

**ESTIMASI ENERGI GELOMBANG PADA MUSIM
PERALIHAN II DI MUARA SUNGAI BANYUASIN**

SKRIPSI

*Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana di Bidang
Ilmu Kelautan pada Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Sriwijaya*



Oleh :

RICMEN JESAEI SIMAMORA

08051281520060

**JURUSAN ILMU KELAUTAN
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
INDERALAYA**

2019

**ESTIMASI ENERGI GELOMBANG PADA MUSIM
PERALIHAN II DI MUARA SUNGAI BANYUASIN**

SKRIPSI

Oleh :

RICMEN JESAEEL SIMAMORA

08051281520060

*Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana di Bidang
Ilmu Kelautan pada Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Sriwijaya*

**JURUSAN ILMU KELAUTAN
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
INDERALAYA**

2019

LEMBAR PENGESAHAN

**ESTIMASI ENERGI GELOMBANG PADA MUSIM
PERALIHAN II DI MUARA SUNGAI BANYUASIN**

SKRIPSI

**Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana
Bidang Ilmu Kelautan**

Oleh :

RICMEN JESAE SIMAMORA

08051281520060

Inderalaya, Juli 2019

Pembimbing II

Andi Agussalim, S.Pi., M.Sc
NIP. 197308082002121001

Pembimbing I

Beta Susanto Barus, M.Si
NIP. 198802222015041002

Mengetahui,

Ketua Program Studi Ilmu Kelautan

Tengku Zia Ulqodry, ST., M.Si., Ph.D
NIP. 197709112001121006



Tanggal Pengesahan :

LEMBAR PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :

Nama : Ricmen Jesael Simamora
NIM : 08051281520060
Jurusan : Ilmu Kelautan
Judul Skripsi : Estimasi Energi Gelombang Pada Musim Peralihan II Di Muara Sungai Banyuasin

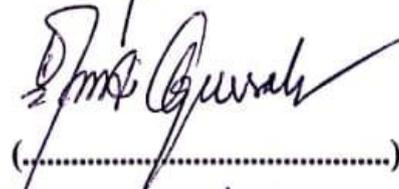
Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana pada Jurusan Ilmu Kelautan, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sriwijaya.

DEWAN PENGUJI

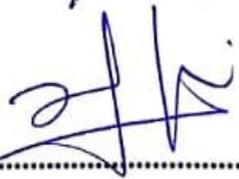
Ketua : Beta Susanto Barus, M.Si
NIP. 198802222015041002


(.....)

Anggota : Andi Agussalim, S.Pi., M.Sc
NIP. 197308082002121001


(.....)

Anggota : Dr. Wike Ayu E.P., S.Pi., M.Si
NIP. 197905122008012017


(.....)

Anggota : Ellis Nurjuliasti Ningsih, M.Si
NIP. 198607102015107201


(.....)

Ditetapkan di : Inderalaya
Tanggal : 2018

PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH

Dengan ini saya **Ricmen Jesael Simamora**, NIM. **08051281520060** menyatakan bahwa Karya Ilmiah/Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri dan karya ilmiah ini belum pernah diajukan sebagai pemenuhan persyaratan untuk memperoleh gelar kesarjanaan strata satu (S1) dari Universitas Sriwijaya maupun Perguruan Tinggi lainnya.

Semua informasi yang dimuat dalam Karya Ilmiah/Skripsi ini yang berasal dari penulis lain, baik yang dipublikasikan atau tidak, telah diberikan penghargaan dengan mengutip nama sumber penulis secara benar dan semua Karya Ilmiah/Skripsi ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab saya sebagai penulis.

Inderalaya, Juli 2019



Ricmen Jesael Simamora
NIM. 08051281520060

**PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI SKRIPSI UNTUK
KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai civitas akademik Universitas Sriwijaya, saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Ricmen Jesael Simamora
NIM : 08051281520060
Jurusan : Ilmu Kelautan
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Jenis Karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada universitas sriwijaya **Hak Bebas Royalty Noneksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul : **“Estimasi Energi Gelombang Pada Musim Peralihan II Di Muara Sungai Banyuasin”** beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalty Noneksklusif ini Universitas Sriwijaya berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat dan mempublikasikan skripsi saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis pertama/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Inderalaya, Juli 2019
Penulis

Ricmen Jesael Simamora
NIM. 08051281520060

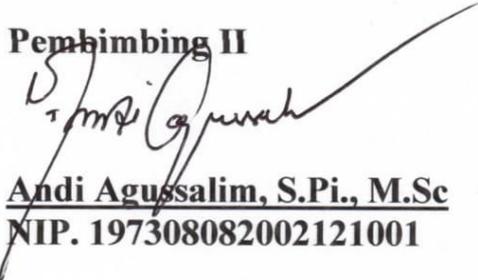
ABSTRAK

Ricmen Jesael Simamora. 08051281520060. Estimasi Energi Gelombang Pada Musim Peralihan II di Muara Sungai Banyuasin. (Pembimbing : Beta Susanto Barus, M.Si dan Andi Agussalim, S.Pi., M.Sc)

Muara Sungai Banyuasin terletak di Pantai Timur Kabupaten Banyuasin dan bermuara di Selat Bangka. Muara Sungai Banyuasin merupakan lahan pasang surut sehingga harus dikelola dengan baik. Tujuan dari penelitian ini untuk menganalisis tinggi gelombang signifikan, menganalisis hasil model gelombang permukaan, mengetahui energi gelombang yang dapat dihasilkan pada Musim Peralihan II di Muara Sungai Banyuasin. Penelitian ini dilaksanakan pada tanggal 8-14 Oktober 2018 di perairan Muara Sungai Banyuasin, proses *running* model menggunakan angin GFS 0,5⁰ dan batimetri Peta Lingkungan Pantai Indonesia sebagai input model, RMSE (*Root Mean Square Error*) digunakan untuk mengukur tingkat akurasi prakiraan model dengan hasil pengamatan lapangan serta tinggi gelombang signifikan yang digunakan untuk mengetahui besarnya energi dan daya yang dihasilkan. Hasil penelitian menunjukkan tinggi gelombang signifikan tertinggi terjadi pada tanggal 9 Oktober 2018 pukul 7:00 wib dengan nilai 0,563 meter dan gelombang signifikan terendah terjadi pada tanggal 9 Oktober 2018 pada pukul 12:00 wib dengan ketinggian 0,303 meter. Semakin tinggi kecepatan angin yang ada maka akan semakin tinggi pula gelombang yang dihasilkan, serta arah angin yang berhembus berbanding lurus dengan arah gelombang yang dibangkitkan, dan hasil model arah gelombang dominan dari Utara dan Timur Laut. Energi gelombang yang dihasilkan berkisar 882,0381 Joule - 223.868,54 joule dan daya gelombang yang dihasilkan berkisar 309,6177 Watt - 86.441,74 Watt. Adapun nilai RMSE *Mike 21* dan data lapangan sebesar 0,3 dan tergolong kedalam tingkat kesalahan sedang.

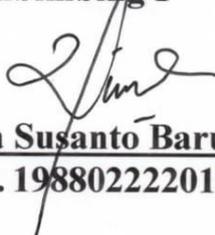
Kata Kunci : Gelombang Signifikan, Muara Sungai Banyuasin, *Mike 21*, Energi Gelombang.

Pembimbing II


Andi Agussalim, S.Pi., M.Sc
NIP. 197308082002121001

Inderalaya, Maret 2019

Pembimbing I


Beta Susanto Barus, M.Si
NIP. 198802222015041002

Mengetahui,
Ketua Program Studi Ilmu Kelautan


Tengku Zia Ulqodry, ST., M.Si., Ph.D
NIP. 197709112001121006

ABSTRACT

Ricmen Jesael Simamora. 08051281520060. Estimation of Wave Energy in Transition Season II in the Banyuasin River Estuary. (Supervisor : Beta Susanto Barus, M.Si and Andi Agussalim, S.Pi., M.Sc)

The Banyuasin River Estuary is located on the East Coast of Banyuasin Regency and boils down into the Bangka Strait. The Banyuasin River estuary is tidal land so it must be managed properly. The purpose of this study were to analyze the significant wave height, analyze the results of surface wave models, to know the wave energy that can be produced in the Transition Season II at the Banyuasin River Estuary. This research was conducted on 8 – 14th October 2018 in the waters of the Banyuasin River Estuary, the running model using GFS 0,5⁰ wind and bathymetry of the Indonesian Coast Environment Map as an input model, RMSE (Root Mean Square Error) was used to measure the accuracy level of model forecast with field observation result and significant wave height used to determine the amount of energy and power produced. The results showed the highest significant wave height occurred on 9 October 2018 at 7:00 a.m. with a value of 0,563 meters and the lowest significant wave occurred on 9 October 2018 at 12:00 wib with a height of 0,303 meters. The higher the wind speed there is, the higher the waves will be produced, and the wind direction that blows is directly proportional to the direction of the wave generated, and the results of the dominant wave direction model from North and Northeast. The resulting wave energy ranges from 882.0381 Joule - 223,868.54 joules and the resulting wave power ranges from 309,6177 Watts - 86,441.74 Watts. The RMSE value of *Mike 21* and field data is 0.3 and belongs to the moderate error level.

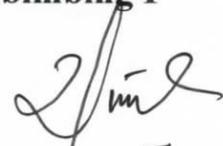
Key Words : Significant Waves, Banyuasin River Estuary, Mike 21, Wave Energy.

Pembimbing II



Andi Agussalim, S.Pi., M.Sc
NIP. 197308082002121001

Inderalaya, Maret 2019
Pembimbing I



Beta Susanto Barus, M.Si
NIP. 198802222015041002

Mengetahui,

Ketua Program Studi Ilmu Kelautan



Tengku Zia Ulqodry, ST., M.Si., Ph.D
NIP. 197709112001121006

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadiran Tuhan Yang Maha Esa, karena berkat rahmat-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “ **Estimasi Energi Gelombang Pada Musim Peralihan II Di Muara Sungai Banyuasin**”. Karena keterbatasan penulis dalam pengetahuan dan kemampuan yang dimiliki, tentu banyak kekurangan. Namun, atas berkat saran dan arahan serta bimbingan dari berbagai pihak maka penulis mengucapkan terimakasih kepada pihak-pihak yang terkait dalam penyusunan skripsi ini kepada :

1. Bapak Beta Susanto Barus, M.Si sebagai dosen pembimbing atas bimbingan, saran, kritik serta motivasi kepada penulis.
2. Bapak Andi Agussalim, S.Pi., M.Sc sebagai pembimbing yang sudah memberikan banyak masukan, saran serta kritikan dalam proses penyelesaian skripsi ini.
3. Ibu Wike dan Ibu Ellis selaku pembahas yang sudah banyak memberikan masukan baik saran maupun kritikan dalam penyelesaian skripsi ini.
4. Seluruh staf pengajar Jurusan Ilmu Kelautan, serta Babe dan Pak Min yang memberikan berbagai masukan dalam penyelesaian skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa laporan ini masih terdapat kekurangan oleh karena itu saran dan kritik yang membangun sangat diharapkan demi penyempurnaan di masa mendatang. Semoga laporan ini dapat memberikan manfaat bagi mahasiswa kelautan khususnya dan bagi masyarakat luas pada umumnya. Amin.

Inderalaya, April 2019

Penulis

DAFTAR ISI

	Hal.
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	iii
HALAMAN PENGESAHAN	iv
PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH	v
PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI SKRIPSI	vi
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	viii
RINGKASAN	ix
HALAMAN PERSEMBAHAN	xiii
HALAMAN MOTTO	xiv
UCAPAN TERIMA KASIH	xv
KATA PENGANTAR	xviii
DAFTAR ISI	xix
DAFTAR GAMBAR	xxi
DAFTAR TABEL	xxii
DAFTAR LAMPIRAN	xxiii
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Manfaat	4
II. TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Gelombang Laut	5
2.2 Faktor Pembangkit Gelombang	7
2.3 Pengertian Angin	7
2.4 Tipe Angin	8
2.5.1 Angin Pasat	8
2.5.2 Angin Muson	9
2.5 <i>Mike 21</i>	10

III. METODOLOGI	11
3.1 Waktu dan Tempat	11
3.2 Penentuan Titik Pengamatan	11
3.3 Alat dan Bahan Beserta Fungsi	12
3.4 Prosedur Penelitian	12
3.4.1 Pengumpulan Data	12
3.5 Pengolahan Data	14
3.5.1 Pengolahan Data Lapangan	14
3.5.2 Penentuan Gelombang Dengan <i>Mike 21</i>	15
3.5.3 Pembuatan Peta Batimetri	16
3.5.4 Pemodelan Hidrodinamika	17
3.6 Analisis Data	17
3.6.1 Verifikasi Hasil Model	17
3.6.2 Energi Gelombang	18
3.6.3 Pola Sebaran Gelombang	18
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	19
4.1 Kondisi Umum Daerah Penelitian	19
4.2 Hasil Pengamatan Gelombang Lapangan	21
4.3. Hasil Pengolahan Gelombang dengan <i>Mike 21</i>	23
4.4 Verifikasi Hasil Model dengan Data Lapangan.....	26
4.5 Hasil Pengolahan <i>Wind rose</i> dan <i>Wave rose</i> dengan <i>Mike 21</i>	28
4.6 Estimasi Energi Gelombang	29
V. KESIMPULAN DAN SARAN	33
5.1 Kesimpulan	33
5.2 Saran	33
DAFTAR PUSTAKA	34
LAMPIRAN	36

