1,2 | 1,23 | 1,28 | 1,36 | 1,44 | 1,5 | 1,54 | 1,56 | 1,57 | 1,58 | 1,59 | 1,58 | 1,56 |
| 18 | 01-Jun-19 | 1,52 | 1,49 | 1,47 | 1,34 | 1,27 | 1,35 | 1,27 | 1,21 | 1,17 | 1,16 | 1,17 | 1,21 | 1,26 | 1,34 | 1,45 | 1,57 | 1,68 | 1,75 | 1,77 | 1,76 | 1,73 | 1,7 | 1,65 | 1,58 |
| 19 | 01-Jun-19 | 1,50 | 1,41 | 1,34 | 1,5 | 1,49 | 1,2 | 1,13 | 1,07 | 1,03 | 1,03 | 1,08 | 1,15 | 1,24 | 1,35 | 1,48 | 1,64 | 1,79 | 1,91 | 1,97 | 1,97 | 1,92 | 1,86 | 1,78 | 1,67 |
| 20 | 01-Jun-19 | 1,55 | 1,41 | 1,28 | 1,65 | 1,57 | 1,06 | 1,00 | 0,93 | 0,88 | 0,88 | 0,93 | 1,03 | 1,15 | 1,29 | 1,46 | 1,64 | 1,68 | 2,01 | 2,12 | 2,16 | 2,12 | 2,04 | 1,94 | 1,82 |
| 21 | 01-Jun-19 | 1,67 | 1,49 | 1,32 | 1,77 | 1,65 | 0,96 | 0,89 | 0,82 | 0,76 | 0,74 | 0,77 | 0,87 | 1,02 | 1,19 | 1,37 | 1,58 | 1,79 | 2,02 | 2,19 | 2,29 | 2,29 | 2,23 | 2,11 | 1,98 |
| 22 | 01-Jun-19 | 1,82 | 1,63 | 1,42 | 1,87 | 1,68 | 0,92 | 0,83 | 0,75 | 0,68 | 0,63 | 0,63 | 0,71 | 0,85 | 1,04 | 1,25 | 1,47 | 1,83 | 1,95 | 2,17 | 2,33 | 2,4 | 2,37 | 2,27 | 2,14 |
| 23 | 01-Jun-19 | 1,98 | 1,79 | 1,57 | 1,75 | 1,64 | 0,96 | 0,83 | 0,73 | 0,65 | 0,58 | 0,55 | 0,59 | 0,7 | 0,88 | 1,09 | 1,32 | 1,8 | 1,83 | 2,08 | 2,29 | 2,42 | 2,45 | 2,39 | 2,27 |
| 24 | 01-Jun-19 | 2,11 | 1,94 | 1,73 | 1,64 | 1,55 | 1,06 | 0,9 | 0,77 | 0,68 | 0,59 | 0,53 | 0,53 | 0,59 | 0,74 | 0,94 | 1,17 | 1,7 | 1,67 | 1,92 | 2,16 | 2,35 | 2,44 | 2,43 | 2,35 |
| 25 | 01-Jun-19 | 2,21 | 2,05 | 1,86 | 1,51 | 1,42 | 1,2 | 1,01 | 0,86 | 0,75 | 0,66 | 0,59 | 0,55 | 0,56 | 0,66 | 0,82 | 1,03 | 1,57 | 1,5 | 1,75 | 1,99 | 2,2 | 2,34 | 2,39 | 2,36 |
| 26 | 01-Jun-19 | 2,25 | 2,11 | 1,95 | 1,65 | 1,4 | 1,35 | 1,16 | 0,99 | 0,87 | 0,77 | 0,69 | 0,54 | 0,62 | 0,66 | 0,77 | 0,94 | 1,41 | 1,36 | 1,58 | 1,81 | 2,01 | 2,18 | 2,27 | 2,29 |
| 27 | 01-Jun-19 | 2,23 | 2,12 | 1,98 | 1,91 | 1,46 | 1,47 | 1,29 | 1,13 | 1,00 | 0,90 | 0,83 | 0,77 | 0,74 | 0,74 | 0,80 | 0,92 | 1,26 | 1,26 | 1,45 | 1,64 | 1,82 | 1,98 | 2,1 | 2,15 |
| 28 | 01-Jun-19 | 2,13 | 2,06 | 1,95 | 1,97 | 1,75 | 1,53 | 1,38 | 1,25 | 1,13 | 1,04 | 0,98 | 0,93 | 0,91 | 0,90 | 0,92 | 0,99 | 1,24 | 1,23 | 1,38 | 1,53 | 1,67 | 1,8 | 1,91 | 1,97 |
| 29 | 01-Jun-19 | 1,98 | 1,94 | 1,98 | 1,97 | 1,44 | 1,52 | 1,41 | 1,31 | 1,22 | 1,15 | 0,96 | 1,09 | 1,08 | 1,08 | 1,10 | 1,13 | 1,08 | 1,27 | 1,37 | 1,48 | 1,58 | 1,66 | 1,74 | 1,79 |

Sumber : Dinas kelautan

Dari data tersebut diatas jika diplot dalam bentuk grafik maka akan tampak pola amplop pasang surut (*tidal envelope*) sebagai mana gambar 14 berikut.



