

**ANALISIS KARAKTERISTIK TRANSFORMASI GELOMBANG BERDASARKAN KONTUR
BATIMETRI DI PANTAI TAWANG, KABUPATEN PACITAN, JAWA TIMUR**

**SKRIPSI
PROGRAM STUDI ILMU KELAUTAN
JURUSAN PEMANFAATAN SUMBERDAYA PERIKANAN DAN KELAUTAN**

Oleh:

CHUNTARI SIWI ASTI

NIM. 105080601111014



FAKULTAS PERIKANAN DAN ILMU KELAUTAN

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

MALANG

2014



**ANALISIS KARAKTERISTIK TRANSFORMASI GELOMBANG BERDASARKAN KONTUR
BATIMETRI DI PANTAI TAWANG, KABUPATEN PACITAN, JAWA TIMUR**

**SKRIPSI
PROGRAM STUDI ILMU KELAUTAN
JURUSAN PEMANFAATAN SUMBERDAYA PERIKANAN DAN KELAUTAN**

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Meraih Gelar Sarjana Kelautan di
Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan
Universitas Brawijaya**

Oleh:

**CHUNTARI SIWI ASTI
NIM. 105080601111014**



**FAKULTAS PERIKANAN DAN ILMU KELAUTAN
UNIVERSITAS BRAWIJAYA**

MALANG

2014

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

ANALISIS KARAKTERISTIK TRANSFORMASI GELOMBANG BERDASARKAN KONTUR
BATIMETRI DI PANTAI TAWANG, KABUPATEN PACITAN, JAWA TIMUR

Oleh :

CHUNTARI SIWI ASTI

105080601111014

Menyetujui,

Dosen Penguji I

(Ir. Bambang Semedi, M.Sc, Ph.D)

NIP. 19621220 1988031 1 004

Tanggal :

Dosen Penguji II

(Nurin Hidayati, S.T, M.Sc)

NIP. 19781102 200501 2 002

Tanggal :



Mengetahui,
Ketua Jurusan

Dosen Pembimbing I

(Dr. Ir. Guntur, MS)

NIP. 19580605198601 1 001

Tanggal :

Dosen Pembimbing II

(M Arif Zainul Fuad, S.Kel, MSc)

NIP. 19801005 200501 002

Tanggal :

(Dr. Ir. Daduk Setyohadi, MP)

IP.19630608 198703 1 003

Tanggal :

PERNYATAAN ORISINALITAS

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam tulisan pembuatan Laporan skripsi ini merupakan hasil karya saya sendiri. Sepanjang pengetahuan saya tidak pernah terdapat tulisan, pendapat atau bentuk lain yang telah diterbitkan oleh orang lain kecuali tertulis dalam laporan ini di daftar pustaka.

Apabila kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan laporan skripsi ini hasil jiplakan (plagiasi), maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut, sesuai hukum yang berlaku di Indonesia.



Malang, Juni 2014

Penulis

Chuntari Siwi Asti

UCAPAN TERIMA KASIH

Dengan selesainya laporan skripsi ini, tidak lupa penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Prof. Dr. Ir. Diana Arfiati, M.S, selaku Dekan Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Brawijaya, Malang.
2. Dr. Ir. Daduk Setyohadi, MP selaku Ketua Jurusan Pemanfaatan Sumberdaya Perikanan dan Kelautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Brawijaya, Malang.
3. Ir. Bambang Semedi, M.Sc, Ph.D, selaku Ketua Program Studi Ilmu Kelautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Brawijaya.
4. M. Arif Zainul Fuad,S.Kel, M.Sc, selaku Dosen Pembimbing II skripsi yang selalu sabar dalam memberi motivasi, semangat, masukan, pegarahan, bimbingan dan diskusi yang sangat baik selama proses penelitian skripsi sampai penyusunan laporan.
5. Dr.Ir.Guntur,MS selaku Dosen Pembimbing Skripsi I yang memberi motivasi, masukan dan bimbingan selama proses penyusunan laporan.
6. Kedua orang tua saya Bapak Supriyadi Wihar Wiyoga dan Ibu Minarti, serta ke empat adik saya, Amin Dhanu Raharjo, Ajeng Tri Widayati, Ines Indri Hapsari, dan Anas Yoga Raharjo dan keluarga yang tidak bisa saya sebutkan satu persatu yang selalu memberi dukungan, motivasi dan doa restu selama penelitian dan penyusunan skripsi berlangsung.
10. Faiz Yaniar Puspita , Elma Roshita Ulyawati dan teman-teman in the kos 225C (Amanda Sarari, Ika Yuli Andarti dan Fridha Agustina) sebagai sahabat yang selalu menyemangati dan memotivasi di saat proses penelitian dan pengerjaan skripsi.

12. Keluarga Unyu-unyu (Radhit, Reza, Jefri, Aris, Fajri, Pipit, Elma dan Yoke) yang selalu ada saat saya mengalami pasang surut dalam proses pengerjaan skripsi.
13. Semua Dosen Ilmu Kelautan yang telah memberi banyak pengalaman, pengetahuan dan melukis cerita selama saya menempuh pendidikan S1 di FPIK-UB.
15. Teman – teman Ilmu Kelautan 2010 atas bantuan, motivasi, dan saran, serta seluruh pihak yang terlibat dalam penyelesaian laporan skripsi ini.

Malang, Juni 2014

Penulis.



RINGKASAN

Chuntari Siwi Asti/105080601111014. Skripsi tentang Analisis Transformasi Gelombang Berdasarkan Kontur Batimetri di Pantai Tawang, Kabupaten Pacitan, Jawa Timur. (Di bawah bimbingan Dr. Ir. Guntur, MS dan M. Arif Zainul Fuad, S.Kel. M.Sc).

Gelombang laut merupakan salah satu bentuk penjalaran energi yang biasanya ditimbulkan oleh angin yang berhembus di atas lautan, serta menimbulkan energi untuk membentuk profil pantai, menimbulkan arus dan transport sedimen dalam arah tegak lurus sepanjang pantai. Pantai Tawang merupakan perairan teluk dengan memiliki kontur batimetri yang dinamis, sehingga kondisi perairan sangat dipengaruhi oleh penjalaran energi hidro-oseanografi, salah satunya adalah gelombang. Pantai Tawang memiliki potensi sumber daya perairan yang cocok untuk kegiatan perikanan tangkap dengan kondisi geografis yang mendukung dan memiliki teluk yang cukup luas. Sehingga Pantai Tawang dijadikan zona pengembangan di bagian timur sebagai Tempat Pelelangan Ikan (TPI). Untuk mewujudkan hal tersebut, pemerintah Kabupaten Pacitan bekerja sama dengan dinas – dinas terkait melakukan sebuah perencanaan secara terpadu yang menghubungkan dan menyatukan potensi wilayah, kondisi geografis, sosial ekonomi sarana dan prasarana dengan konsep pengembangan perikanan tangkap secara kewilayahan. salah satu upaya untuk mewujudkan proyek tersebut maka perlu dilakukan kajian, yaitu kajian hidro-oseanografi yang meliputi pengetahuan tentang gelombang.

Tujuan penelitian ini adalah mengetahui hasil transformasi gelombang dan mengetahui serta mendapatkan nilai karakteristik gelombang pecah yang diperoleh di Pantai Tawang, Kabupaten Pacitan, Jawa Timur. Penelitian ini dilakukan dengan mendapatkan data batimetri dengan cara *sounding* di Pantai Tawang dan data angin di darat dekat lokasi pantai penelitian selama 10 tahun didapatkan dari *download* data angin pada *website* resmi *European Centre Medium-range Weather Forecast* (ECMWF), yang digunakan untuk mendapatkan data gelombang dengan hasil akhir nilai dari deformasi gelombang Pantai Tawang.

Dari hasil perhitungan transformasi gelombang yang telah dilakukan didapatkan hasil karakteristik gelombang di Pantai Tawang, Kabupaten Pacitan, Jawa Timur memiliki tinggi gelombang tertinggi 1.240m dan terendah 1.055m. Dan periode gelombang maksimum yaitu 5.546s dan minimum yaitu 4.554s. Dan nilai rata-rata difraksi (K') sebesar 0.12 m, nilai maksimum sebesar 0.18, mdan nilai minimum sebesar 0.06 m. Nilai koefisien refraksi (K_r) memiliki nilai rata-rata sebesar 0.370 m, nilai maksimum sebesar 1.192 m, dan nilai minimum sebesar 0.004 m. Nilai koefisien shoaling (K_s) memiliki nilai rata-rata 1.491 m, dan nilai maksimum sebesar 6.445 m, dan nilai minimum sebesar 0.447 m. Nilai rata-rata dari tinggi gelombang pecah yaitu 0.978 m, nilai maksimum sebesar 5.578 m, dan nilai minimum sebesar 0.039 m. Sedangkan nilai kedalaman gelombang pecah diperoleh nilai rata-rata sebesar 2.797 m, nilai maksimum sebesar 4.341 m dan nilai minimum sebesar 1.027 m.

KATA PENGANTAR

Dengan mengucapkan puji syukur atas kehadiran Tuhan Yang Maha Esa, atas limpahan rahmat dan hidayah-Nya laporan skripsi yang berjudul “Analisis Karakteristik Transformasi Gelombang Berdasarkan Kontur Batimetri Di Pantai Tawang, Kabupaten Pacitan, Jawa Timur” dapat terselesaikan dengan baik dan tepat waktu.