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Hal.
1. Kerangka Penelitian	3
2. Angin Pasat Timur Laut dan Angin Pasat Tenggara	8
3. Angin Muson Timur dan Angin Muson Barat	9
4. Peta Lokasi Pengkajian Model Gelombang	11
5. Ilustrasi Pengukuran Gelombang di Lapangan	13
6. Alur Pengolahan Data	15
7. Alur Pembuatan Peta Batimetri	16
8. Lokasi Pengamatan Muara Sungai Banyuasin	19
9. Batimetri Lokasi Kajian	20
10. Tinggi Gelombang Signifikan (Hs) dalam Meter dan Periode Gelombang Signifikan (Ts) dalam Detik Hasil Pengamatan	21
11. Tinggi Gelombang Signifikan (Hs) dalam Meter Hasil <i>Mike 21</i> dan Data Lapangan Jam 7:00 di Titik Pengamatan	24
12. Tinggi Gelombang Signifikan (Hs) dalam Meter Hasil <i>Mike 21</i> dan Data Lapangan Jam 12:00 di Titik Pengamatan	25
13. Tinggi Gelombang Signifikan (Hs) dalam Meter Hasil <i>Mike 21</i> dan Data Lapangan Jam 16:00 di Titik Pengamatan	26
14. Perbandingan Nilai Tinggi Gelombang Signifikan Hasil Model dan Pengamatan Langsung di Lapangan	27
15. Hasil Pengolahan <i>Wave Rose</i> Data Gelombang	28
16. Hasil Pengolahan <i>Wind Rose</i> Data Angin	29
17. Lokasi Estimasi Energi Gelombang	30
18. Potensial Energi Gelombang	31
19. Daya Gelombang	31

DAFTAR TABEL

Tabel	Hal
1. Alat dan Bahan yang di Gunakan di Laboratorium	12
2. Alat dan Bahan yang di Gunakan di Lapangan	12
3. Contoh Tabel Catat Gelombang	14
4. Klsifikasi Nilai RMSE	18
5. Hasil Pengolahan Tinggi Gelombang Maksimum dan Minimum Total Pengukuran Lapangan	23

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran

Hal

6. Tabel pengukuran tinggi gelombang signifikan hasil observasi di Muara Sungai Banyuasin	36
7. Data Angin	40
8. Perbandingan Nilai Tinggi Gelombang Signifikan Lapangan dengan Model	43
9. Energi dan Daya Gelombang	44
10. Dokumentasi Lapangan	48

I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Secara geografis Kabupaten Banyuasin terletak antara $1,30^{\circ}$ - $4,0^{\circ}$ Lintang Selatan dan $104^{\circ} 00'$ - $105^{\circ} 35'$ Bujur Timur yang terbentang mulai dari bagian tengah sampai dengan bagian Timur Propinsi Sumatera Selatan dengan luas wilayah seluruhnya 11.832,99 Km² atau 1.183.299 Ha. Sebagian dari wilayah Banyuasin yang terletak di bagian pesisir Pantai Timur Sumatera Selatan merupakan lahan pasang surut sehingga harus dikelola dengan baik. Beberapa muara sungai, salah satunya yaitu muara Sungai Banyuasin yang terdapat di Pantai Timur Kabupaten Banyuasin bermuara di Selat Bangka kini telah menjadi daerah lalu lintas transportasi air atau daerah alur lintasan kapal, baik kapal yang digunakan penduduk maupun kapal-kapal nelayan (PemKab Banyuasin, 2011).

Gelombang laut adalah pergerakan naik turunnya muka air laut dengan arah tegak lurus dengan permukaan air laut yang membentuk kurva/grafik sinusoidal. Gelombang laut timbul karena adanya gaya pembangkit yang bekerja pada laut. Gelombang di laut dapat diklasifikasikan menjadi beberapa jenis, tergantung dari gaya pembangkitnya. Gaya pembangkit tersebut terutama berasal dari angin, gaya tairik menarik benda-benda langit terutama matahari dan bulan terhadap bumi (pasang surut), gempa bumi, kapal yang bergerak, dan gaya pembangkit lain (Kurniawan *et al.* 2011).

Angin merupakan salah satu faktor pembangkit gelombang di perairan. Angin yang bertiup di atas lautan menyebabkan terjadinya pergerakan naik turunnya permukaan air seperti adanya riak yang kita kenal dengan gelombang laut. Oleh karena itu dalam menentukan tinggi gelombang suatu perairan dapat dilakukan dengan pendekatan pada data angin yang ada.

Tinggi gelombang yang terdapat di laut dapat kita ketahui dengan menggunakan *software Mike 21*. Input atau masukan yang diperlukan dalam menentukan tinggi dan arah gelombang dengan *software Mike 21* adalah data kecepatan angin, arah angin, periode gelombang, dan data batimetri lokasi kajian.

Pengetahuan untuk mengetahui tinggi gelombang laut merupakan kebutuhan yang cukup penting dengan mengingat bahwa wilayah laut di Indonesia lebih luas dibandingkan dengan daratannya. Adanya prediksi tinggi gelombang pada masa

yang akan datang, segala aktivitas yang dipengaruhi oleh gelombang dapat dipersiapkan dengan baik. Selain itu prediksi tinggi gelombang juga dapat digunakan untuk meninjau apakah daerah tersebut dapat digunakan sebagai daerah pembangkit listrik tenaga gelombang atau tidak.

Gelombang laut memiliki energi potensial yang dapat dihitung dengan persamaan dari Kim Nielsen dan dengan menggunakan persamaan-persamaan tersebut maka dapat di peroleh berapa energi yang terdapat di dalam gelombang. Sistem pemanfaatan gelombang laut dapat menggunakan tekanan udara dari ruangan kedap air untuk menggerakkan turbin yang nantinya pergerakan turbin ini digunakan untuk menghasilkan energi listrik. Ruangan kedap air ini dipasang tetap dengan struktur bawah terbuka ke laut. Tekanan udara pada ruangan kedap air disebabkan oleh pergerakan naik-turun dari permukaan gelombang air laut (Budi, 2008).

Penentuan lokasi pembangkit listrik tenaga gelombang laut adalah hal yang penting untuk di lakukan karena ada banyak hal yang harus di pertimbangkan, baik kriteria gelombang ataupun juga topografi daerah lokasi. Hal yang harus di pertimbangkan antara lain (Utami, 2010):

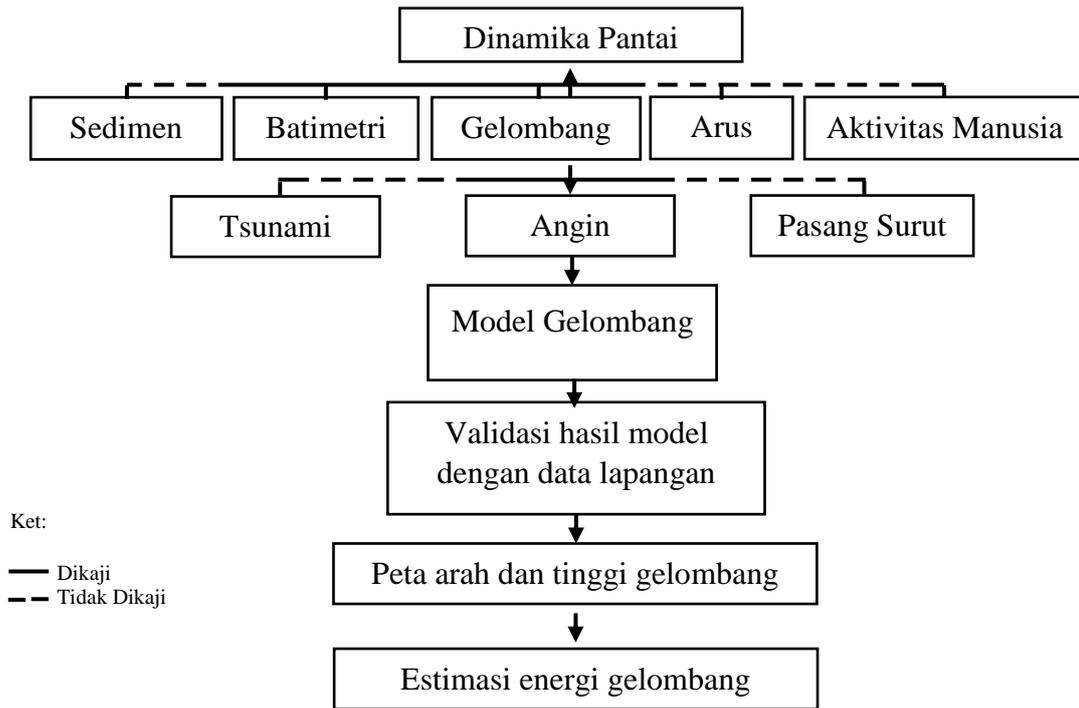
a) Tinggi gelombang laut

Tinggi gelombang yang dapat dimanfaatkan untuk PLTG sistem *Oscillating Water Column* adalah gelombang yang selalu terbentuk sepanjang tahun dengan tinggi minimal satu sampai dua meter.

b) Gelombang yang dapat dijadikan sebagai PLTG adalah gelombang yang tidak pecah akibat adanya pendangkalan.

1.2 Perumusan Masalah

Tinggi gelombang laut dapat digunakan sebagai pembangkit listrik yaitu melalui besarnya energi yang di hasilkan oleh gelombang yang ada. Kurangnya pasokan energi listrik pada wilayah pesisir dapat di tanggulangi dengan adanya pembangkit listrik tenaga gelombang. Oleh karena itu perlu dilakukannya penelitian mengenai besar energi listrik yang dapat di hasilkan dari tinggi gelombang yang ada di lokasi kajian, yang nantinya dapat di gunakan sebagai pasokan energi listrik.



Gambar 1. Kerangka Penelitian

Pada penelitian yang akan dilakukan data yang digunakan adalah data angin dan batimetri. Data angin dan batimetri akan digunakan sebagai *input* model *Spectral Waves* di Mike 21. Output dari model tersebut adalah gelombang signifikan yang kemudian akan di validasi dengan data pengukuran gelombang lapangan sehingga menghasilkan peta sebaran tinggi gelombang. Gelombang signifikan merupakan tinggi gelombang rata-rata dari data pengukuran tinggi gelombang pada lokasi kajian dalam perioda waktu tertentu (Supangat, 2006).

Pengukuran tinggi dan arah gelombang secara langsung dalam jangka waktu yang panjang masih sulit dilakukan, maka dilakukan dengan menggunakan model gelombang dengan *Mike 21* untuk membantu menggambarkan kondisi gelombang secara *time series*. Berdasarkan Gambar 1 maka beberapa permasalahan yang akan dijawab dalam penelitian ini adalah :

1. Bagaimana tinggi gelombang pengukuran lapangan dan tinggi gelombang hasil model *Spectral Waves* dengan *Mike 21* di Muara Sungai Banyuasin.
2. Mengkaji besarnya energi listrik yang dihasilkan lokasi kajian.

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan masalah yang ada, penelitian bertujuan untuk :

1. Menganalisis tinggi gelombang signifikan di perairan Muara Sungai Banyuasin pada Musim Peralihan II.
2. Menganalisis hasil model gelombang permukaan di perairan Muara Sungai Banyuasin pada Musim Peralihan II.
3. Mengetahui energi gelombang yang dapat dihasilkan pada Musim Peralihan II di Muara Sungai Banyuasin.

1.4 Manfaat

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat berupa informasi, analisis dan kajian mengenai keakuratan dari model dalam menghasilkan prediksi gelombang laut signifikan.

II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Gelombang Laut

Menurut Kurniawan *et al.* (2011), gelombang laut adalah pergerakan naik dan turunnya air laut dengan arah tegak lurus permukaan air laut yang membentuk kurva sinusoidal. Gelombang/ombak yang terjadi di lautan dapat diklasifikasikan menjadi beberapa macam tergantung kepada gaya pembangkitnya. Pembangkit gelombang laut dapat disebabkan oleh: angin (gelombang angin), gaya tarik menarik bumi-bulan-matahari (gelombang pasang-surut), gempa (vulkanik atau tektonik) di dasar laut (gelombang tsunami), ataupun gelombang yang disebabkan oleh gerakan kapal. Gelombang yang sehari-hari terjadi dan diperhitungkan dalam bidang teknik pantai adalah gelombang angin dan pasang-surut (pasut).

Gelombang dapat membentuk, merusak pantai dan berpengaruh pada bangunan-bangunan pantai. Energi gelombang akan membangkitkan arus dan mempengaruhi pergerakan sedimen dalam arah tegak lurus pantai (*cross-shore*) dan sejajar pantai (*longshore*). Pada perencanaan teknis bidang teknik pantai, gelombang merupakan faktor utama yang diperhitungkan karena akan menyebabkan gaya yang bekerja pada bangunan pantai (Kurniawan *et al.* 2011).

Menurut Holthuijsen, (2007) dalam Sugianto, (2010) menyatakan bahwa prinsip terjadinya pembangkitan gelombang oleh angin adalah perpindahan energi dari angin ke air lewat permukaan air. Untuk mengatasi keterbatasan data gelombang di atas, biasanya perencana melakukan peramalan gelombang dengan menggunakan data angin, karena data angin relatif tersedia dan mudah diperoleh. Data angin dapat diperoleh dari data yang tersedia di bandar udara terdekat atau Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG). Gelombang akibat angin ini merupakan hal yang paling penting di dalam ilmu teknik pantai.

