

**ANALISA KERJA PEMECAH GELOMBANG DALAM MEREDUKSI
TINGGI GELOMBANG DI PELABUHAN SOEKARNO HATTA**

SKRIPSI

*Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Guna Meraih Gelar Sarjana Teknik
pada Departemen Teknik Kelautan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin*

Makassar



OLEH:

KOMANG SUASTIKA YASA

D321 15 016

DEPARTEMEN TEKNIK KELAUTAN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS HASANUDDIN

MAKASSAR

2021



LEMBAR PENGESAHAN

Judul:

**ANALISA KERJA PEMECAH GELOMBANG DALAM MEREDUKSI
TINGGI GELOMBANG DI PELABUHAN SOEKARNO HATTA**

Oleh:

KOMANG SUASTIKA YASA
D321 15 016

Skripsi ini telah diterima dan disahkan sebagai salah satu syarat guna mencapai gelar sarjana pada Departemen Teknik Kelautan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin Gowa.

Gowa, 7 Juli 2021

Menyetujui:

Pembimbing I,



Dr.Eng. Firman Husain, ST., MT.
NIP. 19730423 200812 1 001

Pembimbing II,



Dr.Eng. Achmad Yasir Baeda, ST., MT.
NIP. 19730709 200003 1 001

Mengetahui

**Ketua Departemen
Teknik Kelautan,**



Dr. Chairul Faotonan, ST., MT.
197506082002121003



HALAMAN PENGESAHAN KOMISI PENGUJI

Judul:

ANALISA KERJA PEMECAH GELOMBANG DALAM MEREDUKSI TINGGI GELOMBANG DI PELABUHAN SOEKARNO HATTA

Oleh:

KOMANG SUASTIKA YASA
D321 15 016

Telah di pertanggung jawabkan di depan Panitia Ujian Skripsi

pada tanggal 7 Juli 2021

dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Dengan susunan kepanitian sebagai berikut:

1. Ketua : Dr.Eng. Firman Husain, ST., MT.
2. Sekertaris : Dr.Eng. Achmad Yasir Baeda, ST.
3. Anggota : Dr. Taufiqur Rachman, ST., MT.
4. Anggota : Dr. Hasdinar Umar, ST., MT.

Gowa, 7 Juli 2021

Mengetahui,
Ketua Departemen
Teknik Kelautan



Dr. Chairul Paotonan, ST., MT.
NIP:197506082002121003



PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Yang bertanda tangan dibawah ini

Nama : Komang Suastika Yasa

NIM : D321 15 016

Program Studi : S1 Teknik Kelautan

ANALISA KERJA PEMECAH GELOMBANG DALAM MEREDUKSI TINGGI GELOMBANG DI PELABUHAN SOEKARNO HATTA

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa skripsi tugas akhir yang saya tulis ini benar-benar hasil dan karya saya sendiri, bukan merupakan pengambil alihan tulisan atau pemikiran orang lain. Apabila dikemudian hari saya terbukti atau tidak dapat dibuktikan bahwa atau keseluruhan skripsi ini hasil karya orang lain, saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Gowa, 07 Juli 2021

Penulis,



Komang Suastika Yasa



ABSTRAK

KOMANG SUASTIKA YASA, *Analisa Kerja Pemecah Gelombang Dalam Mereduksi Tinggi Gelombang Di Pelabuhan Soekarno Hatta. Dibimbing oleh (Dr.Eng. Firman Husain, ST., MT. dan Dr.Eng. Achmad Yasir Baeda, ST.).*

Pembangunan bangunan pemecah gelombang dilakukan agar daerah pantai yang ada di belakang bangunan terlindungi dari serangan gelombang sehingga bangunan yang berada di pantai tetap aman begitupun dengan pantai itu sendiri. Selama ini bangunan pelindung pantai yang akan digunakan atau dibuat untuk melindungi sebuah area pantai diujicoba di laboratorium agar dapat diketahui kemampuannya dalam melindungi area dibelakangnya sebelum dibangun dilokasi namun masih jarang bangunan pelindung pantai yang telah dibuat dikaji dan dianalisis kinerjanya dalam mereduksi gelombang. Adapun tujuan dari penelitian ini yaitu mengkaji efektifitas dari bangunan pelindung pantai yang telah dibangun dan arah serangan gelombang mana bangunan pelindung pantai berfungsi dengan baik sehingga dapat memberikan masukan kepada pengelola mengenai langkah yang bisa diambil untuk meningkatkan kinerja bangunan. Analisis ini dilakukan dengan menggunakan program yang dikembangkan oleh Nakamura dan Ono. Tahap pertama yang dilakukan adalah menginput kordinat bangunan pemecah gelombang serta area pelabuhan yang akan dianalisis, pengambilan kordinat dilakukan dengan bantuan software Google Earth yang kemudian diubah kedalam satuan meter sehingga menghasilkan kordinat X dan Y. Setelah kordinat selesai diinput, maka selanjutnya data dari kordinat tersebut diolah dengan program yang telah disebutkan. Hasil dari output program tersebut kemudian dijalankan dengan bantuan software Tranform sehingga dapat ditampilkan gambar dan grafik tinggi gelombang di area pelabuhan. Hasil dari analisis bangunan dengan menggunakan program yang menganalisis fenomena difraksi dapat diketahui bahwa bangunan pemecah gelombang efektif dalam mengurangi tinggi gelombang. Dalam hal ini arah gelombang utama yang digunakan dalam analisis adalah arah Barat, Barat Daya dan selatan. Dari analisis grafik yang diperoleh bangunan pemecah gelombang dapat mereduksi tinggi gelombang yang masuk sebesar 50% dan rasio tinggi gelombang lebih kecil dari 0.3. efektif untuk menjaga kolam Pelabuhan dan aktifitas kapal.

Kata Kunci : Breakwater, Energi Gelombang.