Dalam laporan skripsi ini membahas mengenai penelitian gelombang yang merupakan faktor utama dalam penentuan tata letak (*layout*) pelabuhan, alur pelayaran, perencanaan bangunan pantai, dan sebagainya. Gelombang akan menimbulkan energi untuk membentuk pantai, menimbulkan arus dan transport sedimen dalam arah tegak lurus dan sepanjang pantai. Perairan Pantai Tawang merupakan perairan yang memiliki ciri karakteristik sebaran penjalaran energi gelombang yang cukup besar yakni berasal dari perairan Samudera Hindia. kondisi tersebut diyakini mempengaruhi perubahan fisik batimetri diperairan sekitar Pantai Tawang, Kabupaten Pacitan, Jawa Timur yang merupakan daerah teluk.

Sebagaimana telah disaradari bahwa masih ada kekurangan dalam penulisan laporan skripsi ini. Oleh karena itu penulis mengaharapkan kritik dan saran yang membangun dan dapat menyempurnakan isi dari laporan ini yang nantinya bermanfaat bagi pembaca. Semoga tulisan ini bisa memberikan manfaat dan informasi baru bagi para pembaca.

Malang, 26 Juni 2014

Penulis

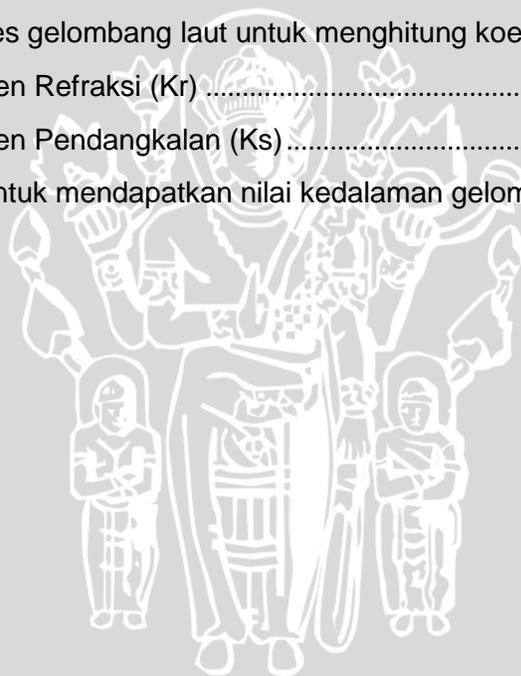
DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI	iii
PERNYATAAN ORISINALITAS	iv
UCAPAN TERIMA KASIH	v
RINGKASAN	vii
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan	3
1.4 Batasan Masalah	3
1.5 Kegunaan Penelitian	4
1.6 Tempat Dan Waktu	5
2 TINJAUAN PUSTAKA	6
2.2 Gelombang	6
2.3 Pembangkitan Gelombang Oleh Angin	7
2.2.1 Angin	8
2.2.2 Fetch	10
2.4 Penggunaan Data Angin untuk Prediksi Gelombang	10
2.4 Deformasi Gelombang	12
2.4.1 Difraksi	12
2.4.2 Refraksi	14
2.4.3 Pendangkalan (<i>Shoaling</i>)	15
2.4.4 Gelombang Pecah	16
2.6 Kedalaman	18
2.7 Manfaat Kedalaman	19
3 METODE PENELITIAN	20

3.1 Lokasi Penelitian	20
3.2 Aplikasi Pengolahan Data	21
3.3 Teknik Pengambilan Data	21
3.2.1 Data Primer.....	21
3.2.2 Data Sekunder	22
3.2.3 Diagram Alir Pengolahan Data	23
3.3 Pengolahan Data Gelombang.....	25
3.3.1 Arah Angin.....	25
3.3.2 Pengolahan Data Angin Dari ECMWF	28
3.3.4 Penentuan <i>Fetch</i>	29
3.3.5 Hasil Peramalan Gelombang.....	29
3.3.6 Transformasi Gelombang.....	32
4. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	34
4.1 Keadaan Umum Lokasi.....	34
4.2 Peramalan Tinggi dan Periode Gelombang Dengan Data Angin.....	35
4.2.1 Penentuan Arah Angin Dominan.....	35
4.2.2 Penentuan <i>Fetch</i>	38
4.2.3 Analisis Tinggi dan Periode Gelombang.....	41
4.3 Analisis Transformasi Gelombang	45
4.3.1 Hasil Analisa Difraksi Gelombang (K')	45
4.3.2 Hasil Analisis Refraksi Gelombang.....	48
4.3.3 Hasil Analisis Koefisien Pendangkalan (K_s).....	53
4.3.4 Hasil Analisa Gelombang Pecah (db)	55
4.3.5 Nilai Kedalaman Gelombang Pecah (db) Berdasarkan Pola Batimetri.....	60
4.4 Pemanfaatan Data Transformasi Gelombang Di Pantai Tawang	63
5. PENUTUP	65
5.1 Kesimpulan	65
5.2 Saran	66
DAFTAR PUSTAKA.....	67
DAFTAR ISTILAH	69
LAMPIRAN.....	71

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Jadwal Pelaksanaan Penelitian	5
Tabel 2. Alat dan kegunaan	21
Tabel 3 Perhitungan Gelombang	30
Tabel 4. Perhitungan panjang fetch efektif arah Barat	38
Tabel 5. Perhitungan panjang fetch efektif arah Barat Daya.....	39
Tabel 6. Perhitungan panjang fetch efektif arah Timur Laut.....	40
Tabel 7. Perhitungan panjang fetch efektif arah Timur.....	40
Tabel 8. Data Peramalan Gelombang Pada Mei 2011.....	41
Tabel 9. Data tinggi gelombang maksimum setiap tahun (2004 - 2013).....	42
Tabel 10 Perhitungan Difraksi (K')	47
Tabel 11. Data awal time series gelombang laut untuk menghitung koefisien refraksi.....	48
Tabel 12. Perhitungan Koefisien Refraksi (K_r)	51
Tabel 13. Perhitungan Koefisien Pendangkalan (K_s)	53
Tabel 14. Hasil perhitungan untuk mendapatkan nilai kedalaman gelombang pecah (db)	58



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Hubungan Antara Kecepatan Angin di Laut dan Didarat (Triadmodjo, 1999) 9

Gambar 2. Rekaman gelombang laut (Aziz, 2006)..... 11

Gambar 3. Difraksi gelombang di belakang rintangan (Hidayat, 2005) 14

Gambar 4. Peta Lokasi Penelitian 20

Gambar 5. Skema Kerja Pengukuran Batimetri..... 22

Gambar 6. Skema Kerja 24

Gambar 7. Grafik Koreksi akibat Perbedaan Ketinggian, RL (SPM,1984)..... 27

Gambar 8. Grafik Koreksi akibat Perbedaan Temperatur, RT (SPM,1984)..... 27

Gambar 9. Windrose data angin ECMWF pada tahun 2004-2013..... 36

Gambar 10. Prosentase kecepatan angin ECMWF pada tahun 2004-2013..... 37

Gambar 11. Pengukuran fetch efektif..... 38

Gambar 12. Grafik Tinggi gelombang signifikan hasil peramalan tahun 2004 – 2013..... 43

Gambar 13. Grafik periode gelombang signifikan hasil peramalan tahun 2004 – 2013 44

Gambar 14. Peta sketsa penentuan Koefisien difraksi (K') 46

Gambar 15. Peta Lokasi Terjadinya Refraksi Gelombang..... 52

Gambar 16. Peta Lokasi Terjadinya Shoaling 55

Gambar 17. Penentuan Tinggi Gelombang Pecah (Triatmodjo, 1999) 57

Gambar 18. Penentuan kedalaman gelombang pecah (Triatmodjo, 1999) 59

Gambar 19. Lokasi Terjadinya Gelombang Pecah 61

Gambar 20. Peta Lokasi Terjadinya Gelombang Pecah 62

Gambar 21. Lokasi Terjadinya Transformasi Gelombang 63

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Contoh Sebagian Data Mentah Kecepatan Angin Vektor u dan v dari ECMWF Bulan Januari 2012 71

Lampiran 2. Data Perhitungan Peramalan Gelombang Tahun 2012 72

Lampiran 3. Contoh Sebagian Data Hasil Perhitungan Data Untuk Mendapatkan Nilai Koefisien Refraksi (K_r) Tahun 2012 73

Lampiran 4. Contoh Sebagian Data Hasil Perhitungan Data Untuk Mendapatkan Nilai Koefisien Shoaling (K_s) Tahun 2012 75

Lampiran. 5 Contoh Sebagian Data Hasil Perhitungan Data Untuk Mendapatkan Nilai Kedalaman Gelombang Pecah (db) Tahun 2012 76

Lampiran. 6 Contoh Sebagian Data Hasil Perhitungan Data Untuk Mendapatkan Nilai Difraksi Gelombang (K') Tahun 2012 78





1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pada tahun 2010, Kabupaten Pacitan ditetapkan menjadi salah satu dari 9 (sembilan) Kabupaten lainnya di seluruh Indonesia sebagai penerima program Minapolitan berbasis perikanan tangkap. Dalam masterplan minapolitan ditetapkan PPP Tamperan sebagai zona ini program minapolitan dan Tempat Pelelangan Ikan (TPI) Tawang di Kecamatan Ngadirojo sebagai zona pengembangan wilayah Timur dan dan TPI Watukarung Kecamatan Pringkuku zona pengembangan di wilayah barat. Ditetapkannya TPI Tawang sebagai zona pengembangan, dipandang lebih memiliki prospek berkembang dibandingkan wilayah lainnya secara sosial, ekonomi dan teknis kewilayahan. Dalam rangka mempercepat upaya peningkatan kehidupan nelayan di TPI Tawang, maka perlu dilakukan peningkatan berbagai fasilitas dan pelayanan di TPI Tawang sehingga dapat ditingkatkan menjadi pelabuhan perikanan kelas Pangkalan Pendaratan Ikan (PPI).