Gambar 13. Grafik Pasang Surut

Pada gambar 14 kurva pasang surut menunjukkan kisaran pasang surut kedudukan muka air tinggi tertinggi (HHWL) adalah 2,47 m, kedudukan muka air tinggi rata – rata (MHWL) adalah 2,36 m, kedudukan muka air rata – rata (MSL) adalah 1,78 m, kedudukan muka air rendah rata – rata (MLWL) adalah 0,62 m, dan kedudukan muka air rendah terendah (LLWL) adalah 0,50.

Tabel 2. Penentuan elevasi air laut

| Nama | Simbol | Elevasi (m) |
|---------------------------|--------|-------------|
| Muka Air Tinggi Tertinggi | HHWL | 2,47 |
| Muka Air Tinggi Rata-rata | MHWL | 2,36 |
| Muka Air Rata-rata | MSL | 1,78 |
| Muka Air Rendah Rata-rata | MLWL | 0,62 |
| Muka Air Rendah Terendah | LLWL | 0,50 |

Sumber : Hasil perhitungan

Berdasarkan data pengamatan dilakukan analisis pasang surut untuk menghitung amplitudo dan beda fasa sembilan konstanta pasang surut. Dalam analisis ini digunakan metode analisa pemisah komponen metode

admiralty. Sembilan kostanta pasang surut adalah sebagai berikut.

M_2 : Komponen utama bulan (*semi diurnal*)

S_2 : Komponen utama

matahari (*semi diurnal*) N_2

: Komponen eliptis bulan

K_1 : Kompnen bulan

O_1 : Komponen utama bulan (*diurnal*)

M_4 : Kompnen utama

bulan (*kuarter diurnal*) MS_4

: Komponen matahari bulan

K_2 : Komponen bulan

P_1 : Komponen utama matahari (*diurnal*)

Kostanta pasang surut hasil analisa data dengan metode *admiralty* sebagaimana disajikan dalam tabel 2 berikut. Setelah komponen pasang surut diketahui tipe pasang surut dapat didefinisikan

$F < 0,25$: Pasang harian ganda (*semi diurnal*)

$0,25 < F < 1,5$: Campuran, condong *semi diurnal*

$1,5 < F < 3,0$: Campuran, condong *diurnal*

$F > 3,0$: Pasang harian tunggal (*diurnal*)

Dengan menggunakan rumus tersebut, pada lokasi didapat harga nilai *formzhaal* sebesar $F = 0,28$. Karena $0,25 < F \leq 1,25$, berarti Pantai Pasir Putih Bengkulu Utara memiliki tipe pasang surut campuran condong kehariian ganda dimana pasang surut terjadi dua kali pasang dan dua kali surut.

Dari sembilan komponen pasang surut yang diperoleh, ditentukan beberapa nilai elevasi muka air laut sebagai berikut :

$$HAT = LAT + 2 (AK_1 + AO_1 + AS_2 + AM_2) = 4,04 \text{ m}$$

$$\text{MHHWS} = \text{LAT} + 2 (\text{AS}_2 + \text{AM}_2) + \text{AK}_1 + \text{AO}_1 = 3,54 \text{ m}$$

$$\text{MHHWN} = \text{LAT} + 2 (\text{AS}_2) + \text{AK}_1 + \text{AO}_1 = 2,22 \text{ m}$$

$$\text{MSL} = 1,78 \text{ m}$$

$$\text{MLLWN} = \text{LAT} + 2 (\text{AM}_2) + \text{AK}_1 + \text{AO}_1 = 1,34$$

$$\text{MLLWS} = \text{LAT} + \text{AK}_1 + \text{AO}_1 = 0,02 \text{ m}$$

$$\text{LAT} = \text{MSL} - \text{AK}_1 + \text{AO}_1 + \text{AS}_1 + \text{AM}_2 = -0,48 \text{ m}$$

Dari gambar diatas dapat dilihat bahwa pada saat *neap tide* tunggang pasang dilokasi studi mencapai 0,88 m sedangkan pada saat *spring tide* tunggang pasang mencapai 3,52 m.

B. Analisis Kecepatan Angin Dan *Windrose*

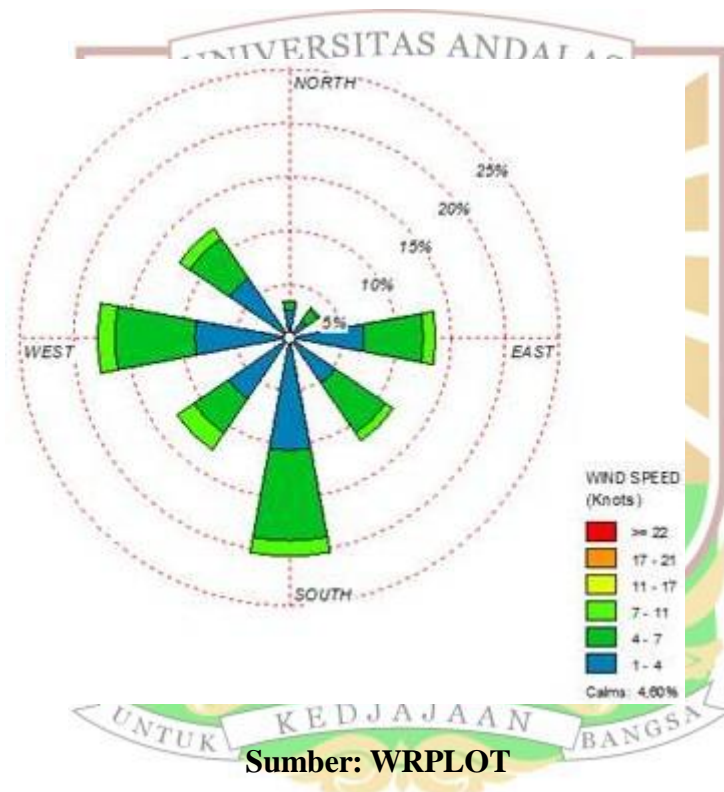
Data angin digunakan untuk menentukan arah dan tinggi gelombang. Data yang dibutuhkan adalah data arah dan kecepatan angin dimana data tersebut didapatkan dari Stasiun Meteorologi Maritin Bengkulu 2016. Dari data tersebut dibuat dalam bentuk tabel dan gambar *windrose* seperti pada gambar berikut ini. **Tabel 4.** Kejadian angin rata – rata 2016.