ABSTRACT

KOMANG SUASTIKA YASA, *Work Analysis of Breakwater in Reducing Wave Height at the Port of Soekarno Hatta. Advised by (Dr.Eng. Firman Husain, ST., MT. dan Dr.Eng. Achmad Yasir Baeda, ST.).*

The construction of the breakwater structure is carried out to protect the coastal area behind the structure from waves so that the structure on the beach remains safe as well as the beach itself. So far, the coastal protection structure that will be used or built to protect a coastal area has been tested in the laboratory so that its ability to protect the area behind it before being built on the location is still rare. However, it is still rare for the coastal protection structure that has been made to be reviewed and analyzed for its performance in reducing waves. The aim of this study are to examine the effectiveness of the coastal protection structure that has been built and which direction of the wave attack where the coastal protection structure is functioning properly so that it can provide the input to managers regarding steps that can be taken to improve structure performance. This analysis was carried out using a program developed by Nakamura and Ono. The first step is to input the coordinates of the breakwater structure and the port area to be analyzed. The coordinates are taken with the assistance of Google Earth software which is then converted into meters to produce X and Y coordinates. After the coordinates have been inputted, then the data from these coordinates are processed with the program that has been mentioned. The results of the program output are then run with the assistance of Transform software so that images and graphs of wave height can be displayed in the port area. The results from structure analysis using a program that analyzes diffraction phenomena can be seen that the breakwater is effective in reducing wave height. In this case the main wave directions used in the analysis are the West, Southwest and South directions. From the graphic analysis, it is obtained that the breakwater structure can reduce the incoming wave height by 50% and the wave height ratio is less than 0.3. effective for maintaining harbor ponds and ship activities.

Keywords: Breakwater, Wave Energy.



KATA PENGANTAR

Segala puji bagi Tuhan Yang Maha Esa, atas limpahan rahmat dan nikmat berupa nikmat kesehatan jasmani dan rohani yang diberikan kepada penulis, sehingga mampu menyelesaikan tugas akhir ini sesuai yang diharapkan.

Skripsi ini merupakan salah satu persyaratan yang harus dipenuhi untuk menyelesaikan studi guna meraih gelar sarjana pada Departemen Teknik Kelautan, Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.

Dalam proses penyusunan sampai dengan terselesainya skripsi yang berjudul “Analisa Kerja Pemecah Gelombang Dalam Mereduksi Tinggi Gelombang Di Pelabuhan Soekarno Hatta” penulis sangat terbantu oleh banyak pihak, maka dari itu dengan segala kerendahan hati, penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. **Ayahanda** dan **Ibunda** tercinta atas dukungan dan doa yang tak henti-hentinya selalu diberikan kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan pendidikan sebagai sarjana. Terima kasih juga telah mendidik, merawat dan membesarkan hingga kini dengan penuh kasih sayang.
2. **Saudara-saudara** saya, terima kasih atas doa dan dukungannya, motivasi serta nasehat yang selalu diberikan kepada penulis, sehingga mampu menyelesaikan pendidikan ini. Semoga kita semua dalam lindungan-NYA
3. Dekan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin
4. Bapak **Dr. Taufiqur Rachman, ST., MT** selaku ketua Departemen Teknik Kelautan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
5. Bapak **Dr.Eng. Firman Husain, ST., MT.** dan **Dr.Eng. Achmad Yasir Baeda, ST., MT** selaku Pembimbing I dan Pembimbing II yang telah meluangkan waktunya untuk memberikan bimbingan dan pengarahan mulai dari awal penelitian hingga terselesainya penulisan skripsi ini.
6. **Muhammad Zubair Muis Alie, ST., MT., Ph.D** selaku Penasehat Akademik (PA) selama menjadi mahasiswa Teknik Kelautan.

Segenap staf pengajar dan administrasi Departemen Teknik Kelautan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin yang telah membantu kelancaran perkuliahan dan administrasi.



8. Program Bidikmisi atas dukungannya berupa beasiswa selama menempuh pendidikan sarjana (S.1).
9. Teman-teman **Mahasiswa** khususnya Teknik Kelautan **2015** yang selalu *memberi* dukungannya serta waktu yang telah kita lalui bersama dalam suka dan duka.
10. Kanda - kanda **Senior** dan **Junior** yang telah membantu secara disengaja maupun tidak disengaja.
11. Dan seluruh pihak yang tak mungkin disebut satu-persatu, terima kasih atas seluruh bantuan moril maupun materil yang telah diberikan.

Penulis menyadari keterbatasannya sehingga mungkin dalam penyusunan tugas akhir ini masih terdapat beberapa kekurangan dan kesalahan. Oleh karena itu, penulis akan senantiasa menerima kritikan dan saran dari pembaca yang bersifat membangun.

Akhir kata saya berharap apa yang telah saya paparkan dalam tugas akhir ini dapat membawa manfaat bagi para pembaca, khususnya mahasiswa yang akan melakukan peneitian dalam bidang yang serupa.

Gowa, 7 Juli 2021

Penulis



DAFTAR ISI

SAMPUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
LEMBAR PENGESAHAN KOMISI PENGUJI	iii
PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI	iv
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR NOTASI	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan.....	3
1.5 Manfaat/ Kegunaan Penelitian	4
1.6 Sistematika Penulisan.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Umum.....	6
2.2 Pasang Surut.....	7
2.3 Gelombang	8
2.4 Refleksi Gelombang.....	12
2.5 Pemecah Gelombang (Breakwater).....	15
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	20
3.1 Lokasi dan Waktu Penelitian.....	20
3.2 Metode Pengumpulan Data	20
3.3 Metode Penelitian.....	21
3.2 Diagram Alur Penelitian.....	24
BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN	25
4.1 Analisis Data Gelombang.....	25
4.2 Kordinat Bangunan Pemecah Gelombang	29
4.3 Analisis Numerik.....	30
4.2 Transform	31
BAB V PENUTUP.....	45
5.1 Kesimpulan.....	45
5.2 Saran.....	46
DAFTAR PUSTAKA	47
DAFTAR LAMPIRAN.....	49