Kabupaten Pacitan terdiri dari 7 kecamatan pesisir dengan panjang garis pantai keseluruhan sepanjang 70,71 km. Kabupaten Pacitan memiliki 17 Tempat Pendaratan Ikan dan diantaranya terdapat satu Pelabuhan Perikanan Pantai (PPP) di Kecamatan Pacitan dan 16 Tempat Pendaratan Ikan. Salah satu tempat yang dijadikan Tempat Pendaratan Ikan dalam masterplan minapolitan adalah Pantai Tawang di Kecamatan Ngadirojo. Pantai Tawang dijadikan zona pengembangan di bagian timur sebagai Tempat Pelelangan Ikan (TPI). Pantai Tawang memiliki potensi sumber daya perairan yang cocok untuk kegiatan perikanan tangkap dengan kondisi geografis yang mendukung dan memiliki teluk yang cukup luas. Untuk mewujudkan hal tersebut, pemerintah Kabupaten Pacitan bekerja sama dengan dinas – dinas terkait melakukan sebuah perencanaan secara terpadu yang menghubungkan dan menyatukan potensi wilayah, kondisi geografis, sosial ekonomi sarana dan prasarana

dengan konsep pengembangan perikanan tangkap secara kewilayahan. Program ini diharapkan akan memacu pertumbuhan kawasan TPI Tawang dan sekitarnya sehingga akan mendukung peningkatan perekonomian daerah tersebut dan sekitarnya (Dinas Kelautan dan Perikanan, 2012).

Menurut Bambang Triatmodjo (1999), kerusakan yang terjadi pada daerah pantai sering dipengaruhi oleh faktor-faktor alamiah seperti arus pantai, angkutan sedimen pantai, perubahan kenaikan muka air laut dan gelombang laut. Gelombang laut biasanya dibangkitkan oleh banyak hal, misalnya oleh angin, pasang surut, arus dan lain-lain. Gelombang laut yang menghantam pantai terdiri dari suatu rentetan gelombang. Apabila suatu deretan gelombang bergerak menuju pantai, gelombang tersebut akan mengalami perubahan bentuk yang disebabkan oleh transformasi gelombang.

Salah satu parameter penting dalam penelitian dinamika pantai adalah gelombang laut. Pada daerah pantai dan daerah gelombang pecah terjadi, daerah tersebut merupakan daerah yang efektif untuk *transfer* energi untuk energi lainnya seperti arus, turbulensi, pemindahan sedimen, perubahan gelombang terjadi dengan periode lebih pendek atau lebih panjang dari gelombang sebelumnya. Proses *transfer* energi sangat berperan penting dalam proses dinamika laut (Arief dkk, 1994).

Gelombang pecah adalah suatu sistem yang sangat kompleks. Bahkan dalam beberapa jarak sebelum gelombang pecah, bentuknya tidak sinusoidal lagi. Jika terjadi gelombang pecah, energi yang diterima dari angin, berkurang. Beberapa energi dibalikkan kembali ke laut, jumlahnya bergantung kepada kemiringan pantai, semakin kecil sudut kemiringan pantai, semakin kecil energi yang dibalikkan. Kebanyakan energi berkurang sebagai panas dalam percampuran skala kecil dari buih air dan pasir (Danial, 2008).

Pecahnya gelombang biasanya terjadi pada saat gelombang mendekati pantai, dimana puncak gelombang menjadi tajam dan kedalamannya mencapai seperempat dari tinggi gelombang dan akhirnya terjadi gelombang pecah. Efek perubahan kedalaman laut

akan mengakibatkan tinggi gelombang bertambah besar ketika gelombang tersebut memasuki perairan dangkal. Tinggi gelombang akan mencapai suatu ketinggian tertentu dan ia akan menjadi tidak stabil dan kemudian pecah dan mengakibatkan timbulnya energi. Perambatan gelombang menuju perairan dangkal semakin mengurangi kecepatan tapi energinya justru bertambah besar sehingga tinggi gelombang juga menjadi semakin bertambah besar. Kondisi gelombang pecah tergantung pada kemiringan dasar pantai (Triadmodjo, 2009).

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan di atas, maka rumusan masalah pada penelitian ini dijabarkan sebagai berikut :

1. Berapa besar nilai dari transformasi gelombang di Pantai Tawang, Kabupaten Pacitan, Jawa Timur?
2. Apa pengaruh batimetri terhadap transformasi gelombang yang terjadi di Pantai Tawang, Kabupaten Pacitan, Jawa Timur.

1.3 Tujuan

Tujuan penelitian ini adalah

1. Mengetahui besar nilai dari transformasi gelombang di Pantai Tawang, Kabupaten Pacitan, Jawa Timur.
2. Mengetahui pengaruh batimetri terhadap penjalaran transformasi gelombang di Pantai Tawang, Kabupaten Pacitan, Jawa Timur.

1.4 Batasan Masalah

Pada penelitian ini ada beberapa permasalahan yang dibatasi, yaitu :

1. Analisis hanya dilakukan di Pantai Tawang, Kabupaten Pacitan, Jawa Timur.

2. Pengolahan didasarkan pada analisa refraksi, difraksi, pendangkalan dan gelombang pecah dengan hasil akhir mendapatkan nilai kedalaman gelombang pecah (db)
3. Teori gelombang yang digunakan adalah teori gelombang airy (teori gelombang amplitudo kecil).

1.5 Kegunaan Penelitian

Adapun kegunaan dari penelitian ini nantinya dapat memberikan nilai penting bagi beberapa kalangan, yaitu:

1. Memperoleh pengetahuan, wawasan, dan kemampuan dalam cara melakukan pengolahan dan analisa data khususnya ilmu dalam mempelajari karakteristik gelombang pecah dilaut dangkal dan transisi.
2. Memberikan informasi mengenai sifat-sifat gelombang pecah yang terjadi di lokasi penelitian dan sebagai bahan referensi dibidang rekayasa pantai khususnya dalam mempelajari gelombang pecah yang dapat digunakan sebagai referensi atau acuan untuk penelitian selanjutnya guna pemanfaatan, pengembangan dan pelestarian sumber daya laut yang nantinya dapat dimanfaatkan dalam pengembangan sarana dan prasarana di perairan Pantai Tawang, Kabupaten Pacitan, Jawa Timur, salah satunya adalah design pelabuhan.
3. Memberikan informasi kepada warga yang tinggal di pesisir mengenai tinggi gelombang yang terjadi agar warga sekitar berhati-hati saat akan melaut di Pantai Tawang, Kabupaten Pacitan, Jawa Timur.

1.6 Tempat Dan Waktu

Penelitian ini dilaksanakan pada tanggal 15 – 30 Mei 2014, di Perairan Pantai Tawang, Kabupaten Pacitan, Jawa Timur.

Adapun jadwal pelaksanaan penelitian secara lengkap tersaji pada **Tabel 1**.

Tabel 1. Jadwal Pelaksanaan Penelitian

NO	Kegiatan	April				Mei				Juni				Juli				
		I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	
1	Survey Penelitian																	
2	Pembuatan Proposal Penelitian																	
3	Pengambilan data																	
4	Penyusunan Laporan																	

2 TINJAUAN PUSTAKA

2.2 Gelombang

Pada tahun 2006, Kurniawan dkk menyatakan gelombang laut adalah pergerakan naik dan turunnya air laut dengan arah tegak lurus permukaan air laut yang membentuk kurva/grafik sinusoidal. Gelombang laut timbul karena adanya gaya pembangkit yang bekerja pada laut. Gelombang yang terjadi di lautan dapat diklasifikasikan menjadi beberapa macam berdasarkan gaya pembangkitnya, gaya pembangkit tersebut terutama berasal dari angin, dari gaya tarik menarik bumi - bulan - matahari atau yang disebut dengan gelombang pasang surut dan gempa bumi. Jenis-jenis gelombang ditinjau dari gaya pembangkitnya terdapat 3 jenis yaitu:

- 1) Gelombang angin, merupakan gelombang yang disebabkan oleh tiupan angin di permukaan laut. Gelombang ini mempunyai periode yang sangat bervariasi, ditinjau dari frekuensi kejadiannya, gelombang angin merupakan gelombang yang paling dominan terjadi di laut.
- 2) Gelombang pasang surut (Pasut), merupakan gelombang yang disebabkan oleh gaya tarik bumi terhadap benda-benda langit, benda langit yang paling besar pengaruhnya adalah matahari dan bulan, gelombang pasut lebih mudah diprediksi karena terjadi secara periodik mengikuti sesuai peredarannya.
- 3) Gelombang tsunami, gelombang yang diakibatkan oleh gempa bumi tektonik atau letusan gunung api di dasar laut, tsunami merupakan gelombang yang sangat besar dan tinggi gelombangnya dapat mencapai lebih dari 10 meter.

Gelombang di laut dapat dibedakan menjadi beberapa macam yang tergantung pada gaya pembangkitnya. Gelombang tersebut adalah gelombang angin yang dibangkitkan oleh tiupan di permukaan laut, gelombang pasang surut dibangkitkan oleh gaya tarik benda-benda langit terutama matahari dan bulan terhadap bumi, gelombang tsunami terjadi karena

letusan gunung berapi atau gempa di laut, gelombang yang dibangkitkan oleh kapal yang bergerak, dan sebagainya. Diantara beberapa bentuk gelombang tersebut yang paling penting dalam bidang teknik pantai adalah gelombang angin dan pasang surut. Gelombang dapat menimbulkan energi untuk membentuk pantai (Triatmodjo, 1999).