| Kecepatan angin (knots) | Arah | | | | | | | | Total |
|----------------------------|-------|-----------|--------|----------|---------|-----------|-------|-----------|-------|
| | Utara | Timurlaut | Timur | Tenggara | Selatan | BaratDaya | Barat | BaratLaut | |
| 1 - 4 | 18,00 | 48,00 | 61,00 | 47,00 | 73,00 | 14,00 | 48,00 | 36,00 | 345 |
| 4 - 7 | 6,00 | 27,00 | 51,00 | 31,00 | 58,00 | 9,00 | 38,00 | 39,00 | 259 |
| 7 - 11 | 0,00 | 13,00 | 11,00 | 8,00 | 10,00 | 1,00 | 8,00 | 6,00 | 57 |
| 11 - 17 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0 |
| 17 - 21 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0 |
| ≥ 22 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0 |
| Total | 24,00 | 88,00 | 123,00 | 86,00 | 141,00 | 24,00 | 94,00 | 81,00 | 661 |

Sumber : WRPLOT

Tabel 5. Persentase kejadian angin 2016

| Kecepatan angin (knots) | Arah | | | | | | | | Total (%) |
|----------------------------|-------|------------|-------|----------|---------|------------|-------|------------|--------------|
| | Utara | Timur laut | Timur | Tenggara | Selatan | Barat Daya | Barat | Barat Laut | |
| 1 - 4 | 4,60 | 6,94 | 8,80 | 6,78 | 10,53 | 6,93 | 7,02 | 5,19 | 45 |
| 4 - 7 | 4,87 | 4,90 | 7,36 | 5,47 | 8,37 | 5,48 | 6,30 | 5,63 | 36 |
| 7 - 11 | 0,00 | 4,88 | 5,59 | 4,15 | 5,44 | 5,20 | 0 | 4,90 | 25 |
| 11 - 17 | 0,00 | 0 | 0 | 0 | 0,00 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 17 - 21 | 0,00 | 0 | 0 | 0 | 0,00 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| ≥ 22 | 0,00 | 0 | 0 | 0 | 0,00 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Total (%) | 9,47 | 16,72 | 21,75 | 16,40 | 24,34 | 17,61 | 13,46 | 15,72 | 100 |



Gambar 16. Mawar Angin (*windrose*) Tahun 2016

Berdasarkan data diatas didapatkan kecepatan angin maksimum dilokasi rencana adalah pada arah selatan dengan persentase 20,35% dengan kecepatan maksimum 10,53 knot = 5,417 m/s (1 knot = 0,5144 m/s) Terjadi pada bulan Februari 2016

C. Perhitungan Panjang Fetch Efektif

Didalam tinjauan pembangkitan gelombang dilaut, *fetch* dibatasi oleh bentuk daratan yang mengelilingi laut. Didaerah pembentukan gelombang,

gelombang tidak hanya dibangkitkan dalam arah yang sama dengan gelombang angin tetapi juga dalam berbagai sudut terhadap arah angin.

Perhitungan panjang *fetch* disini menggunakan media bantu *Google Earth* sehingga memiliki ketetapan yang cukup tinggi dalam menentukan *fetch*. Dengan ditarik garis panhanmg melalui Pantai Pasir Putih, panjang *fetch* efektif dengan daerah bangkitan Utara dapat dilihat melalui gambar 17 dibawah ini.



Gambar 17. *Fetch* efektif (Sumber : *Google Earth*)

Tabel 6. Perhitungan panjang *fetch* efektif

| α | $\text{Cos } \alpha$ | Xi (Km) | Xi . Cos α | Fetch |
|----------|----------------------|---------|-------------------|--------|
| 42 | 0,743 | 38,80 | 28,83 | 138,06 |
| 36 | 0,809 | 39,60 | 32,04 | |
| 30 | 0,866 | 40,80 | 35,33 | |
| 24 | 0,914 | 42,60 | 38,94 | |
| 18 | 0,951 | 45,40 | 43,18 | |
| 12 | 0,978 | 48,60 | 47,53 | |
| 6 | 0,995 | 53,40 | 53,13 | |
| 0 | 0 | 145,80 | 0 | |
| 6 | 0,995 | 158,20 | 157,41 | |
| 12 | 0,978 | 194,20 | 189,93 | |
| 18 | 0,951 | 201,00 | 191,15 | |
| 24 | 0,914 | 224,60 | 205,28 | |
| 30 | 0,866 | 231,60 | 200,57 | |
| 36 | 0,809 | 300,00 | 242,70 | |
| 42 | 0,743 | 351,80 | 261,39 | |
| | 12,51 | | 1727,40 | |