Untuk mengetahui karakteristik gelombang suatu perairan diperlukan data namun terbatasnya data gelombang dalam kurun menjadikan kendala dalam memahami karakteristik gelombang tersebut. Untuk keperluan perencanaan bangunan pantai mutlak diperlukan juga data gelombang, sedangkan data gelombang yang ada di Indonesia saat ini sangat minim dalam waktu yang

panjang seperti beberapa hari, bulan, atau paling lama satu tahun, sehingga belum memadai digunakan untuk analisis gelombang ekstrim (Sugianto, 2010).

Gelombang dapat menimbulkan energi untuk membentuk pantai, penyortiran sedimen, menimbulkan arus dan mengangkut material sedimen (transport sedimen) dasar ke arah pantai, lepas pantai, dan sepanjang pantai serta menyebabkan adanya gaya yang bekerja pada bangunan pantai. Data gelombang sangat diperlukan dalam perencanaan bangunan pantai (seperti *jetty*, *groin*, *seawall*, *breakwater*, reklamasi), penentuan tata letak pelabuhan, alur pelayaran, pengelolaan lingkungan laut, dan penentuan daerah rekreasi bahari dan budidaya di wilayah pesisir (Triatmodjo, 1999 dalam Sugianto, 2010).

Menurut *World Meteorological Organization* (WMO) (2001) dalam Kurniawan *et al.* (2012) menyatakan bahwa di lautan terdapat banyak jenis gelombang, baik ditinjau dari faktor penyebab maupun gaya pengembalinya (*restoring force*). Diantara sekian banyak gelombang, yang menjadi perhatian dalam pelayanan informasi meteorologi kelautan ada tiga jenis gelombang yaitu gelombang akibat angin, gempa bumi (tsunami) dan akibat gaya tarik menarik bumi-bulan-matahari atau disebut dengan gelombang tidal atau pasang surut.

Daerah yang dilintasi oleh gelombang adalah *offshore zone*, *surf zone* dan *swash zone*. Daerah lepas pantai (*offshore zone*) adalah daerah yang terbentang dari lokasi gelombang pecah ke laut. *Surf zone* merupakan gerak orbit partikel air oleh gelombang yang menimbulkan transport massa air disertai terangkutnya sedimen dasar dalam arah menuju pantai. *Surf zone* dan *swash zone* memiliki arti yang berlawanan karena *swash zone* merupakan gerak orbit partikel air oleh gelombang yang menimbulkan transport massa air disertai terangkutnya sedimen dasar dalam arah menuju pantai (Hidayat, 2005).

Hutabarat (2008) dalam Kurniawan *et al.* (2012) mengatakan bahwa bila di bandingkan jenis gelombang lainnya, gelombang akibat angin merupakan gelombang yang paling dominan terjadi di permukaan laut, baik ditinjau dari frekuensi kejadiannya maupun energinya. Keberadaan gelombang akibat angin di permukaan laut mempengaruhi hampir semua kegiatan di laut, oleh karena itu perlu informasi tentang gelombang laut merupakan bagian terpenting dalam pelayaran.

2.2 Faktor Pembangkit Gelombang

Gelombang yang terjadi di lautan dapat diklasifikasikan menjadi beberapa jenis tergantung dari daya yang menyebabkannya. Gelombang laut dapat disebabkan oleh angin (gelombang angin), daya tarikan bumi-bulan-matahari (gelombang pasang surut), gempa (vulkanik dan tektonik) di dasar laut (gelombang tsunami), ataupun gelombang yang disebabkan oleh gerakan kapal (Ludji *et al.* 2014).

Angin di atas lautan memindahkan tenaganya ke permukaan perairan, menyebabkan riak-riak, alunan atau bukit, dan berubah menjadi apa yang disebut sebagai gelombang atau ombak. Prinsip dasar terjadinya gelombang laut adalah jika dua massa yang berbeda kerapatannya (densitas) bergesekan satu sama lain, maka pada bidang gerakannya akan terbentuk gelombang (Waldopo, 2008 *dalam* Ludji *et al.* 2014).

2.3 Pengertian Angin

Angin secara umum adalah setiap gerakan udara relatif terhadap permukaan bumi. Dalam pengertian teknis, yang dimaksud dengan angin adalah setiap gerakan udara yang mendatar atau hampir mendatar. Angin akan bergerak dari suatu daerah yang memiliki tekanan udara yang tinggi ke daerah yang memiliki tekanan udara yang rendah. Angin yang bertiup di permukaan bumi ini terjadi akibat adanya perbedaan penerimaan radiasi surya, sehingga mengakibatkan perbedaan suhu udara. Perubahan panas antara siang dan malam merupakan gaya gerak utama sistem angin harian, karena beda panas yang kuat antara udara di atas darat dan laut atau antara udara di atas tanah tinggi (pegunungan) dan tanah rendah (lembah) (Habibie *et al.* 2011).

Unsur iklim yang memiliki peranan penting dalam interaksi antara air laut dengan atmosfer adalah angin. Oleh sebab itu angin mendapat banyak perhatian seperti bidang meteorologi dan bidang kelautan. Interaksi yang terjadi antara angin dan permukaan laut menyebabkan berlangsungnya transfer energi dari angin permukaan ke laut dan akan menyebabkan terjadinya gelombang laut dan arus permukaan laut (Nontji, 1978).

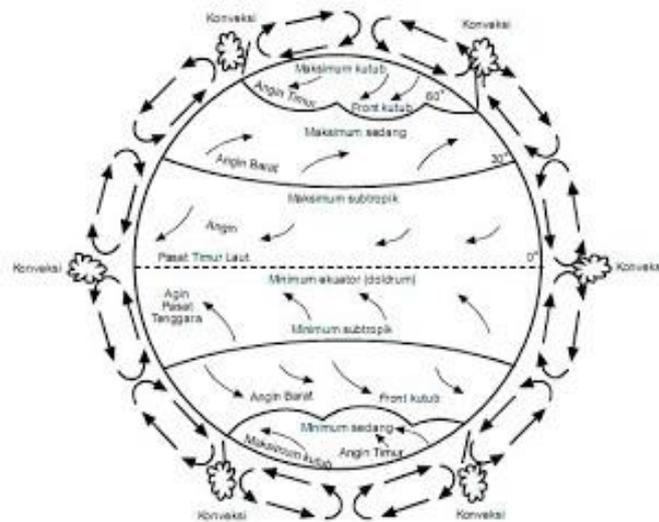
Angin yang bertiup di atas permukaan laut merupakan pembangkit arus dan juga pembangkit utama gelombang. Ada dua istilah untuk menggambarkan

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 sudah keluar dari pengaruh angin serta bentuknya sudah teratur. *Swell* dibentuk oleh gelombang-gelombang frekuensi atau panjang gelombangnya hampir sama (Azis, 2006).

2.4 Tipe Angin

2.4.1 Angin Pasat

Angin pasat adalah angin yang mengalir di atas muka bumi dari daerah subtropis menuju daerah tropis atau khatulistiwa, sedangkan angin anti pasat mengalir dari lapisan udara yang lebih atas dengan arah sebaliknya, yaitu dari wilayah tropis ke subtropis. Kedua angin pasat ini terjadi karena adanya pemanasan di khatulistiwa yang menimbulkan pemuaiian membubung ke atas wilayah khatulistiwa dan di lapisan atas mengalir secara mendatar ke wilayah subtropis. Menurut Bayong (1994), angin pasat termasuk kedalam angin tetap atau angin yang bertiup sepanjang tahun dan terdiri dari angin pasat timur di wilayah bumi utara dan angin pasat tenggara di belahan bumi selatan.



Gambar 2: Angin pasat timur laut dan angin pasat tenggara

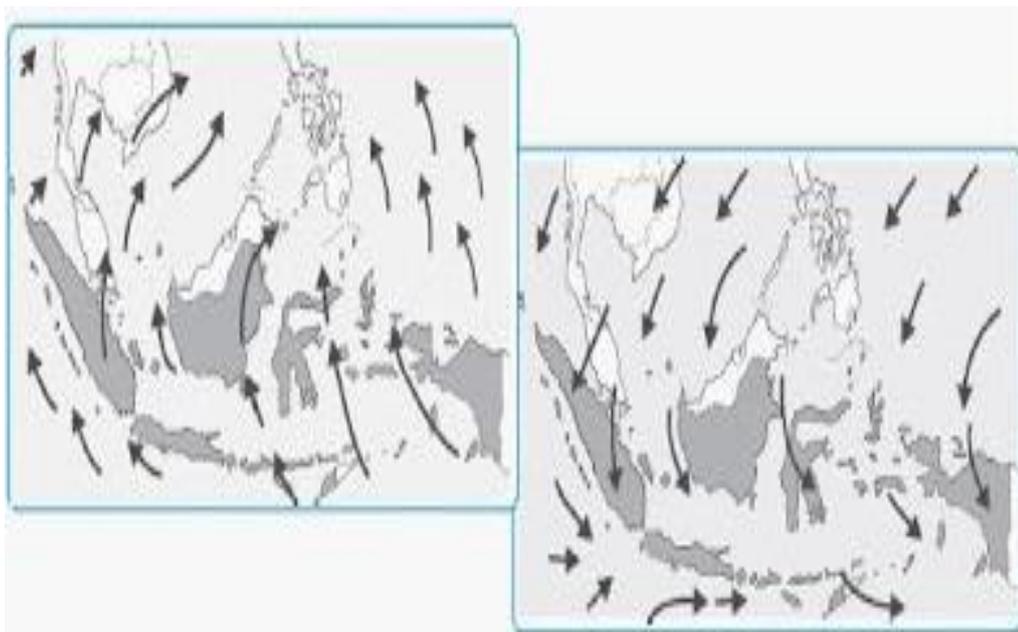
Massa udara di daerah subtropik, disekitar lintang 20 derajat dan 30 derajat turun lagi secara vertikal sebagai angin kering disertai dengan kenaikan suhu. Angin kering menyerap uap air di udara dan permukaan Karena proses penyerapan inilah, di daerah subtropik terbentuk gurun-gurun. Daerah tempat

turunnya massa udara itu merupakan wilayah tenang sehingga disebut teduh subtropik.

Di atas wilayah subtropik angin yang turun mengalir di atas muka bumi kembali ke daerah tropis karena daerah tropis bertekanan rendah, inilah yang disebut angin pasat. Oleh karena gaya *Coriolis* di belahan bumi utara angin pasat mengalir dari timur laut sehingga disebut angin pasat timur laut, sedangkan di belahan bumi selatan mengalir dari arah timur laut sehingga disebut angin pasat timur laut, sedangkan di belahan Bumi selatan mengalir dari arah tenggara sehingga disebut angin pasat tenggara (Bayong, 1994)

2.4.2 Angin Muson

Angin muson adalah angin yang berhembus secara periodik (minimal 3 bulan) dan antara periode yang satu dengan periode lainnya mempunyai pola yang berlawanan yang berganti-ganti arah secara berlawanan pada stiap setengah tahunnya. Setengah tahun pertama biasanya akan bertiup angin darat yang kering dan setengah tahun berikutnya akan bertiup angin laut yang bersifat basah, hal tersebut terjadi karena terbawanya udara panas ke suatu daerah yang menyebabkan kenaikan suhu pada daerah tersebut dan demikian juga dengan udara dingin yang dibawa oleh angin yang menyebabkan penurunan suhu pada suatu daerah (Kurniawan *et al*, 2011).



Gambar 3: Angin muson timur dan angin muson barat

2.5 MIKE 21

Software Mike 21 merupakan salah satu software yang digunakan dalam berbagai bidang pemodelan seperti pemodelan arus, pasang surut, gelombang dan lain sebagainya. *Software Mike 21* digunakan untuk memprediksi keadaan yang akan diukur dengan membangun model hidrodinamika. Tahapan dalam penggunaan software ini tidaklah sulit karena kita hanya mempersiapkan data-data parameter yang dibutuhkan oleh model yang akan kita buat. Jika untuk mempelajari mengenai prediksi suatu komponen lingkungan, maka kita dapat membutuhkan beberapa parameter lingkungan sebelum melakukan model.

Model *Flow Model* adalah komprehensif sistem permodelan untuk dua dan tiga dimensi pada pemodelan perairan yang dikembangkan oleh DHI *Water & Living Environmen*. *Flow Model* juga mengacu pada jenis model jaringan seperti *Mesh Fleksibel* (DHI, 2006).

III METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilakukan dalam beberapa tahapan, yaitu pengumpulan data lapangan, pengolahan data, dan pemodelan gelombang. Pengumpulan data lapangan dilaksanakan pada tanggal 8 Oktober 2018 – 14 Oktober 2018 di perairan Muara Sungai Banyuasin (Gambar 4). Pengolahan data dan pembuatan model dilakukan di Laboratorium Oseanografi dan Instrumentasi Jurusan Ilmu Kelautan, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sriwijaya.

3.2 Penentuan Titik Pengamatan

Lokasi pengamatan terletak di Muara Sungai Banyuasin dengan menggunakan metode area sampling (*Cluster Sampling*). *Cluster Sampling* adalah metode yang dipakai untuk penentuan titik pada penelitian ini. Pengertian dari area sampling yaitu sebuah teknik sampling daerah untuk penentuan titik lokasi pengukuran bila daerah yang diamati sangat luas. Dengan metode area sampling, peneliti cukup meneliti sebagian dari daerah tersebut agar parameter yang diperoleh dapat menggambarkan karakteristik parameter yang diwakili secara representatif (Purwanto, 2011). Lokasi pengamatan yang digunakan hanya terdapat pada satu titik lokasi yang nantinya akan digunakan sebagai acuan model.