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 <i>Kurva Pasang Surut</i>	7
Gambar 2.2 <i>Defenisi Gelombang</i>	12
Gambar 2.3 <i>Profil muka air didepan bangunan vertikal</i>	14
Gambar 3.1 <i>Lokasi Penelitian</i>	20
Gambar 3.2 <i>Diagram Alur Penelitian</i>	24
Gambar 4.1 <i>Mawar Gelombang di Pelabuhan Soekarno Hatta pada Januari-April</i>	25
Gambar 4.2 <i>Mawar Gelombang di Pelabuhan Soekarno Hatta pada Mei-Agustus</i>	26
Gambar 4.3 <i>Mawar Gelombang di Pelabuhan Soekarno Hatta pada September-Desember</i>	28
Gambar 4.4 <i>Input kordinat bangunan Yang dianalisis</i>	30
Gambar 4.5 <i>kontur perairan dengan gelombang arah Barat</i>	32
Gambar 4.6 <i>kontur perairan dengan gelombang arah Barat Daya</i>	33
Gambar 4.7 <i>kontur perairan dengan gelombang arah Selatan</i>	34
Gambar 4.8 <i>Rasio tinggi gelombang dengan gelombang dari arah Barat</i>	36
Gambar 4.9 <i>Rasio tinggi gelombang dengan gelombang dari arah Barat Daya</i>	37
Gambar 4.10 <i>Rasio tinggi gelombang dengan gelombang dari arah Selatan</i> . 38	
Gambar 4.11 <i>Grafik tinggi gelombang di Area Pelabuhan</i>	40
Gambar 4.12 <i>Permukaan air pada area Pelabuhan dengan arah Gelombang Dari Barat</i>	41
Gambar 4.11 <i>Permukaan air pada area Pelabuhan dengan arah Gelombang Dari Barat Daya</i>	42
Gambar 4.11 <i>Permukaan air pada area Pelabuhan dengan arah Gelombang Selatan</i>	43



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 <i>Koefisien refleksi</i>	13
Tabel 3.1 <i>Data Bangunan Pemecah Gelombang</i>	21



DAFTAR NOTASI

Simbol	Keterangan	Satuan
η	<i>fluktuasi</i> muka air	
A	amplitudo gelombang	m
T	periode gelombang	s
Φ	<i>potensial</i> aliran	
g	<i>gravitasi</i>	m/s ²
k	bilangan gelombang	m ⁻¹
L	panjang gelombang	m
h	kedalaman perairan pada muka air diam	m
w	kecepatan arus	m/s
D	kedalaman air	m
ρ	kerapatan <i>fluida</i>	m



DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN A <i>Kondisi bangunan pelindung Pantai di Pelabuhan Soekarno Hatta</i>	50
LAMPIRAN B <i>Input Kordinat Bangunan Pemecah Gelombang dan pelabuhan</i>	55
LAMPIRAN C <i>Output .OT6</i>	59
LAMPIRAN D <i>Output .OP7</i>	66



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pembangunan bangunan pemecah gelombang dilakukan agar daerah pantai yang ada di belakang bangunan terlindungi dari serangan gelombang sehingga bangunan yang berada di pantai tetap aman begitupun dengan pantai itu sendiri. Pada daerah pelabuhan, pemecah gelombang berfungsi sebagai jalan keluar-masuknya kapal ke pelabuhan tersebut. Dengan adanya pemecah gelombang ini, daerah perairan pelabuhan menjadi tenang dan kapal bisa melakukan aktifitasnya dengan mudah. Menurut Hinrichsen (1998), sekitar 50% tingkat kepadatan penduduk dan intensitas pembangunan industri berada di area pantai. Dengan demikian upaya dilakukan oleh pemerintah dan masyarakat dalam rangka melindungi wilayah pantai dari serangan gelombang adalah dengan membangun bangunan pelindung pantai. Seperti halnya bangunan pemecah gelombang yang ada di depan pelabuhan Soekarno Hatta Makassar. Pada pelabuhan Soekarno Hatta telah dibangun bangunan pelindung pantai yang melindungi area pelabuhan sebagai upaya untuk memperoleh perairan yang tenang pada area pelabuhan. Bangunan pelindung pantai tersebut terletak di depan pelabuhan tepatnya pada pulau Laelae dan pulau Gusung Laelae Caddi. Bangunan pemecah gelombang ini berguna untuk melindungi pelabuhan Soekarno Hatta Makassar dari serangan gelombang sehingga aktifitas bongkar muat yang ada di pelabuhan tersebut tetap dapat berjalan dipun gelombang tinggi menerjang kawasan pelabuhan.



Selama ini bangunan pelindung pantai yang akan digunakan atau dibuat untuk melindungi sebuah area pantai diujicoba di laboratorium agar dapat diketahui kemampuannya dalam melindungi area dibelakangnya sebelum dibangun dilokasi. Ujicoba tersebut biasanya dilakukan di laboratorium teknik pantai dalam hal ini model dari struktur tersebut dibuat dengan skala yang lebih kecil. Setelah model dibuat maka selanjutnya model diletakkan dalam flume tank atau web basin dan pengujianpun dilakukan. Parameter lingkungan yang digunakan dalam pengujian berdasarkan lokasi dimana struktur tersebut akan dipasang.

