

**SIMULASI GELOMBANG PERMUKAAN LAUT PADA DAERAH  
PANTAI MULI KABUPATEN LAMPUNG SELATAN DENGAN  
MENGUNAKAN *SURFACE-WATER MODELLING SYSTEM* (SMS)**

(Skripsi)

**OLEH:**

**MUHAMMAD FAIZUN ULUR ROSAD  
NPM. 1915011079**



**JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
2024**

**SIMULASI GELOMBANG PERMUKAAN LAUT PADA DAERAH  
PANTAI MULI KABUPATEN LAMPUNG SELATAN DENGAN  
MENGUNAKAN *SURFACE-WATER MODELLING SYSTEM* (SMS)**

**Oleh :**

**MUHAMMAD FAIZUN ULUR ROSAD**

**Skripsi**

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar  
SARJANA TEKNIK**

**Pada**

**Jurusan Teknik Sipil  
Fakultas Teknik Universitas Lampung**



**JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
2024**

## ABSTRAK

### **SIMULASI GELOMBANG PERMUKAAN LAUT PADA DAERAH PANTAI MULI KABUPATEN LAMPUNG SELATAN DENGAN MENGUNAKAN *SURFACE-WATER MODELLING SYSTEM* (SMS)**

Oleh

**MUHAMMAD FAIZUN ULUR ROSAD**

Penelitian ini bertujuan untuk mendeskripsikan kondisi hidro-oseanografi pantai Muli di Kabupaten Lampung Selatan untuk digunakan dalam analisis gelombang dengan menggunakan *software Surface-water Modelling System* (SMS). Daerah pantai Muli dipilih karena memiliki potensi wisata bahari dan perikanan. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode deskriptif dengan pengumpulan data sekunder mencakup data batimetri, pasang surut, serta data angin. Data-data tersebut kemudian diolah dan disimulasikan menggunakan *software* SMS untuk memodelkan kondisi gelombang di perairan Pantai Muli. Analisis data angin menunjukkan angin dominan berhembus dari arah barat daya dengan panjang *fetch* efektif 49,69 kilometer. Peramalan gelombang dilakukan dengan menggunakan metode *shore protection manual* (SPM) berdasarkan data angin kurun waktu 10 tahun untuk mendapatkan periode dan tinggi gelombang. Dari hasil perhitungan gelombang di Pantai Muli diperoleh tinggi gelombang ( $H_s$ ) = 1,32 meter dan periode gelombang ( $T_s$ ) = 5,18 detik. Hasil simulasi gelombang menunjukkan bahwa tinggi gelombang berkisar antara 0 hingga 2,4 meter. Penelitian ini menyimpulkan bahwa model gelombang yang dihasilkan dapat memberikan gambaran mengenai kondisi gelombang di Pantai Muli. Hasil ini diharapkan dapat digunakan sebagai dasar dalam perencanaan dan pengelolaan kawasan pesisir, pengembangan potensi wisata bahari serta usaha perikanan.

Kata kunci: Hidro-oseanografi, Pantai Muli, Pemodelan Gelombang Laut, *Surface-water Modelling System* (SMS),.

## **ABSTRACT**

### ***SIMULATION OF SURFACE WAVES IN THE MULI BEACH AREA SOUTH LAMPUNG REGENCY USING THE SURFACE-WATER MODELLING SYSTEM (SMS)***

***By***

**MUHAMMAD FAIZUN ULUR ROSAD**

*This study aims to describe the hydro-oceanographic conditions of Muli Beach in South Lampung Regency for wave analysis using the Surface-water Modelling System (SMS) software. Muli Beach was selected due to its potential for marine tourism and fisheries. The method used in this research is descriptive, involving the collection of secondary data including bathymetry, tides, and wind data. These data were then processed and simulated using SMS software to model wave conditions in the waters of Muli Beach. Wind data analysis showed that the dominant wind blows from the southwest with an effective fetch length of 49.69 kilometers. Wave forecasting was conducted using the shore protection manual (SPM) method based on 10 years of wind data to obtain wave period and height. The wave calculations at Muli Beach yielded a wave height ( $H_s$ ) of 1.32 meters and a wave period ( $T_s$ ) of 5.18 seconds. Wave simulation results showed that wave heights range from 0 to 2.4 meters. This study concludes that the generated wave model can provide an overview of the wave conditions at Muli Beach. These results are expected to be used as a basis for coastal area planning and management, the development of marine tourism potential, and fisheries efforts.*

*Keywords: Hydro-oceanography, Muli Beach, Ocean Wave Modeling, Surface-water Modelling System (SMS).*

Judul Skripsi : **SIMULASI GELOMBANG PERMUKAAN LAUT PADA DAERAH PANTAI MULI KABUPATEN LAMPUNG SELATAN DENGAN MENGGUNAKAN *SURFACE-WATER MODELLING SYSTEM (SMS)***

Nama Mahasiswa : **Muhammad Faizun Ulur Rosad**

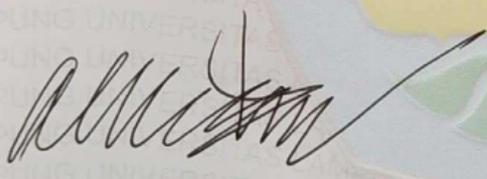
Nomor Pokok Mahasiswa : 1915011079

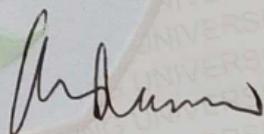
Program Studi : S1 Teknik Sipil

Fakultas : Teknik

**MENYETUJUI**

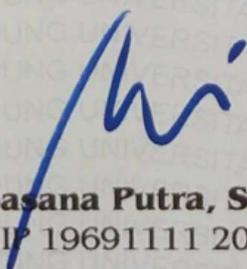
1. Komisi Pembimbing

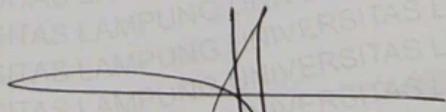
  
**Ir. Ahmad Zakaria, M.T., Ph.D.**  
NIP 19670514 199303 1 002

  
**Ir. Ashruri, S.T., M.T.**  
NIP 19870216 201903 1 005

2. Ketua Jurusan Teknik Sipil

3. Ketua Program Studi Teknik Sipil

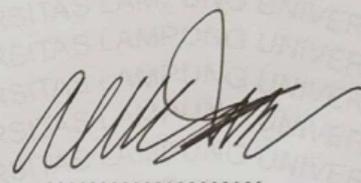
  
**Sasana Putra, S.T., M.T.**  
NIP 19691111 200003 1 002

  
**Dr. Suyadi, S.T., M.T.**  
NIP 19741225 200501 1 003

## MENGESAHKAN

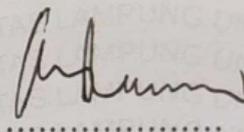
### 1. Tim Penguji

Ketua : **Ir. Ahmad Zakaria, M.T., Ph.D.**



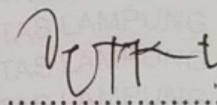
.....

Sekretaris : **Ir. Ashruri, S.T., M.T.**



.....

Penguji : **Prof. Dyah Indriana K, S.T., M.Sc.**



.....

### 2. Dekan Fakultas Teknik

**Dr. Eng. Ir. Helny Fitriawan, S.T., M.Sc.**

NIP-19750928/200112 1 002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : **23 Juli 2024**

## SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini,

Nama Mahasiswa : Muhammad Faizun Ulur Rosad

NPM : 1915011079

Program Studi : S1 Teknik Sipil

Fakultas : Teknik

Dengan ini menyatakan bahwa dalam skripsi yang berjudul “**SIMULASI GELOMBANG PERMUKAAN LAUT PADA DAERAH PANTAI MULI KABUPATEN LAMPUNG SELATAN DENGAN MENGGUNAKAN *SURFACE-WATER MODELLING SYSTEM (SMS)***” tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan disuatu perguruan tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang tertulis diacu dalam naskah ini dan disebut dalam daftar pustaka. Ide penelitian didapatkan dari pembimbing I dan pembimbing II. Atas pernyataan ini, apabila dikemudian hari ternyata ditemukan adanya ketidakbenaran, saya bersedia menanggung akibat dan sanksi sesuai hukum yang berlaku.

Bandar Lampung, 19 Agustus 2024

Penulis,



Muhammad Faizun Ulur Rosad

NPM. 1915011079

## RIWAYAT HIDUP



Muhammad Faizun Ulur Rosad adalah penulis skripsi ini. Lahir pada 30 Juni 2001 di Desa Kemuning, Kecamatan Pulau Panggung, Kabupaten Tanggamus, Provinsi Lampung. Penulis merupakan anak pertama dari dua bersaudara pasangan Muhammad Ngatif dan Dariyah. Penulis memulai masa pendidikan dari jenjang taman kanak-kanak di TK Mulya Kemuning pada tahun 2006 sampai 2007, kemudian melanjutkan ke sekolah dasar di SD Negeri 1 Kemuning pada tahun 2007 sampai 2013, kemudian melanjutkan ke jenjang sekolah menengah pertama di SMP Islam Kebumen pada tahun 2013 sampai 2016, kemudian melanjutkan ke sekolah menengah atas di SMA Islam Kebumen pada tahun 2016 sampai 2019.

Pada tahun 2019 penulis terdaftar sebagai mahasiswa di Universitas Lampung, Fakultas Teknik Program Studi Teknik Sipil. Bidang minat yang diambil penulis adalah Rekayasa Hidroteknik dan pada tahun 2024 penulis dinyatakan lulus serta berhak menyandang gelar Sarjana Teknik Sipil. Dengan ketekunan dan motivasi tinggi untuk terus belajar dan berusaha, penulis telah berhasil menyelesaikan pengerjaan skripsi ini. Semoga dengan penulisan skripsi ini mampu memberikan kontribusi positif bagi dunia pendidikan.

Akhir kata penulis mengucapkan rasa syukur yang sebesar besarnya kepada Allah SWT dan rasa terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu demi terselesaikannya skripsi ini yang berjudul “Simulasi Gelombang Permukaan Laut Pada Daerah Pantai Muli Kabupaten Lampung Selatan Dengan Menggunakan *Surface-Water Modelling System (SMS)*”.

## **MOTTO**

“Tidaklah mungkin bagi matahari mengejar bulan dan malam-pun tidak dapat mendahului siang. Masing-masing beredar pada garis edarnya”

(Q.S Yasin : 40)

“Keberhasilan bukanlah milik orang pintar, keberhasilan adalah milik mereka yang mau berusaha”

(B.J. Habibie)

“Sesungguhnya bersama kesulitan ada kemudahan”

(Q.S Al-Insyirah : 6)

## **PERSEMBAHAN**

Dengan mengucapkan syukur atas rahmat Allah SWT, saya persembahkan karya tulis sederhana ini sebagai tanda bukti kepada:

1. Panutanku, Bapak Muhammad Ngatif. Beliau menjadi inti tulang punggung keluarga. Meskipun belum sempat merasakan pendidikan hingga bangku perkuliahan, namun beliau mampu mendidik penulis menjadi laki-laki yang kuat dan tegar dalam segala rintangan, terus memberikan motivasi dan dukungan hingga penulis mampu menyelesaikan studinya sampai sarjana. Terima kasih atas segala doa, materi dan nasihat yang diberikan selama ini. Terima kasih sudah mengantarkan saya sampai ke tempat ini.
2. Pintu surgaku, Ibu Dariyah. Beliau juga belum sempat merasakan pendidikan di bangku perkuliahan, namun beliau gigih dalam memanjatkan doa yang selalu diberikan tanpa henti. Terima kasih atas segala doa dan semangat yang diberikan selama ini terima kasih atas kesabaran dan kebesaran hati dalam menghadapi sikap penulis ini.
3. Saudaraku, Adek Malihatur Rosyidah. Terima kasih telah menjadi bagian dari perjalanan hidup penulis. Telah mendukung dan menghibur serta mengajarkan arti kesabaran.
4. Bapak/Ibu Dosen Pembimbing dan Penguji yang sabar dan selalu memberikan bimbingan dan motivasi sebagai dorongan dan dukungan untuk menyelesaikan skripsi ini, semoga senantiasa diberi kesehatan dan keberkahan.

## SANWACANA

*Alhamdulillahirobbil'alamin*, puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya, shalawat serta salam selalu tercurah kepada Nabi Muhammad SAW, sehingga diberikan kemudahan dan kelancaran kepada penulis dalam menyusun skripsi yang berjudul “**Simulasi Gelombang Permukaan Laut Pada Daerah Pantai Muli Kabupaten Lampung Selatan Dengan Menggunakan *Surface-Water Modelling System (SMS)***”. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu persyaratan akademik dalam menyelesaikan studi tingkat sarjana di Program Studi S1 Teknik Sipil, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Lampung.

Penulis menyadari bahwa segala proses dalam pelaksanaan penelitian, pengambilan data dan informasi, serta penyusunan skripsi ini senantiasa dibantu dan dibimbing oleh banyak pihak. Berkaitan dengan ini, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Allah SWT yang selalu memberikan rahmat dan ridho-Nya, serta senantiasa memberikan jalan dalam setiap urusan hamba-Nya.
2. Kedua orang tua penulis, yaitu Bapak Muhammad Ngatif dan Ibu Dariyah yang selalu memberikan perhatian dan dukungan baik secara moral dan materi serta doa-doa terbaik untuk saya.
3. Bapak Dr. Eng. Ir. Helmy Fitriawan, S.T., M.Sc., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung.
4. Bapak Sasana Putra, S.T.,M.T., selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil, Universitas Lampung.
5. Bapak Dr. Suyadi, S.T.,M.T., selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil, Universitas Lampung.
6. Bapak Ir. Ahmad Zakaria, M.T.,Ph.D., selaku Dosen Pembimbing I yang telah memberikan bimbingan, nasihat, ilmu, dan motivasi dalam penelitian dan penyusunan skripsi.

7. Bapak Ir. Ashruri, S.T.,M.T., selaku Dosen Pembimbing II yang telah memberikan bimbingan, nasihat, ilmu, dan motivasi dalam penelitian dan penyusunan skripsi.
8. Ibu Prof. Dyah Indriana Kusumastuti, S.T.,M.Sc., selaku Dosen Penguji yang telah memberikan bimbingan, nasihat, ilmu, dan motivasi dalam penelitian dan penyusunan skripsi.
9. Bapak Dr. Ir. Endro Prasetyo Wahono, S.T.,M.Sc., selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah memberikan bimbingan, nasihat, ilmu, dan motivasi dalam penelitian dan penyusunan skripsi ini.
10. Seluruh dosen, laboran, karyawan, dan asisten jurusan Teknik Sipil, Universitas Lampung yang telah memberikan ilmu dan fasilitas selama masa perkuliahan.
11. Keluarga tercinta, Bapak Muhammad Ngatif, Ibu Dariyah, dan Adek Malihatur Rosyidah yang senantiasa memberikan dukungan dan doa dalam segala kondisi.
12. Teman-teman SOLID 19, yang tidak bisa penulis sebutkan satu persatu, yang senantiasa memberikan bantuannya dan saran-saran yang telah diberikan selama proses penyusunan skripsi ini.