Gambar 4. Peta Lokasi Pengkajian Model Gelombang

3.3 Alat dan Bahan Beserta Fungsi

Adapun alat dan bahan yang dibutuhkan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

Tabel 1. Alat dan bahan yang di gunakan di laboratorium

No.	Alat dan Bahan	Fungsi
1	Komputer/ Laptop	Menjalankan perangkat lunak
2	Alat tulis	Mencatat data-data yang diperlukan
3	Peta Batimetri	Bahan yang digunakan untuk pengolahan data
4	<i>Software Mike 21</i>	Perangkat yang digunakan dalam memodelkan batimetri dan pemodelan gelombang
5	<i>Software ODV</i>	Pemilihan titik lokasi yang diambil
6	<i>Software Surfer 9</i>	Pembuatan peta kedalaman dalam 3D dan 2D
7	<i>ArcGIS</i>	Digitasi peta
8	Data Angin	Bahan yang digunakan untuk pengolahan data

Tabel 2. Alat dan bahan yang di gunakan di lapangan

No	Nama	Fungsi
1	Papan skala	Mengukur tinggi gelombang
2	GPS	Menentukan koordinat stasiun
3	<i>Stopwatch</i>	Menghitung periode gelombang
4	Kamera	Dokumentasi kegiatan penelitian
5	Kapal	Alat transportasi

3.4 Prosedur Penelitian

Alur kegiatan penelitian yang dilakukan untuk mengetahui perbandingan peta sebaran tinggi gelombang berdasarkan data angin pada perairan Muara Sungai Banyuasin adalah sebagai berikut:

3.4.1 Pengumpulan Data

a. Batimetri

Data batimetri yang digunakan berasal dari peta yang di terbitkan oleh Peta Lingkungan Pantai Indonesia lokasi daerah penelitian, selanjutnya lakukan registrasi menggunakan *Global Mapper* dan akan dilakukan digitasi menggunakan

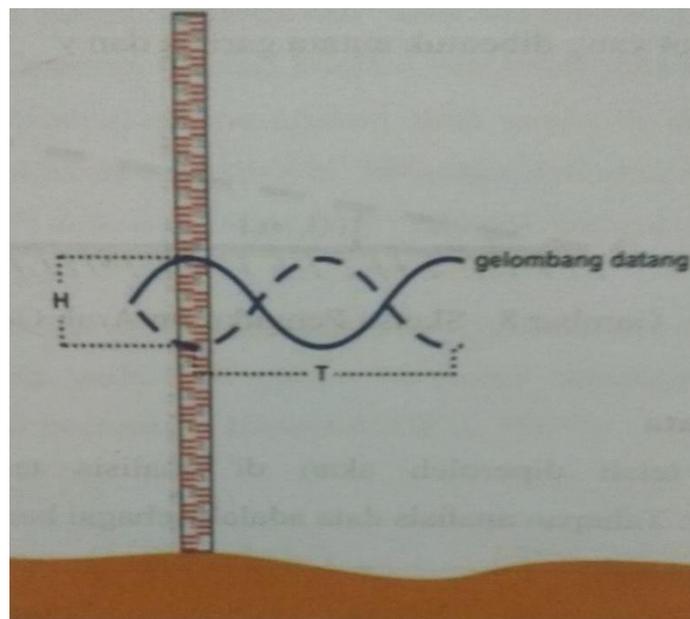
Arc GIS untuk menentukan titik kedalaman, garis pantai, dan lintang bujur pada peta yang telah di registrasi.

b. Angin

Data angin di unduh pada ECMWF (*European Center for Medium-Range Weather Forecasts*) berupa *Significan Wave Height*, *Wave Period*, *Wave Direction*, dan data angin u dan v pada ketinggian 10 meter.

c. Pengukuran Gelombang

Pengukuran tinggi gelombang dilakukan menggunakan alat *Papan Skala*, dimana alat tersebut ditempelkan pada badan bagan yang terdapat dilokasi kajian. Pengukuran gelombang dilakukan 3 kali periode pengamatan yaitu pada jam 7 pagi, jam 12 siang dan jam 4 sore selama 5 hari. Pengambilan data diwaktu yang berbeda karena di asumsikan pada pagi dan sore ada perbedaan suhu udara yang berakibat adanya perbedaan tekanan atmosfer serta di harapkan data yang didapat beragam.



Gambar 5. Ilustrasi Pengukuran Gelombang di Lapangan
(Sumber: Ariani, 2012)

Data lapangan yang ada ditujukan sebagai validasi antara lapangan dengan nilai model yang dibuat dengan menggunakan Mike 21. Validasi nilai tinggi gelombang lapangan dengan nilai model hanya perwakilan saja yang dimana akan dibandingkan dalam bentuk grafik di *software Excel*. Lokasi pengukuran tinggi gelombang dengan papan skala dilakukan pada bagan yang berada dekat dengan

Selat Bangka, hal ini bertujuan agar tinggi gelombang yang ada belum terjadi peredaman oleh batimetri lapangan.

Stopwatch digunakan untuk mencatat periode gelombang, dimana pengukuran periode gelombang dicatat sebagai waktu antara puncak gelombang bangkit berikutnya. Pengamat menentukan pandangannya pada suatu titik di laut yang dapat dengan jelas melihat penjalaran gelombang dan mengukur waktu yang dibutuhkan oleh dua gelombang yang datang berturut-turut pada titik tersebut (Rahayu, 2000). Pengambilan data periode gelombang juga dilakukan sebanyak 9 kali dalam setiap pengamatannya, dilakukan jam 7 pagi, jam 12 siang, dan jam 4 sore selama beberapa hari. Adapun contoh pencatatan data gelombang dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Contoh tabel catat gelombang

hari tanggal	jam	h0	t0
SENIN, 8 OKTOBER 2018	12	0,29	2,8
		0,25	3,1
		0,25	3,2
		0,51	3
		0,56	2,9
		0,38	2,7
		0,48	2,5
		0,38	3,2
		0,31	2,9

3.5 Pengolahan Data

3.5.1. Pengolahan Data Lapangan

Pengukuran dan pengamatan gelombang langsung dilapangan didapatkan hasil berupa tinggi gelombang dan periode gelombang. Penentuan tinggi gelombang signifikan dan periode gelombang signifikan perlu dilakukan pengolahan data tinggi gelombang dan periode gelombang. Adapun rumus yang digunakan adalah sebagai berikut (Triatmodjo, 1999):

$$H_s = \frac{H_1 + H_2 + \dots + H_n}{n}$$

$$T_s = \frac{T_1 + T_2 + \dots + T_n}{n}$$

$$n = 33,3\% \times \text{jumlah data}$$

dengan :

Hs : tinggi gelombang signifikan (m)

Ts : periode gelombang signifikan (s)

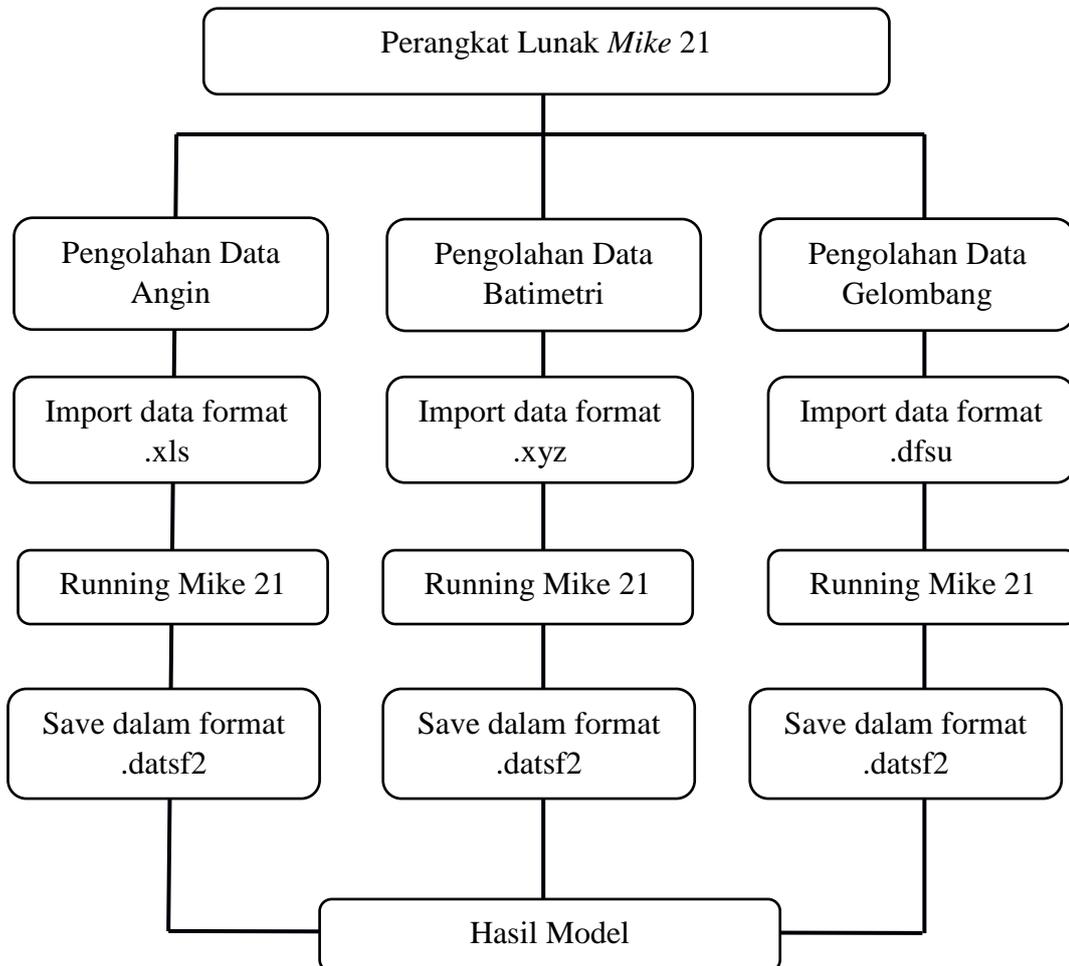
H1...n : tinggi gelombang ke 1,2,...n (m)

T1...n : periode gelombang ke 1,2,...n (s)

n : jumlah data

3.5.2. Penentuan Gelombang Dengan *Mike 21*

Tahapan pengolahan data di *mike 21* adalah sebagai berikut:



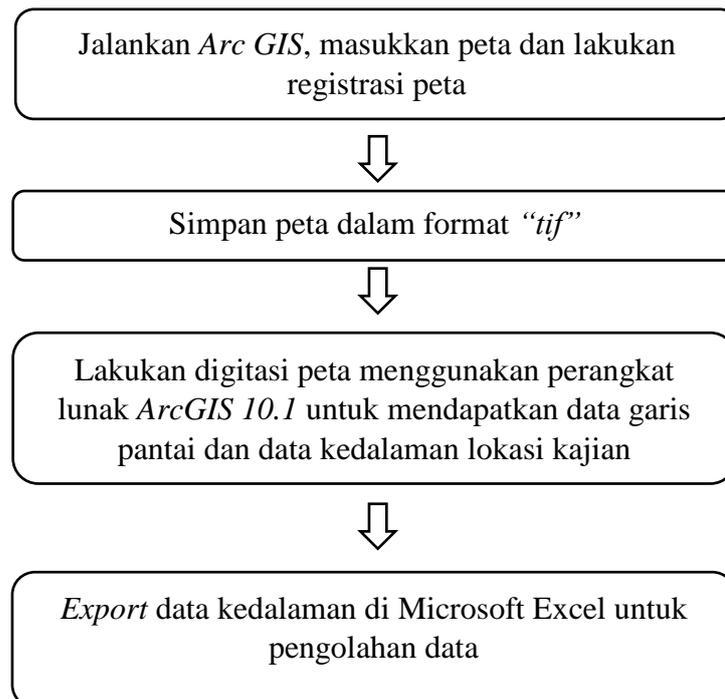
Gambar 6: Alur Pengolahan Data

Data yang telah didapatkan melalui *Arc GIS* akan dimasukkan kedalam *Surfer*, pada data daratan akan dimasukkan nilai 10 sedangkan pada nilai kedalaman akan diberinilai tergantung dengan nilai yang ada pada peta kemudian simpan dalam bentuk “.bln”, maka akan di dapat bentuk batimetri.

Data-data yang telah dikumpulkan maka akan dilakukan pengolah data satu-persatu untuk memenuhi data-data yang diinginkan. Pengolahan data tersebut untuk menentukan arah dan kecepatan angin, penulis menggunakan perangkat lunak *Mike 21*, sedangkan untuk menentukan tinggi dan periode gelombang dilakukan dengan cara manual yaitu dengan papan skala dan untuk pengukuran tinggi gelombang menggunakan *MSL (Mean Sea Level)* untuk mengetahui tinggi gelombang signifikan.

3.5.3. Pembuatan Peta Batimetri

Adapun pembuatan peta batimetri adalah sebagai berikut:



Gambar 7. Alur Pembuatan Peta Batimetri

Pembuatan peta batimetri bertujuan agar dapat melihat peredaman gelombang yang terjadi karena adanya perubahan kedalaman lokasi kajian menuju arah daratan. Dilakukannya digitasi peta pada perangkat lunak *ArcGIS 10.1* bertujuan agar data yang terdapat didalamnya dapat diolah di *software Excel*. Data

olahan di *software Excel* kemudian akan dimasukkan kedalam *software Mike 21* sebagai *input* komponen model yang akan dilakukan.