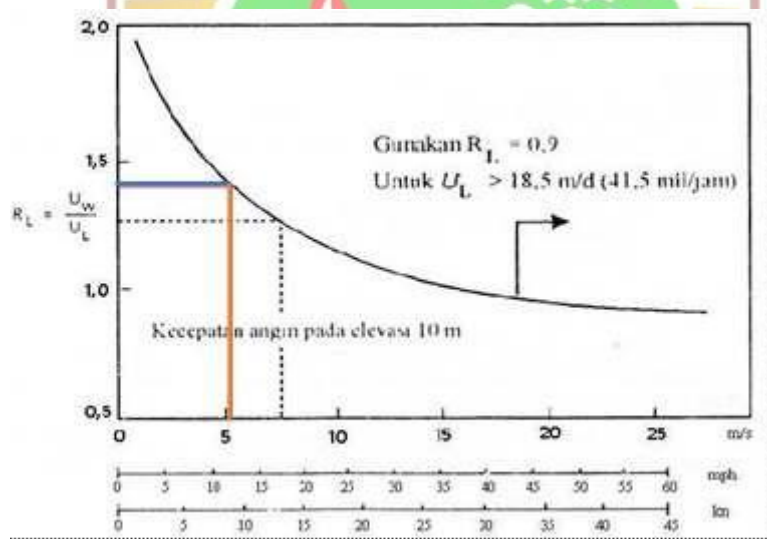
Sumber : Hasil perhitungan

Fetch efektif periode 2016 adalah 138,06 km. Fetch ini akan digunakan untuk menentukan tinggi gelombang (H) dan periode gelombang (T).

D. Peramalan Gelombang

Berdasarkan kecepatan maksimum yang terjadi dicari nilai R_L dengan menggunakan grafik hubungan antara kecepatan angin laut dan didarat. Pada bulan Februari 2016 untuk arah selatan kecepatan angin = 10,53 knot, maka $U_L = 10,53 \text{ knot} \times 0,5144 \text{ m/s} = 5,417 \text{ m/s}$.

Berdasarkan grafik hubungan antara kecepatan angin laut (U_w) dan didarat.



Gambar 18. Grafik hubungan antara kecepatan angin

Dari grafik diatas didapat nilai $R_L = 1,4$

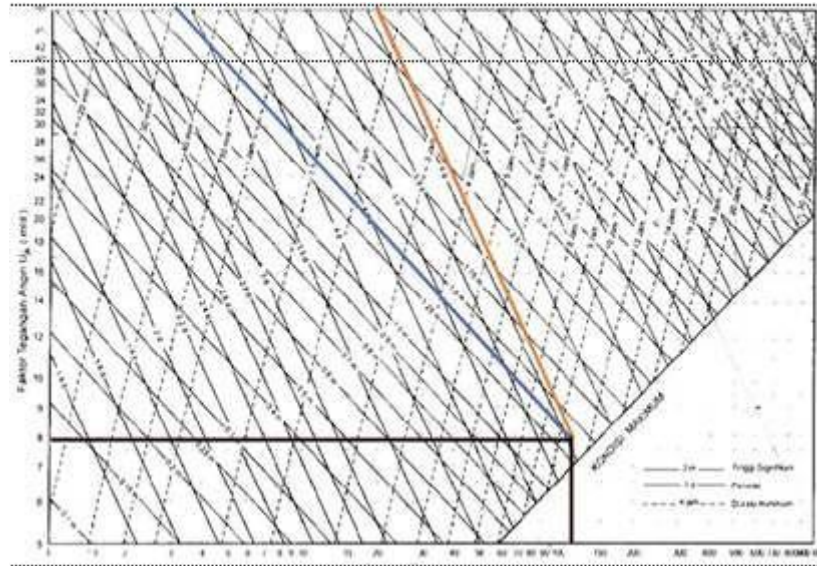
- 1) Hitung U_w dengan Rumus

$$U_w = U_L \times R_L = 5,417 \times 1,4 = 7,21 \text{ m/dtk}$$

- 2) Hitung U_A dengan rumus

$$U_A = 0,71 \times U_w^{1,23} = 0,71 \times 7,21^{1,23} = 8,06 \text{ m/dtk}$$

Dari nilai U_A dan *fetch* tinggi dan periode gelombang dapat dicari dengan menggunakan grafik peramalan gelombang.



Dari grafik peramalan gelombang diatas diperoleh tinggi gelombang dan periode gelombang sebagai berikut :

- 1) Tinggi gelombang (H) = 1,35 m
- 2) Periode gelombang (T) = 6,4 dtk.

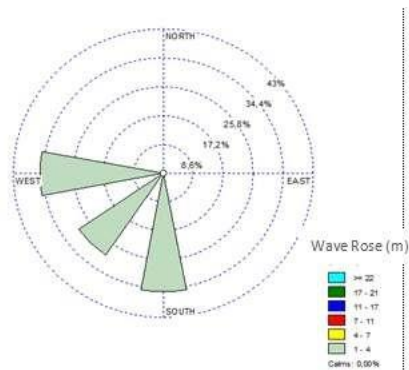
Untuk perhitungan tinggi dan periode gelombang signifikan dihitung dengan cara yang sama seperti pada perhitungan tinggi dan periode gelombang sebelumnya yaitu dengan cara peramalan gelombang dengan menggunakan grafik peramalan gelombang menggunakan hasil analisa kecepatan angin yang telah dihitung dengan bantuan aplikasi *WRPLOT* untuk mengetahui tinggi gelombang (H) dan periode gelombang (T) signifikan. Untuk perhitungan tinggi gelombang (H) dan periode gelombang (T) selanjutnya dapat dilihat pada tabel berikut ini.