2.3 Pembangkitan Gelombang Oleh Angin

Berdasarkan Aziz (2006), Sifat-sifat gelombang dipengaruhi oleh faktor angin dan sedikitnya ada tiga faktor angin yang sangat berpengaruh yaitu :

1. Kecepatan angin. Umumnya makin kencang angin yang bertiup, makin besar gelombang yang terbentuk dan gelombang ini mempunyai kecepatan yang tinggi dan panjang gelombang yang besar.
2. Lamanya angin bertiup. Tinggi, kecepatan dan panjang gelombang seluruhnya cenderung untuk meningkat sesuai dengan lamanya angin bertiup.
3. Jarak tanpa rintangan dimana angin sedang bertiup (dikenal sebagai *fetch*). Pentingnya *fetch* dapat digambarkan dengan membandingkan gelombang yang terbentuk pada kolom air yang relatif kecil seperti danau di daratan dengan yang terbentuk di lautan bebas. Gelombang yang terbentuk di danau dimana *fetchnya* kecil biasanya mempunyai panjang gelombang hanya beberapa sentimeter, sedangkan yang di lautan bebas dimana *fetchnya* lebih besar, sering mempunyai panjang gelombang sampai beberapa ratus meter.

Gelombang yang terjadi di laut secara dominan dibangkitkan oleh angin dan biasa disebut dengan gelombang angin. Gelombang dapat menimbulkan energi untuk membentuk pantai, menimbulkan arus dan transport sedimen dalam arah tegak lurus dan sepanjang pantai dan menyebabkan gaya-gaya yang bekerja pada bangunan pelindung pantai. Gelombang merupakan faktor utama dalam perencanaan bangunan pelindung pantai (Hidayat, 2005).

Gelombang yang terjadi di lautan dapat dibangkitkan atau diakibatkan oleh berbagai gaya. Beberapa jenis gaya pembangkit gelombang antara lain angin, gaya gravitasi benda-benda langit, letusan gunung berapi, gempa bumi, dan sebagainya. Semakin lama dan semakin kuat angin berhembus, semakin besar gelombang yang terbentuk. Tinggi dan periode gelombang yang dibangkitkan dipengaruhi oleh kecepatan angin (U), lama hembusan angin (D), *fetch* (F) dan arah angin (Nadia dkk, 2013).

2.2.1 Angin

Angin yaitu sirkulasi udara yang kurang lebih sejajar dengan permukaan bumi. Data angin yang didapat biasanya diolah dan disajikan dalam bentuk tabel atau diagram yang disebut dengan mawar angin (*wind rose*) (Dauhan dkk, 2013).

Angin merupakan salah satu unsur iklim yang mempunyai peranan penting dalam interaksi antara laut dan atmosfer sehingga mendapat perhatian tidak hanya dalam penelitian meteorologi saja tetapi juga dalam penelitian kelautan. Bagi dinamika perairan laut terutama di lapisan permukaan angin merupakan sumber energi utama. Transfer energi dari angin permukaan ke laut akan menyebabkan terjadinya gelombang laut dan arus permukaan laut (Martono, 2009).

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 relative tersedia dan mudah diperoleh (Sugianto, 2010).

Menurut Triatmodjo (1999), pada umumnya pengukuran angin dilakukan di daratan, sedangkan di dalam rumus-rumus pembangkitan gelombang data angin yang digunakan adalah yang ada di atas permukaan laut. Oleh karena itu diperlukan transformasi data angin di atas daratan yang terdekat dengan lokasi studi ke data angin di atas permukaan laut.

Hubungan antara angin di atas laut dan angin di atas daratan terdekat diberikan oleh persamaan berikut

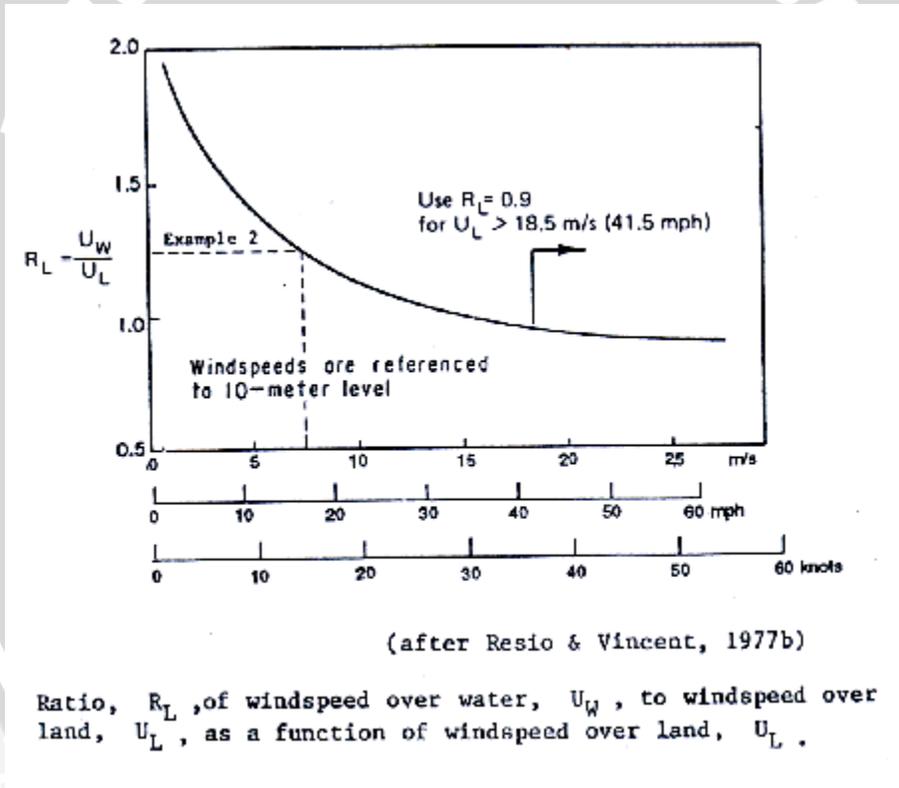
$$R_L = U_w / U_L \dots\dots\dots(2.1)$$

Dimana :

U_L = Kecepatan angin yang diukur di darat (m/dt)

U_w = Kecepatan angin di laut (m/dt)

R_L = Tabel koreksi hubungan kecepatan angin di darat dan di laut



Gambar 1. Hubungan Antara Kecepatan Angin di Laut dan Didarat (Triadmodjo, 1999)

Dari kecepatan angin yang didapat, dicari faktor tegangan angin (*wind stress factor*) dengan persamaan:

$$U_A 0,71 U^{1,23} \dots\dots\dots(2.2)$$

dimana U adalah kecepatan angin dalam m/dt.

2.2.2 Fetch

Fetch adalah panjang daerah dimana angin berhembus dengan kecepatan dan arah yang konstan. Arah angin masih bisa dianggap konstan apabila perubahan-perubahannya tidak lebih dari 15° . Sedangkan kecepatan angin masih dianggap konstan jika perubahannya tidak lebih dari 5 knot (2,5 m/d) terhadap kecepatan rerata. Panjang fetch membatasi waktu yang diperlukan gelombang untuk terbentuk karena pengaruh angin, jadi mempengaruhi waktu untuk menstransfer energi angin ke gelombang (Triadmodjo, 1999).

Menurut Triadmodjo (2009), di dalam peninjauan pembangkitan gelombang di laut, fetch dibatasi oleh daratan yang mengelilingi. Di daerah pembangkitan gelombang, gelombang tidak hanya dibangkitkan dalam arah yang sama dengan arah angin tetapi juga dalam berbagai sudut terhadap arah angin.

$$F_{eff} = \frac{\sum X_i \cos \alpha}{\sum \cos \alpha} \dots \dots \dots (2.3)$$

Dengan :

F_{eff} = fetch rerata efektif

X_i = panjang segmen fetch yang diukur dari titik observasi gelombang ke ujung akhir fetch

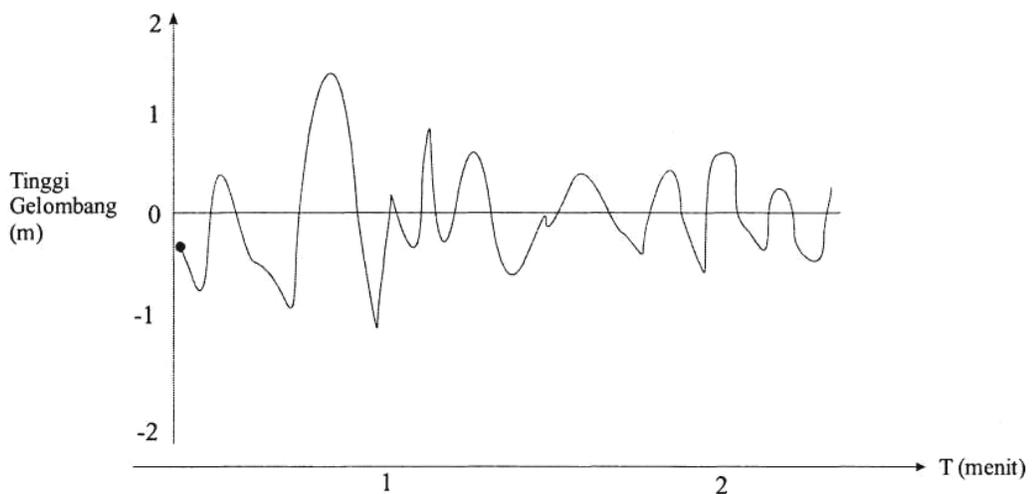
α = deviasi pada kedua sisi dari arah angin, dengan menggunakan pertambahan 6° sampai sudut sebesar 42° pada kedua sisi dari arah angin.