Penulis menyadari akan keterbatasan pengetahuan dan kemampuan yang dimiliki, sehingga masih terdapat kekurangan dalam penulisan skripsi ini. Oleh karena itu, penulis mengharapkan adanya kritik dan saran dari berbagai pihak demi kesempurnaan skripsi ini.

Bandar Lampung, 2024  
Penulis,

**Muhammad Faizun Ulur Rosad**  
NPM. 1915011079

## DAFTAR ISI

	Halaman
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>i</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>iii</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>v</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Manfaat Penelitian.....	3
1.5 Batasan Masalah.....	4
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	<b>5</b>
2.1 Tinjauan Umum.....	5
2.2 Dasar Teori.....	7
1. Pantai.....	7
2. Batimetri.....	8
3. Pasang Surut.....	9
4. Angin.....	11
5. <i>Fetch</i> .....	13
6. Gelombang.....	14
7. <i>Hindcasting</i> Gelombang.....	23
8. <i>Software Surface-water Modelling System (SMS)</i> .....	25
9. Uji Validasi Hasil Perhitungan Analitik dan Simulasi.....	26
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN</b> .....	<b>28</b>
3.1 Gambaran Umum Lokasi Penelitian.....	28
3.2 Metode Penelitian.....	29
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN</b> .....	<b>44</b>
4.1 Batimetri.....	44

4.2 Pasang Surut .....	45
4.3 Angin .....	47
4.4 <i>Fetch</i> .....	49
4.5 Peramalan Gelombang ( <i>Hindcasting</i> ).....	50
4.6 Analisis Refraksi (Perambatan Gelombang) .....	53
4.7 Analisis Gelombang Pecah.....	57
4.8 Hasil Simulasi Gelombang menggunakan <i>Software Surface-water Modelling System (SMS)</i> .....	59
4.9 Validasi Hasil Pemodelan Gelombang .....	62
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>65</b>
5.1 Kesimpulan.....	65
5.2 Saran .....	65
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>67</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>69</b>
<b>LAMPIRAN A</b>	
<b>LAMPIRAN B</b>	

## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Definisi dan Karakteristik Gelombang Daerah Pantai .....	7
Gambar 2.2 Mawar Angin.....	12
Gambar 2.3 <i>Fetch</i> .....	13
Gambar 2.4 Perambatan Arah Gelombang Akibat Refraksi .....	16
Gambar 2.5 Difraksi Gelombang .....	20
Gambar 2.6 Grafik Penentuan Tinggi Gelombang Pecah.....	21
Gambar 2.7 Grafik Penentuan kedalaman gelombang pecah .....	22
Gambar 2.8 Diagram Alir Peramalan Gelombang Di Laut Dalam Metode SPM.	25
Gambar 3.1 Peta Lokasi Penelitian .....	28
Gambar 3.2 Diagram Alir Penelitian .....	29
Gambar 3.3 Diagram Alir Pemodelan.....	34
Gambar 3.4 Kotak Dialog <i>Coordinate System</i> .....	35
Gambar 3.5 Hasil <i>Input</i> Data Batimetri .....	36
Gambar 3.6 Kotak Dialog <i>Create Data Sets</i> .....	37
Gambar 3.7 Garis Pantai .....	36
Gambar 3.8 Kotak Dialog <i>Data Calculator</i> .....	38
Gambar 3.9 Kotak Dialog <i>Smooth Size</i> .....	38
Gambar 3.10 Luasan Domain .....	39
Gambar 3.11 Pengaturan <i>Scalar Paving Density</i> .....	40
Gambar 3.12 Kotak Dialog <i>Interpolation</i> .....	40
Gambar 3.13 Hasil Bangkitan <i>Mesh</i> .....	41
Gambar 3.14 Pengaturan <i>Model Control</i> .....	42
Gambar 3.15 Kotak Dialog Informasi Simulasi Selesai .....	42
Gambar 4.1 Peta Batimetri Perairan Pantai Muli.....	44
Gambar 4.2 Visualisasi 3d Batimetri Perairan Pantai Muli .....	45
Gambar 4.3 Grafik Pengamatan Pasang Surut.....	45
Gambar 4.4 <i>Windrose</i> tahun 2010-2019 .....	48
Gambar 4.5 <i>Fetch</i> Efektif.....	50

Gambar 4.6 Sudut Datang Gelombang .....	54
Gambar 4.7 Grafik Penentuan Tinggi Gelombang Pecah Perairan Pantai Muli ...	58
Gambar 4.8 Grafik Penentuan Kedalaman Gelombang Pecah Perairan Pantai Muli.....	59
Gambar 4.9 Elevasi Permukaan Air Laut .....	60
Gambar 4.10 Tinggi Gelombang.....	60
Gambar 4.11 Kontur Model .....	61
Gambar 4.12 Grafik Tinggi Gelombang .....	61
Gambar 4.13 Grafik Elevasi Permukaan Air Laut.....	62

## DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Penelitian Terdahulu .....	5
Tabel 4.1 Konstanta Pasang Surut .....	46
Tabel 4.2 Elevasi Pasang Surut.....	46
Tabel 4.3 Jumlah Data Angin Tahun 2010 - 2019 .....	47
Tabel 4.4 Presentase Data Angin Tahun 2010 -2019.....	48
Tabel 4.5 Analisis <i>Fetch</i> Efektif .....	49
Tabel 4.6 Hasil Perhitungan Peramalan Gelombang Oleh Angin Tanggal 1 Bulan Januari 2010.....	51
Tabel 4.7 Rekapitulasi Tinggi dan Periode Gelombang Maksimum Tahun 2010- 2019 .....	53
Tabel 4.8 Perhitungan Koefisien Refraksi (Kr), Koefisien <i>Shoaling</i> (Ks) dan Tinggi Gelombang (H) Angin Maksimum .....	56
Tabel 4.9 Analisis <i>Mean Relative Error</i> .....	63

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Indonesia merupakan negara kepulauan terbesar di dunia yang terletak di antara dua samudera besar yaitu samudera Hindia dan samudera Pasifik. Sebagai negara kepulauan, Indonesia memiliki perairan yang sangat luas. Luas perairan Indonesia adalah salah satu yang terbesar di dunia. Secara keseluruhan, luas perairan Indonesia mencakup lebih dari 5 juta kilometer persegi. Lampung merupakan salah satu Provinsi di Indonesia yang memiliki perairan cukup luas karena berbatasan langsung dengan samudra Hindia di sebelah barat dan teluk Lampung di sebelah timur.

Pantai Muli merupakan salah satu daerah pesisir yang terletak di kawasan Desa Way Muli Kabupaten Lampung Selatan. Kawasan pantai Muli memiliki berbagai aktivitas seperti perikanan, pariwisata serta memiliki panorama laut yang sangat indah. Oleh karena itu informasi kondisi oseanografi, khususnya karakteristik gelombang sangat penting untuk mendukung berbagai kegiatan tersebut.

Ada dua istilah untuk menggambarkan gelombang di laut yaitu "*Sea wave*" dan "*Swell*". *Sea wave* merupakan gelombang laut yang masih berada di dalam pengaruh angin dan bentuknya sangat tidak teratur. Sedangkan *swell* adalah gelombang yang lebih panjang dari *sea wave* dan keluar dari pengaruh angin serta bentuknya sudah teratur (Aziz, 2006).

Gelombang laut dapat membentuk, merusak dan dapat mempengaruhi struktur pada bangunan-bangunan pantai. Energi gelombang akan membangkitkan arus yang memengaruhi pergerakan sedimen dalam arah tegak lurus pantai (*cross-*

*shore*) dan sejajar pantai (*longshore*). Pada perencanaan teknis dalam bidang teknik pantai, gelombang merupakan faktor utama yang diperhitungkan karena akan menyebabkan suatu gaya bekerja pada bangunan pantai (Hasriyanti, 2015).

Gelombang laut di setiap wilayah perairan mempunyai karakteristik yang berbeda-beda. Salah satu cara untuk mengetahui karakteristik gelombang ialah dengan melakukan peramalan/simulasi gelombang. Informasi mengenai karakteristik gelombang yang didapat dari pengukuran langsung masih sulit diperoleh karena belum adanya alat yang dapat mengukur gelombang secara terus menerus. Cara memperoleh informasi mengenai karakteristik gelombang dapat dilakukan melalui peramalan dan pemodelan. Mengingat akan pentingnya pengaruh gelombang terhadap aktivitas di daerah pantai, maka perlu kiranya mensimulasikan model gelombang laut.

Mensimulasikan model gelombang pada suatu pantai merupakan pekerjaan yang sangat kompleks karena membutuhkan waktu lama. Seiring dengan kemajuan teknologi, untuk memudahkan permodelan tersebut maka dapat digunakan *software Surface-water Modeling System (SMS)*. *Software* ini merupakan pra dan pasca pemrosesan pemodelan air permukaan, termasuk elemen hingga dua dimensi, elemen beda hingga dua dimensi, dan peralatan pemodelan *breakwater*.

Berdasarkan uraian dari latar belakang diatas, perlu dilakukan penelitian dengan mempertimbangkan berbagai kondisi terkini yang terjadi dan yang mungkin akan terjadi kedepannya, maka dari itu disusunlah skripsi ini dengan judul: **“Simulasi gelombang permukaan laut pada daerah pantai Muli kabupaten Lampung Selatan dengan menggunakan *Surface-water Modelling System*”**.

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan di atas, dapat dirumuskan permasalahan penelitian sebagai berikut :

1. Bagaimana karakteristik gelombang laut di perairan pantai Muli
2. Bagaimana hasil analisis gelombang laut di perairan pantai Muli dengan menggunakan *software Surface-water Modelling System*?

## 1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah untuk memahami dan menemukan jawaban atas masalah-masalah yang telah diidentifikasi sebelumnya. Adapun tujuan spesifik dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui karakteristik gelombang di perairan pantai Muli.
2. Mengetahui hasil analisis gelombang laut di perairan pantai Muli dengan menggunakan *software Surface-water Modelling System*.

## 1.4 Manfaat Penelitian

Berdasarkan tujuan penelitian diatas, penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat bagi berbagai pihak sebagai berikut:

1. Bagi pemerintah  
Penelitian ini diharapkan bisa memberikan informasi mengenai karakteristik gelombang kepada pemerintah dan pihak terkait dalam pengambilan kebijakan terkait pemanfaatan, pengendalian, dan pembangunan di kawasan pantai Muli.
2. Bagi akademisi  
Hasil penelitian ini diharapkan bisa menjadi referensi dalam melakukan penelitian sejenis di masa mendatang.
3. Bagi masyarakat  
Penelitian ini diharapkan bisa memberikan informasi mengenai gelombang laut kepada masyarakat yang beraktivitas di perairan pantai Muli.

## 1.5 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah dalam penelitian ini adalah :

1. Lokasi penelitian untuk simulasi model gelombang laut dibatasi sepanjang 2 km garis pantai.
2. Simulasi model gelombang laut dilakukan dengan menggunakan *software Surface-water Modelling System (SMS)*.
3. Pemodelan hanya dilakukan pada gelombang laut.

## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Tinjauan Umum

Untuk menggambarkan suatu kondisi deformasi gelombang secara jelas tanpa melakukan pengujian di lapangan dapat dilakukan dengan sebuah simulasi. Simulasi dalam penelitian ini menggunakan *software* SMS 11.2 modul CGWAVE dengan melakukan pemodelan gelombang di perairan Pantai Muli. Dibawah ini dipaparkan beberapa penelitian terdahulu terkait simulasi gelombang menggunakan *software* SMS.

Tabel 2.1 Penelitian Terdahulu

Judul	Pemodelan Karakteristik Gelombang dengan <i>Surface-water Modelling System</i> (SMS) pada pantai pulau Menganti
Penulis	Tryantini Sundi P., Ahmad Syarif S., M. Ibnu Sina
Kesimpulan	Perhitungan data numerik pada SMS 10.0.10 dengan gelombang dominan berasal dari timur laut menunjukkan tinggi gelombang berkisar antara 0,6 hingga 5,4 m, dengan rata-rata tinggi gelombang sebesar 2,15 m.
Tahun	2019
Judul	Analisa Transformasi Gelombang Dominan Pelabuhan Glagah (Studi Perbandingan <i>Software</i> Awave 2-3 dengan Cgwave)
Penulis	Ruri Febri, Nizar Achmad, Edy Sriyono
Kesimpulan	Dari hasil <i>running</i> program antara Awave 2-3 dengan Cgwave, terdapat selisih pada gelombang tertinggi 0% untuk periode 12 detik, 0,6% untuk periode 13 detik, dan 0,45% untuk periode 14 detik.
Tahun	2015

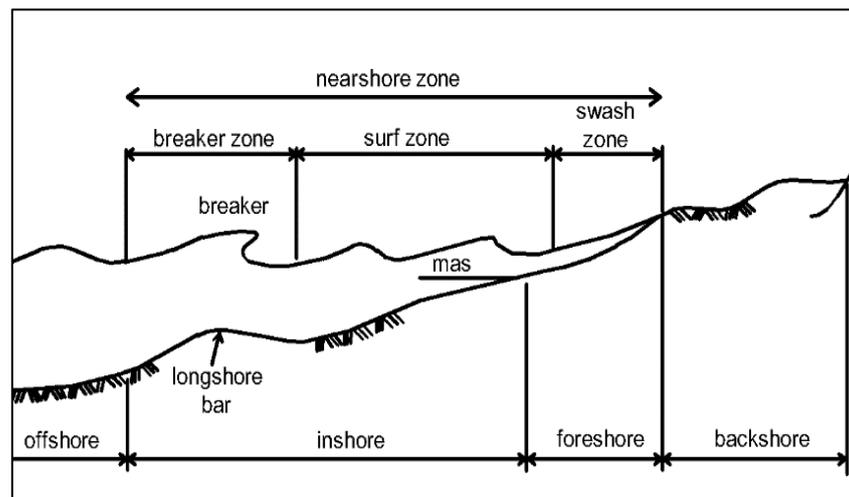
Tabel 2.1 Penelitian Terdahulu (lanjutan)

Judul	Karakteristik Tinggi Gelombang untuk Perencanaan Breakwater di Pelabuhan Jangkar Situbondo, Jawa Timur
Penulis	Rizki Lindra Pratama <sup>1</sup> , Supriyatno Widagdo, Rahyono
Kesimpulan	Berdasarkan hasil peramalan gelombang di perairan Pelabuhan Jangkar selama periode 6 tahun (2011-2016), gelombang memiliki karakteristik dengan nilai tinggi gelombang signifikan sebesar 1,17 meter, periode gelombang signifikan sebesar 5,48 detik, dan arah dominan datangnya gelombang dari timur.
Tahun	2019
Judul	Pemodelan Penjalaran Gelombang dengan Model SMS CGWAVE di perairan Pulau Wisata Bokori, Kecamatan Soropia, Kabupaten Konawe
Penulis	Asyandi Marsah
Kesimpulan	Ketinggian tertinggi gelombang hasil simulasi yang didapatkan sebesar 1,46 meter, mengalami perubahan ketinggian ketika menjalar kearah pantai karena adanya <i>shoaling</i> , difraksi dan refraksi gelombang akibat bangunan di laut serta perubahan kontur kedalaman laut. Berdasarkan hasil analisis perhitungan gelombang didapatkan tinggi gelombang hasil refraksi gelombang terjadi setinggi 1,48 meter.
Tahun	2023
Judul	Analisa Stabilitas Breakwater pada Kolam Labuh Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) Sudimoro Pacitan
Penulis	Norman Akromudin
Kesimpulan	Berdasarkan pemodelan CGWAVE, tinggi gelombang sebelum mencapai <i>breakwater</i> (laut dalam) dari arah tenggara: 6,2 m, 5,3 m, dan 3,5 m, dari arah selatan 1,7 m, 3,4 m, dan 2,6 m, serta dari arah barat daya 2,3 m, 3,2 m, dan 3,1 m
Tahun	2017

## 2.2 Dasar Teori

### 1. Pantai

Dalam bahasa Indonesia, terdapat dua istilah mengenai kepantaian yang sering kali rancu dalam penggunaannya, yaitu pesisir (*coast*) dan pantai (*shore*). Pesisir adalah daerah daratan di tepi laut yang masih mendapat pengaruh dari laut, seperti pasang surut, angin laut, dan perembesan air laut. Sementara itu, pantai adalah daerah di tepi perairan yang dipengaruhi oleh air pasang tertinggi.