Tabel. 7 Tinggi dan Periode Gelombang Signifikan

| Tinggi Gelombang (H) (m) | Periode Gelombang (T) |
|-----------------------------|--------------------------|
| 1,35 | 6 |
| 1,31 | 6 |
| 1,28 | 6 |
| 1,25 | 6 |
| 1,20 | 6 |
| 1,19 | 5 |
| 1,18 | 5 |
| 1,16 | 5 |
| 1,15 | 5 |
| 1,12 | 5 |
| 1,10 | 5 |
| 0,99 | 5 |
| 0,98 | 4 |
| 0,96 | 4 |
| 0,94 | 4 |
| 0,93 | 4 |
| 0,92 | 4 |
| 0,9 | 4 |

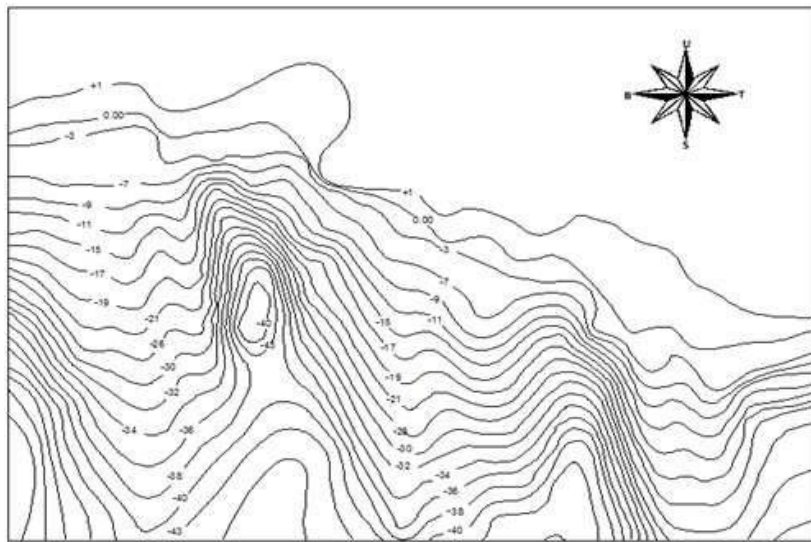
Sumber :Perhitungan

Tabel diatas digunakan membuat mawar gelombang (*wave rose*) dengan menggunakan bantuan aplikasi WRPlot seperti pada gambar dibawah ini.



Gambar 20. Mawar Gelombang (*wave rose*)

Dari gambar mawar gelombang dapat dilihat gelombang tertinggi dominan datang dari arah selatan dengan dengan persentase 34,4%, dengan tinggi gelombang 1,35 m dengan periode 6,4 m/dtk



Gambar 21. Peta Bathimetri

3) Panjang gelombang (L) $L_0 = 1,56 T^2 = 1,56 \times 6,4^2 = 63,90$ m

Untuk perhitungan selanjutnya dapat dilihat pada tabel 7 berikut ini.

Tabel 8. Perhitungan Panjang dan Cepat Rambat Gelombang

| Panjang Gelombang (L) | Cepat Rambat (C) Gelombang (m/dtk) | Koefesien Refraksi (K_r) |
|------------------------------|---|---|
| 46.9 | 7.33 | 0.97 |
| 51.2 | 8.01 | 0.93 |
| 54.5 | 8.52 | 0.89 |
| 58.8 | 9.20 | 0.87 |
| 60.3 | 9.42 | 0.86 |
| 61.3 | 9.58 | 0.84 |
| 62.1 | 9.70 | 0.84 |
| 63.1 | 9.87 | 0.83 |

| | | |
|--------------------|-------------|-------------|
| 63.56 | 9.93 | 0.83 |
| 63.67 | 9.95 | 0.83 |
| 63.74 | 9.96 | 0.83 |
| 63.79 | 9.97 | 0.83 |
| 63.85 | 9.98 | 0.82 |
| 63.88 | 9.98 | 0.82 |
| 63.89 | 9.98 | 0.82 |
| 64.67 | 10.05 | 0.80 |
| 64.78 | 10.09 | 0.80 |
| Rata - rata | | |
| 60.84 | 9.50 | 0.85 |

Sumber : Hasil perhitungan

Dari tabel diatas dapat dilihat rata – rata panjang gelombang (L) adalah 60,84 m dengan cepat rambat gelombang (C) rata – rata adalah 9,50 m/detik serta rata - rata refraksi (K_r) yang terjadi akibat dari panjang gelombang dan periode gelombang yang dipengaruhi oleh kedalaman dasar laut adalah 0,85.

E. Penentuan Elevasi Bangunan

Dari hasil analisis kondisi pasang surut dan gelombang diperairan Pantai Panjang kota Bengkulu diperoleh elevasi – elevasi muka air laut yang nantinya dapat digunakan untuk perencanaan elevasi bangunan pantai. Dimana untuk elevasi dasar bangunan direncanakan pada LLWL, dimana LLWL itu sendiri adalah muka air terendah yaitu 0,50 m dari dasar laut.