2.4 Penggunaan Data Angin untuk Prediksi Gelombang

Variasi besar tingginya gelombang dipengaruhi oleh faktor musim angin dimana angin yang besar cenderung berpotensi menghasilkan gelombang besar, yang dapat mengganggu keselamatan pelayaran. Dengan pencatatan angin jam-jaman tersebut dapat diketahui angina dengan kecepatan tertentu dan durasinya, kecepatan angin maksimum, arah angin

dan dapat pula dihitung kecepatan angin rerata harian. Pendugaan tinggi gelombang diperlukan untuk menjamin keselamatan bagi pengguna angkutan laut (Dewi dkk, 2011).

Pada hakekatnya fenomena gelombang laut menggambarkan transmisi dari energi dan momentum. Gelombang laut selalu menimbulkan sebuah ayunan air yang bergerak tanpa henti-hentinya pada lapisan permukaan laut dan jarang dalam keadaan sama sekali diam. Hembusan angin sepoi-sepoi pada cuaca yang tenang sekalipun sudah cukup untuk dapat menimbulkan riak gelombang. Sebaliknya dalam keadaan di mana badai yang besar dapat menimbulkan suatu gelombang besar yang dapat mengakibatkan suatu kerusakan di daerah pantai (Aziz, 2006).



Gambar 2. Rekaman gelombang laut (Aziz, 2006)

Gelombang yang disebabkan oleh angin atau disebut juga gelombang angin merupakan gelombang yang selalu berada di laut ataupun danau, sehingga merupakan gelombang yang sangat penting, terutama terhadap hal-hal yang berkaitan dengan proses morfologi pantai ataupun perencanaan bangunan pantai. Untuk keperluan rekayasa pantai, gelombang angin dapat dibedakan menjadi dua kelompok yaitu gelombang bada (Pratikto dkk, 2000). Gelombang badai atau selanjutnya disebut *Sea* merupakan gelombang yang

terjadi di daerah pembangkitan gelombang, sedangkan *swell* merupakan gelombang yang terjadi di luar daerah pembangkitan.

2.4 Deformasi Gelombang

Berdasarkan pendapat Hidayat (2005), gelombang yang terjadi di laut secara dominan dibangkitkan oleh angin dan biasa disebut dengan gelombang angin. Gelombang dapat menimbulkan energi untuk membentuk pantai, menimbulkan arus dan transport sedimen dalam arah tegak lurus dan sepanjang pantai dan menyebabkan gaya-gaya yang bekerja pada bangunan pelindung pantai. Gelombang merupakan faktor utama dalam perencanaan bangunan pelindung pantai. Suatu deretan gelombang yang bergerak menuju pantai akan mengalami perubahan bentuk yang disebabkan oleh proses refraksi dan pendangkalan gelombang, difraksi, refleksi, dan gelombang pecah. Dalam analisa deformasi gelombang sering dilakukan dengan konsep gelombang laut dalam ekivalen. Pemakaian gelombang ini bertujuan untuk menetapkan tinggi gelombang yang mengalami refraksi dan difraksi. Tinggi gelombang laut dalam ekivalen diberikan oleh bentuk (Triatmodjo 1999) :

$$H'_0 = K_s \cdot K_r \cdot H_0 \dots\dots\dots (2.4)$$

dimana :

H'_0 = tinggi gelombang laut dalam ekivalen

K_s = koefisien pendangkalan (shoaling)

K_r = koefisien refraksi

H_0 = tinggi gelombang laut dalam

Konsep tinggi gelombang laut dalam ekivalen ini digunakan dalam analisis gelombang pecah yang meliputi tinggi dan kedalaman gelombang pecah

2.4.1 Difraksi

Difraksi terjadi apabila tinggi gelombang di suatu titik pada garis puncak gelombang lebih besar daripada titik didekatnya, yang menyebabkan perpindahan energi sepanjang

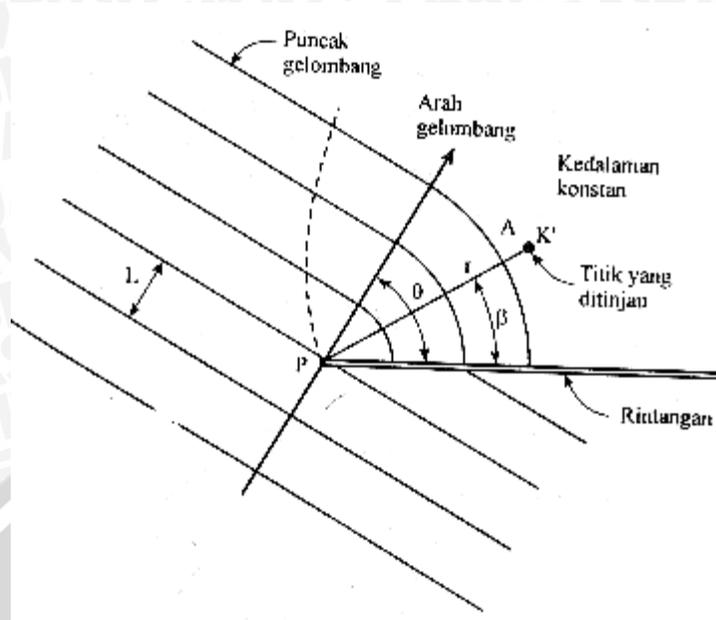
puncak gelombang ke arah tinggi gelombang yang lebih kecil. Difraksi terjadi apabila suatu deretan gelombang terhalang oleh rintangan seperti pemecah gelombang atau suatu pulau (Triadmodjo, 1999).

Gelombang yang membentur suatu pulau atau struktur bangunan seperti pemecah ombak akan mengalami refleksi gelombang dan dipantulkan kembali sehingga menimbulkan interferansi antara gelombang yang datang dengan gelombang yang memantul (Triadmodjo, 2009).

Menurut Hidayat (2005), difraksi gelombang terjadi apabila suatu deretan gelombang terhalang oleh rintangan seperti pemecah gelombang atau suatu pulau, dimana tinggi gelombang di suatu titik pada garis puncak gelombang lebih besar daripada titik di dekatnya, yang menyebabkan perpindahan energi sepanjang puncak gelombang ke arah tinggi gelombang yang lebih kecil. Pada pemecah gelombang tunggal seperti pada gambar 5, tinggi gelombang di suatu tempat di daerah terlindung tergantung pada jarak titik tersebut terhadap ujung rintangan r , sudut antara rintangan dan garis yang menghubungkan titik tersebut dengan ujung rintangan β , dan sudut antara arah penjalaran gelombang dan rintangan θ . Perbandingan antara tinggi gelombang di titik yang terletak di daerah terlindung H_A dan tinggi gelombang datang H_P disebut dengan koefisien difraksi K .

$$K' = \frac{H_A}{H_P} ; K' = f(\theta, \beta, \frac{r}{L}) \dots \dots \dots (2.9)$$





Gambar 3. Difraksi gelombang di belakang rintangan (Hidayat, 2005)

2.4.2 Refraksi

Refraksi gelombang adalah perubahan bentuk gelombang yang diakibatkan oleh berubahnya kedalaman laut. Di daerah dimana kedalaman air lebih besar dari setengah panjang gelombang yaitu di laut dalam, gelombang menjalar tanpa dipengaruhi dasar laut. Di daerah ini apabila ditinjau suatu garis puncak gelombang bergerak menuju pantai, maka bagian dari puncak gelombang yang berada di air yang lebih dangkal akan menjalar dengan kecepatan yang lebih kecil daripada di bagian air yang lebih dalam. Akibatnya garis puncak gelombang akan membelok dan berusaha untuk sejajar dengan garis kontur dasar laut. Begitu pula garis ortogonal gelombang, garis ini akan membelok dan berusaha untuk tegak lurus dengan garis kontur dasar laut. Garis ortogonal gelombang adalah garis yang tegak lurus dengan garis puncak gelombang dan menunjukkan arah penjalaran gelombang (Danial, 2008).

Menurut Marsudi dkk (2010), refraksi dan pendangkalan gelombang (*wave shoaling*) akan dapat menentukan tinggi gelombang di suatu tempat berdasarkan karakteristik gelombang datang. Analisa refraksi menggunakan metode ortogonal yang dikemukakan oleh Arthur (1952). Teori ini didasarkan pada *Snell's Law* (Yuwono, 1986:22):

$$\frac{L_o}{\sin\alpha_o} = \frac{L}{\sin\alpha} = \frac{B_o}{\cos\alpha_o} = \frac{B}{\cos\alpha} = \chi$$

(2.5)

$$Kr = \sqrt{\frac{B_o}{B}} = \sqrt{\frac{\cos\alpha_o}{\cos\alpha}} \dots\dots\dots(2.6)$$

Untuk suatu gelombang yang bergerak dari *deep water* ke *shallow water* berlaku rumus berikut:

$$\frac{H}{H_o} = \frac{H}{H' o} = \sqrt{\frac{B_o}{B}} \dots\dots\dots(2.7)$$

$$H = K_s K_r H_o \dots\dots\dots(2.8)$$

Dengan :

L = Panjang gelombang (m).

L_o = Panjang gelombang laut dalam (m).

C_o = Kecepatan rambat gelombang di laut dalam (m/dt).

T = Periode gelombang (dt).

a = Sudut antara garis kedalaman dengan puncak gelombang.

K_r = Koefisien refraksi.

K_s = Koefisien *shoaling*

H_o = Tinggi gelombang laut dalam (m)

H = Tinggi gelombang (m).