Gambar 2.1 Definisi dan Karakteristik Gelombang Daerah Pantai  
(Sumber: Triatmodjo, 1999)

Bentuk profil pantai sangat dipengaruhi oleh serangan gelombang, sifat-sifat sedimen seperti rapat massa dan tahanan terhadap erosi, ukuran dan bentuk partikel, kondisi gelombang dan arus, serta batimetri pantai (Triatmodjo, 1999).

Pantai selalu menyesuaikan bentuk profilnya agar mampu meredam energi gelombang yang datang. Penyesuaian ini merupakan suatu tanggapan dinamis pantai terhadap gerakan gelombang. Terdapat dua tipe tanggapan yaitu tanggapan terhadap kondisi gelombang normal dan kondisi gelombang badai.

Kondisi gelombang normal terjadi dalam waktu yang lebih lama dan energi gelombang dengan mudah dapat dihancurkan oleh mekanisme pertahanan alami pantai. Pada saat badai, terjadi gelombang yang mempunyai energi cukup besar walaupun terkadang pertahanan alami pantai tidak mampu menahan serangan gelombang. Setelah gelombang besar reda, pantai akan kembali ke bentuk semula oleh pengaruh gelombang normal. Tetapi ada kalanya pantai tersebut tidak kembali ke bentuk semula karena material pembentuk pantai telah terbawa arus ke tempat lain dan tidak kembali lagi, sehingga pantai tersebut mengalami pengikisan atau biasa disebut dengan erosi.

## 2. Batimetri

Batimetri merupakan suatu proses pemetaan dasar laut yang menampilkan kontur kedalaman laut, bentuk pantai, serta rintangan-rintangan di dalam perairan (Muliati, 2020).

Pengukuran batimetri awalnya dilakukan dengan menurunkan tali atau kabel hingga ke dasar laut dengan menggunakan kapal. Namun, teknik ini hanya mengukur titik kedalaman secara *singular* dalam satu waktu sehingga kurang efisien. Pada masa *modern* pengukuran batimetri bisa dilakukan dengan *echosounding* (sonar), yang dipasang di sisi dari suatu kapal kemudian gelombang dipancarkan. Waktu tempuh dari gelombang yang dipancarkan dari permukaan, kemudian dipantulkan oleh dasar laut kemudian diterima kembali di permukaan digunakan untuk mengalkulasi kedalaman dari laut yang diukur. Dalam pemodelan dan prediksi gelombang data batimetri penting untuk model gelombang dan arus laut yang digunakan dalam prediksi kondisi laut, yang berguna untuk kegiatan maritim dan mitigasi bencana.

### 3. Pasang Surut

Pasang surut atau sering disebut pasut merupakan sebuah fenomena alami air laut bergerak naik dan turun secara periodik. Proses ini disebabkan oleh adanya gaya tarik-menarik antara benda angkasa, terutama sekali disebabkan oleh gaya tarik matahari dan gaya tarik bulan terhadap massa air di bumi (Zakaria, 2012).

Pasang surut air laut merupakan hasil dari gaya tarik gravitasi dan efek sentrifugal. Efek sentrifugal adalah dorongan ke arah luar dari pusat rotasi. Gaya tarik gravitasi bervariasi langsung dengan massa namun berbanding terbalik dengan jarak. Meskipun ukuran bulan lebih kecil dari matahari, gaya tarik gravitasi bulan dua kali lebih besar daripada gaya tarik matahari dalam mempengaruhi pasang surut laut karena jarak bulan lebih dekat daripada jarak matahari ke bumi (Triatmodjo, 1999). Pasang surut yang terjadi di berbagai daerah dapat dibedakan menjadi beberapa tipe yaitu:

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

Pasang surut tipe ini terjadi dua kali air pasang dan dua kali air surut dalam satu hari dengan tinggi yang hampir sama. Pasang surut terjadi secara berurutan dan teratur. Periode rata-rata pasang surut adalah 12 jam 24 menit.

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

Pasang surut tipe ini terjadi satu kali air pasang dan satu kali air surut dalam satu hari. Periode pasang surut adalah 24 jam 50 menit.

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

Pasang surut tipe ini terjadi dua kali air pasang dan dua kali air surut dalam satu hari, namun tinggi dan periode pasang surutnya berbeda.

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

Pada tipe ini, biasanya terjadi satu kali air pasang dan satu kali air surut dalam satu hari. Adakalanya terjadi dua kali pasang dan dua kali surut dalam waktu singkat dengan tinggi dan periode yang sangat berbeda.

Untuk perencanaan bangunan pada daerah pantai, data elevasi muka air laut sangat dibutuhkan. Beberapa elevasi tersebut yaitu:

- a. *High water level* (HWL) yakni muka air tertinggi yang dapat dicapai pada saat air pasang dalam suatu siklus pasang surut.
- b. *Low water level* (LWL) yakni kedudukan air terendah yang dicapai pada saat air surut dalam suatu siklus pasang surut.
- c. *Mean high water* (MHWL) yakni rata-rata dari muka air tinggi selama periode 19 tahun.
- d. *Mean low water level* (MLWL) yakni rata-rata dari muka air rendah selama periode 19 tahun.
- e. *Mean sea level* (MSL) yakni muka air rata-rata antara muka air tinggi rata-rata dan muka air rendah rata-rata. Elevasi ini digunakan sebagai referensi untuk elevasi daratan.
- f. *Highest high water level* (HHWL) yakni muka air tertinggi pada saat pasang surut purnama atau bulan mati.
- g. *Lowest low water level* (LLWL) yakni Muka air terendah pada saat pasang surut purnama.

Rumus Formzahl yang umum digunakan untuk menghitung sifat pasang surut di perairan memiliki bentuk umum sebagai berikut:

$$F = \frac{K_1 + O_1}{M_2 + S_2} \quad (2.1)$$

Keterangan:

- $O_1$  = unsur pasang surut tunggal utama yang disebabkan gaya tarik bulan  
 $K_1$  = unsur pasang surut tunggal yang disebabkan oleh gaya tarik matahari  
 $M_2$  = unsur pasang surut ganda utama yang disebabkan oleh gaya tarik bulan  
 $S_2$  = unsur pasang surut ganda utama yang disebabkan gaya tarik matahari

Tipe pasang surut dapat diketahui berdasarkan nilai Formzahl (F) dengan beberapa kategori berikut:

$F = 0, - 0,25$  : pasang surut bertipe ganda

$F = 0,26 - 1,50$  : pasang surut bertipe campuran dengan tipe ganda dominan

$F = 1.51 - 3.00$  : pasang surut bertipe campuran dengan tipe tunggal dominan

$F > 3.00$  : pasang surut bertipe harian tunggal

Dalam mencari nilai konstanta harmonik pasang surut dapat dilakukan dengan berbagai cara, antara lain metode Admiralty, metode *Least Square* dan analisa spektrum. Akan tetapi dalam penelitian ini hanya akan digunakan analisa pasut dengan menggunakan metode Admiralty. Metode ini dikembangkan oleh Doodson pada tahun 1921. Kelebihan utama dari admiralty yaitu dapat menganalisis data pasut jangka waktu pendek (15 hari dan 29 hari). Perhitungan dilakukan mulai dari skema pertama hingga skema ke delapan dengan bantuan beberapa tabel pengali. Hasil akhir dari metode analisis ini berupa nilai amplitudo dan fase dari sembilan komponen pasang surut, yaitu M2, S2, K2, N2, O1, K1, P1, MS4, dan M4 (Astari *et al.*, 2018).

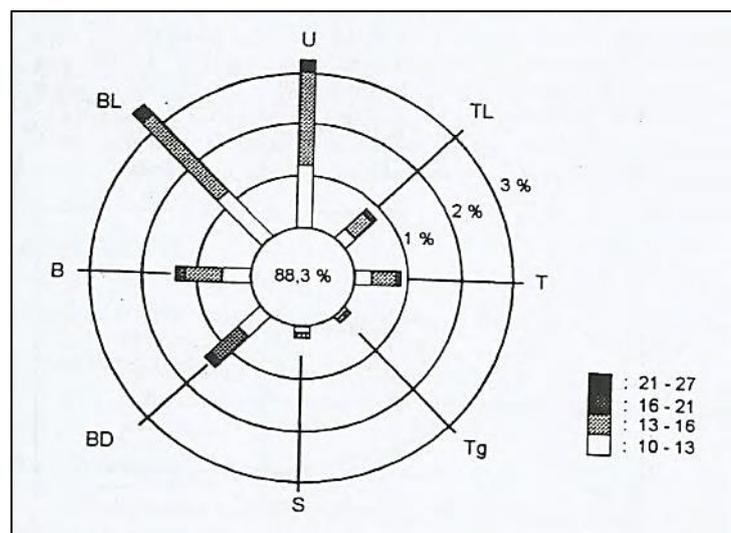
#### 4. Angin

Angin merupakan sirkulasi yang kurang lebih sejajar dengan permukaan bumi (Triatmodjo, 2010). Data angin yang digunakan untuk peramalan gelombang adalah data angin di atas permukaan laut pada lokasi pembangkitan. Data tersebut dapat diperoleh dari pengukuran langsung di atas permukaan laut (menggunakan kapal yang sedang berlayar) atau pengukuran di darat (area lapangan terbang) dekat lokasi peramalan yang kemudian dikonversi menjadi data angin laut. Kecepatan angin diukur dengan anemometer, dan biasanya dinyatakan dalam *knot*. Satu *knot* adalah panjang satu menit garis bujur melalui khatulistiwa yang ditempuh dalam satu jam, atau  $1 \text{ knot} = 1,852 \text{ km/jam} = 0,5 \text{ m/d}$ . Data angin dicatat setiap jam dan biasanya disajikan dalam bentuk tabel. Dengan pencatatan angin per jam tersebut dapat diketahui angin dengan kecepatan tertentu dan durasinya, kecepatan angin maksimum, arah angin dan kecepatan angin rata-rata harian.

Untuk membuat mawar angin (*windrose*) berdasarkan data angin yang tercatat, langkah-langkah yang dilakukan meliputi pengumpulan data angin selama beberapa tahun, pengolahan data untuk menentukan distribusi frekuensi dan kecepatan angin dari berbagai arah, dan akhirnya data tersebut disajikan dalam bentuk mawar angin.

Mawar angin atau *windrose* adalah diagram yang menunjukkan distribusi frekuensi dan kecepatan angin dari berbagai arah mata angin (utara, timur laut, timur, dll.). Gambar 2.2 merupakan contoh *windrose* yang dibuat berdasarkan pengolahan data angin di sekitar daerah pantai yang tercatat oleh Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) atau lembaga terkait lainnya.

*Windrose* sangat penting dalam perencanaan di daerah pantai karena dapat membantu dalam memahami pola angin dominan yang dapat mempengaruhi kondisi seperti gelombang laut, arus laut, dan potensi terjadinya badai. Dengan demikian, perencanaan infrastruktur dan aktivitas di pantai dapat disesuaikan dengan kondisi lingkungan yang ada.



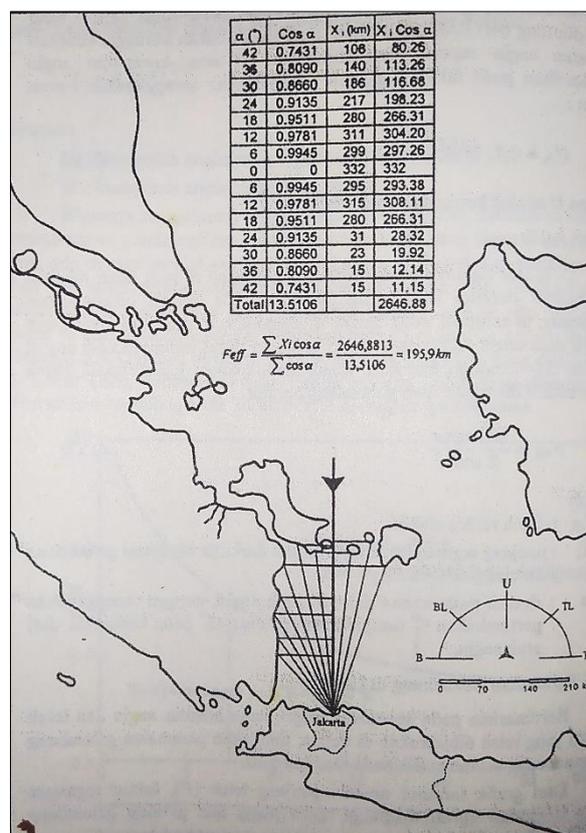
Gambar 2.2 Mawar Angin  
(Sumber: Triatmojo, 1999)

Gambar diatas memperlihatkan presentasi kejadian angin dengan kecepatan tertentu dari berbagai arah dalam periode waktu pencatatan. Dalam gambar

tersebut garis-garis radial adalah arah angin dan pada setiap lingkaran menunjukkan presentase kejadian angin dalam periode waktu pengukuran.

## 5. Fetch

*Fetch* adalah panjang daerah hembusan angin di atas permukaan laut, menghasilkan gelombang dan memiliki arah serta kecepatan yang relatif tetap. Dalam konteks pembentukan gelombang laut, *fetch* dibatasi oleh daratan yang mengelilingi wilayah perairan. Pada daerah ini, gelombang tidak hanya terbentuk sejajar dengan arah angin, tetapi juga dalam berbagai sudut terhadap arah angin. Hal ini berarti bahwa gelombang laut dapat muncul tidak hanya dalam arah angin yang dominan, tetapi juga dalam beberapa sudut lainnya, tergantung pada faktor-faktor seperti kecepatan dan arah angin serta karakteristik topografi dasar laut di daerah tersebut.