Pada penelitian tugas akhir ini efektifitas dari struktur pelindung pantai dalam melindungi area dibelakangnya akan kami ujicoba dengan menggunakan pemodelan berdasarkan ukuran dari bangunan yang sudah terbangun. Dalam menyelesaikan penelitian ini kami menggunakan bantuan perangkat lunak yang dikembangkan oleh (Nakamura and Ono, 1990). Parameter efektifitas bangunan pelindung pantai yang digunakan dalam pengukuran ini adalah rasio tinggi gelombang (*wave height ratio*). Rasio tinggi gelombang merupakan salah satu parameter yang dapat digunakan untuk mengukur efektifitas kerja dari sebuah bangunan pelindung pantai yang telah dibangun terhadap kemampuannya dalam melindungi area dibelakang dari bangunan pelindung pantai itu sendiri. Semakin rendah rasio tinggi gelombangnya berarti makin bagus bangunan pelindung pantai itu bekerja mengurangi tinggi gelombang datang. Metode ini dapat digunakan untuk

uji bangunan pelindung pantai yang telah terpasang dilokasi dimana umumnya belum sempat diujicoba dalam skala laboratorium.



Bangunan yang akan diteliti pada penelitian tugas akhir ini adalah bangunan pemecah gelombang yang ada di depan *Pelabuhan Indonesia IV* Makassar. Efektifitas dari bangunan pemecah gelombang ini dalam melindungi area pelabuhan akan di simulasikan menggunakan perangkat lunak yang dikembangkan berdasarkan pertimbangan fenomena *difraksi* dan *refraksi* gelombang yang disebabkan oleh variasi kedalaman air (Sawaragi, 1995). Dan untuk melengkapi pengujian ini dibutuhkan beberapa data-data penunjang dari lapangan seperti gambar dari bangunan pemecah gelombang, kedalaman air, arah gelombang dan lain-lain (Kim, 2015).

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian di atas dapat dirumuskan masalah seberapa efektif bangunan pelindung pantai yang ada di *Pelabuhan Soekarno Hatta* dalam mereduksi tinggi gelombang datang. Arah datang gelombang mana yang dapat diredam dengan baik oleh *breakwater*.

1.3 Batasan Masalah

Lokasi yang diteliti hanya pada area Pelabuhan, Tidak mempertimbangkan gelombang *overtopping*.

1.4 Tujuan

1. Adapun tujuan dari penelitian ini adalah mengkaji efektifitas dari bangunan pelindung pantai dalam melindungi bencana akibat serangan gelombang khususnya daerah belakang dimana bangunan pelindung pantai tersebut dibangun.



2. Menentukan pada arah serangan gelombang mana breakwater berfungsi dengan bagus.

1.5 Manfaat/ Kegunaan Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah

1. Memberikan estimasi kerja pelindung pantai berkaitan dengan efektifitas bangunan pelindung pantai dalam melindungi area pelabuhan
2. Memberikan masukan kepada pengelola pelabuhan mengenai langkah yang dapat diambil dalam meningkatkan performa kerja bangunan pelindung dalam melindungi area pelabuhan.
3. Sebagai bahan referensi kajian bagi para peneliti khususnya yang berkecimpung pada bidang rekayasa bangunan pantai.

1.6 Sistematika Penulisan

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

BAB 1 PENDAHULUAN

Berisi latar belakang penulisan, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian dan sistematika penulisan.

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

Berisi mengenai kerangka acuan yang berisi tentang teori singkat yang digunakan dalam menyelesaikan dan membahas permasalahan penelitian.

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN



Meliputi sumber data, lokasi dan waktu pengambilan data, jenis data (data sekunder), metode pengolahan data dan diagram alur penelitian.

BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

Berisi tentang hasil dari seluruh pengolahan data penelitian beserta pembahasannya.

BAB 5 PENUTUP

Berisi kesimpulan akhir penelitian dan saran pengembangan



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Umum

Penelitian tentang bangunan pelindung pantai telah dilakukan sebelumnya dan telah menghasilkan berbagai macam model dan tipe pelindung pantai. Pada penelitian ini akan diteliti salah satu jenis bangunan pelindung pantai yaitu bangunan pemecah gelombang. Penelitian ini untuk melengkapi penelitian tentang bangunan pemecah gelombang, khususnya bagaimana mengevaluasi efektifitas sebuah bangunan pelindung pantai yang sudah dibuat.

Bangunan pelindung merupakan sebuah struktur yang dibangun dengan tujuan untuk mengurangi atau menghilangkan tinggi gelombang yang menuju ke daerah pantai. Sehingga aktivitas di area pantai dapat berjalan baik tanpa gangguan dari gelombang. Ada beberapa cara yang dapat dilakukan untuk melindungi pantai yaitu:

- a. memperkuat pantai atau melindungi pantai agar mampu menahan kerusakan karena serangan gelombang
- b. mengubah laju transpor sedimen sepanjang pantai
- c. mengurangi energi gelombang yang sampai ke pantai
- d. reklamasi dengan menambah suplai sedimen ke pantai atau dengan cara lain

Sesuai dengan fungsinya, bangunan pantai dapat diklasifikasikan dalam tiga

jenis yaitu:

1. Bangunan pelindung yang dibangun di pantai dan sejajar garis pantai

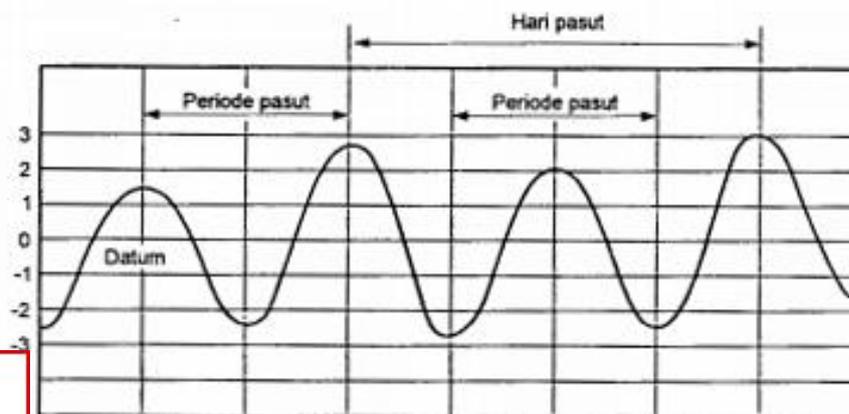


- b. Konstruksi yang dibangun kira-kira tegak lurus pantai
- c. Konstruksi yang dibangun di lepas pantai dan kira-kira sejajar garis pantai

2.2 Pasang Surut

Pasang surut adalah fluktuasi muka air laut sebagai fungsi waktu karena adanya gaya tarik benda-benda di langit, terutama matahari dan bulan terhadap massa air laut di bumi. Meskipun massa bulan jauh lebih kecil dari massa matahari, tetapi karena jaraknya terhadap bumi jauh lebih dekat, maka pengaruh gaya tarik bulan terhadap bumi lebih besar daripada pengaruh gaya tarik matahari.