2.4.3 Pendangkalan (*Shoaling*)

Shoaling adalah proses dimana terjadinya kenaikan tinggi suatu gelombang, dimana gelombang tersebut memasuki kawasan perairan yang lebih dangkal. Tinggi gelombang bisa meningkat lebih dari dua kali amplitude awal. Karena adanya perubahan kedalaman tersebut, maka terjadi perubahan kecepatan gelombang. Kecepatan gelombang tersebut menurun, sehingga berada pada posisi stasioner. Keadaan ini harus diimbangi oleh



kepadatan energi yang meningkat. Meningkatnya kepadatan energi inilah yang menyebabkan meningkatnya ketinggian gelombang (Dauhan dkk, 2013).

Menurut Hidayat (2005), Suatu deretan gelombang yang bergerak menuju pantai akan mengalami perubahan bentuk yang disebabkan oleh proses refraksi dan pendangkalan gelombang, difraksi, refleksi, dan gelombang pecah. Dalam analisa deformasi gelombang sering dilakukan dengan konsep gelombang laut dalam ekuivalen. Pemakaian gelombang ini bertujuan untuk menetapkan tinggi gelombang yang mengalami refraksi dan difraksi. Tinggi gelombang laut dalam ekuivalen diberikan oleh bentuk

$$H'0 = K_s K_r H_0 \dots\dots\dots (2.10)$$

di mana :

$H'0$ = tinggi gelombang laut dalam ekuivalen

K_s = koefisien pendangkalan (shoaling)

K_r = koefisien refraksi

H_0 = tinggi gelombang laut dalam

Konsep tinggi gelombang laut dalam ekuivalen ini digunakan dalam analisis gelombang pecah yang meliputi tinggi dan kedalaman gelombang pecah. Difraksi terjadi karena adanya pengaruh perubahan kedalaman laut. Refraksi dan pendangkalan gelombang (*wave shoaling*) akan dapat menentukan tinggi gelombang di suatu tempat berdasarkan karakteristik gelombang datang.

2.4.4 Gelombang Pecah

Gelombang yang menjalar dari laut dalam menuju pantai mengalami perubahan bentuk karena adanya pengaruh perubahan kedalaman laut. Pengaruh kedalaman laut mulai terasa pada kedalaman lebih kecil dari setengah kali panjang gelombang. Di laut dalam profil gelombang adalah sinusoidal, semakin menuju ke perairan yang lebih dangkal puncak gelombang semakin tajam dan lembah gelombang semakin datar. Selain itu kecepatan dan panjang gelombang berkurang secara berangsur-angsur sementara tinggi gelombang



bertambah. Gelombang pecah dipengaruhi oleh kemiringannya, yaitu perbandingan antara tinggi dan panjang gelombang (Dauhan dkk, 2013).

Menurut Triadmodjo (1999), gelombang pecah dapat dibedakan menjadi tiga tipe berikut ini :

1. *Spilling*

Spilling biasanya terjadi apabila gelombang dengan kemiringan kecil menuju ke pantai yang datar (kemiringan kecil). Gelombang mulai pecah pada jarak yang cukup jauh dari pantai dan pecahnya terjadi berangsur-angsur. Buih terjadi pada puncak gelombang selama mengalami pecah dan meninggalkan suatu lapis tipis buih pada jarak yang cukup panjang.

2. *Plunging*

Apabila kemiringan gelombang dan dasar bertambah, gelombang akan pecah dan puncak gelombang akan memutar dengan massa air pada puncak gelombang akan terjun ke depan. Energi gelombang pecah dihancurkan dalam turbulensi, sebagian kecil di pantulkan pantai ke laut, dan tidak banyak gelombang baru terjadi pada air yang lebih dangkal.

3. *Surgung*

Surgung terjadi pada pantai dengan kemiringan yang sangat besar seperti yang terjadi pada pantai berkarang. Daerah gelombang pecah sangat sempit, dan sebagian besar energi dipantulkan kembali ke laut dalam. Gelombang pecah tipe surgung ini mirip dengan plunging, tetapi sebelum puncaknya terjun, dasar gelombang sudah pecah.

Menurut Marsudi dkk (2010), Apabila gelombang bergerak menuju laut dangkal, kemiringan batas tersebut tergantung pada kedalaman relative (d/L) dan kemiringan dasar laut (m). Gelombang dari laut dalam yang bergerak menuju pantai akan bertambah kemiringannya sampai akhirnya tidak stabil dan pecah pada kedalaman tertentu. Munk

(1949) memberikan rumus untuk menentukan tinggi dan kedalaman gelombang pecah berikut ini

$$\frac{H_b}{H'o} = \frac{1}{3,3 \left(\frac{H'o}{L_o}\right)^{\frac{1}{3}}} \dots\dots\dots(2.11)$$

$$\frac{d_b}{H_b} = 1,28 \dots\dots\dots(2.12)$$

Beberapa penelitian lain membuktikan bahwa indeks tinggi gelombang pecah $H_b/H'o$ dan d_b/H_b tergantung pada kemiringan pantai dan kemiringan gelombang datang yang ditunjukkan oleh grafik. Bila ditulis dalam bentuk rumus maka akan berbentuk seperti berikut :

$$\frac{d_b}{H_b} = \frac{1}{b - \left(\frac{aH_b}{gT^2}\right)} \dots\dots\dots(2.13)$$

$$a = 43,75(1 - e^{-19m}) \dots\dots\dots(2.14)$$

$$b = \frac{1,56}{(1 + e^{-19,5m})} \dots\dots\dots(2.15)$$

Dengan :

$H'o$ = Tinggi gelombang laut dalam ekuivalen (m).

d_b = Kedalaman gelombang pecah (m)

H_b = Tinggi gelombang pecah (m).

a, b = Fungsi kemiringan pantai.

m = Kemiringan pantai.

2.6 Kedalaman

Samulano (2011) mengembangkan sebuah model numeris yang dapat mensimulasikan refraksi gelombang laut karena *bathymetry*, serta *shoaling* dan *breaking* berdasarkan persamaan arah gelombang (atau persamaan refraksi-difraksi) dan persamaan amplitudo gelombang.

Pemeruman adalah proses dan aktivitas yang ditujukan untuk memperoleh gambaran (model) bentuk permukaan (topografi) dasar perairan (seabed surface). Proses penggambaran dasar perairan tersebut (sejak pengukuran, pengolahan hingga



visualisasinya) disebut sebagai survey batimetri. Gambaran dasar perairan dapat disajikan dalam garis-garis kontur atau model permukaan digital. Garis-garis kontur kedalaman atau model batimetri diperoleh dengan menginterpolasikan titik-titik pengukuran kedalaman yang tersebar pada lokasi yang dikaji (Djunasjah, 2005).

Istilah batimetri dalam ilmu akustik dapat diartikan sebagai bidang yang mempelajari pengukuran dan pemetaan tentang bentuk dan rupa/topografi dasar laut. Pengukuran batimetri memberikan informasi tentang ukuran dari tinggi rendahnya dasar laut termasuk kontur laut daerah tersebut. Profil batimetri sangat penting sebagai sumber informasi baik untuk survey maupun untuk mengetahui keadaan suatu perairan tertentu (Purnawan, 2006).

2.7 Manfaat Kedalaman

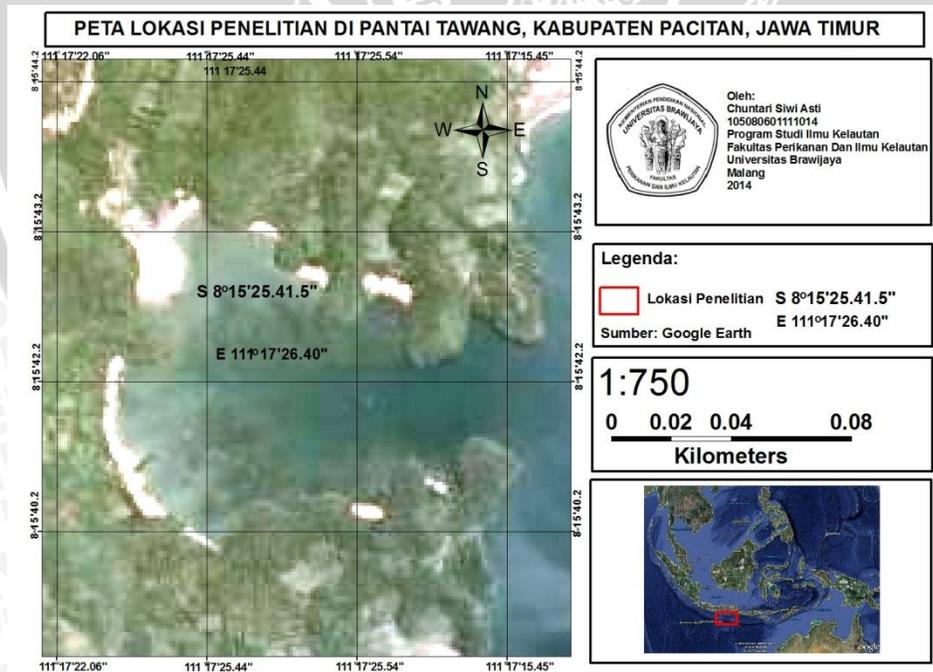
Batimetri mempunyai arti penting bagi penelitian karena dengan mengetahui morfologi muka bumi akan memudahkan mengetahui kondisi morfologi suatu daerah. Morfologi bawah laut akan sangat membantu dalam berbagai keperluan, baik di bidang ilmu pengetahuan maupun keteknikan. Dalam bidang ilmu pengetahuan misalnya dalam hal penentuan pola sedimentasi, sumber sedimentasi, transport sedimentasi, pendangkalan sedimentasi, lembah dan sungai bawah laut. Dalam bidang keteknikan, morfologi dasar laut sangat membantu dalam menentukan rute pelayaran, mempermudah dalam membantu perencanaan wilayah (pelabuhan, daerah wisata, industri) dapat membantu mengidentifikasi daerah bahaya longsor yang dapat disebabkan oleh adanya tebing bawah laut yang curam (Kurniawan, 2003).