Gambar 2.3 *Fetch*  
(Sumber: Triatmodjo, 1999)

*Fetch* efektif dapat dihitung menggunakan persamaan berikut (Triatmodjo, 1999).

$$F_{\text{eff}} = \frac{\sum X_i \cos \alpha}{\sum \cos \alpha} \quad (2.2)$$

Keterangan:

$F_{\text{eff}}$  : *Fetch effective* (km)

$X_i$  : Panjang *fetch* di ukur dari titik observasi gelombang ke ujung akhir *fetch* (km)

$\alpha$  : Sudut deviasi kedua sisi dari arah angin, dengan menggunakan penambahan  $6^\circ$  sampai sudut sebesar  $42^\circ$ .

## 6. Gelombang

Angin yang berhembus di atas permukaan laut akan memindahkan energinya ke air. Kecepatan angin akan menciptakan tegangan pada permukaan laut sehingga permukaan air yang semula tenang akan terganggu dan timbul riak gelombang kecil di atas permukaan air laut. Ketika kecepatan angin meningkat, riak-riak tersebut menjadi lebih besar dan membentuk sebuah gelombang. Semakin lama dan semakin kencang angin berhembus, semakin besar gelombang yang terbentuk (Hidayat, 2005).

Gelombang di laut dapat dibedakan menjadi beberapa jenis berdasarkan penyebabnya. Angin yang bertiup di permukaan laut, baik menuju daratan maupun laut, akan menciptakan gelombang. Gelombang ini termasuk kategori gelombang pendek, dengan periode gelombang biasanya dari beberapa detik hingga beberapa menit. Gelombang yang terbentuk karena pengaruh angin disebut gelombang angin. Gelombang pasang surut, atau dikenal juga sebagai gelombang pasut, timbul akibat gaya tarik-menarik benda langit, terutama matahari dan bulan. Gelombang ini termasuk gelombang panjang, dengan periode gelombang berkisar dari beberapa jam hingga beberapa tahun. Gelombang tsunami adalah hasil dari pergerakan

besar massa air di laut, seringkali disebabkan oleh gempa bumi atau letusan gunung berapi di dasar laut (Zakaria, 2012).

Dalam hal ini bentuk gelombang yang umum dipakai adalah gelombang angin dan gelombang pasang surut. Gelombang biasanya menimbulkan energi untuk membentuk pantai, menimbulkan arus dan transpor sedimen sepanjang pantai, serta menyebabkan gaya-gaya yang bekerja pada bangunan pantai. Bentuk gelombang laut ini sangat kompleks dan sulit digambarkan secara matematis karena bentuknya yang tidak *linear* dan acak.

Gelombang yang merambat dari laut dalam menuju pantai mengalami perubahan bentuk karena pengaruh perubahan kedalaman laut. Berkurangnya kedalaman laut menyebabkan semakin berkurangnya panjang gelombang dan bertambahnya tinggi gelombang. Pada saat kemiringan gelombang (perbandingan antara tinggi dan panjang gelombang) mencapai batas maksimum, gelombang akan pecah. Karakteristik gelombang setelah pecah berbeda dengan sebelum pecah. Gelombang yang telah pecah tersebut akan merambat terus ke arah pantai sampai akhirnya gelombang bergerak naik dan turun pada permukaan pantai (Umar, 2011).

#### a. Refraksi Gelombang

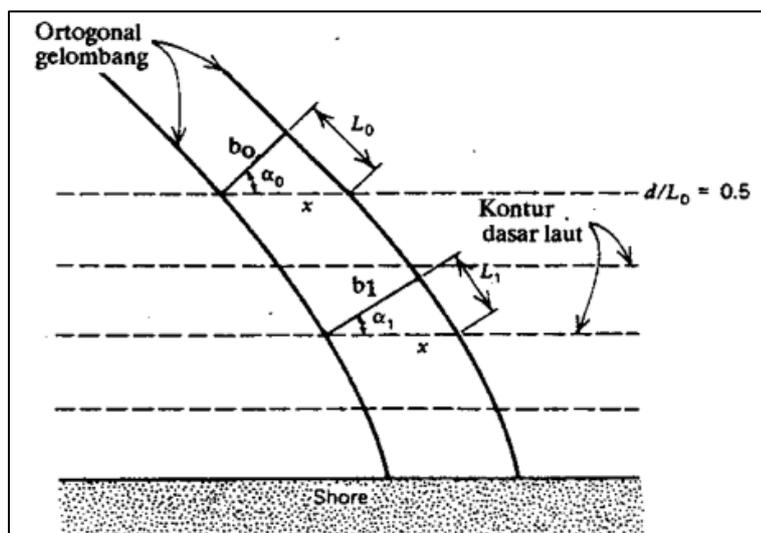
Refraksi adalah peristiwa berubahnya arah perambatan dan tinggi gelombang akibat perubahan kedalaman dasar laut. Gelombang akan merambat lebih cepat pada perairan yang dalam dari perairan yang dangkal. Hal ini menyebabkan puncak gelombang membelok dan menyesuaikan dengan kontur dasar laut.

Gambar 2.4. menunjukkan contoh refraksi gelombang di daerah pantai yang mempunyai garis kontur dasar laut dan garis pantai yang tidak teratur. Suatu deretan gelombang di laut dalam mempunyai panjang gelombang ( $L_0$ ) dan garis puncak gelombang sejajar bergerak menuju ke

pantai, garis puncak gelombang akan berubah bentuk dan berusaha untuk sejajar garis kontur maupun garis pantai. Perubahan arah gelombang yang terjadi karena refraksi tersebut menghasilkan konvergensi (penguncupan) ataupun divergensi (penyebaran) energi gelombang dan mempengaruhi energi gelombang yang terjadi di daerah pantai (Triatmodjo, 1999).

Pengaruh refraksi dalam pembahasan teori gelombang disebabkan hal-hal sebagai berikut:

- 1) Refraksi digunakan untuk menentukan perubahan arah dan tinggi gelombang dalam variasi kedalaman pada suatu kondisi gelombang.
- 2) Arah gelombang yang berubah dapat menghasilkan variasi energi gelombang, yang secara langsung dapat mempengaruhi gaya pada struktur.
- 3) Refraksi menyebabkan perubahan pada pola dasar pantai yang mempengaruhi proses erosi maupun akumulasi sedimen.
- 4) Batimetri pantai dapat dianalisis secara lebih detail dengan menggunakan data dari studi refraksi gelombang, termasuk penggunaan fotografi udara atau satelit.



Gambar 2.4 Perambatan Arah Gelombang Akibat Refraksi  
(Sumber: Triatmodjo, 1999)

Metode perhitungan refraksi gelombang:

- 1) Menetapkan sudut gelombang datang ( $\alpha$ )
- 2) Menetapkan kedalaman perairan ( $d$ )
- 3) Menetapkan tinggi dan periode gelombang rencana (nilai maksimum dari arah tujuan).
- 4) Hitung panjang gelombang laut dalam dengan rumus:

$$L_0 = 1,56 T^2 \quad (2.3)$$

Keterangan:

$L_0$  : Panjang gelombang laut (m)

$T$  : Periode gelombang laut (s)

- 5) Hitung nilai  $L$

$$d/L_0 \quad (2.4)$$

Nilai  $d/L$  didapatkan dari nilai  $d/L_0$  (Tabel L-1 Bambang Triatmodjo 'Teknik Pantai') maka:

$$L = \frac{d}{d/L} \quad (2.5)$$

Keterangan:

$d$  : Kedalaman laut (m)

$L$  : Panjang gelombang laut (m)

- 6) Cepat Rambat Gelombang

Untuk gelombang yang berada di laut transisi, apabila  $1/20 < d/L < 1/2$  cepat rambat dan panjang gelombang dihitung dengan persamaan berikut.

$$C = \frac{gT}{2\pi} \tanh \frac{2\pi d}{L} \quad (2.6)$$

$$C = \frac{gT^2}{2\pi} \tanh \frac{2\pi d}{L} \quad (2.7)$$

Apabila kedalaman relatif  $d/L \geq 0,5$ , maka nilai  $\tanh(2\pi d/L) = 1,0$  sehingga persamaan 2.6 dan 2.7 ( $g = 9,81 \text{ m/d}^2$ ) menjadi:

$$C_0 = \frac{gT}{2\pi} \quad (2.8)$$

$$L_0 = \frac{gT^2}{2\pi} \quad (2.9)$$

Apabila kedalaman relatif  $d/L < 1/20$ , nilai  $\tanh(2\pi d/L) = (2\pi d/L)$  sehingga persamaan 2.6 dan 2.7 menjadi:

$$C = \sqrt{gd} \quad (2.10)$$

$$L = \sqrt{gd} T \quad (2.11)$$

Keterangan:

$C_0 = C$  : Rambat gelombang laut (m/s)

$L_0 = L$  : Panjang gelombang laut (m)

$g$  : Gaya gravitasi bumi ( $\text{m/s}^2$ )

$T$  : Periode gelombang (s)

7) Menghitung besar sudut gelombang yang datang ( $\alpha$ )

$$\sin \alpha = \frac{C}{C_0} \sin \alpha_0 \quad (2.12)$$

8) Hitung Koefisien Refraksi ( $K_r$ )

$$K_r = \sqrt{\frac{\cos \alpha_0}{\cos \alpha}} \quad (2.13)$$

Keterangan:

$K_r$  : Koefisien Refraksi

$\alpha$  : sudut ( $^\circ$ )

9) Perhitungan Koefisien *Shoaling*

$$K_s = \sqrt{\frac{n_0 L_0}{nL}} \quad (2.14)$$

Keterangan:

$K_s$  : Koefisien *shoaling*

$L_0$  : Panjang gelombang laut dalam (m)

$$n_0 : n_0 = \frac{1}{2} \left( 1 + \frac{4\pi d/l_0}{\sinh(4\pi d/l_0)} \right) \quad (2.15)$$

$$n : n = \frac{1}{2} \left( 1 + \frac{4\pi d/l}{\sinh(4\pi d/l)} \right) \quad (2.16)$$

Setelah dilakukan perhitungan koefisien refraksi dan *shoaling*, maka akan didapatkan nilai tinggi gelombang baru dengan persamaan sebagai berikut.

$$H = H_0 \cdot Kr \cdot Ks \quad (2.17)$$

Keterangan:

H : Tinggi gelombang laut baru yang ditinjau (m)

H<sub>0</sub> : Tinggi gelombang laut (m)

Kr : Koefisien refraksi

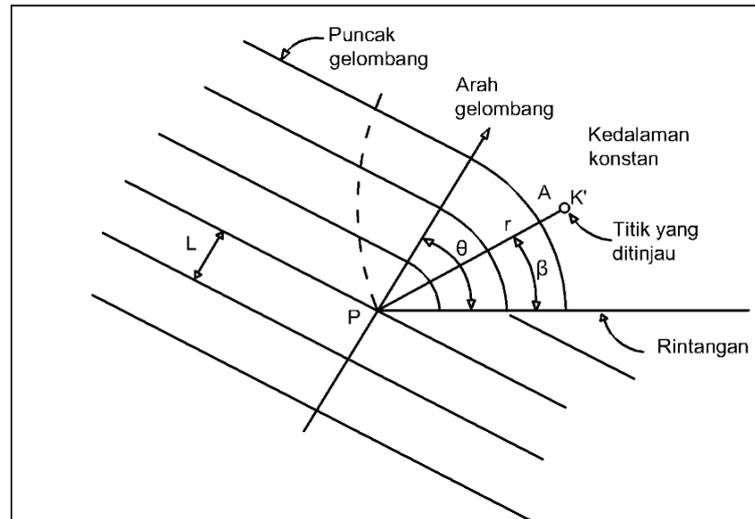
Ks : Koefisien *Shoaling*

#### b. Difraksi Gelombang

Difraksi gelombang merupakan fenomena ketika energi gelombang dipindahkan ke daerah yang terlindungi oleh pulau, bukit, karang, atau bangunan pantai yang menjorok ke laut. Proses ini menyebabkan munculnya gelombang di daerah tersebut karena perpindahan energi gelombang (Pratikto *et al.*, 2014).

Salah satu efek dari difraksi adalah bahwa tinggi gelombang cenderung berkurang ketika gelombang memasuki daerah yang terlindung di sepanjang puncak gelombang. Hal ini dapat mengakibatkan perubahan dalam karakteristik gelombang di belakang rintangan tersebut. Ketika difraksi gelombang terjadi, daerah yang sebelumnya tenang dan terlindung dari gelombang akan terpengaruh oleh gelombang yang datang. Proses perpindahan energi ke dalam daerah yang terlindung menyebabkan munculnya gelombang di daerah tersebut. Namun, tinggi gelombang yang terbentuk di daerah terlindung cenderung lebih rendah

dibandingkan dengan tinggi gelombang di luar daerah terlindung (Triatmodjo, 1999).



Gambar 2.5 Difraksi Gelombang  
(Sumber: Triatmodjo, 1999)

### c. Gelombang Pecah

Gelombang merambat dari perairan dalam menuju ke pantai mengalami perubahan bentuk yang signifikan karena pengaruh perubahan kedalaman laut. Efek kedalaman laut terlihat ketika kedalaman ( $d$ ) kurang dari setengah dari panjang gelombang ( $L$ ). Di perairan dalam, profil gelombang umumnya berbentuk sinusoidal, tetapi ketika mendekati perairan dangkal, puncak gelombang menjadi lebih tajam dan lembah gelombang menjadi lebih datar. Kecepatan dan panjang gelombang juga berkurang secara bertahap, sementara tinggi gelombang meningkat. Saat kondisi ini terjadi, gelombang memiliki potensi untuk pecah, yang sangat dipengaruhi oleh kemiringannya, yaitu perbandingan antara tinggi dan panjang gelombang.