Pengetahuan tentang pasang surut adalah penting di dalam perencanaan pelabuhan. Elevasi muka air tertinggi (pasang) dan terendah (surut) sangat penting untuk merencanakan bangunan-bangunan pelabuhan. Sebagai contoh, elevasi puncak bangunan pemecah gelombang dan dermaga ditentukan oleh elevasi muka air pasang, sementara kedalaman alur pelayaran dan perairan pelabuhan ditentukan oleh muka air surut.



Gambar 2.1 Kurva pasang surut
(Sumber: Perencanaan Pelabuhan, Triatmojo)



Tinggi pasang surut adalah jarak vertikal antara air tertinggi (puncak air pasang) dan air terendah (lembah air surut) yang berturutan. Periode pasang surut adalah waktu yang diperlukan dari posisi muka air pada muka air rerata ke posisi yang sama berikutnya. Periode pasang surut bisa 12 jam 25 menit atau 24 jam 50 menit, yang tergantung pada tipe pasang surut. Periode pada mana muka air naik disebut pasang, sedang pada saat air turun disebut surut. Variasi muka air menimbulkan arus yang disebut dengan arus pasang surut, yang mengangkut massa air dalam jumlah sangat besar. Arus pasang terjadi pada waktu periode pasang dan arus surut terjadi pada periode air surut. Titik balik (slack) adalah saat di mana arus berbalik antara arus pasang dan arus surut. Titik balik ini bisa terjadi pada saat muka air tertinggi dan muka air terendah. Pada saat tersebut kecepatan arus adalah nol.

2.3 Gelombang

Gelombang merupakan faktor penting di dalam perencanaan bangunan pelindung pantai. Gelombang di laut dapat dibedakan menjadi beberapa macam yang tergantung dari gaya pembangkitnya. Gelombang di laut bisa dibangkitkan oleh angin (gelombang angin), gaya tarik matahari dan bulan (pasang surut), letusan gunung berapi atau gempa di laut (tsunami), kapal yang bergerak dan sebagainya. (Triatmojo,1999).

Pada umumnya bentuk gelombang di alam adalah sangat kompleks dan t digambarkan secara matematis karena ketidaklinierannya, tiga dimensi mempunyai bentuk yang sangat random (suatu deret gelombang dapaat



mempunyai tinggi dan periode berbeda). Beberapa teori yang ada hanya menggambarkan bentuk gelombang yang sederhana dan merupakan gelombang alam. Ada beberapa teori dengan berbagai derajat kekompleksan dan ketelitian untuk menggambarkan gelombang di alam, diantaranya adalah teori Airy, Stokes, Gersner, Mich, Knoidal dan Tunggal. Masing-masing teori tersebut mempunyai batasan keberlakuan yang berbeda. Teori gelombang Airy merupakan gelombang amplitude kecil, sedangkan teori yang lain adalah gelombang amplitude batas (finite amplitude waves) (Triatmojo,1999).

Interaksi antara gelombang dengan bangunan pantai menjadi menarik untuk diteliti. Pergerakan gelombang laut pada kenyataannya sangat random, tidak linear (Goda, 2000). Akan tetapi untuk menyederhanakan persoalan tentang gerak gelombang yang rumit maka perjalanan gelombang ini diasumsikan berjalan linier sehingga pergerakan muka air gelombang dapat dijelaskan pada persamaan berikut ini (Dean dan Dalrymple 1991),

$$\eta = \frac{H}{2} \cos(kx - \omega t)$$

$$\eta_0(x, y, t) = \frac{H}{2} \cos(k_x x + k_y y - \omega t) \quad (1)$$

Kecepatan potensial gelombang disimbolkan Φ_0 yang di definisikan seperti pada persamaan berikut,

$$\Phi_0(x, y, z, t) = \text{Real} \left[-\frac{igH}{2\omega} \frac{\cosh k(h+z)}{\cosh kh} \exp\{i(k_x x + k_y y - \omega t)\} \right] \quad (2)$$



Persamaan ini berlaku apabila aliran gelombang tanpa gangguan. Untuk memperoleh rasio gelombang yakni tinggi gelombang datang dan tinggi gelombang di belakang bangunan pemecah gelombang, maka perlu dicari kecepatan potensial scatter gelombangnya pada tiap daerah gelombang dengan menggunakan analisis wave boundary method (Kim and Lee, 2010) dan vertikal line source Green's function yang dikembangkan oleh Isaacson, 1978,

$$\begin{aligned}
 (\Phi_S)_n(x, y, z, t) &= -\frac{igH \cosh k_n(h_n+z)}{2\omega \cosh(k_n h_n)} (\varphi_S)_n(x, y) \cdot \exp(-i\omega t) \\
 &= -\frac{igH \cosh k_n(h_n+z)}{2\omega \cosh(k_n h_n)} \times \\
 &\int_{S_n+M_{Fn-1}+M_{Rn}} f_n(X, Y) G(x, y; X, Y) dC(X, Y) \cdot \exp(-i\omega t) \quad (3)
 \end{aligned}$$