3.5.4. Pemodelan Hidrodinamika

Data yang telah dipersiapkan maka akan dilakukan model hidrodinamika, pada pemodelan gelombang ini dibutuhkan data angin, pasang surut global, dan batimetri. Pada data *Mesh Generator* yang terdapat di *Mike 21*, batas terbuka dan batas tertutup harus sangat diperhatikan agar tidak terjadi kesalahan pada saat running model dilakukan. Hal ini bertujuan agar hasil yang didapat lebih teliti atau sesuai yang diharapkan.

3.6 Analisis Data

3.6.1. Verifikasi Hasil Model

Pada penelitian ini output berupa tinggi gelombang dari *Mike 21* dibandingkan dengan data hasil pengamatan lapangan. Koreksi perbandingan yang digunakan adalah *Root Mean Square Error* (RMSE). RMSE digunakan untuk mengukur tingkat akurasi prakiraan suatu model dengan hasil pengamatan langsung (Efendy *et al.* 2008). RMSE merupakan nilai rata-rata dari jumlah kuadrat kesalahan atau jumlah kuadrat dari nilai prakiraan dan observasi.

Jika nilai RMSE rendah menunjukkan bahwa nilai error dari suatu model terhadap data observasi adalah kecil, atau variasi nilai yang dihasilkan oleh suatu model prakiraan mendekati variasi nilai observasinya. Untuk memberikan penafsiran terhadap nilai RMSE dapat dilihat pada tabel 4. Adapun rumus RMSE adalah sebagai berikut (Rini, 2012):

$$\mathbf{RMSE} = \sqrt{\frac{\Sigma(\mathbf{Z}_i - \mathbf{Z}_j)^2}{n}}$$

Keterangan :

Z_i : Data tinggi gelombang hasil model

Z_j : Data tinggi gelombang hasil lapangan

n : Jumlah data

Tabel 4. Klasifikasi Nilai RMSE

RMSE (meter)	Tingkat Kesalahan
0.00 - 0.299	Kecil
0.30 - 0.599	Sedang
0.60 - 0.899	Besar
> 0.9	Sangat Besar

(Khotimah, 2012).

3.6.2. Energi Gelombang

Data tinggi gelombang signifikan yang telah didapat dari lapangan nantinya akan dihitung estimasi energinya dengan menggunakan rumus energi potensial. Besar kecilnya energi potensialnya nanti akan menentukan apakah daerah tersebut dapat dijadikan daerah pembangkit listrik tenaga gelombang atau tidak.

Adapun rumus untuk menentukan energi potensial gelombang adalah sebagai berikut (Alfansuri, 2014):

$$PE = \frac{1}{4} \rho w g a^2 \lambda$$

Dengan:

PE = Potensial energi gelombang (*Joule*)

P = massa jenis air laut (kg/m^3)

W = lebar gelombang (m)

g = gravitasi bumi (m/sec)

a = amplitudo gelombang (m)

λ = panjang gelombang (m)

Adapun rumus mencari daya gelombang adalah sebagai berikut :

$$D = PE/T$$

Dengan:

T = Periode gelombang datang

3.6.3. Pola Sebaran Gelombang

Analisis pola sebaran gelombang setelah dilakukannya validasi data model dengan data lapangan. Jika nilai error yang didapat kecil barulah kita dapat menganalisis secara deskriptif dengan melihat data gelombang yang sudah divisualisasikan dalam bentuk peta sebaran tinggi gelombang. Analisa bertujuan untuk melihat pola sebaran tinggi gelombang terhadap batimetri maupun angin.

IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Kondisi Umum Daerah Penelitian

Wilayah pesisir Pantai Timur Sumatera Selatan yang terletak di Kabupaten Banyuasin sebagian merupakan daerah muara sungai atau daerah estuaria semi tertutup yang sangat di pengaruhi oleh pasang surut air laut. Menurut Pritchard, (1989) dan Dyer, (1997), muara sungai sebagai bagian dari suatu wilayah estuaria merupakan suatu perairan semi tertutup yang memiliki hubungan langsung dengan dengan lautan dan air laut tersebut bercampur dengan air yang datang dari daratan.

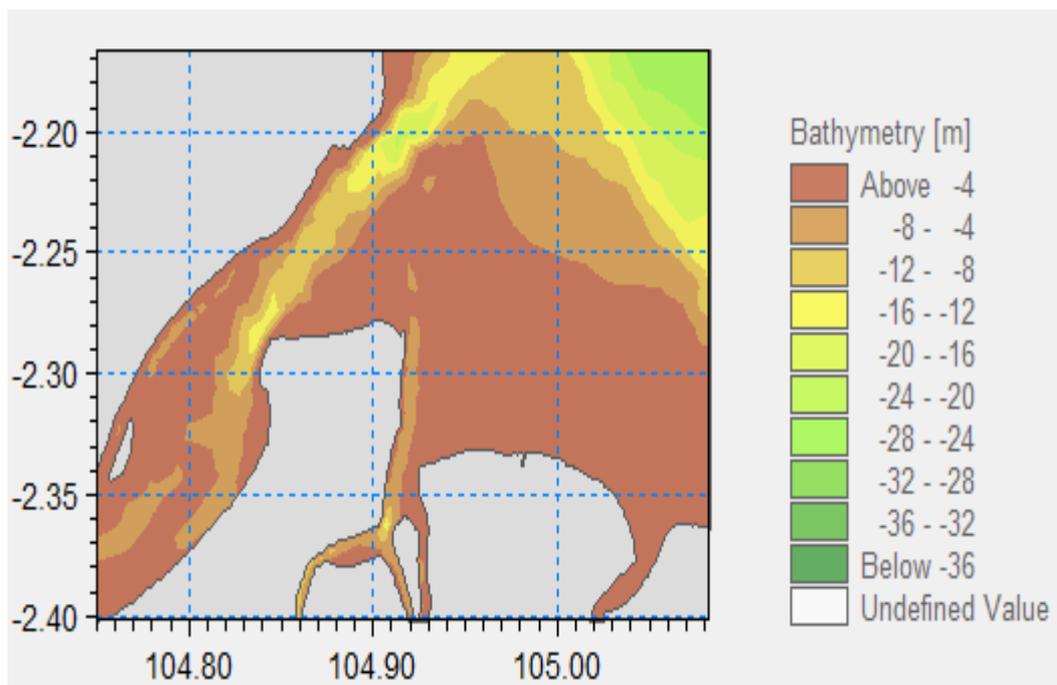
Muara Sungai Banyuasin mempunyai peranan yang penting sebagai jalur transportasi umum, aktivitas penangkapan serta direncanakan sebagai lokasi pembangunan pelabuhan Samudera. Di sisi lain, daerah Muara Sungai Banyuasin serta Pantai Timur Sumatera Selatan lainnya merupakan daerah yang banyak mendapat masukan sedimen melalui sungai-sungai besar dengan proses sedimentasi yang beragam dan dinamis. Secara geografis Kabupaten Banyuasin terletak antara 1,30°- 4,0° Lintang Selatan dan 104° 00'-105° 35' Bujur Timur yang terbentang mulai dari bagian tengah sampai dengan bagian Timur Propinsi Sumatera Selatan dengan luas wilayah seluruhnya 11.832,99 Km² atau 1.183.299 Ha.



Gambar 8. Lokasi Pengamatan Muara Sungai Banyuasin

Lokasi pengamatan terletak pada muara sungai banyuasin yang terdapat pada bagan terluar, hal ini bertujuan agar gelombang yang diukur belum mengalami peredaman energi gelombang dikarenakan adanya perbedaan kedalaman (Gambar 8). Peredaman energi gelombang oleh pendangkalan batimetri nantinya akan mempengaruhi tinggi gelombang yang datang, sehingga membuat hasil pengukuran kurang maksimal. Utami (2010), menyatakan bahwa gelombang yang memiliki energi maksimal adalah gelombang yang tidak pecah akibat adanya pendangkalan.

Karakteristik arus di Muara Sungai Banyuasin berdasarkan penelitian Simatupang *et al.* (2016), kecepatan arus umum maksimum yang terdapat di Muara Sungai Banyuasin adalah 0,344 m/s dengan arah $224,8^{\circ}$, yaitu terjadi saat pasang, sedangkan kecepatan arus umum minimum adalah sebesar 0 m/s yaitu terjadi saat menuju surut. Kecepatan arus pasut maksimum yang terdapat di muara Sungai Banyuasin adalah 0,35 m/s dengan arah $226,6^{\circ}$ yaitu terjadi pada saat pasang, sedangkan kecepatan arus pasut minimum sebesar 0,004 m/s dengan arah $203,35^{\circ}$ yaitu terjadi saat menuju pasang tertinggi, arus yang dominan adalah arus pasut dengan kecepatan rata-rata 0,131 m/s dan tipe arus pasutnya adalah campuran condong harian tunggal.

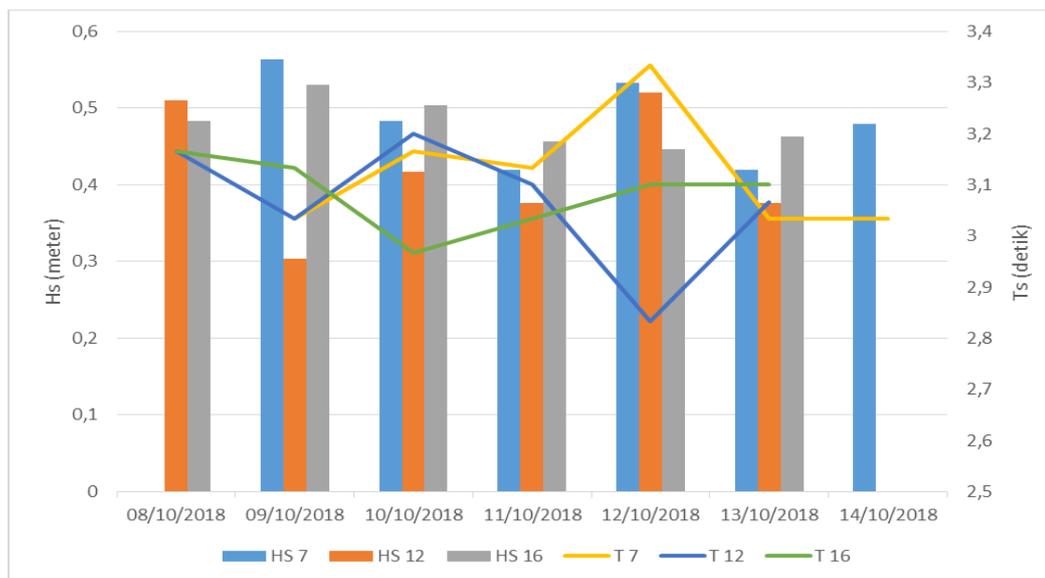


Gambar 9. Batimetri Lokasi Kajian

Gambar 9 menunjukkan kedalaman batimetri di area lokasi penelitian, peta Lingkungan Pantai Indonesia, Lembar LPI 1013-02. Berdasarkan peta tersebut, kedalaman batimetri berkisar antara 0,1 meter hingga 25,5 meter dimana kedalaman terus bertambah ke arah timur.

Peta batimetri sangat berguna dalam melakukan pemodelan gelombang. Hal ini dikarenakan peta batimetri dapat menunjukkan perbedaan kedalaman perairan yang nantinya akan mempengaruhi model gelombang yang dihasilkan. Perbedaan kedalaman nantinya akan mempengaruhi interpolasi tinggi gelombang pada proses model yang dilakukan pada *Software Mike 21* sehingga nilai yang didapat sesuai atau mendekati data lapangan yang ada.

4.2 Hasil Pengamatan Gelombang Lapangan



Gambar 10. Tinggi Gelombang Signifikan (Hs) dalam meter dan Periode Gelombang Signifikan (Ts) dalam detik Hasil Pengamatan.

Berdasarkan hasil pengamatan lapangan yang dilakukan pada tanggal 8 Oktober 2018 – 14 Oktober 2018 di lokasi kajian, tinggi gelombang signifikan yang didapatkan cukup bervariasi yaitu berkisar 0,563 meter hingga 0,303 meter. Gelombang signifikan (Hs) yang didapatkan pada pengamatan jam 7.00 pagi berkisar antara 0,42 meter hingga 0,563 meter. Pengukuran Hs pada jam 12.00 siang didapatkan nilai Hs berkisar 0,303 meter hingga 0,52 meter. Sedangkan pengukuran Hs pada jam 16.00 sore didapatkan nilai Hs berkisar antara 0,447

meter hingga 0,53 meter (Gambar 10). Gambar 10 menunjukkan bahwa tinggi gelombang signifikan yang diukur jam 7.00 pagi lebih tinggi dari tinggi gelombang signifikan yang diukur jam 12.00 siang maupun jam 16.00 sore. Hal ini diduga karena adanya perubahan cuaca dan kecepatan angin yang terjadi pada saat itu.

Tinggi gelombang signifikan (H_s) pada lokasi kajian tergolong kecil yaitu dibawah 1 meter. Kecilnya tinggi gelombang yang terdapat pada lokasi kajian di akibatkan karena Muara Sungai Banyuasin terletak pada lokasi tertutup, pengukuran yang dilakukan pada Musim Peralihan II, dan pendangkalan kedalaman lokasi kajian yang mengakibatkan peredaman gelombang oleh batimetri. Musim Peralihan II memiliki kecepatan angin yang relatif kecil dibandingkan dengan musim-musim lain seperti Musim Barat dan Musim Timur. Kecilnya gaya pembangkit dari angin yang terjadi mengakibatkan gelombang yang terbentuk juga relatif kecil.