Perhitungan gelombang pecah dilakukan dengan menggunakan grafik yang telah tersedia yaitu grafik hubungan antara parameter  $H'o/gT^2$  dan  $Hb/H'o$ . Grafik ini membantu dalam menentukan gelombang pecah, dengan mempertimbangkan karakteristik gelombang seperti tinggi awal

gelombang ( $H'o$ ), periode gelombang ( $T$ ), dan tinggi gelombang pecah ( $H_b$ ).

$$H'o = \frac{H_0}{K_s} \quad (2.18)$$

$$H'o/gT^2 \quad (2.19)$$

Keterangan:

$H'o$  : Tinggi gelombang hasil perhitungan refraksi (m)

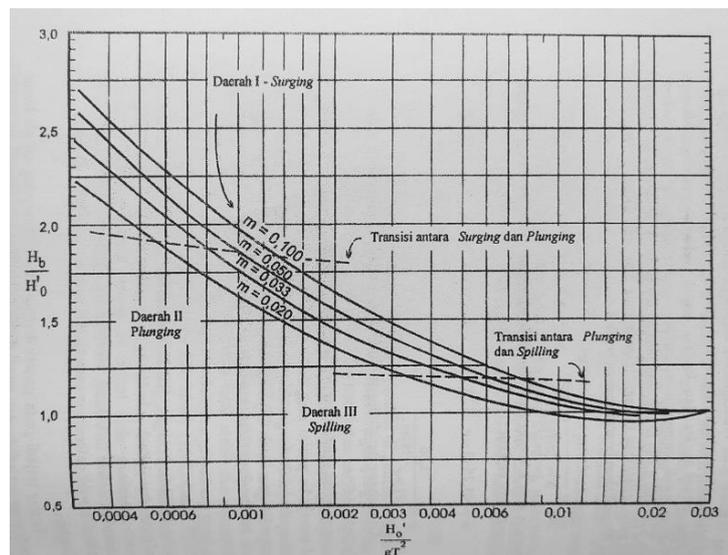
$H_0$  : Tinggi gelombang signifikan (m)

$K_s$  : Koefisien *shoaling*

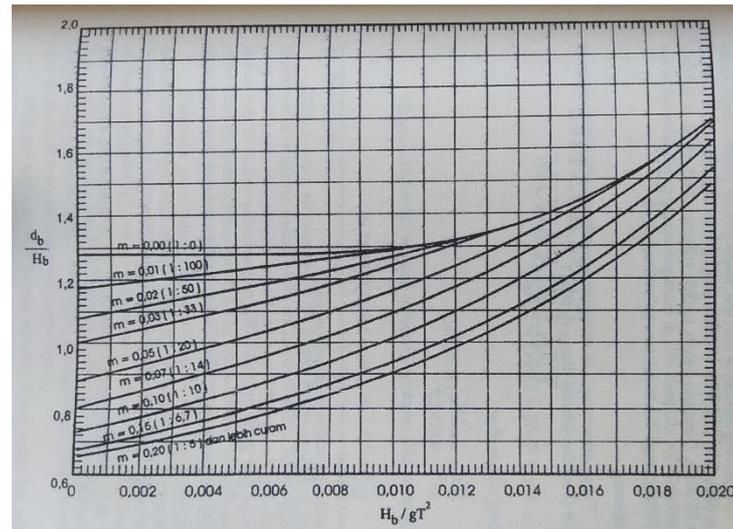
$g$  : Gaya gravitasi ( $m/s^2$ )

$T$  : Periode gelombang (s)

Nilai ketinggian gelombang pecah ( $H_b$ ) diperoleh dari hasil *plot* antara nilai  $H'o/gT^2$  dan kemiringan pantai ditunjukkan pada grafik (Gambar 2.6). Sedangkan untuk mencari nilai kedalaman laut ( $db$ ) diperoleh dari hasil *plot* antara nilai  $H_b/gT^2$  dan kemiringan pantai ditunjukkan pada grafik (Gambar 2.7).



Gambar 2.6 Grafik Penentuan Tinggi Gelombang Pecah (Sumber: Triatmodjo, 1999)



Gambar 2.7 Grafik Penentuan kedalaman gelombang pecah  
(Sumber: Triatmodjo, 1999)

Parameter ( $H_b / H_0'$ ) merupakan indikator tinggi gelombang pecah, yang menggambarkan karakteristik gelombang saat pecah. Gelombang pecah dapat dibedakan menjadi beberapa tipe, yaitu:

a. *Spilling*

Terjadi ketika gelombang memiliki kemiringan kecil menuju pantai yang datar atau dengan kemiringan yang kecil. Gelombang mulai pecah pada jarak yang cukup jauh dari pantai dan pecahnya berangsur-angsur. Buih terbentuk pada puncak gelombang selama proses pecahan dan meninggalkan lapisan tipis buih yang dapat meluas sejauh jarak tertentu.

b. *Plunging*

Terjadi ketika kemiringan gelombang dan dasarnya tajam. Gelombang akan pecah dengan puncak gelombang memutar ke depan, di mana massa air pada puncak gelombang akan terjun ke depan dengan gaya yang kuat.

c. *Surging*

Terjadi pada pantai dengan kemiringan yang sangat besar, seperti pantai berkarang. Daerah pecahan gelombang sangat sempit, dan sebagian besar energi gelombang dipantulkan kembali ke laut dalam, menciptakan efek yang kuat di sekitar daerah pantai.

## 7. *Hindcasting* Gelombang

*Hindcasting* gelombang adalah teknik ramalan gelombang yang menggunakan data angin dari masa lampau untuk memperkirakan gelombang yang akan datang. Dengan mempertimbangkan kecepatan, arah, dan durasi angin tertentu, *hindcasting* gelombang dapat menghasilkan estimasi tinggi signifikan ( $H_s$ ) dan periode signifikan ( $T_s$ ) gelombang yang mungkin terjadi (Ratu, 2015).

Peramalan tinggi dan periode gelombang di laut dalam dapat menggunakan metode *Shore Protection Manual* (SPM), metode sering digunakan untuk menentukan karakteristik gelombang. Adapun untuk menggunakan metode ini dibutuhkan data-data sebagai berikut (CERC, 1984).

- a. Faktor tegangan angin ( $U_A$ )
- b. Lamanya angin bertiup ( $t$ )
- c. Panjang *fetch* efektif ( $F_{eff}$ )

Dalam perhitungan peramalan tinggi dan periode gelombang signifikan secara analitis, ada tiga rumus utama yang digunakan untuk kondisi *Non Fully Developed Sea* (NFDS) antara lain sebagai berikut:

$$\frac{gH_{mo}}{U_A^2} = 0.0016 \left( \frac{gF}{U_A^2} \right)^{1/2} \leq 0.2433 \quad (2.20)$$

$$\frac{gT_{mo}}{U_A} = 0.2857 \left( \frac{gF}{U_A^2} \right)^{1/3} \leq 8.134 \quad (2.21)$$

$$\frac{gt}{U_A} = 68.8 \left( \frac{gF}{U_A^2} \right)^{2/3} \leq 0.2433 \quad (2.22)$$

$$\left( \frac{gF}{U_A^2} \right)^{2/3} \times \frac{U_A}{g} = F_{min} \quad (2.23)$$

Persamaan 2.22 digunakan untuk menentukan *fetch limited* maupun *duration limited*. Apabila durasi ( $t$ ) pada persamaan 2.22 lebih kecil dari durasi angin yang diketahui maka *fetch limited*. Persamaan 2.23 digunakan

untuk menghitung *fetch* minimum apabila diperoleh *duration limited* atau *time limited*. Sedangkan untuk kondisi *fully developed sea* (FDS) digunakan persamaan sebagai berikut:

$$\frac{gH_{m0}}{U_A^2} = 0.243 \quad (2.24)$$

$$\frac{gT_{m0}}{U_A} = 8.134 \quad (2.25)$$

$$\frac{gt}{U_A} = 0,7 (15 \times 10^4) \quad (2.26)$$

Keterangan:

$H_{m0}$  : Tinggi gelombang laut signifikan (m)

$g$  : Percepatan gravitasi ( $\text{km/s}^2$ )

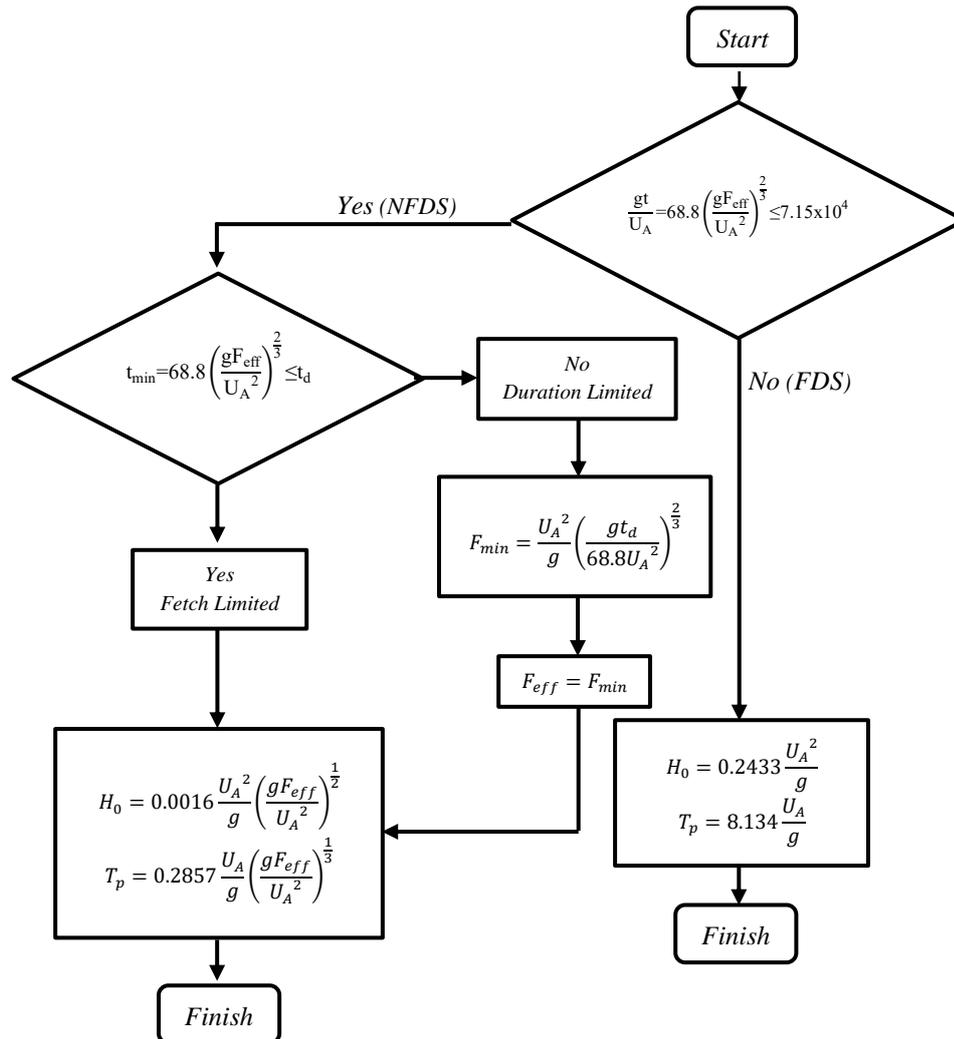
$U_A$  : Faktor tegangan angin (m/s)

$t$  : Durasi hembusan angin (s)

$T_{m0}$  : Periode gelombang laut (s)

$F$  : Panjang *fetch* efektif (km)

*Fully developed sea* (FDS) merupakan kondisi ketika nilai  $F \geq 7,15 \times 10^4$ , sebaliknya apabila nilai  $F < 7,15 \times 10^4$  maka jenis gelombang tersebut NFDS. Untuk lebih jelasnya, berikut tahapan peramalam tinggi dan periode gelombang di laut dalam menggunakan metode *Shore Protection Manual* (SPM) ditunjukkan pada Gambar 2.8.



Gambar 2.8 Diagram Alir Peramalan Gelombang Di Laut Dalam Metode SPM  
(Sumber: SPM 1984)

## 8. Software Surface-water Modelling System (SMS)

*Surface-water Modeling System* (SMS) adalah sebuah perangkat lunak untuk pemodelan air permukaan yang didasarkan pada representasi grafis untuk mengotomatisasi pembentukan *mesh* dan proses pemodelan. SMS mengintegrasikan berbagai model hidrolik dan pesisir untuk berbagai aplikasi, termasuk analisis aliran sungai, transportasi kontaminan dan sedimen, banjir perkotaan dan pedesaan, pemodelan muara dan teluk, sirkulasi pantai, serta pemodelan gelombang (Pratama et al., 2016).

*Coastal Graphycal Wave* (CGWAVE) adalah sebuah modul yang terdapat pada *software* SMS digunakan untuk mempelajari perilaku gelombang yang merambat dari perairan dalam ke perairan dangkal. Modul ini memfokuskan pada analisis refraksi dan difraksi gelombang dalam perubahan kedalaman air. *Input* dari modul ini meliputi data batimetri, arah, tinggi, dan periode gelombang yang datang, serta beberapa parameter lainnya. Melalui simulasi menggunakan CGWAVE, kita dapat memahami perilaku gelombang di sekitar lokasi studi dan daerah tinjauan yang dipilih (Umar, 2011).

## 9. Uji Validasi Hasil Perhitungan Analitik dan Simulasi

Analisis yang diterapkan yaitu menggunakan metode statistik deskriptif. Metode ini digunakan untuk menganalisis data yang telah terkumpul dengan tujuan menggambarkan atau mendeskripsikan data tersebut tanpa membuat kesimpulan secara general (Sugiyono, 2013).

Untuk mempermudah analisis ini, dilakukan analisis statistik dengan membandingkan antara hasil perhitungan dan simulasi dengan menggunakan metode *Mean Relative Error* (MRE). Kesalahan pada data hasil perhitungan merupakan suatu yang wajar, namun akurasi dari suatu penelitian perlu diketahui untuk mengetahui hasil perbandingan metode yang digunakan dengan metode yang lain.

Besarnya *error* suatu data hasil perhitungan dapat ditentukan dengan menggunakan metode MRE. Metode MRE menunjukkan rasio presentase dari suatu *error* yang terjadi dan biasanya digunakan untuk suatu pengukuran maupun peramalan.

Perhitungan *Mean Relative Error* (MRE) menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$RE = \frac{[X-c]}{X} \times 100\% \quad (2.27)$$

Sehingga diperoleh persamaan

$$\text{MRE} = \sum_0^n \frac{\text{RE}}{n} \quad (2.28)$$

Keterangan:

RE : *Relative Error* (%)