Dengan menentukan boundary wavenya pada variasi kedalaman air, maka wave height ratio (K_D) dan phase (P_H) pada tiap daerah perairan dapat diperoleh dengan persamaan;

$$K_D(x, y) = \frac{|\varphi_0(x, y) + \varphi_S(x, y)|}{|\varphi_0(x, y)|} \quad (\text{daerah perairan I}) \quad (4)$$

$$K_D(x, y) = \frac{|\varphi_S(x, y)|}{|\varphi_0(x, y)|} \quad (\text{daerah perairan lain}) \quad (5)$$

$$P_H(x, y) = \arg[\varphi_0(x, y) + \varphi_S(x, y)] \quad (\text{daerah perairan I}) \quad (6)$$

$$P_H(x, y) = \arg[\varphi_S(x, y)] \quad (\text{daerah perairan lain}) \quad (7)$$

Gelombang digunakan untuk merencanakan bangunan-bangunan abuhan seperti pemecah gelombang, studi ketenangan di pelabuhan, dan litas-fasilitas pelabuhan lainnya. Gelombang tersebut akan menimbulkan

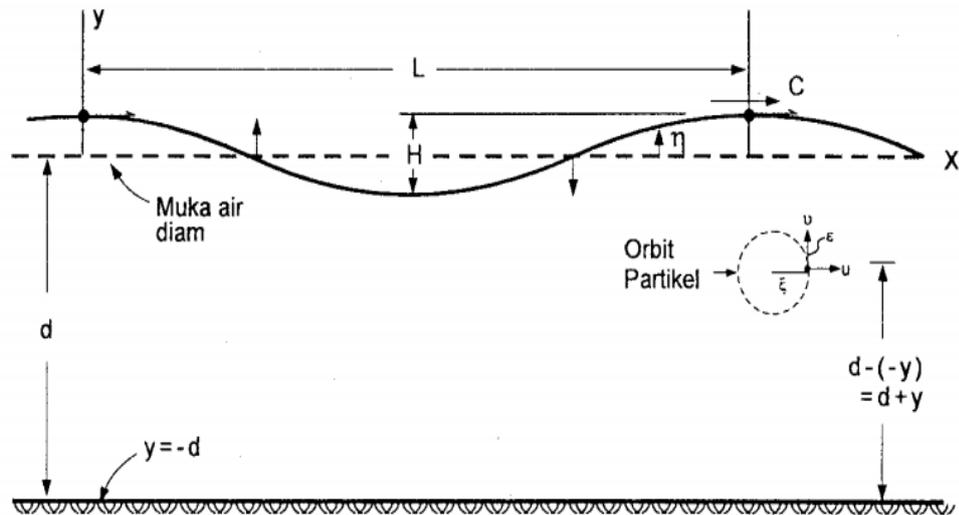


gaya-gaya yang bekerja pada bangunan pelabuhan. Selain itu gelombang juga bisa menimbulkan arus dan transpor sedimen di daerah pantai. Tata letak/layout pelabuhan harus direncanakan sedemikian rupa sehingga sedimentasi di pelabuhan dapat dikurangi/dihindari.

Pada umumnya bentuk gelombang di alam adalah sangat kompleks dan sulit digambarkan secara matematis karena ketidak-linieran, tiga dimensi dan mempunyai bentuk yang random (suatu deret gelombang mempunyai tinggi dan periode berbeda). Beberapa teori yang ada hanya menggambarkan bentuk gelombang yang sederhana dan merupakan pendekatan gelombang alam. Ada beberapa teori dengan berbagai derajat kekompleksan dan ketelitian untuk menggambarkan gelombang di alam, di antaranya adalah teori Airy, Stokes, Gerstner, Mich, Knoidal, dan tunggal.

Teori paling sederhana adalah teori gelombang Airy, yang juga disebut teori gelombang linier atau teori gelombang amplitudo kecil, yang pertama kali dikemukakan oleh Airy pada tahun 1845. Selain mudah dipahami, teori tersebut sudah dapat digunakan sebagai dasar dalam merencanakan pelabuhan.





Gambar 2.2 Defenisi gelombang
(Sumber: Perencanaan Pelabuhan, Triatmojo)

Pada gelombang Airy partikel air bergerak dalam satu orbit tertutup sehingga tidak bergerak maju ke arah sumbu x . Suatu pelampung yang berada di laut hanya bergerak naik turun mengikuti gelombang dan tidak berpindah (dalam arah penjalaran) dari tempatnya semula. Posisi partikel setiap saat selama gerak orbit tersebut diberikan oleh koordinat horisontal (ξ) dan vertikal (ϵ) terhadap pusat orbit. Komponen kecepatan vertikal pada setiap saat adalah u dan v , dan elevasi muka air terhadap muka air diam (sumbu x) di setiap titik adalah η

2.4 Refleksi Gelombang

Gelombang yang mengenai/membentur suatu bangunan akan dipantulkan sebagian atau seluruhnya. Refleksi gelombang di dalam

perabuhan akan menyebabkan ketidak-tenangan di dalam perairan pelabuhan. Situasi muka air ini akan menyebabkan gerakan kapal-kapal yang ditambat,