3 METODE PENELITIAN

3.1 Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian adalah perairan Pantai Tawang, Kabupaten Pacitan, Jawa Timur, yang berada pada bujur $8^{\circ}15'43.2''$ BT dan lintang $111^{\circ}17'25.44''$ LS. Titik lokasi ini merupakan daerah teluk, sehingga pantai ini dijadikan sebagai pelabuhan Tempat Pelelangan Ikan (TPI) di wilayah kota Pacitan. Letak pantai ini cukup strategis dan terlindung karena merupakan teluk, sehingga memungkinkan kekuatan gelombang pada pantai tersebut tidak cukup tinggi.

Untuk mengetahui besarnya kekuatan gelombang di laut maka perlu dilakukan penelitian untuk mengetahui karakteristik gelombang yang terjadi di perairan tersebut. Sehingga data yang telah diperoleh dapat digunakan sebagai informasi dalam meningkatkan infrastruktur sarana dan prasarana pelabuhan di Tempat Pelelangan Ikan (TPI) Tawang. Adapun peta lokasi penelitian yang dapat dilihat pada **Gambar 4** dibawah ini:



Gambar 4. Peta Lokasi Penelitian

3.2 Aplikasi Pengolahan Data

Adapun aplikasi yang digunakan dalam pengolahan data penelitian ini sebagai berikut :

Tabel 2. Alat dan kegunaan

Alat Dan Data	Kegunaan
Aplikasi Pengolahan Data	
1. Ocean Data View	Ekstrak data angin (data sekunder dari ECMWF)
2. Notebook/PC	Digunakan sebagai pemrosesan dan penyimpanan data akustik.
3. Kamera digital	Digunakan sebagai dokumentasi
4. Software Surfer 10	Sebagai pengolahan data batimetri
5. Software Arc GIS 9.3	Sebagai pengolahan peta batimetri
6. Software Microsoft Excel 2010	Digunakan untuk input data yang diperoleh dari software Naotide
7. Google earth	Digunakan untuk mendapatkan peta lokasi penelitian dan menentukan lokasi penelitian
8. Software Microsoft Word 2010	Digunakan untuk mengerjakan laporan
9. Software Matlab 7.0.1	Proses analisis harmonic pasang surut
10. Software WrPLOT	Untuk melihat sebaran angin dominan

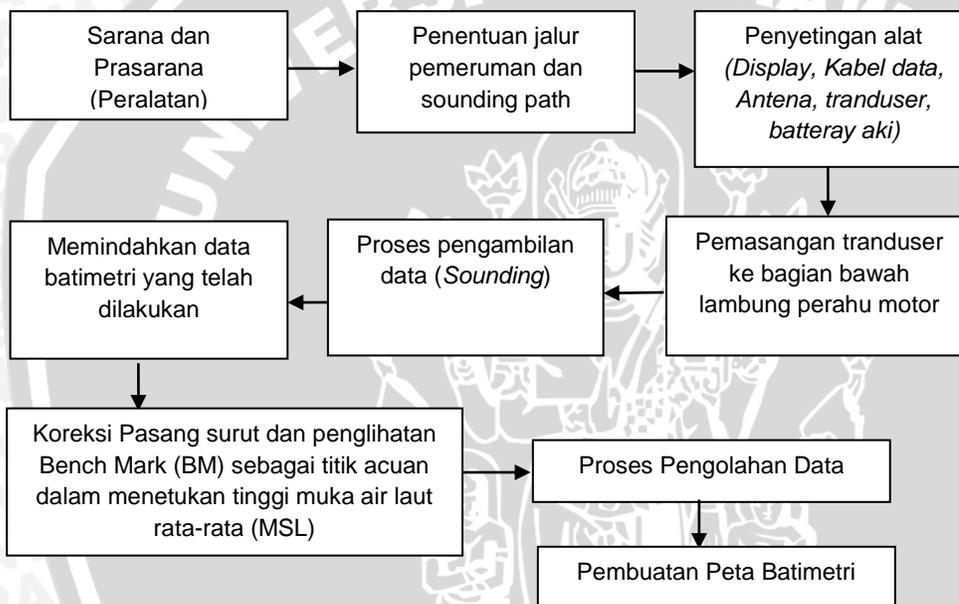
3.3 Teknik Pengambilan Data

Teknik pengambilan data yang digunakan dalam penelitian skripsi ada dua macam data, yaitu data primer dan data sekunder.

3.2.1 Data Primer

Pada penelitian ini data primer yaitu melakukan survey lapangan sebelum melakukan penelitian. Kemudian menentukan lokasi penelitian dan persiapan alat dan bahan, kemudian menentukan sounding path pada Garmin GPS MAP 580/585 Sounder. Kemudian

meletakkan tranducer pada bagian belakang kapal. Melakukan pengamatan recording pada layar display. Melakukan proses pengunduhan data pada Garmin GPS MAP 580/585 Sounder yang tersimpan pada memory card. Kemudian dilanjutkan pengolahan data. Dalam metode pengolahan data yang dilakukan selama penelitian meliputi pengambilan data yang telah terekam pada *echo-sounder*, koreksi pasang surut dan penglihatan Bench Mark (BM) sebagai titik acuan dalam menentukan tinggi muka air laut rata-rata (MSL), pengolahan data dengan menggunakan software *Surfer*.