MRE : *Mean Relative Error* (%)

c : Data hasil simulasi

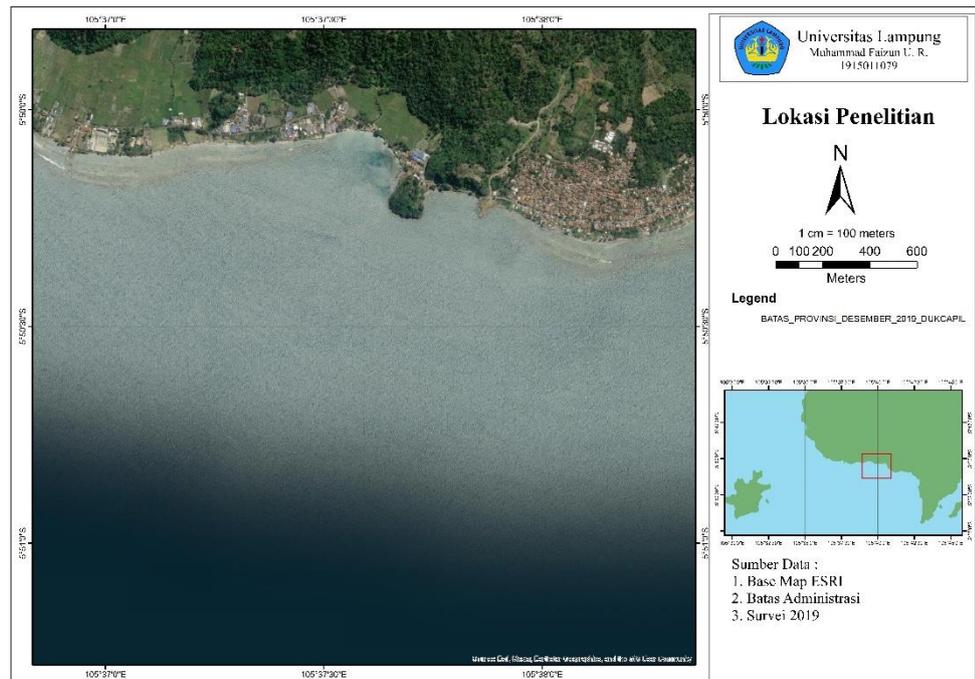
x : Data hasil perhitungan analitik

n : Jumlah data

## BAB III METODOLOGI PENELITIAN

### 3.1 Gambaran Umum Lokasi Penelitian

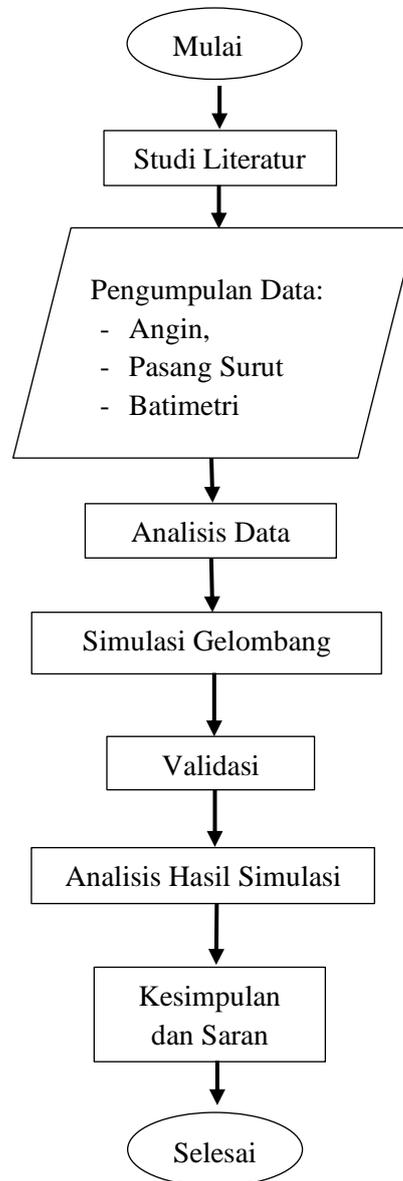
Lampung Selatan adalah kabupaten yang terletak pada wilayah provinsi Lampung, secara geografis terletak diantara 105°14'- 105°45' Bujur Timur dan 5°15'-6° Lintang Selatan, dengan luas daratan kurang lebih 2.109,74 km<sup>2</sup> sedangkan luas perairan laut sekitar 30.000 km<sup>2</sup> dengan garis pantai 247,76 km. Lokasi penelitian berada di sebelah selatan pantai Muli Desa Way Muli, Kecamatan Rajabasa, Kabupaten Lampung Selatan, Provinsi Lampung dengan batas sebelah selatan yaitu Selat Sunda, sebelah barat berbatasan dengan Pantai Sukaraja, sebelah utara berbatasan dengan Desa Way Muli, dan sebelah timur berbatasan dengan Pantai Kunjir.



Gambar 3.1 Peta Lokasi Penelitian  
(Sumber: *Basemaps Esri*)

### 3.2 Metode Penelitian

Untuk memperoleh hasil penelitian yang baik dan terarah, maka perlu adanya langkah-langkah yang akan dilakukan seperti pada bagan alir berikut ini:



Gambar 3.2 Diagram Alir Penelitian  
(Sumber: Hasil Analisa)

Adapun langkah-langkah penelitian pada diagram alir (Gambar 3.2) dapat dijelaskan sebagai berikut:

### 1. Studi Literatur

Studi literatur bertujuan untuk memahami dasar-dasar teori yang relevan dan mempersiapkan landasan teoritis untuk penelitian yang akan dilakukan. Studi literatur dapat memberikan gambaran tentang hasil yang akan dicapai, sebagai sumber teori-teori dan bahan acuan yang dibutuhkan dalam simulasi gelombang.

### 2. Pengumpulan Data

Pengumpulan data pada penelitian ini dilakukan dengan mengidentifikasi data-data yang berkaitan dengan inti dari penelitian ini, baik pada kondisi yang sesuai pada lokasi maupun data-data pendukung lainnya yang sesuai dengan penelitian ini. Data-data tersebut meliputi:

#### a. Pasang Surut

Data pasang surut diambil dari data laporan perencanaan pembangunan pengaman pantai Kalianda (Pantai Muli) dan peningkatan pembangunan pengaman pantai Kalianda (Pantai Muli). Pengamatan pasang surut dilakukan selama 29 hari, dimulai dari tanggal 26 April sampai 24 Mei 2022, di lokasi dengan koordinat  $X = 570562,14$   $Y = 9354626,65$  (STA 0+050). Pengamatan dilakukan setiap jam dengan metode manual. Elevasi BM 0 Muli pada titik tetap  $X = 570588,881$   $Y = 9354669,61$  dan  $Z = 1,982$  m digunakan sebagai referensi. Pembacaan elevasi muka air laut dilakukan pada saat kondisi muka air tenang atau rata-rata dari fluktuasi yang diamati.

#### b. Data Batimetri

Data batimetri yang digunakan dalam penelitian ini bersumber dari BATNAS (Batimetri Nasional) dengan resolusi spasial *6arc-second* (kurang lebih 180 meter) dan menggunakan datum MSL (*Mean Sea Level*) dan EGM2008. Resolusi tersebut tergolong cukup detail apabila dibandingkan dengan data batimetri global. Data batimetri ini memiliki

keunggulan pada daerah pesisir maupun perairan dangkal karena berasal dari survei yang dilakukan oleh BIG dan Pusat Kelautan dan Lingkungan Pantai (PKLP).

c. Data Angin

Data angin adalah salah satu faktor dalam menentukan rencana gelombang, memperkirakan tinggi dan periode gelombang. Data angin yang dibutuhkan yaitu data kecepatan hembus angin dan arah angin. Pada penelitian ini, data angin bersumber dari *European Centre for Medium-range Weather Forecast* (ECMWF) selama 10 tahun terakhir, dari 2010 hingga 2019. Data ini mencakup komponen kecepatan angin (U) 10 m dan komponen angin (V) 10 m dengan resolusi spasial  $0,125^{\circ} \times 0,125^{\circ}$  dan resolusi temporal 6 jam.

3. Analisis Data

a. Pengolahan Data Angin

Langkah – langkah pembuatan mawar angin (*windrose*) sebagai berikut:

- 1) Buka *website European Centre Mean Weather Forecast* (ECMWF) dengan mengunjungi [www.ecmwf.int](http://www.ecmwf.int). Kemudian unduh file data angin di daerah perairan pantai Muli kurun waktu 10 tahun (2010 sampai 2019).
- 2) *Extract* data angin yang diperoleh dari *website* ECMWF menggunakan *software ODV (Ocean Data View)* untuk mendapatkan file format *txt*.
- 3) Setelah didapatkan file format *txt*, selanjutnya file tersebut diubah lagi menjadi jenis file *xls* dengan bantuan *software Ms. Excel*. File *xls* lalu di-*input* ke *software* Wrplot untuk membuat mawar angin (*windrose*).

b. Pengolahan Data Batimetri

Langkah – langkah penggambaran peta batimetri sebagai berikut:

- 1) Buka *website* Batimetri Nasional atau BATNAS dengan mengunjungi <https://tanahair.indonesia.go.id/demnas/#/batnas>. Kemudian unduh file batimetri pada daerah perairan pantai Muli.

- 2) Setelah data batimetri terunduh, kemudian data tersebut diolah menggunakan komputer melalui *software Global Mapper* untuk mendapatkan kontur dasar laut dan koordinat.
- 3) Gunakan *software Microsoft Excel* untuk mengolah data kontur dasar laut dengan mengubah file dari *software Global Mapper* menjadi data koordinat (X dan Y) dan kedalaman (Z) dengan file format *txt*.
- 4) Data koordinat dan kedalaman (XYZ) dari *software Microsoft Excel* kemudian diolah menggunakan *software Surfer* untuk menggambar garis kontur berdasarkan interpolasi nilai-nilai kedalaman yang berdekatan.

c. Pengolahan Data Pasang Surut

Pengolahan data pasang surut dilakukan dengan metode Admiralty menggunakan perangkat lunak *Microsoft Excel*. Tujuannya adalah untuk menghitung amplitudo (A) dan beda fase (g) dari data pengamatan yang tercatat selama periode 29 hari. Secara skematis, perhitungan dengan metode Admiralty melibatkan delapan kelompok perhitungan atau skema yang mengacu pada tabel-tabel perhitungan khusus yang terdapat dalam metode Admiralty.

d. Perhitungan *Fetch* Efektif

Langkah-langkah pembuatan *fetch* adalah sebagai berikut:

- 1) Tentukan arah angin dominan pada peta wilayah Pantai Muli.
- 2) Siapkan peta lengkap dengan skala, dan tentukan lokasi penelitian. Buat garis lurus dari bibir pantai di lokasi penelitian ke daratan terdekat. Jika tidak ada daratan terdekat, buat garis sepanjang 250 km dari titik awal garis sesuai skala peta.
- 3) Dari garis pertama, buat garis-garis lain dengan cara yang sama dan dengan sudut sebesar  $6^\circ$  dari garis sebelumnya sebanyak tujuh kali, hingga mencapai sudut  $42^\circ$  dari garis awal.
- 4) Lakukan langkah ketiga untuk sudut searah dan berlawanan arah jarum jam. Ukur panjang masing-masing garis *fetch* dan kalikan

dengan skala pada peta untuk mendapatkan jarak sebenarnya. Perhitungan fetch efektif menggunakan Persamaan 2.2.

e. Peramalan Tinggi dan Periode Gelombang

Data angin yang telah diperoleh dari *website* ECMWF digunakan untuk perhitungan peramalan gelombang dengan menggunakan bantuan *software Microsoft Excel*. Metode yang digunakan yaitu *Shore Protection Manual (SPM)* untuk memperoleh nilai tinggi dan periode gelombang signifikan dengan menggunakan diagram alir perhitungan Metode SPM yang terdapat pada Gambar 2.8.

f. Perhitungan Refraksi

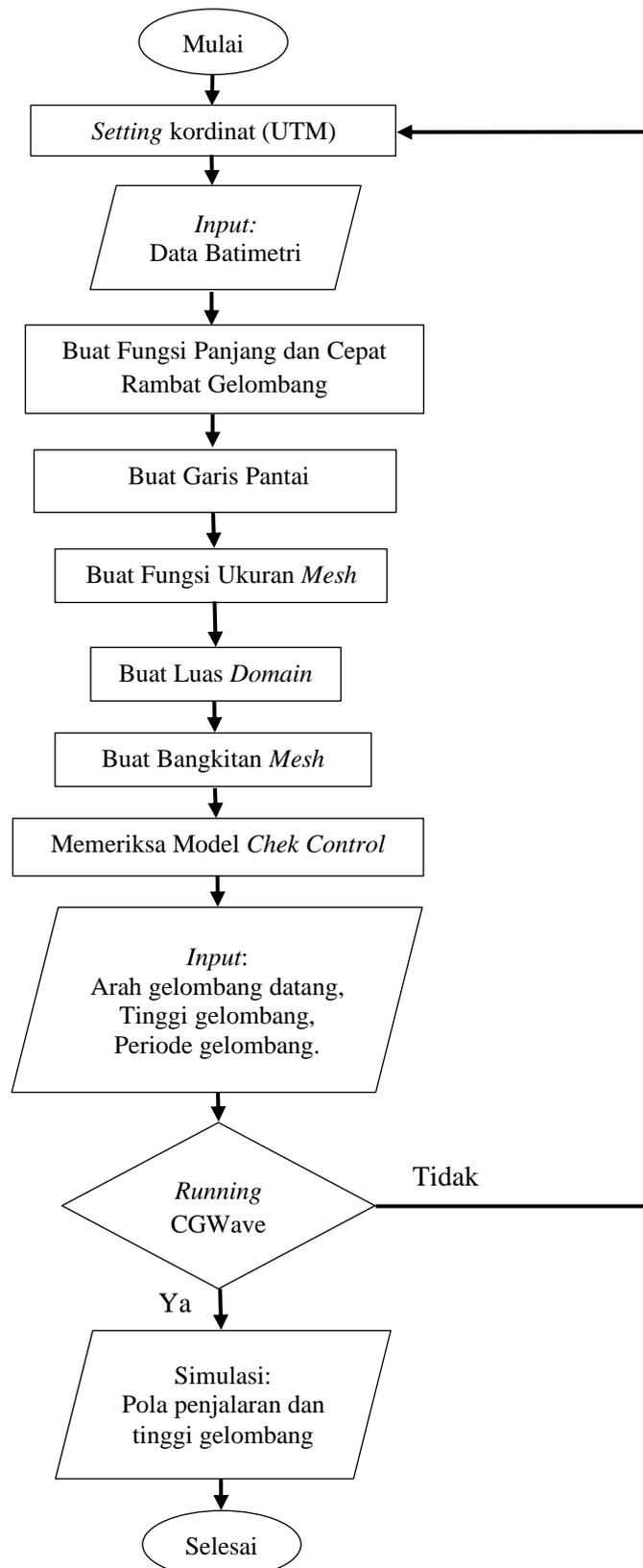
Pada tahap ini, dilakukan perhitungan koefisien refraksi dengan menentukan sudut datang gelombang, kedalaman, tinggi, serta periode gelombang rencana (nilai maksimum dari arah yang ditinjau) untuk memperoleh nilai panjang gelombang laut, nilai  $d/L_0$ , cepat rambat gelombang, dan nilai koefisien refraksi. Proses ini menggunakan persamaan 2.3 hingga persamaan 2.17.

g. Perhitungan Gelombang Pecah

Pada tahap ini, perhitungan dilakukan menggunakan bantuan grafik yang telah tersedia untuk mengetahui nilai dari hubungan antara  $H_o'/gT$  dan  $H_b/H'o$ , serta hubungan  $H'o/gT^2$  dan  $db/H_b$  dengan menggunakan data yang telah dihitung sebelumnya.

4. Simulasi Gelombang

Simulasi gelombang dilakukan dengan menggunakan modul CGWAVE pada *software Surface-water Modelling System (SMS 11.2)*.