Sementara itu, periode gelombang signifikan yang didapatkan berkisar antara 2,833 detik – 3,333 detik. Pengukuran yang dilakukan jam 7.00 pagi didapatkan periode gelombang signifikan (T_s) berkisar 3,033 detik hingga 3,333 detik. Pada pengukuran jam 12.00 siang didapatkan periode gelombang signifikan (T_s) berkisar 2,833 detik hingga 3,2 detik. Sedangkan pada pengukuran jam 16.00 didapatkan periode gelombang signifikan berkisar 2,966 detik hingga 3,166 detik (Gambar 10). Berdasarkan Pond dan Pickard (1983) dan Gross (1993) dalam Rahayu (2000) menyatakan gelombang dengan periode 0,2 – 9 detik disebut dengan gelombang angin (*wind waves*) yang ditimbulkan oleh angin, sedangkan gelombang dengan periode 9 – 15 detik termasuk kedalam gelombang alun (*swell*) yang ditimbulkan oleh angin yang bertiup lama.

Jika ditinjau dari data angin di titik pengamatan ditemukan bahwa kecepatan angin di lokasi pengamatan pada tanggal 8 Oktoder 2018 – 14 Oktober 2018 rata-rata lebih tinggi di jam 7:00 dibandingkan dengan jam 12:00 dan jam 16:00 hal ini mengakibatkan hubungan yang selaras antara kecepatan angin dengan tinggi gelombang signifikan. Berdasarkan hal tersebut maka gelombang signifikan di lokasi kajian tergolong kedalam gelombang *wind waves* yaitu gelombang yang di timbulkan oleh hembusan angin, selain itu data angin yang digunakan bukan data

angin pengukuran langsung di lapangan dan tidak divalidasi dengan data lapangan sehingga parameter angin ini memiliki nilai error yang belum diketahui.

Menurut Triatmodjo (1999), tinggi gelombang hasil pengamatan diurutkan dari nilai tertinggi hingga nilai terendah atau sebaliknya, sehingga dapat dihitung nilai dari tinggi gelombang signifikan (H_s), dengan s merupakan rata-rata dari n % gelombang tertinggi yang telah diurutkan. Dengan bentuk seperti itu akan dapat dinyatakan karakteristik gelombang alam dalam bentuk gelombang tunggal.

Tabel 5. Hasil pengolahan tinggi gelombang maksimum dan minimum total pengukuran lapangan

Waktu	Tinggi Gelombang (Meter)	
	Maksimum	Minimum
Pagi	0,65	0,2
Siang	0,56	0,2
Sore	0,61	0,21

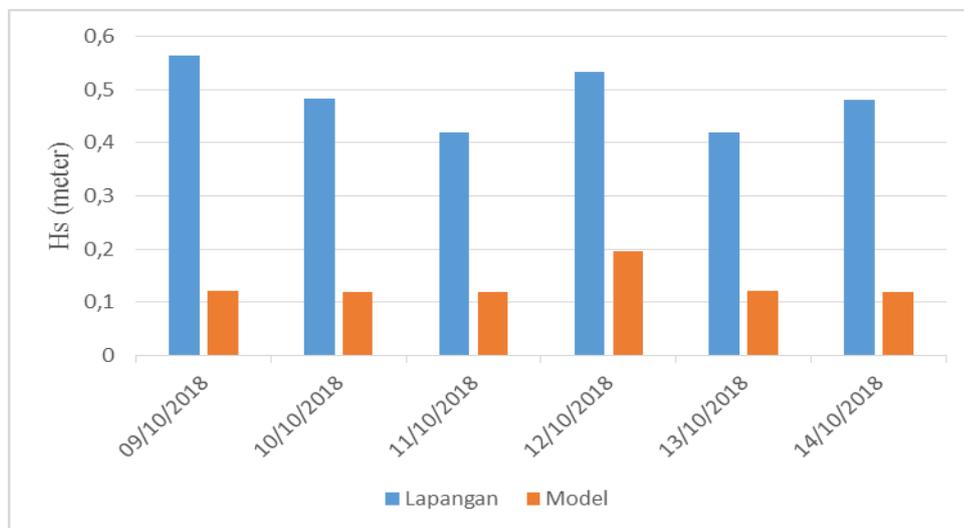
Pengukuran tinggi gelombang dilapangan mendapatkan hasil gelombang maksimum mencapai 0,65 meter pada pagi hari dan yang terendah terdapat pada pagi dan siang hari dengan tinggi gelombang 0,2 meter (Tabel 5). Hal ini terjadi karena pengukuran dilakukan pada musim peralihan sehingga gelombang terbentuk relatif kecil. Pada saat musim peralihan 2 angin yang berhembus di perairan Indonesia relatif kecil jika dibandingkan pada saat musim Barat dan musim Timur, pada saat musim peralihan angin yang berhembus relatif lemah.

Bayong (2004) menyatakan bahwa pada musim peralihan kecepatan angin lebih lemah jika dibandingkan dengan musim Barat dan musim Timur karena adanya pola sirkulasi atmosfer. Tinggi gelombang di pantai sangat dipengaruhi oleh kondisi angin dan bentuk batimetri pantai. Semakin lama angin berhembus maka gelombang yang dibangkitkan akan semakin tinggi dan perubahan batimetri dari laut dalam menuju laut dangkal gelombang akan mengalami perubahan seperti refraksi, difraksi dan gelombang pecah (Wyrcki, 1961).

4.3. Hasil Pengolahan Gelombang dengan *Mike 21*

Berdasarkan hasil *running Mike 21* dengan *input* data angin model dengan resolusi $0.125^0 \times 0.125^0$ didapatkan hasil tinggi gelombang signifikan yang cukup

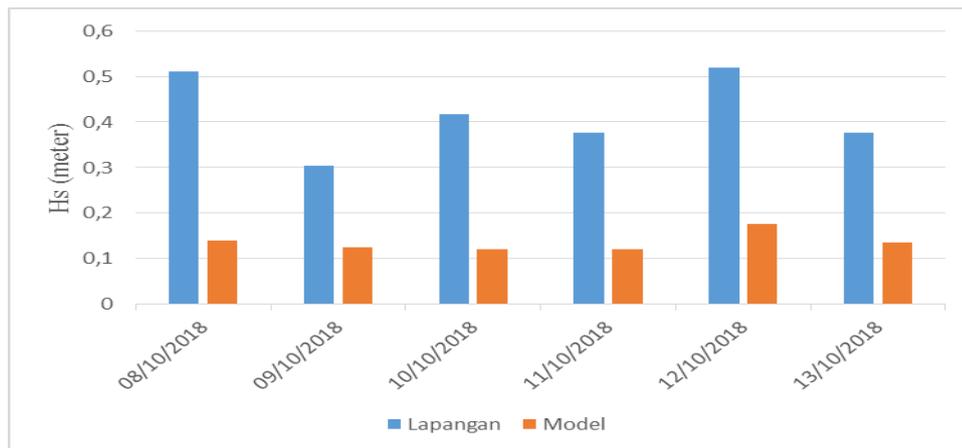
bervariasi yaitu berkisar 0,118 meter - 0,2 meter. Tinggi gelombang signifikan hasil model dan hasil pengukuran lapangan dapat dilihat pada Gambar 11. Gambar 11 menunjukkan tinggi gelombang signifikan pada tanggal 9 Oktober 2018 – 14 Oktober 2018 pada jam 7.00 pagi. Grafik menunjukkan tinggi gelombang signifikan hasil keluaran *Mike 21* pada jam 7.00 antara 0,118 meter - 0,121 meter. Perbandingan tinggi gelombang keluaran model dengan data lapangan yang ditampilkan pada Gambar 11 menunjukkan bahwa tinggi gelombang signifikan hasil pengamatan lebih besar dibandingkan dengan tinggi gelombang hasil keluaran model.



Gambar 11. Tinggi Gelombang Signifikan (H_s) dalam meter Hasil *Mike 21* dan Data Lapangan Pada Jam 7:00 di Titik Pengamatan.

Perbedaan nilai tinggi gelombang signifikan hasil pengamatan langsung di lapangan dengan tinggi gelombang keluaran model tergolong besar. Besarnya perbedaan tinggi gelombang antara lapangan dengan model disebabkan oleh adanya error atau ketidakteelitian pada saat pengukuran di lapangan hal ini dikarenakan pengukuran yang dilakukan di lapangan langsung menggunakan visual dan adanya kesalahan-kesalahan lain pada saat pengukuran. Error yang didapat juga bukan selamanya karena kelalaian pada saat pengukuran namun juga bisa dari kurang telitinya dalam pengolahan data model yang dilakukan dengan *mike 21* seperti pengolahan atau pembuatan peta batimetri lapangan, registrasi peta, dan input nilai data angin yang ada.

Hasil keluaran model dan data lapangan jam 12:00 dapat dilihat pada gambar 12. Gambar 12 menunjukkan perbandingan tinggi gelombang signifikan antara model dengan data hasil lapangan. Grafik menunjukkan tinggi gelombang hasil keluaran model berkisar antara 0,120485 meter - 0,1768 meter dan tinggi gelombang pengukuran lapangan berkisar antara 0,303 meter – 0,52 meter. Tinggi gelombang hasil keluaran model lebih rendah jika dibandingkan dengan tinggi gelombang signifikan hasil pengukuran langsung di lapangan.



Gambar 12. Tinggi Gelombang Signifikan (Hs) dalam meter Hasil *Mike 21* dan Data Lapangan Pada Jam 12:00 di Titik Pengamatan

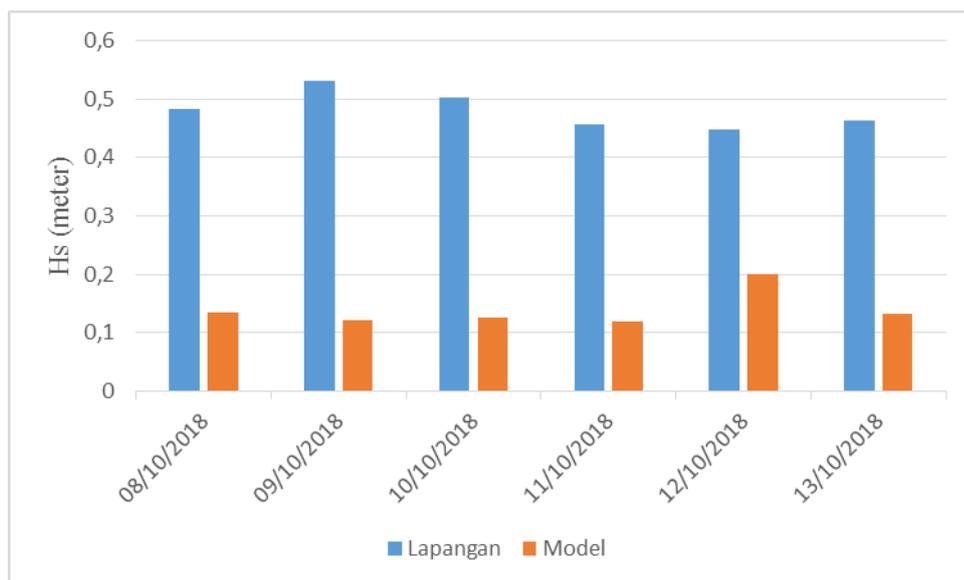
Jika ditinjau dari tinggi gelombang signifikan hasil model dan data lapangan maka jam 12:00 lebih rendah dibandingkan dengan tinggi gelombang jam 7:00 baik keluaran model dan data lapangan yang ada. Perbedaan tersebut diduga karena adanya perubahan cuaca dan kecepatan angin yang terjadi yang dimana kecepatan angin pada jam 7:00 lebih besar jika dibandingkan dengan kecepatan angin yang terjadi pada pukul 12:00.

Dari hasil keluaran model yang didapatkan dapat kita ketahui bahwa tinggi gelombang signifikan yang tertinggi terjadi pada tanggal 12 pada masing-masing waktu baik pada jam 7:00 maupun pada jam 12:00. Berbeda dengan gelombang signifikan tertinggi yang dihasilkan dari pengolahan data lapangan dimana yang tertinggi terdapat pada tanggal 9 Oktober pada jam 7:00 dan pada tanggal 12 Oktober pada jam 12:00. Sedangkan yang terendah dari hasil lapangan, gelombang signifikan terkecil terjadi pada tanggal 11 Oktober pada jam 7:00 dan pada tanggal 9 Oktober pada jam 12:00.

Sementara itu, hasil keluaran model dan data lapangan pada jam 16:00 dapat dilihat pada gambar 13. Gambar 13 menunjukkan perbandingan tinggi gelombang signifikan antara model dengan data lapangan hasil pengamatan. Grafik menunjukkan tinggi gelombang hasil keluaran model berkisar antara 0,118506 meter - 0,200338 meter. Tinggi gelombang hasil keluaran model maupun data lapangan memiliki nilai tinggi gelombang signifikan yang berbeda dimana tinggi gelombang signifikan hasil pengolahan data lapangan lebih besar dibandingkan dengan keluaran model dengan nilai berkisar antara 0,447 meter – 0,53 meter, nilai ini berbanding jauh dengan nilai keluaran model.

Menurut Habibie *et al.* (2016), perbandingan antara observasi insitu dan luaran model di perairan Bangka menunjukkan hasil yang berbeda. Keluaran hasil model umumnya menunjukkan hasil yang lebih rendah dibandingkan dengan data observasinya. Hal ini sesuai dengan hasil yang didapat pada pengolahan data, dimana nilai tinggi gelombang signifikan hasil keluaran model lebih rendah dibandingkan dengan gelombang signifikan pengolahan data lapangan.