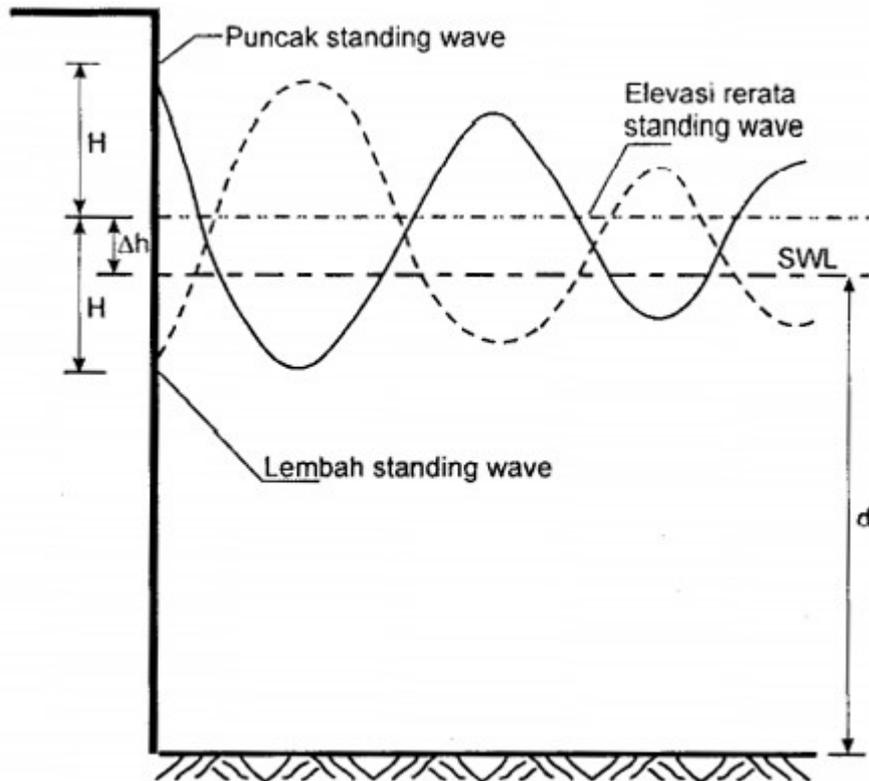
dan dapat menimbulkan tegangan yang besar pada tali penambat. Untuk mendapatkan ketenangan di kolam pelabuhan maka bangunanbangunan yang ada di pelabuhan harus bisa menyerap/menghancurkan gelombang. Suatu bangunan yang mempunyai sisi miring dan terbuat dari tumpukan batu akan bisa menyerap energi gelombang lebih banyak dibanding dengan bangunan tegak dan masif. Pada bangunan vertikal, halus, dan dinding tidak elastis, gelombang akan dipantulkan seluruhnya. Gambar 2.3 adalah bentuk profil muka air di depan bangunan vertikal. Gelombang di depan bangunan vertikal disebut dengan gelombang berdiri (standing wave). Besar kemampuan suatu benda memantulkan gelombang diberikan oleh koefisien refleksi, yaitu perbandingan antara tinggi gelombang refleksi H_r dan tinggi gelombang datang H_i :

$$X = \frac{H_r}{H_i} \dots\dots\dots(8)$$

*Tabel 2.1 Koefisien Refleksi
(Sumber: Perencanaan Pelabuhan, Triatmojo)*

Tipe Bangunan	X
Dinding vertikal dengan puncak di atas air	0,7 – 1,0
Dinding vertikal dengan puncak terendam	0,5 – 0,7
Tumpukan batu sisi miring	0,3 – 0,6
Tumpukan blok beton	0,3 – 0,5
Dinding vertikal dengan peredam energi (diberi lobang)	0,05 – 0,2





Gambar 2.3 Profil muka air didepan bangunan vertikal
 (Sumber: Perencanaan Pelabuhan, Triatmojo)

Gerak gelombang di depan dinding vertikal yang dapat memantulkan gelombang dengan sempurna yang mempunyai arah tegak lurus pada dinding dapat ditentukan dengan superposisi dari dua gelombang yang mempunyai karakteristik sama tetapi arah penjarannya berlawanan. Superposisi dari kedua gelombang tersebut menyebabkan terjadinya *standing wave* atau gelombang berdiri. Untuk gelombang amplitudo kecil, fluktuasi muka air:

$$\eta_i = \frac{H_i}{2} \cos(kx - \sigma t) \dots \dots \dots (9)$$

gelombang refleksi:



$$\eta_r = \frac{H_i}{2} \cos(kx - \sigma t) \dots \dots \dots (10)$$

Profil muka air di depan bangunan diberikan oleh jumlah η_i dan η_r :

$$\eta = \eta_i + \eta_r = \frac{H_i}{2} \cos(kx - \sigma t) + \frac{H_i}{2} \cos(kx - \sigma t)$$

$$= (1+X) \frac{H_i}{2} \cos kx \cos \sigma t$$

$$\eta = H_i \cos kx \cos \sigma t \dots \dots \dots (11)$$

Persamaan tersebut menunjukkan fluktuasi muka air gelombang berdiri (*standing wave*) yang periodik terhadap waktu (t) dan terhadap jarak (x). Apabila $\cos kx = \cos \sigma t = 1$ maka tinggi maksimum adalah $2H_i$, yang berarti bahwa tinggi gelombang di depan bangunan vertikal bisa mencapai dua kali tinggi gelombang datang. Tinggi gelombang di kolam pelabuhan harus cukup kecil sehingga tidak mengganggu kapal yang sedang melakukan bongkar muat barang. Untuk itu, bangunan pelabuhan dipilih sedemikian rupa sehingga gelombang berdiri yang terjadi di kolam pelabuhan tidak besar, yaitu dengan memilih material yang mempunyai koefisien refleksi kecil.

2.5 Pemecah Gelombang (Breakwater)

2.5.1 Pengertian Pemecah Gelombang

Pemecah gelombang atau dikenal juga sebagai pemecah ombak atau dalam bahasa Inggris breakwater adalah prasarana yang dibangun untuk memecahkan ombak/gelombang dengan menyerap sebagian energi ombang. Pemecah gelombang harus didesain sedemikian sehingga arus