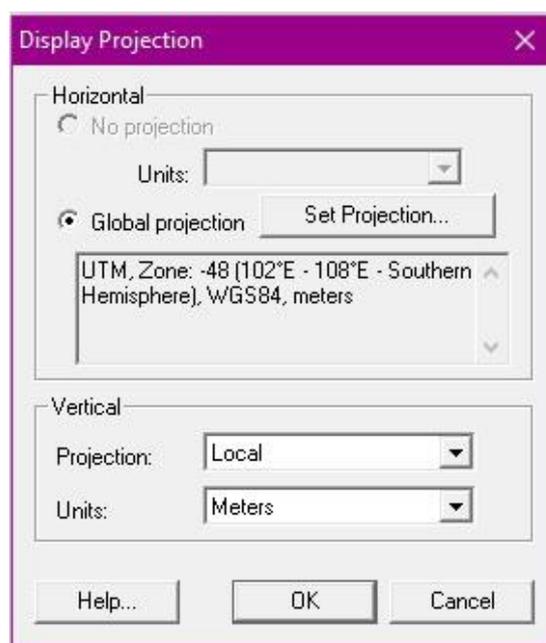


Gambar 3.3 Diagram Alir Pemodelan  
(Sumber: Hasil Analisis)

Sebelum melakukan simulasi model gelombang perlu dilakukan beberapa *setting* seperti berikut:

a. Pengaturan Awal Pemodelan

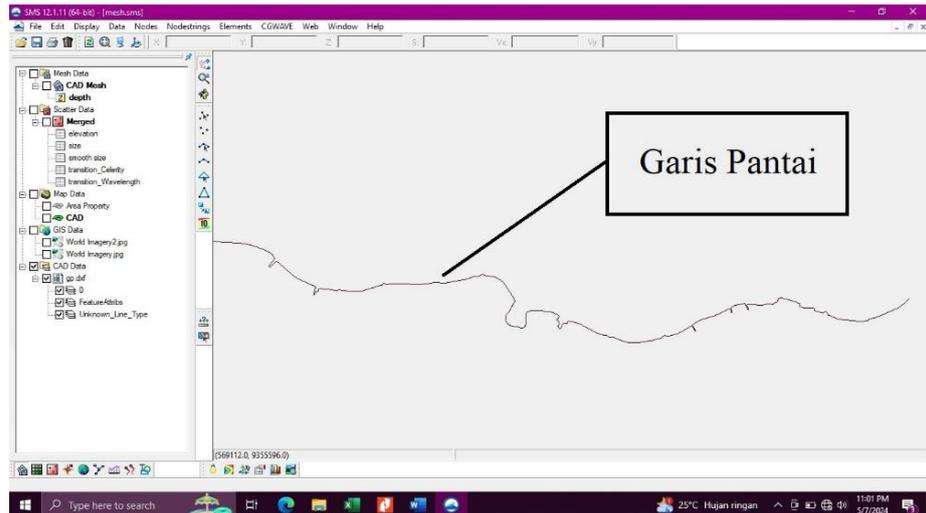
Tahap pertama yaitu mengatur sistem *coordinate* UTM (*Universal Transverse Mercator*) disesuaikan dengan lokasi penelitian yaitu pada zona 48S WGS 1984 (satuan meter). Pengaturan ini terletak pada opsi *current coordinate* pada *menu bar edit* seperti pada Gambar 3.4.



Gambar 3.4 Kotak Dialog *Coordinate System*  
(Sumber: Hasil Simulasi)

b. Membuat Garis Pantai

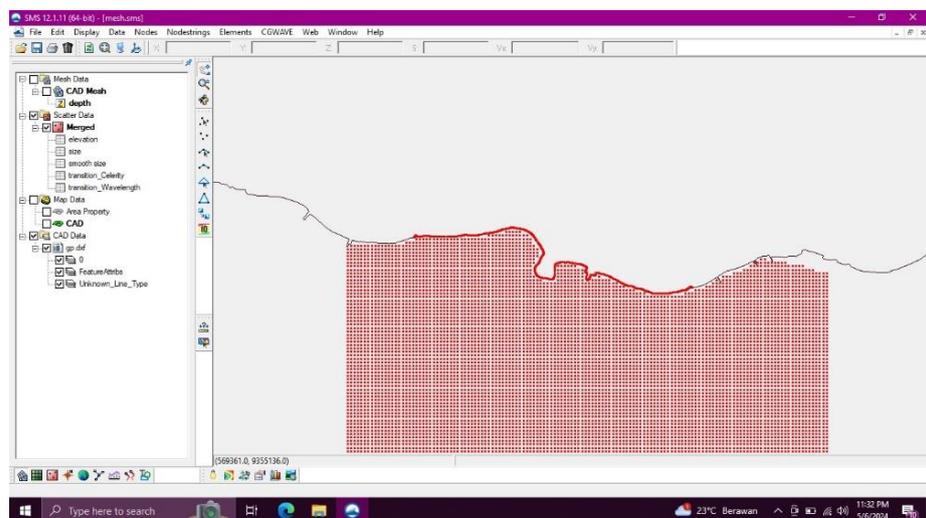
Garis pantai dibuat dengan memilih terlebih dahulu model simulasi yang akan kita gunakan yaitu model CGWAVE. Kemudian garis pantai didefinisikan pada elevasi 0,01 meter. Pembuatan garis pantai dilakukan dengan mengubah modul dari *scatter module* ke *map module*, kemudian atur pada kotak dialog *Create Contour Arcs* pada *menu bar feature objects* sehingga diperoleh garis pantai seperti Gambar 3.5.



Gambar 3.5 Garis Pantai  
(Sumber: Hasil Simulasi)

c. Memasukan Data Batimetri

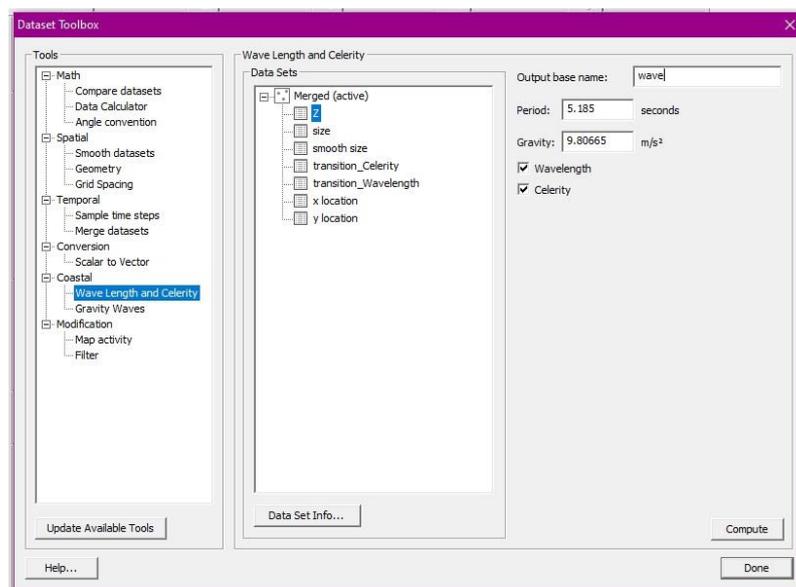
Data koordinat (X dan Y), dan kedalaman (Z) dibuat menjadi bentuk *grid* dengan jarak antar titik sebesar 25 meter. Data batimetri (XYZ) di-*input* dengan pengaturan jendela *wizard* pada *menu bar open*. Data batimetri yang di-*input* diganti menjadi tipe *scatter* sehingga akan membentuk titik-titik kedalaman seperti ditunjukkan pada Gambar 3.6.



Gambar 3.6 Hasil *Input* Data Batimetri  
(Sumber: Hasil Simulasi)

d. Membuat Fungsi Panjang dan Cepat Rambat Gelombang

Fungsi panjang gelombang (*wavelength*) dan kecepatan rambat gelombang (*celerity*) pada modul CGWAVE diformulasikan berdasarkan nilai periode gelombang dan gravitasi, serta mengkategorikan jenis kedalaman relatif. Dalam penelitian ini, nilai periode gelombang hasil hincasting dan gravitasi  $9,80665 \text{ m/s}^2$ , serta dipilih tipe kedalaman relatif gelombang di laut lokal maupun transisi. Data ini dapat di-*input* melalui kotak dialog *create data sets* pada menu *bar data* seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.7.

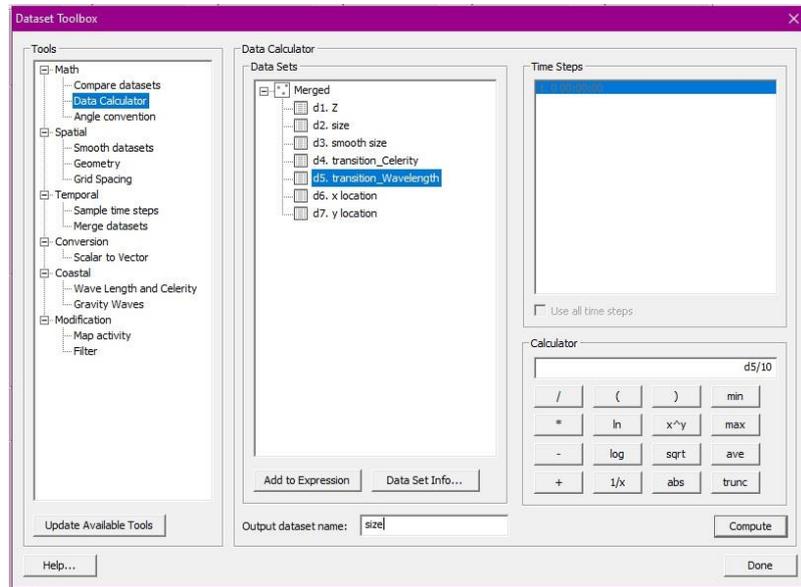


Gambar 3.7 Kotak Dialog *Create Data Sets*  
(Sumber: Hasil Simulasi)

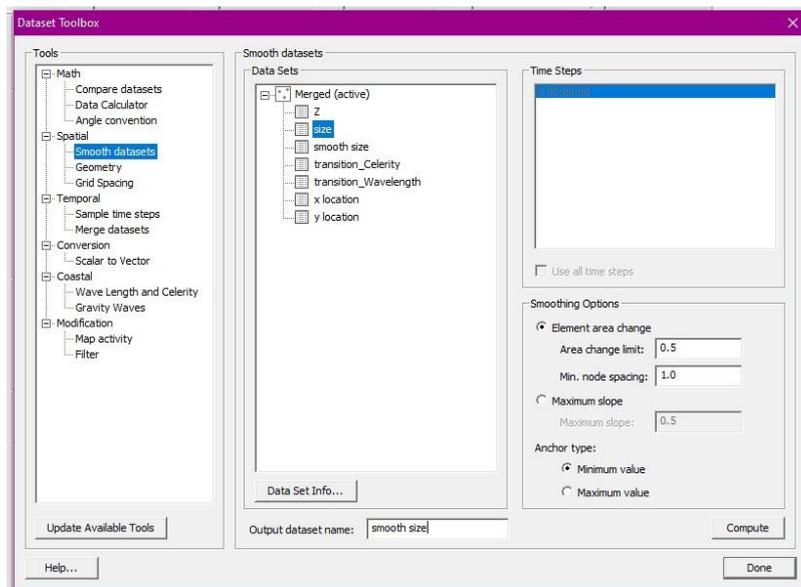
e. Membuat Fungsi Ukuran *Mesh*

CGWAVE menggunakan formulasi untuk menentukan ukuran elemen jaringan dengan membagi panjang gelombang. Semakin besar pembagi, maka semakin banyak elemen jaringan yang dihasilkan. Dalam penelitian ini, ukuran elemen didefinisikan dengan membagi panjang gelombang menggunakan angka 10. Pengaturan ukuran elemen jaringan ini dapat dilakukan melalui kotak dialog *data calculator* pada menu *bar data* seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.8.

Fungsi ukuran *mesh* kemudian diperhalus dengan *element area change limit* sebesar 0,5 dan *minimum node spacing* sebesar 1,0. Penghalusan fungsi ukuran *mesh* dapat diatur pada opsi kotak dialog *smooth size data set* pada *menu bar data* seperti ditunjukkan pada Gambar 3.9.



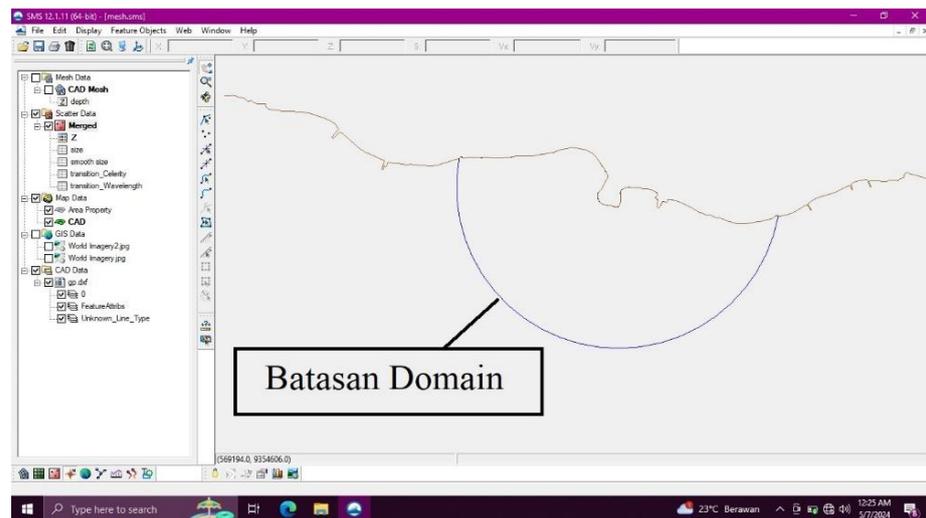
Gambar 3. 5 Kotak Dialog *Data Calculator*  
(Sumber: Hasil Simulasi)



Gambar 3.6 Kotak Dialog *Smooth Size*  
(Sumber: Hasil Simulasi)

#### f. Membuat Domain

Domain pada modul GCWAVE yaitu berbentuk luasan setengah lingkaran yang dibuat dengan memilih dua titik *vertex* garis pantai. Pada garis pantai yang telah dipotong oleh titik *vertex* dibuat batas domain berupa garis melengkung seperti pada gambar 3.10. Kemudian area pada garis melengkung dan garis pantai didefinisikan sebagai *polygon* dengan memilih opsi *build polygons* pada *menu bar feature object*.

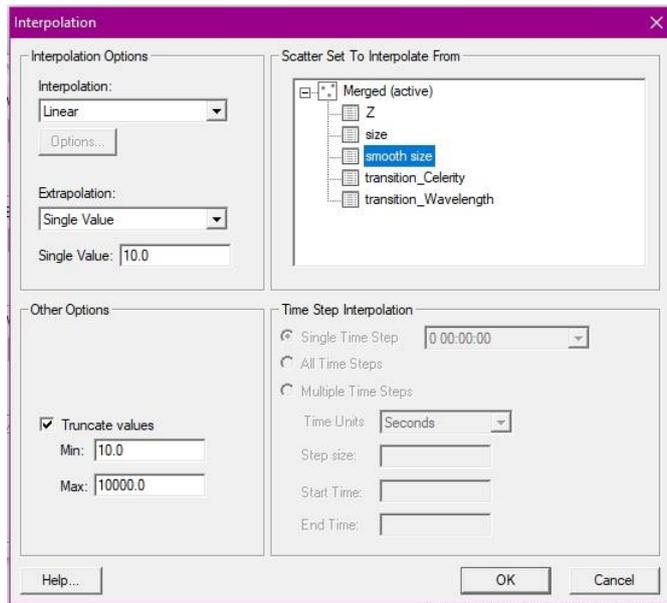


Gambar 3.7 Luasan Domain  
(Sumber: Hasil Simulasi)

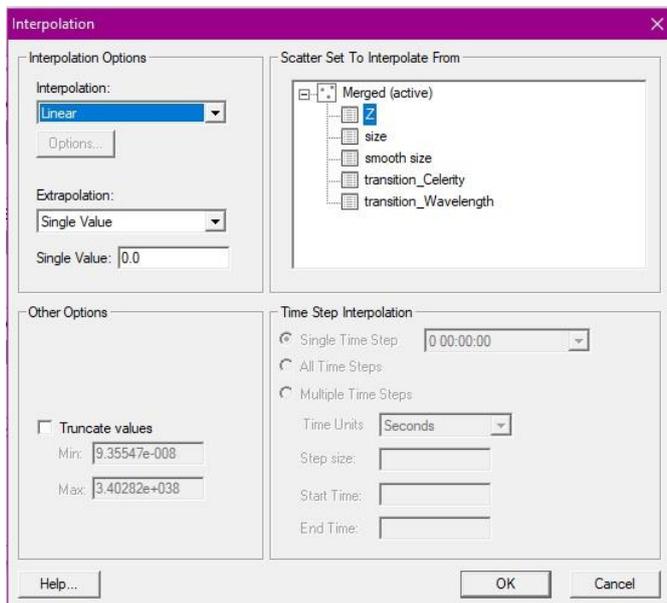
#### g. Membuat Bangkitan *Mesh*

Tipe *mesh* dipilih *scalar paving density* menggunakan fungsi ukuran yang sudah diperhalus (*smooth size*) dengan mengatur luasan elemen minimal (10) dan maksimal (10000), pengaturan ini terletak pada kotak dialog *interpolation* seperti ditunjukkan pada Gambar 3.11.