Ketinggian muka air laut pada ujung bangunan direncanakan sebesar HHWL, dimana HHWL adalah muka air tertinggi yaitu 2,47 m dari dasar laut.

1. Elevasi Muka Air Rencana

Elevasi muka air rencana dihitung dengan rumus sebagai berikut :

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

Dimana :

DWL : Elevasi muka air rencana

Δh : Kenaikan elevasi muka air karena angin (*Wind*

Set-up) SLR : Kenaikan elevasi muka air laut karena pemanasan global

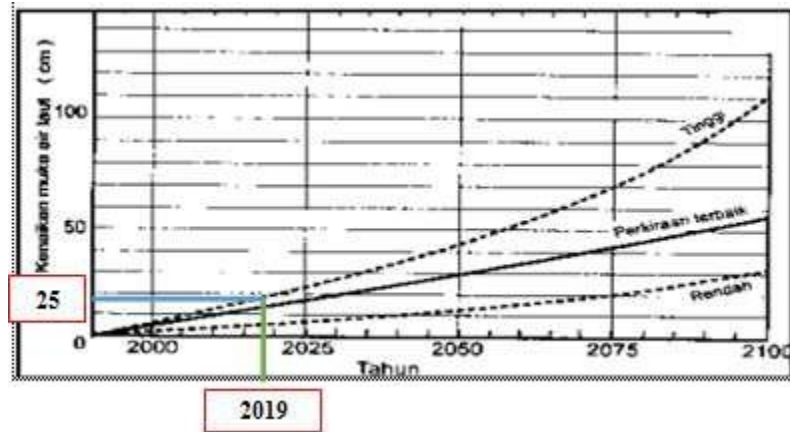
a) Kenaikan muka air karena angin (*Wind Set-up*)

Untuk perhitungan *wind set-up*, diambil data dari arah selatan. Dari perhitungan gelombang rencana, dengan tinggi gelombang (H) adalah 1,35 m dan periode gelombang (T) adalah 6,4 detik, kecepatan angin dilaut (U_w) adalah 7,21 m/dtk. Kedalaman laut perairan Pantai Pasir Putih Pitulua Bengkulu Utara

berdasarkan peta bathimetri adalah 30 m dengan $V = U_w$ adalah 7,21 m/dtk. Fetch pada arah dominan adalah $138,06 \times 1000$ m, dengan konstanta c adalah $3,5 \times 10^{-6}$ maka besar *Wind Set-up* adalah :

b) Kenaikan muka air karena pemanasan global (*Sea Level Rise*)

Peningkatan konsentrasi gas – gas rumah kaca di atmosfer menyebabkan kenaikan suhu bumi sehingga mengakibatkan kenaikan muka air laut. Perkiraan besar kenaikan muka air laut karena pemanasan global diberikan oleh gambar berikut ini.



Gambar 22. Grafik perkiraan kenaikan muka air laut

Dari gambar diatas didapatkan bahwa kenaikan muka air laut yang terjadi tahun 2018 dengan perkiraan terbaik adalah 25 cm = 0,25 m, sehingga didapatkan elevasi muka air rencana adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 DWL &= HHWL + \Delta h + SLR \\
 &= 2,47 + 0,05 + 0,25 = 2,77 \text{ m}
 \end{aligned}$$

2. Elevasi Mercu Bangunan

Elevasi mercu bangunan dihitung dengan rumus sebagai berikut :

Elevasi mercu = $DWL + Ru + \text{Tinggi jagaan (Fb)}$ Dimana :

DWL : Elevasi muka air rencana

Ru : *Run-up* gelombang

Tinggi jagaan : 0,5 – 1,5 m

a) *Run-up* gelombang

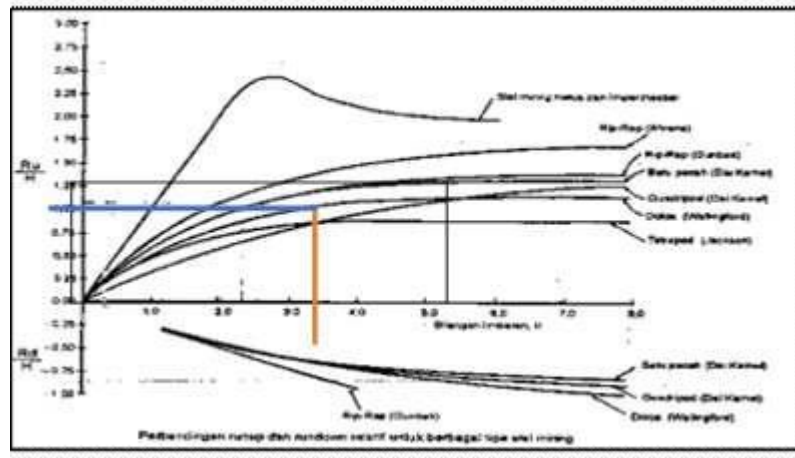
Direncanakan Tinggi gelombang = 1,35 m

Kemiringan bangunan = 1 : 1,5

Periode gelombang = 6,4 detik

$$L_0 = 1,56 \cdot T^2 = 1,56 \times 6,4^2 = 63,90 \text{ m}$$

Run-up gelombang dicari dengan menggunakan grafik berikut:

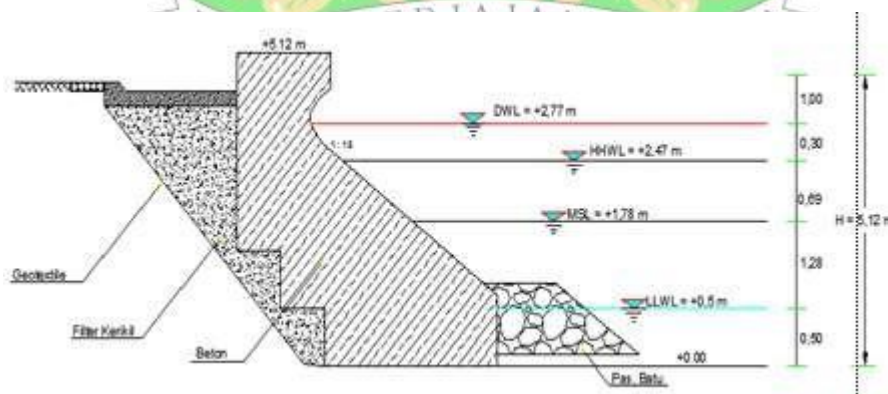


Gambar 23. Grafik *Run-up* Gelombang

$$Ru = 1,00 \times 1,35 = 1,35 \text{ m}$$

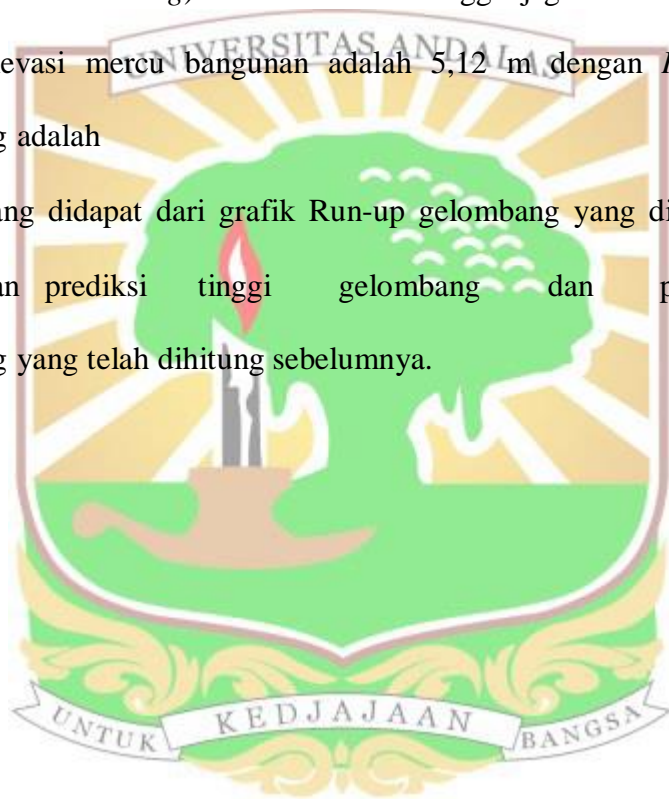
$$\begin{aligned} \text{Elevasi mercu} &= \text{DWL} + Ru + \text{Tinggi jagaan (Fb)} \\ &= 2,77 + 1,35 + 1,00 \\ &= 5,12 \text{ m} \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan untuk elevasi rencana bangunan pantai berdasarkan tinggi muka air maka elevasi rencana bangunan pelindung pantai dapat diketahui seperti pada gambar sket di bawah ini.



Gambar 24. Gambar rencana bangunan pelindung pantai

Dari gambar diatas dapat dilihat elevasi bangunan berdasarkan tinggi muka air, dimana tinggi elevasi rencana (DWL) adalah +277 m. Dan untuk tinggi jagaan diambil antara 0,5 – 1,5 m (Bambang Triadmodjo) diambil 1.00 m dengan pertimbangan tinggi gelombang yang setiap tahun mengalami kenaikan akibat adanya pemanasan global (*global warning*) untuk rencana tinggi jagaan bangunan, dengan elevasi mercu bangunan adalah 5,12 m dengan *Run-up* gelombang adalah 1,00 m yang didapat dari grafik *Run-up* gelombang yang dihitung berdasarkan prediksi tinggi gelombang dan periode gelombang yang telah dihitung sebelumnya.



BAB V

PENUTUP

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan maka dapat di simpulkan beberapa hal sebagai berikut :

- 1) Berdasarkan hasil analisis maka di peroleh tipe pasang surut untuk Pantai Pasir Putih Pantai panjang kota Bengkulu adalah tipe pasang surut campuran condong kehariian ganda (*mixed tide prevailing semidiurnal*).
- 2) Tinggi gelombang yang terjadi berdasarkan hasil peramalan gelombang adalah 1,35 meter dengan periode gelombang 6,4 m/detik dimana arah datang gelombang dominan dari Selatan.
- 3) Dari hasil analisis pasang surut dan gelombang didapat elevasi rencana bangunan dimana elevasi rencana (DWL) adalah 2,77 m dengan tinggi jagaan (Fb) adalah 1,00 m.