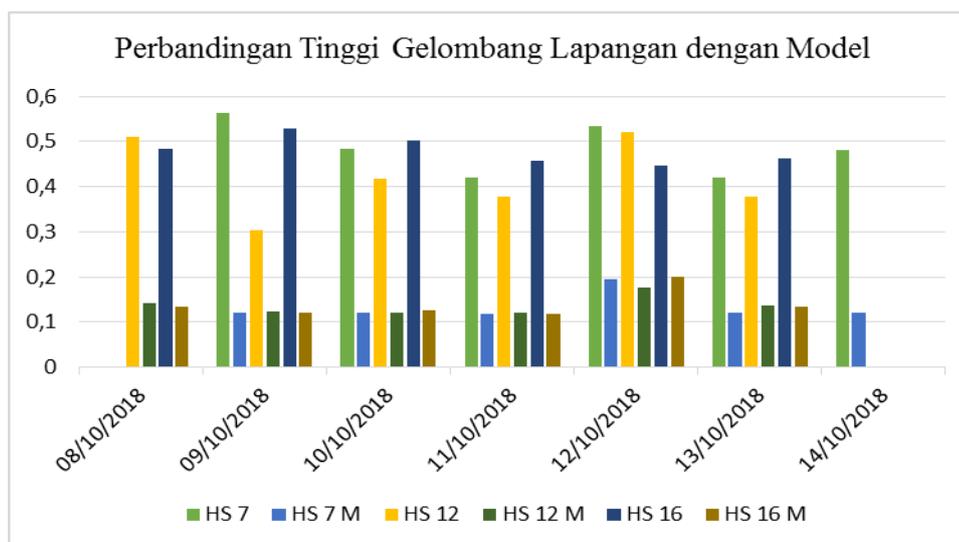
Dari hasil pengukuran data lapangan dapat dilihat bahwa pada jam 12:00 (Gambar 12) nilai tinggi gelombang signifikan terendah terdapat pada tanggal 9 Oktober sedangkan pada jam 16:00 (Gambar 13) tinggi gelombang tertinggi terjadi pada tanggal 9 Oktober. Kejadian diatas berbanding terbalik antara kedua pengukuran yang dilakukan baik pada jam 12:00 dan jam 16:00.



Gambar 13. Tinggi Gelombang Signifikan (Hs) dalam meter Hasil *Mike 21* dan Data Lapangan Pada Jam 16:00 di Titik Pengamatan.

4.4. Verifikasi Hasil Model dengan Data Lapangan

Hasil simulasi model pada titik pengamatan didapatkan parameter tinggi gelombang signifikan dengan ketinggian yang cukup bervariasi. Keluaran dari model tersebut akan divalidasi menggunakan data lapangan dari titik lokasi yang sudah dilakukan pengamatan sebelumnya dengan menggunakan perhitungan RMSE.



Gambar 14. Perbandingan Nilai Tinggi Gelombang Signifikan Hasil Model dan Pengamatan Langsung di Lapangan

Berdasarkan hasil perhitungan yang telah dilakukan dapat dilihat bahwa perbedaan nilai hasil model dengan pengamatan lapangan tergolong kecil jika dilihat dari besar nilai error-nya. Semakin kecilnya perbedaan antara hasil model dan data lapangan maka hasil keluaran model tersebut dapat dikatakan baik dan dapat digunakan (Makridakis *et al.* 1999). RMSE dapat digunakan untuk mengumpulkan seberapa seberapa error data model yang digunakan. RMSE akan meningkat bersama dengan total *Square Error*. RMSE digunakan dalam mengindikasikan adanya ketidakcocokan dalam pemodelan (Willmott dan Matsuura, 2005).

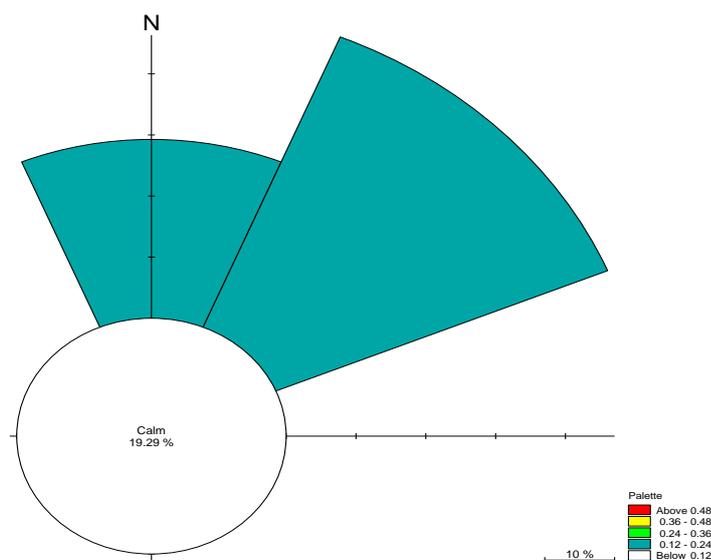
Gambar 14 menunjukkan tinggi gelombang signifikan hasil pengolahan lapangan lebih besar dibandingkan data pengolahan model dengan nilai RMSE (*Root Mean Square Error*) sebesar 0,33. Dalam Khotimah (2012) menyatakan

bahwa rentang nilai RMSE 0,3 – 0,599 tergolong kedalam tingkat kesalahan sedang. Dengan demikian dapat kita ketahui bahwa besarnya tingkat kesalahan yang dilakukan dalam pengolahan data baik data lapangan maupun data model adalah tergolong baik dengan tingkat kesalahan sedang.

Nilai batas toleransi kesalahan relatif untuk data yang masih bisa digunakan yaitu dibawah 0,5 yang mana data tersebut masih dapat digunakan sebagai data input untuk perhitungan selanjutnya (Denestiyanto *et al.* 2015). Besarnya nilai RMSE dapat dipengaruhi oleh input data dalam pengolahan model yang belum di validasi dengan data lapangan seperti data angin dan juga dapat dipengaruhi oleh ketidakteelitian pada saat pembuatan peta batimetri. Semakin kecilnya nilai RMSE yang didapat maka tingkat validasi tinggi gelombang peramalan tersebut mendekati kondisi gelombang yang terjadi dilapangan.

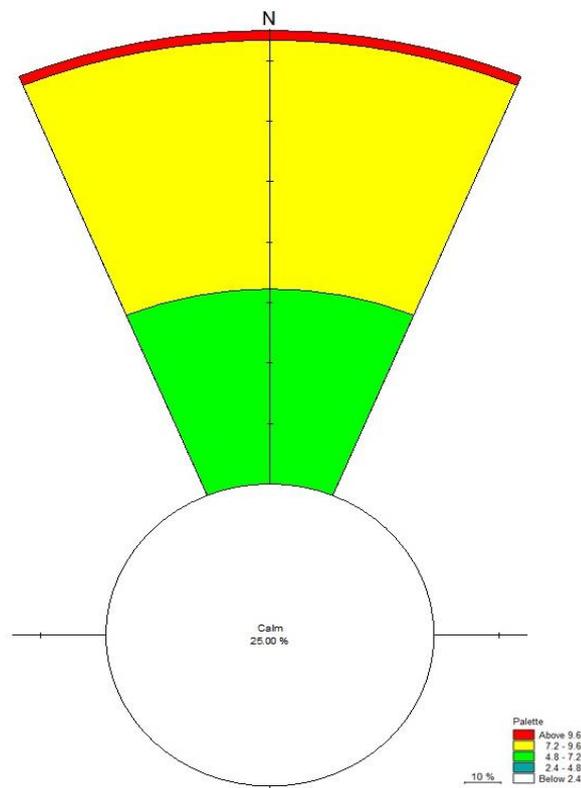
4.5. Hasil Pengolahan *Wind rose* dan *Wave rose* dengan *Mike 21*

Gambar 15 menunjukkan arah gelombang yang telah divisualisasikan dalam bentuk mawar gelombang (*Wave Rose*). Berdasarkan dari mawar gelombang, arah gelombang dominan berasal dari utara dan timur laut. Hal ini bersamaan dengan mawar angin (*Wind Rose*) yang terdapat pada Gambar 16, namun arah angin yang ada dominan dari arah utara dengan kecepatan dominan berkisar antara 4.8 – 9.6 knot hal ini sesuai dengan data BMKG yang mengatakan bahwa perairan selat bangka memiliki kecepatan angin yang berkisar antara 5 – 10 knot.



Gambar 15. Hasil Pengolahan *Wave rose* data gelombang

Arah angin sangat mempengaruhi arah penjalaran gelombang karena arah angin dan arah gelombang harus selaras atau searah. Jika pada pengolahan data arah angin yang didapat tidak selaras/searah dengan arah gelombang maka pengolahan data maupun pengukuran dilapangan ada yang salah, sehingga model yang kita dapat tidak dapat digunakan atau tidak sesuai dengan kondisi dilapangan. Jadi dengan mengetahui arah angin dan arah gelombang hasil model kita dapat menentukan apakah model yang kita olah benar atau tidaknya.



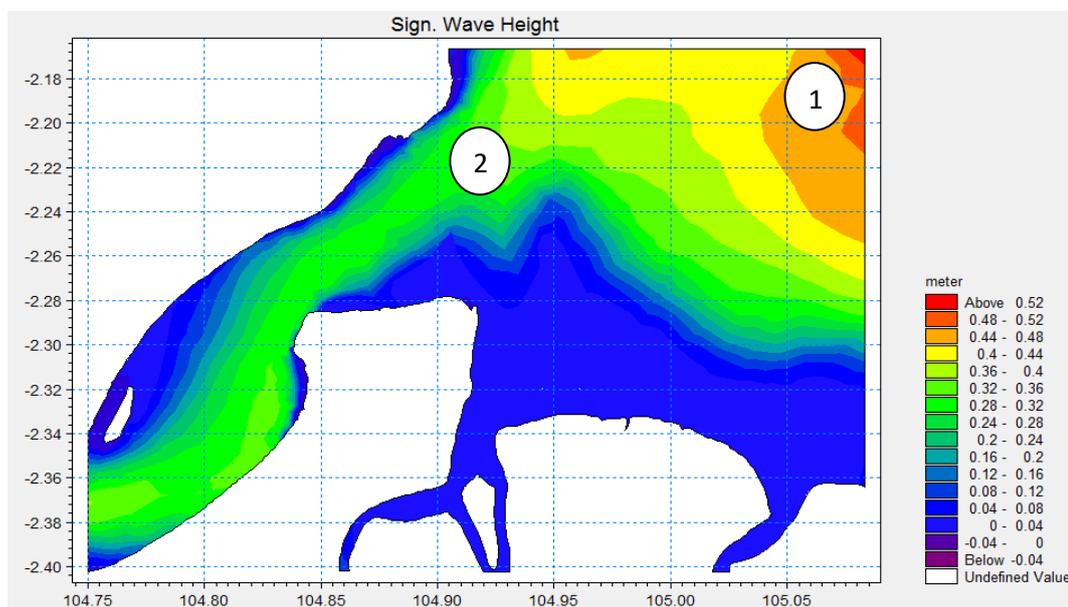
Gambar 16. Hasil Pengolahan *Wind rose* data angin

4.6. Estimasi Energi Gelombang

Gelombang laut memiliki energi potensial yang dapat dihitung dengan persamaan dari Kim Nielsen (1999) dalam Alfansuri (2014). Dengan menggunakan persamaan-persamaan tersebut maka dapat diperoleh berapa energi yang terdapat di dalam gelombang tersebut. Sistem pemanfaatan gelombang laut dapat menggunakan tekanan udara dari ruangan kedap air untuk menggerakkan turbin yang nantinya pergerakan turbin ini digunakan untuk menghasilkan energi listrik. Ruangan kedap air ini dipasang tetap dengan struktur bawah terbuka ke

laut. Tekanan udara pada ruangan kedap air ini disebabkan oleh pergerakan naik-turun dari permukaan gelombang air laut (Budi, 2008).

Gerakan gelombang di dalam ruangan merupakan gerakan *compresses* dan gerakan *decompresses* yang ada di atas tingkat air di dalam ruangan. Gerakan ini mengakibatkan dihasilkannya sebuah cadangan aliran udara yang berkecepatan tinggi. Aliran udara ini didorong melalui pipa ke turbin generator yang digunakan untuk menghasilkan listrik. Sistem ini dapat ditempatkan permanen di pinggir pantai atau bisa juga ditempatkan di tengah laut. Pada sistem yang ditempatkan di tengah laut, tenaga listrik yang dihasilkan dialirkan menuju transmisi yang ada di daratan menggunakan kabel laut (Budi, 2008).

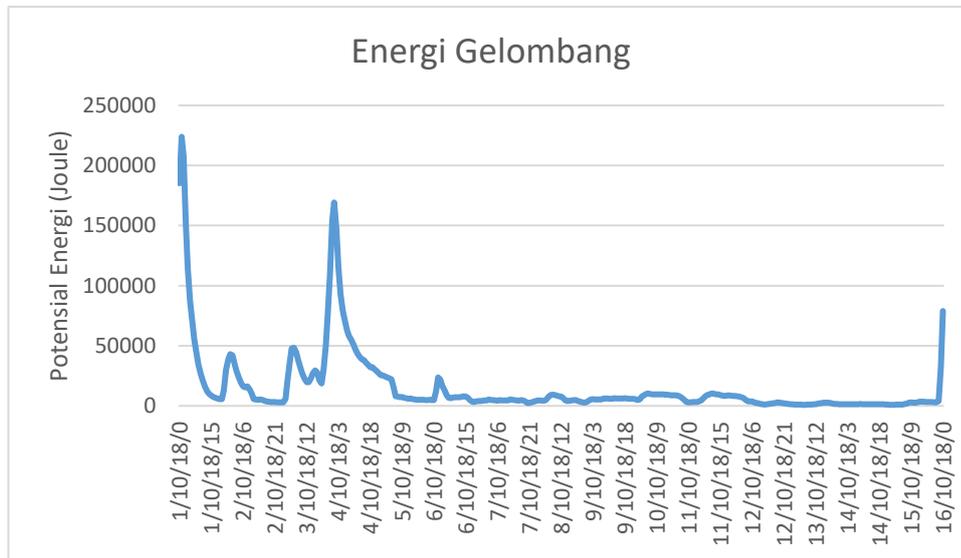


Gambar 17. Lokasi Estimasi Energi Gelombang

Pemodelan energi yang dilakukan pada *software mike 21* akan menghasilkan peta sebaran tinggi gelombang signifikan pada wilayah kajian dengan batasan-batasan yang telah ditetapkan pada saat pengolahan data (Gambar 17). Berdasarkan peta sebaran tinggi gelombang tersebut kita dapat melihat lokasi yang memiliki potensi energi yang besar berdasarkan tingginya gelombang signifikan yang ada, karena semakin besar gelombang signifikan maka energi yang dihasilkan juga akan besar dan juga sebaliknya.