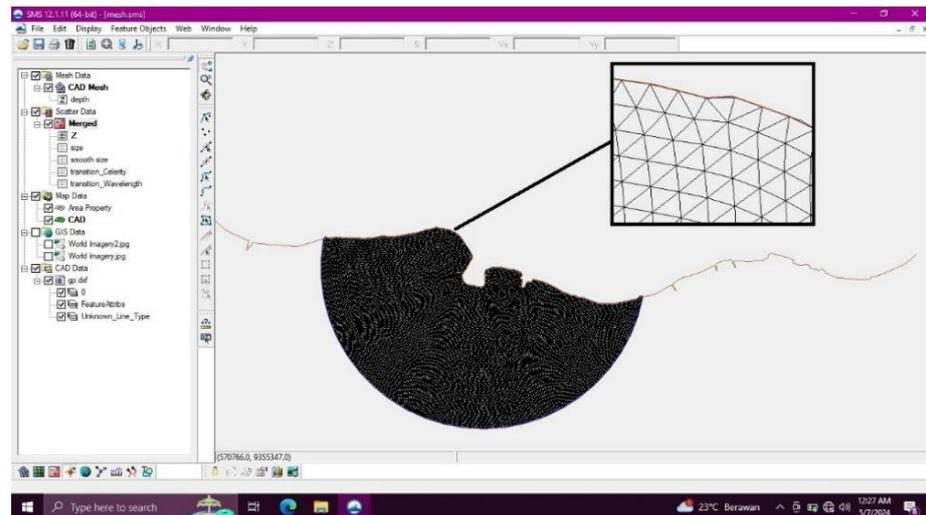
Sedangkan untuk tipe batimetri dipilih *scatter set* menggunakan fungsi elevasi batimetri (Z) seperti Gambar 3.12. Berikutnya *mesh* dibuat dengan cara memilih opsi *map -> 2D mesh* pada *menu bar feature objects* sehingga membentuk *mesh* atau jaring-jaring seperti ditunjukkan pada Gambar 3.13.



Gambar 3.8 Pengaturan *Scalar Paving Density*  
(Sumber: Hasil Simulasi)



Gambar 3.9 Kotak Dialog *Interpolation*  
(Sumber: Hasil Simulasi)

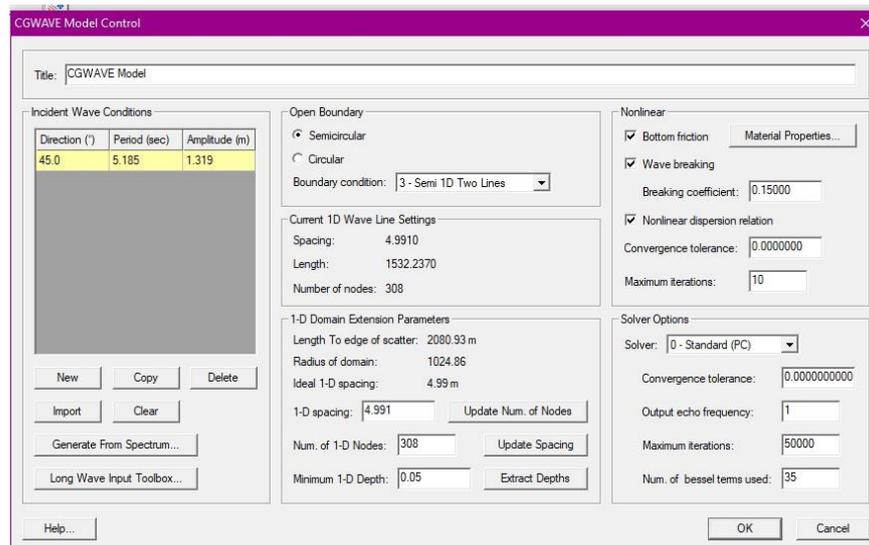


Gambar 3.10 Hasil Bangkitan *Mesh*  
(Sumber: Hasil Simulasi)

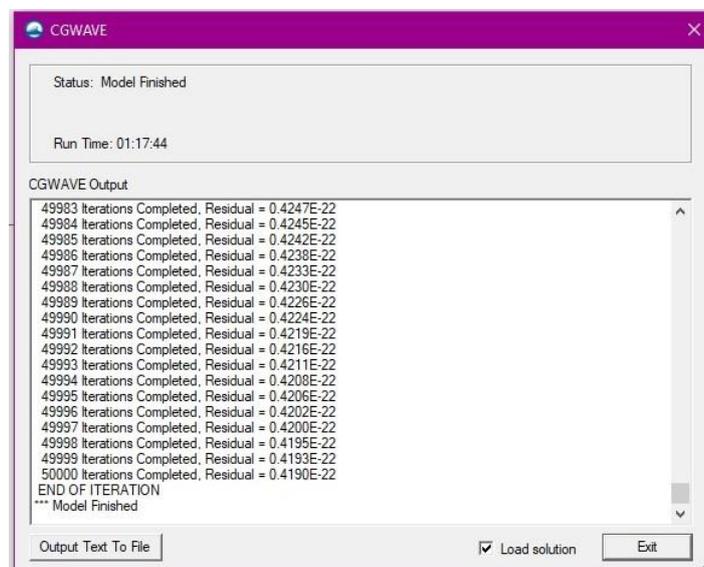
#### h. Simulasi Gelombang

Simulasi model gelombang dilakukan menggunakan *software Surface-water Modelling System* modul CGWAVE. Simulasi dilakukan dengan mensimulasikan arah datang gelombang dari arah dominan. Dalam modul CGWAVE, arah nol derajat ( $0^\circ$ ) berada pada bagian utara. Ubah modul ke *mesh module* untuk melakukan pengaturan dan pemeriksaan *mesh*. *Renumber nodestring* untuk mengatur penomoran elemen *mesh* agar sesuai dengan kebutuhan simulasi. Masukkan data arah datang gelombang, amplitudo gelombang, dan periode gelombang pada kotak dialog CGWAVE *model control*. Sesuaikan pengaturan iterasi untuk memastikan hasil simulasi konvergen, yaitu mencapai titik di mana hasil simulasi tidak berubah signifikan lagi.

Pastikan semua data yang diperlukan telah dimasukkan dengan benar sesuai dengan kebutuhan simulasi. Periksa dan atur pengaturan lainnya dalam kotak dialog CGWAVE *model control* sesuai dengan panduan yang terdapat pada Gambar 3.14. Setelah itu dilakukan simulasi dengan memilih opsi *run* CGWAVE pada *menu bar* CGWAVE. Simulasi berhasil dijalankan setelah mendapat informasi “*model finished*” (lihat Gambar 3.15).



Gambar 3.11 Pengaturan *Model Control*  
(Sumber: Hasil Simulasi)



Gambar 3.12 Kotak Dialog Informasi Simulasi Selesai  
(Sumber: Hasil Simulasi)

## 5. Validasi

Dalam tahap ini dilakukan validasi hasil simulasi model dengan hasil analitik. Validasi bertujuan untuk mengecek atau mengukur apakah simulasi berjalan dengan baik/normal, apabila hasil dari simulasi dinilai tidak sesuai ataupun menunjukkan hasil yang tidak normal maka akan dilakukan *setting* parameter ulang untuk mendapatkan hasil simulasi yang sesuai.

#### 6. Analisa Hasil Simulasi

Setelah melakukan kalibrasi pada hasil simulasi dan memenuhi kriteria yang diinginkan, selanjutnya dilakukan pembahasan hasil simulasi dan hasil analitik.

#### 7. Kesimpulan dan Saran

Penarikan kesimpulan dilakukan berdasarkan rumusan masalah yang telah dibuat.

## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1 Kesimpulan**

Berdasarkan hasil dan pembahasan sebelumnya, maka dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut:

1. Dari penelitian ini diketahui bahwa pasang surut yang terjadi pada perairan pantai Muli bertipe ganda dominan. Secara umum gelombang diperairan Pantai Muli dipengaruhi oleh angin dari arah barat daya dengan panjang *fetch* efektif yaitu 49,69 km. Tinggi gelombang ( $H_s$ ) dan periode gelombang ( $T_s$ ) hasil *hindcasting* yaitu sebesar 1,32 m dan 5,18 s. Berdasarkan penyebab pembentuknya, gelombang pada perairan pantai Muli dikategorikan sebagai gelombang alun (*swell wave*).
2. Berdasarkan hasil simulasi didapatkan tinggi gelombang hasil simulasi yaitu antara 0 - 2,42 m. Dari hasil analisis *mean relative error* antara tinggi gelombang hasil simulasi dengan hasil analitik diperoleh selisih nilai 10,2%

#### **5.2 Saran**

1. Tinggi dan periode gelombang yang dihitung dalam penelitian ini hanya dipengaruhi oleh angin sebagai faktor utama dalam pembentukan gelombang. Adakalanya gelombang laut juga dipengaruhi oleh faktor lain seperti refraksi, difraksi, interaksi dengan arus, topografi dasar laut, dan faktor lokal lainnya. Oleh karena itu, diperlukan kajian yang lebih mendalam tentang gelombang untuk memperoleh hasil simulasi yang lebih mendekati kondisi lapangan.
2. Hasil analisis Hidro-oceanografi di perairan pantai Muli menggunakan *software Surface-water Modelling System (SMS)* dapat memberikan kontribusi bagi penelitian lanjutan yang sejenis serta perencanaan

pengembangan daerah sekitar. Hal ini dapat membantu dalam mendukung kehidupan masyarakat pesisir di wilayah yang bersangkutan.

3. Fungsi Laboratorium Hidroteknik di Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lampung sangat penting sebagai sarana penunjang dan pengembangan kemampuan mahasiswa. Untuk mengoptimalkan fungsi laboratorium, direkomendasikan untuk melakukan pelatihan yang terkait dengan penggunaan perangkat lunak (*software*) serta pengadaan modul yang dapat membantu dalam proses pengerjaan tugas akhir yang menggunakan teknologi software khusus dalam bidang Teknik Sipil.

## DAFTAR PUSTAKA

- Astari, K. F., Hendri, A., & Fauzi, M. (2018). Analisis Pasang Surut Perairan Dumai Menggunakan Metode Admiralty. *Jom FTEKNIK*, 5(2), 1–7.
- Aziz, M. F. (2006). Gerak Air di Laut. *Jurnal Oceanografi*, XXXI(4), 9–21.
- Basemaps. (2023). *Peta Lokasi Penelitian Pantai Muli*. Diakses pada 21 September 2023, dari <https://www.esri.com/en-us/arcgis/products/arcgis-platform/services/basemaps>
- BATNAS. (2023). *Peta Batimetri Perairan Pantai Muli*. Diakses pada 27 Oktober 2023, dari <https://tanahair.indonesia.go.id/demnas/#/batnas>
- BMKG. (2024). *Perkiraan Tinggi Gelombang Teluk Lampung Bagian Utara*. Diakses pada 04 Juli 2024, dari <https://www.bmkg.go.id/>
- BNBP. (2018). Info Bencana Tsunami Selat Sunda.
- CERC. (1984). *SHORE PROTECTION MANUAL US Army Coastal Engineering*. Washington.
- ECMWF. (2023). *Data angin Perairan Pantai Muli*. Diakses pada 05 November 2023, dari <https://www.ecmwf.int/>
- Hasriyanti. (2015). Tipe Gelombang dan Pasang Surut di Perairan Pulau Dutungan Kabupaten Barru Sulawesi Selatan. Makassar. Universitas Negeri Makassar. *Jurnal Sainsmat*, 15(1), 14–27.
- Hidayat, N. (2005). Kajian Hidro-oseanografi Untuk Deteksi Proses-Proses Fisik di Pantai. *Smartek*, 03(2), 73–85.
- Marsah, A. (2023). *Pemodelan Penjalaran Gelombang Dengan Model SMS CGWAVE di perairan Pulau Wisata Bokori, Kecamatan Soropia, Kabupaten Konawe*. Universitas Halu Oleo.
- Muliati, Y. (2020). *Rekayasa Pantai*. Itenas.

- Pratama, A. R., Muliati, Y., & Madrapriya, F. (2016). Analisis Hidrodinamika Menggunakan Software SMS 8.1 dalam Rangka Pengembangan Pelabuhan Penyeberangan Kaledupa, Sulawesi Tenggara. *Jurnal Online Institut Teknologi Nasional*, 2(4), 124–135.
- Pratikto, W. A., Suntoyo, Solikhin, & Sambodo, K. (2014). *Struktur Pelindung Pantai*. PT. Mediatama Saptakarya.
- Ratu, Y. A. (2015). Analisa Karakteristik Gelombang di Pantai Bulu Rerer Kecamatan Kombi Kabupaten Minahasa. *Jurnal Sipil Statik*, 3(1), 38–48.
- Sugiyono. (2013). *Metode Penelitian Kuantitatif Kualitatif dan R&D*. Alfabeta.
- Suprpto. (2022). *Laporan Kajian Awal Pembangunan Pengaman Pantai Kalianda (Pantai Muli) dan Peningkatan Pengaman Pantai Kalianda(Pantai Muli) Kabupaten Lampung Selatan*. PT. Indra Karya (Persero) KSO
- Triatmodjo, B. (1999). *Teknik Pantai*. Beta Offset Yogyakarta.
- Triatmodjo, B. (2010). *Perencanaan Pelabuhan*. Beta Offset Yogyakarta.
- Umar. (2011). Kajian Pengaruh Gelombang Terhadap Kerusakan Pantai Matang Danau Kabupaten Sambas. *Teknik Sipil Untan*, 11(1), 93–102.
- Zakaria, A. (2012). *Seri Rekayasa Pantai Rekayasa Pantai dan Pelabuhan (Modul Perkuliahan)*. Universitas Lampung