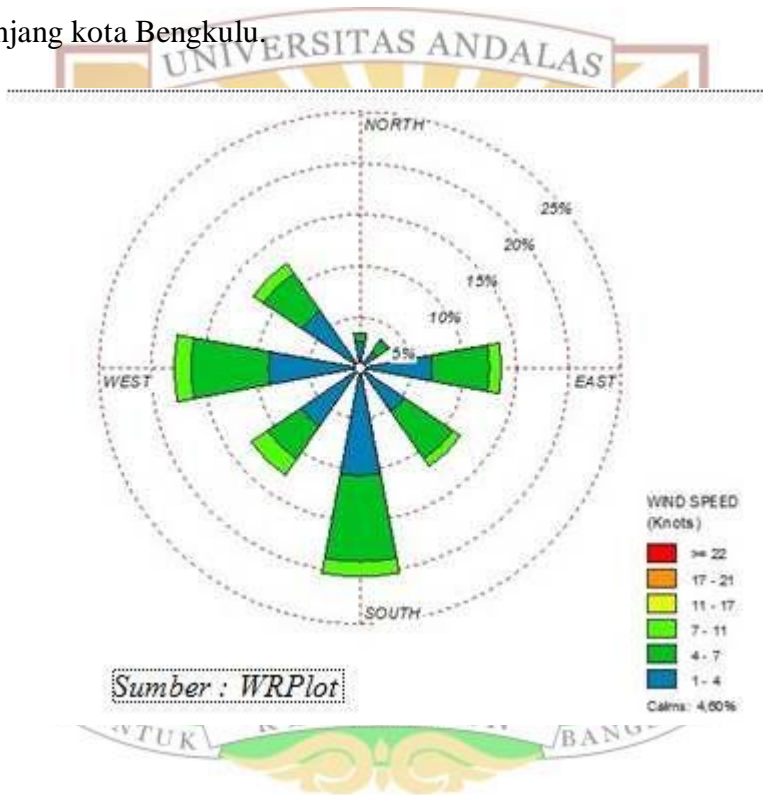
B. Saran

Adapun saran dari hasil tugas akhir ini yaitu sebagai berikut :

- 1) Hasil analisis pasang surut dan gelombang ini dapat dipergunakan bagi penelitian lanjutan untuk perencanaan pembangunan Pantai Pasir Putih Pantai Panjang Kota Bengkulu dengan memperhatikan aspek – aspek lain untuk perencanaan bangunan pantai.
- 2) Perlu dilakukan penelitian lanjut untuk mengetahui jenis bangunan

pelindung pantai yang sesuai dengan daerah pesisir Pantai Pasir Putih Pantai panjang kota Bengkulu.

- 3) Perlu dilakukan sosialisasi kepada masyarakat tentang hasil kajian kondisi Pantai Pasir Putih untuk dapat dilakukan penyesuaian – penyesuaian dalam mengelola pesisir pantai dengan kondisi pasang surut dan gelombang didaerah pesisir Pantai Pasir Putih Pantai panjang kota Bengkulu.



DAFTAR PUSTAKA

- Triadmodjo, Bambang. 1999. *Teknik Pantai*. Penerbit Beta Offset. Yogyakarta.
- Danial, M.M. 2008. *Rekayasa Pantai*. Alfabeta, Bandung, 320 hlm.
- Diposaptono, S., Budiman dan A. Firdaus. 2009. *Menyiasati Perubahan Iklim di Wilayah Pesisir dan Pulau-Pulau Kecil*. Buku Ilmiah Populer, Bogor, hlm. 50-133.
- Habibie, M. N., A. Sasmito., dan R. Kurniawan. *Kajian Potensi Energi Angin di Wilayah Sulawesi dan Maluku*. *Jurnal Meteorologi dan Geofisika.*, 12(2): 181-187.
- Hidayat, N. 2005. *Kajian Hidro-Oseanografi Untuk Deteksi Proses-Proses Fisik Di Pantai*. *Jurnal SMARTek.*, 3(2): 73-85.
- Husain, S., Juswan dan Hamzah. 2011. *Analisa Perbandingan Umur Struktur Offshore Sistem EBF dan Sistem CBF Tipe Jacket*.
- Hutabarat, S. dan S.M. Evans. 1985. *Angin sebagai Pembangkit Gelombang*. Gelombang.
- Anon., 2016. *Draf Laporan Akhir DED Penanganan Pantai Kendal*, Bandung: PT. Mitraplant Enviratama.
- Msiren, H. M. L., 2015. *Evaluasi Perencanaan tembok Laut Pertamina Unit Pengolahan VI Balongan Indramayu*, Tesis, Yogyakarta: UGM.
- Utomo, B. B. & Wibowo, D. P., 2008. *Perencanaan Bangunan Pelindung Pantai Tambak Mulyo*, Semarang: UNDIP.
- Yuwono, N., 1982. *Teknik Pantai Volume 1*, Yogyakarta: Biro Penerbit KMTS.
- Yuwono, N., 2007. *Materi Kuliah Teknik Pantai*, Yogyakarta:s.n.
- SPM. 1984. *Pedoman Umum Pekerjaan Bangunan Laut*. Bandung.



Pengikisan yang disebabkan karenatingginya gelombang



Hasil Kerusakan Daerah PesisirPantai akibat abrasi



Kerusakan Bangunan Pelindung Akibat Abrasi yang Terjadi



Bekas Kerusakan yang Disebabkan Oleh Abrasi yang Terjadi