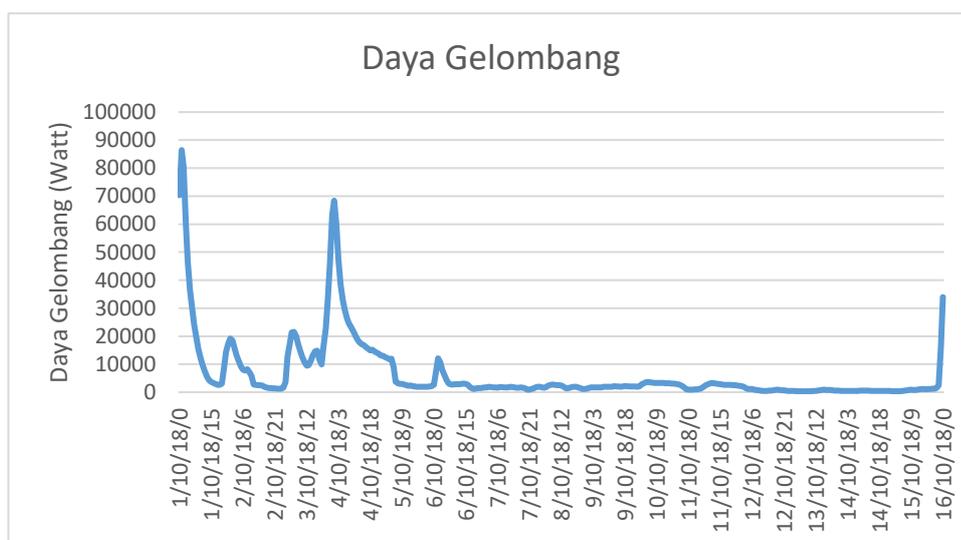
Peta sebaran tinggi gelombang signifikan yang telah ada dapat kita ketahui bahwa daerah lokasi yang memiliki gelombang tertinggi terdapat pada Bujur

105.0719387991⁰ dan Lintang 2.181169455787⁰ (Poin1) yang dimana memiliki nilai tinggi gelombang signifikan yang lebih besar dibandingkan dengan daerah lainnya pada lokasi kajian dan secara tidak langsung juga merupakan daerah yang memiliki energi terbesar dibanding daerah lainnya (Gambar 17).



Gambar 18. Potensial Energi Gelombang

Pada hasil pengolahan energi gelombang diketahui bahwa energi gelombang terbesar terjadi pada tanggal 01 Oktober 2018 pada pukul 01:00 am dengan jumlah energi yang dihasilkan sebesar 223.868,54 joule dan yang terendah terjadi pada tanggal 15 Oktober 2018 pukul 00:00 am sebesar 882,0381 Joule (Gambar 18).



Gambar 19. Daya Gelombang

Ditinjau dari besarnya daya yang dihasilkan, yang terbesar terdapat pada tanggal 01 Oktober 2018 pukul 01:00 am daya gelombang laut yang dihasilkan sebesar 86.441,74 Watt dan daya gelombang terkecil terdapat pada tanggal 13 Oktober 2018 pada pukul 06:00 am sebesar 309,6176 Watt (Gambar 19).

Dari grafik yang ada dapat kita lihat bawa grafik antara energi gelombang dan daya gelombang memiliki pola yang sama. Besarnya energi yang dihasilkan tergolong kecil dari minimal energi yang ada untuk dijadikan sebagai daerah pembangkit listrik jika ditinjau dari pernyataan Utami (2010), yang menyatakan bahwa tinggi gelombang yang dapat dimanfaatkan untuk Pembangkit Listrik Tenaga Gelombang sistem *Oscillating Water Column* adalah gelombang yang memiliki tinggi minimal satu sampai dua meter.

Tinggi Gelombang Signifikan (SWH) di Muara Sungai Banyuasin (Poin2) berkisar antara 0,32 meter - 0,36 meter dengan besarnya energi yang dihasilkan sebesar 25.206,97 Joule - 47.033,96 Joule dan besarnya daya yang dihasilkan sebesar 13.045,94 Joule - 20.124,67 Joule dan besarnya daya yang dihasilkan sebesar 13.045,94 Joule - 20.124,67 Joule.

Kecilnya energi gelombang yang terdapat pada lokasi kajian disebabkan oleh kecilnya pengaruh angin dalam membangkitkan gelombang dan pada pembahasan kali ini berkaitan tentang gaya yang dihasilkan oleh angin. Semakin besar gaya yang terdapat pada angin maka semakin besar pengaruhnya terhadap pembangkitan gelombang. Kecilnya gaya pembangkit gelombang oleh angin dikarenakan pada Musim Peralihan II kecepatan angin relatif kecil, berbeda dengan kecepatan angin pada Musim Barat dan Musim Timur. Musim Barat dan Musim Timur memiliki kecepatan angin yang relatif besar dari Musim Peralihan sehingga lebih optimal dalam pengukuran energi gelombang pada musim tersebut.

V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Adapun kesimpulan yang didapat dari penelitian yang telah dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Tinggi gelombang signifikan tertinggi terjadi pada tanggal 9 Oktober 2018 pukul 7:00 wib dengan nilai 0,563 meter dan gelombang signifikan terendah terjadi pada tanggal 9 Oktober 2018 pada pukul 12:00 wib dengan ketinggian 0,303 meter.
2. Semakin tinggi kecepatan angin yang ada maka akan semakin tinggi pula gelombang yang dihasilkan, serta arah angin yang berhembus berbanding lurus dengan arah gelombang yang dibangkitkan, dan hasil model arah gelombang dominan dari Utara dan Timur Laut.
3. Energi gelombang terbesar terjadi pada tanggal 01 Oktober 2018 pada pukul 01:00 am dengan jumlah energi yang dihasilkan sebesar 223.868,54 joule dan yang terendah terjadi pada tanggal 15 Oktober 2018 pada pukul 00:00 am sebesar 882,0381 Joule, daya gelombang terbesar dihasilkan pada tanggal 01 Oktober 2018 pada puku 01:00 am sebesar 86.441,74 Watt dan daya gelombang terkecil terdapat pada tanggal 13 Oktober 2018 pada pukul 06:00 am sebesar 309,6177 Watt. Lokasi kajian pada Musim Peralihan II belum dapat digunakan sebagai sebagai pembangkit listrik tenaga gelombang karena kecilnya energi listrik yang dihasilkan dan tinggi rata-rata gelombang yang dibawah 1 meter.

5.2 Saran

1. Sebaiknya dilakukan pengukuran energi gelombang di lokasi kajian pada musim yang berbeda antara lain musim yang memiliki potensi lebih besar seperti Musim Barat dan Musim Timur sehingga dapat diketahui pola energi yang dihasilkan.
2. Gunakan batimetri hasil observasi terkini untuk input model agar hasil yang didapatkan lebih baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Alfansuri T, Efrita AZ. 2014. Kajian Potensi Tenaga Gelombang Laut Sebagai Pembangkit Tenaga Listrik di Perairan Malang Selatan. *Jurnal Sains dan Teknologi*. 11(4): 479-487.
- Ariani FW. 2012. Studi Run-Up Gelombang Pada Offshore Breakwater Di Pantai Slamanan Pekalongan [Skripsi]. Semarang : Jurusan Ilmu Kelautan, Fakultas Perikanan Dan Ilmu Kelautan, Universitas Diponegoro.
- Bayong THK. 1994. *Klimatologi Umum*. Bandung : Penerbit ITB.
- Budi M. 2008. *Analisa Rancang Bangun Pembangkit Listrik Tenaga Gelombang Laut dengan Sistem Oscillating Water Column di Pantai Baron Yogyakarta*. Jakarta.
- Denestiyanto R, Denny NS, Heryoso S. 2015. Analisis Karakteristik Gelombang di Perairan Kabupaten Batubara, Sumatera Utara. *Jurnal Oseanografi*. 3 :400-407.
- Effendi M, Muhsoni FF, Triaji H, Syah FA. 2008. Pemetaan Lokasi Fishing Ground dan Status Pemanfaatan Perikanan di Perairan Selat Madura. *Rekayasa*. 1(2) : 161-173.
- Habibie MN, Sasmito A, Kurniawan R. 2011. Kajian Potensi Energi Angin di Wilayah Sulawesi dan Maluku . *Jurnal Meteorologi dan Geofisika*.12(2) : 181-187.
- Habibie MN, Wido H, Donaldi SP, Roni K. 2016. Verifikasi Tinggi Gelombang Model Wavewatch-III Menggunakan Data Satelit Altimetri dan Observasi. *Jurnal Meteorologi dan Geofisika*. 17(3): 207-214.
- Hidayat N. 2005. Kajian Hidro-Oseanografi untuk Deteksi Proses-Proses Fisik di Pantai. *Jurnal SMARTek*. 3(2) : 73-85.
- Holthuijsen HL. 2007. *Waves in Oceanic and Coastal Waters*. Cambridge University Press. Hlm. 387.
- Khotimah KM. 2012. Validasi Tinggi Gelombang Signifikan Model Gelombang WindWave-5 Dengan Menggunakan Hasil Pengamatan Satelit Altimetri Multimisi [tesis]. Depok : Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Indonesia. Hlm 1-4.
- Kurniawan R, Habibie NM, Permana SD. 2012. Kajian Daerah Rawan Gelombang Tinggi di Perairan Indonesia. *Jurnal Meteorologi dan Geofisika*. 13(3) : 201-212.
- Kurniawan R, Habibie NM, Suratno. 2011. Variasi Gelombang Laut di Indonesia. *Jurnal Meteorologi dan Geofisika*. 12(3):221-232.
- Makridakis, Spyros, Wheelwright, Steven C. 1999. *Metode dan Aplikasi Peramalan*. Jakarta : Binarupa Aksara.

- Nontji A. 1978. *Laut Nusantara*. Jakarta : Djambatan. Hlm 45.
- [PEMKAB BANYUASIN] Pemerintah Kabupaten Banyuasin, Administrator. 2011. Letak Geografis Banyuasin. <http://www.banyuasinkab.go.id/leta-keografis-banyuasin> [3 September 2013].
- Purwanto. 2011. Analisa Spektrum Gelombang Berarah di Perairan Pantai Kuta, Kabupaten Badung, Bali. 1: 45-59.
- Rahayu F. 2000. Kondisi Gelombang dan Pengaruhnya Terhadap Pergerakan Sedimen di Perairan Yogyakarta -Cilacap Pada Bulan April-Mei 1999[Skripsi]. Bogor: Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan. Institut Pertanian Bogor.
- Rini SAD. 2012. Pemetaan Suhu Permukaan Laut (SPL) Menggunakan Citra Satelit Aster di Perairan Laut Jawa Bagian Barat Madura. DI Dalam : *Seminar Nasional Kedaulatan Pangan dan Energi* : Madura, Juni 2012. Madura: Fakultas Pertanian, Universitas Trunojoyo.
- Risandi D. 2105. Pemodelan Pola Arus di Kawasan Pesisir Pantai Kawal Kabupaten Bintan. *Dinamika Maritim*. 7(1): 1-10.
- Simatupang CM, Heron S, Andi A. 2016. Analisis Data Arus di Perairan Muara Sungai Banyuasin Provinsi Sumatera Selatan. *Maspari Journal*. 8(1) : 15-24.
- Sugianto DN. 2010. Model Distribusi Data Kecepatan Angin dan Pemanfaatannya dalam Peramalan Gelombang di Perairan Laut Paciran, Jawa Timur. *Jurnal Ilmu Kelautan*. 15(3) : 143-154.
- Supangat A. 2006. *Pengantar Oseanografi*. Jakarta: Departemen Kelautan dan Perikanan.
- Triatmodjo B. 1999. *Teknik Pantai*. Yogyakarta : Beta offset.
- Utami SR. 2010. Studi Potensi Pembangkit Listrik Tenaga Gelombang Laut dengan Menggunakan Sistem *Oscillating Water Column* (OWC) di Tiga Puluh Wilayah Kelautan Indonesia. *Jurnal Sains*. 12(2):121-132.
- Willmott JC, matsuura K. 2005. *Advantages of the Mean Absolute Error (MAE) Over the Root Mean Square (RMSE) in Asscessing Average Model Performance*. Newark USA : Deartment of Geography, University of Delaware.
- Wyrтки K. 1961. *Science Result of Marine Investigation of the South China Sea an the Gulf of Thailand*. Naga Report, Vol. 2 The University of Chalifornia, hal. 159-163.