laut tidak menyebabkan pendangkalan karena pasir yang ikut dalam arus mengendap di kolam pelabuhan. Tinggi gelombang (H) mempunyai pengaruh yang besar terhadap kapal-kapal yang sedang bongkar muat. Karena gelombang tersebut akan mengganggu kapal-kapal untuk melakukan bongkar muat, maka adalah tugas perencana untuk memperkecil tinggi gelombang di perairan pelabuhan dengan membuat pemecah gelombang (Breakwater). Pelabuhan yang dilengkapi dengan bangunan pemecah gelombang disebut dengan pelabuhan buatan. Jadi, pemecah gelombang dibangun dengan maksud untuk melindungi wilayah perairan pelabuhan agar kapal dapat berlabuh dan melakukan bongkar muat barang dan penumpang dengan aman dan nyaman. Disamping itu juga digunakan untuk mengendalikan abrasi yang menggerus pantai. Disamping fungsi utama tersebut kadang-kadang digunakan untuk maksud ganda yaitu disamping sebagai pemecah gelombang untuk melindungi perairan pelabuhan juga dijadikan sebagai dermaga tempat kapal bertambat. Dengan dibangunnya pemecah gelombang, maka arah gelombang laut asal (incident wave) akan terganggu oleh adanya struktur baru tersebut, akan terjadi pembelokan arah maupun perubahan karakteristik gelombang yaitu tinggi, panjang dan waktu gelombang. Perlindungan oleh pemecah gelombang terjadi karena berkurangnya energi gelombang yang sampai di sisi dalam perairan pelabuhan yang dilindungi di belakang bangunan yang biasa disebut Leeward side. Gelombang yang menjalar

ngenai suatu bangunan peredam/lapisan pelindung yang biasa disebut
hour layer, sebagian energinya akan dipantulkan (refleksi), sebagian



diteruskan (transmisi) dan sebagian dihancurkan (dissipasi) melalui pecahnya gelombang, yang tergantung pada kekentalan fluida, gesekan dasar dan lain-lain. Pembagian besarnya energi gelombang yang dipantulkan, dihancurkan dan diteruskan tergantung karakteristik gelombang datang (periode, tinggi, kedalaman air), tipe bangunan peredam gelombang (permukaan halus atau kasar, lurus air atau tidak lurus air) dan geometrik bangunan peredam (kemiringan, elevasi, dan puncak bangunan). Berkurangnya energi gelombang di daerah terlindung (lee side) akan mengurangi pengiriman sedimen di daerah tersebut. Pengiriman sedimen sepanjang pantai yang berasal dari daerah di sekitarnya akan diendapkan di belakang bangunan. Pantai dibelakang struktur akan stabil dengan terbentuknya endapan sedimen tersebut. Pemecah gelombang harus didesain sedemikian agar arus laut tidak menyebabkan pedangkalan karena pasir yang ikut dalam arus mengendap di kolam pelabuhan. Bila hal ini terjadi maka pelabuhan perlu dikeruk secara reguler dan biaya pengerukan sangat menentukan layak atau tidaknya pelabuhan dibangun. Bab ini menjelaskan secara umum desain konstruksi pemecah gelombang meliputi perhitungan desain untuk menentukan lay-out, bentuk, dimensi dan detail konstruksi pemecah gelombang. Aspek biaya pelaksanaan, perbaikan, upgrading dan perawatan konstruksi sebagai bagian dari parameter desain. (Mandi, 2015)

2.5.2 Tipe-tipe Pemecah Gelombang



Terdapat banyak tipe pemecah gelombang yang sudah dibangun di seluruh dunia. Batu alam atau buatan dengan bahan beton atau kombinasi

antara keduanya, baja, kayu dan pemecah gelombang dengan menggunakan tekanan air untuk memecah kekuatan gelombang dari laut lepas.

a. Pemecah Gelombang Sisi Miring

Pemecah gelombang (breakwater) sisi miring pada umumnya dibuat dari tumpukan batuan alam yang dilindungi oleh lapis pelindung berupa batu besar atau beton dengan bentuk tertentu. Pemecah gelombang (breakwater) ini lebih cocok digunakan pada kondisi tanah yang lunak dan tidak terlalu dalam. Pemecah gelombang (breakwater) sisi miring bersifat fleksibel karena jika serangan gelombang kerusakan yang terjadi tidak secara tiba-tiba, meskipun beberapa butiran longsor. Biasanya butiran batu pemecah gelombang (breakwater) sisi miring disusun dalam beberapa lapisan, dengan lapis terluar terdiri dari batu dengan berukuran besar dan semakin ke dalam ukurannya semakin kecil. Bentuk butiran akan berpengaruh terhadap ikatan antara butiran batu yang ditumpuk. Butiran batu dengan sisi tajam akan mengikat satu sama lain dengan baik sehingga stabil. Butiran batu pelindung ada beberapa macam yaitu berupa batu alam, batu buatan dari beton yang berbentuk kubus atau bentuk lainnya. Butiran pelindung buatan beton bisa berupa tetrapod, cube, tribar, quadripod, accropod, core-loc, dolos.

b. Pemecah gelombang Tegak

Pemecah gelombang tegak mempunyai dinding vertikal dengan tinggi yang berbeda-beda. Tujuannya adalah untuk refleksi gelombang.



Di sisi dalam dari pemecah gelombang dapat digunakan untuk bersandarnya kapal-kapal

Biasanya dalam pelaksanaan dilapangan dibatasi oleh ketinggian tipe pemecah gelombang sisi tegak. Ketinggiannya maksimum 60 ft apabila ketinggiannya lebih dari itu biasanya digunakan pondasi dasar dari batu di bawah level ini dan apabila menggunakan tipe miring sangat tidak ekonomis sehingga pemecah gelombang ini merupakan campuran antara tipe tegak dan miring.

c. Pemecah Gelombang Campuran

Pada pemecah gelombang gabungan konstruksi di kombinasikan antara pemecah gelombang sisi tegak yang dibuat di atas pemecah gelombang sisi miring. Pemecah gelombang (breakwater) gabungan dibuat apabila kedalaman air sangat besar dan tanah dasar tidak mampu menahan beban dari pemecah gelombang (breakwater) sisi tegak. Pada waktu air surut bangunan berfungsi sebagai pemecah gelombang sisi miring, sedangkan pada waktu air pasang berfungsi sebagai pemecah gelombang sisi tegak.