Gambar 5. Skema Kerja Pengukuran Batimetri

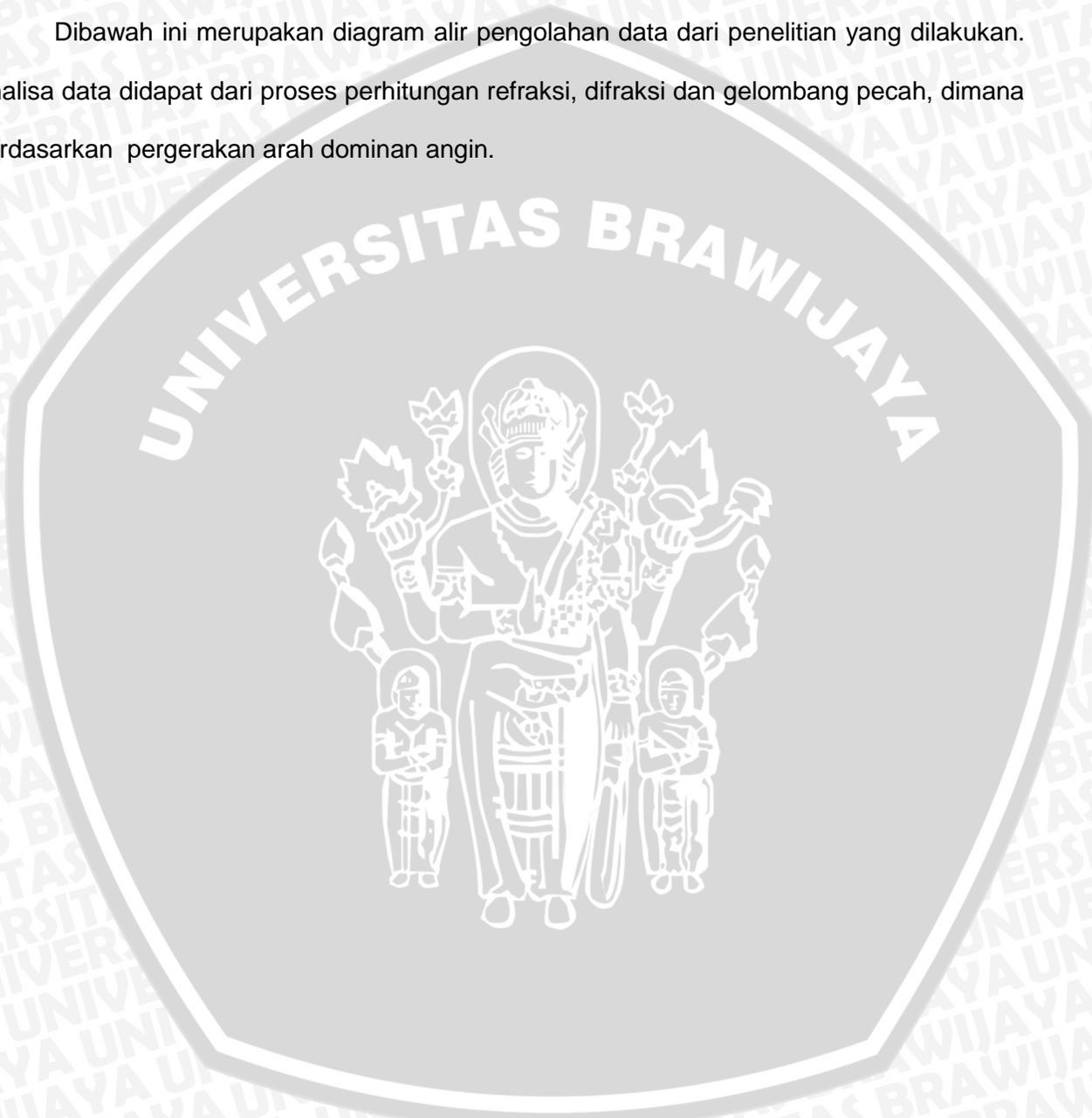
3.2.2 Data Sekunder

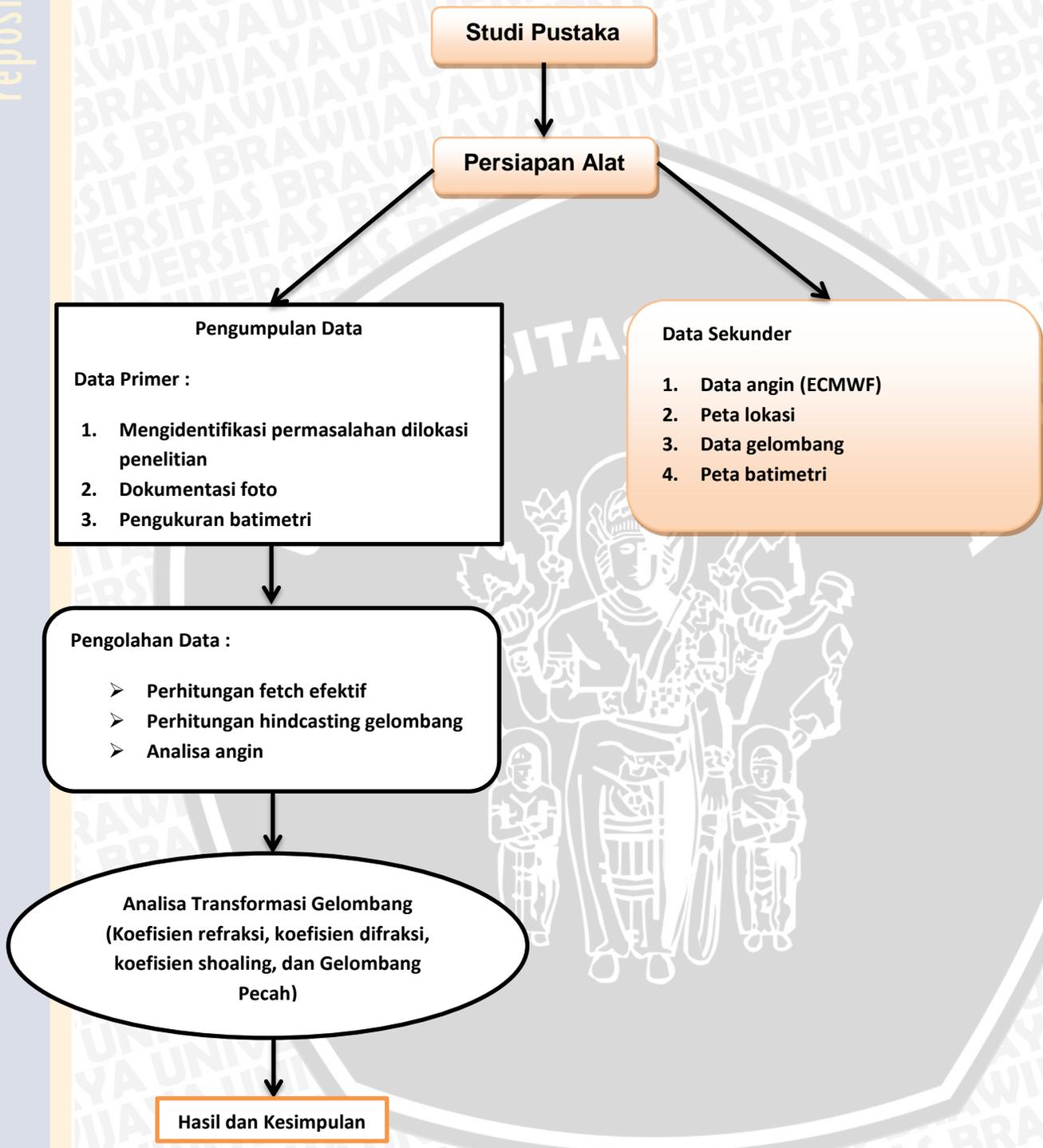
Pada penelitian skripsi ini data sekunder diperoleh dari hasil download untuk mendapatkan data gelombang dan angin. Data angin didownload pada website resmi ECMWF (*European Centre for Medium-Range Weather Forecast*). Data 10 tahun (2004 – 2013) digunakan sebagai data untuk memprediksi gelombang yang terjadi di lokasi penelitian. Sedangkan peta lokasi untuk menentukan fetch didapatkan dari Google earth.

Data sekunder juga diperoleh dari laporan-laporan, pustaka-pustaka, studi literatur baik dari jurnal penelitian, jurnal ilmiah maupun informasi dari internet.

3.2.3 Diagram Alir Pengolahan Data

Dibawah ini merupakan diagram alir pengolahan data dari penelitian yang dilakukan. Analisa data didapat dari proses perhitungan refraksi, difraksi dan gelombang pecah, dimana berdasarkan pergerakan arah dominan angin.





Gambar 6. Skema Kerja

3.3 Pengolahan Data Gelombang

Dalam penelitian untuk mendapatkan nilai tinggi gelombang dan periode gelombang maka yang langkah pertama yang ditentukan adalah nilai arah angin, selanjutnya mendownload data angin pada website ECMWF, selanjutnya menentukan nilai fetch, sehingga diperoleh nilai tinggi dan periode gelombang, yang selanjutnya dapat digunakan untuk menentukan nilai transformasi gelombang seperti difraksi, refraksi, shoaling, dan gelombang pecah. Untuk lebih lanjut akan dibahas pada sub bab dibawah ini.

3.3.1 Arah Angin

Arah angin didapatkan dari data yang diperoleh dan perlu disesuaikan dengan wilayah penentuan *fetch* untuk tiap mata angin. Jika arah angin yang diperoleh dalam derajat maka perlu dilakukan pembatasan wilayah dalam derajat sebagai acuan untuk menentukan arah angin. Data angin yang diukur dikoreksi terlebih dahulu dengan data angin yang didarat agar sesuai dengan angin yang terjadi di laut. Koreksi antara data angin di daratan dan diatas permukaan laut adalah sebagai berikut:

$$R_L = \frac{U_w}{U_L} \dots\dots\dots(3.1)$$

dimana :

R_L = faktor korelasi akibat perbedaan ketinggian

U_w = kecepatan angin di atas permukaan laut

U_L = kecepatan angin di atas daratan

Untuk keperluan peramalan gelombang biasanya dipergunakan kecepatan angin pada ketinggian 10 m dari permukaan tanah. Apabila kecepatan angin tidak diukur pada ketinggian tersebut, kecepatan angin dikoreksi dengan rumus:

$$U_{10} = U_z * \left(\frac{10}{z}\right)^{\frac{1}{7}}, \text{ untuk } z < 20 \text{ m} \dots\dots\dots(3.2)$$

Sedangkan kecepatan angin yang akan digunakan untuk peramalan gelombang adalah :

$$U = R_L * R_T * (U_{10})_L \dots\dots\dots(3.3)$$

dimana :

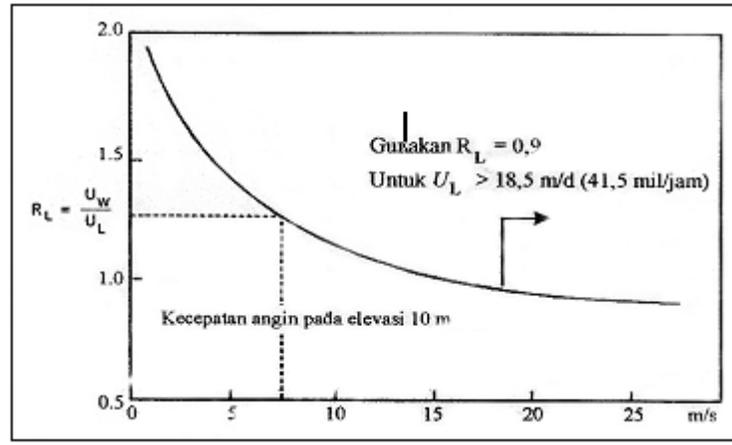
R_L = koreksi terhadap pencatatan kecepatan angin di darat

R_T = koreksi akibat adanya perbedaan antara temperatur udara dan air

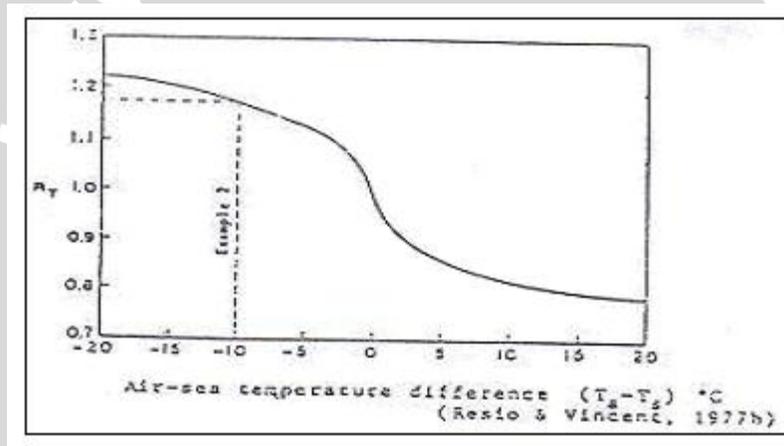
$(U_{10})_L$ = kecepatan angin pada ketinggian 10 m di atas tanah.

Hasil dari perhitungan kecepatan angin tersebut di atas kemudian dikonversikan menjadi faktor tegangan angin (U_A) dengan menggunakan rumus :

$$U_A = 0.71 * U^{1.23} \dots\dots\dots(3.4)$$



Gambar 7. Grafik Koreksi akibat Perbedaan Ketinggian, R_L (SPM,1984)



Gambar 8. Grafik Koreksi akibat Perbedaan Temperatur, R_T (SPM,1984)

Selanjutnya menentukan menentukan tinggi gelombang (H_0) dan periode gelombang (T) melalui grafik peramalan gelombang, penentuan dilakukan dengan sistem *Fetch Limited* dan *Duration Limited* untuk menentukan karakter dari perkembangan gelombang. Sedangkan menentukan durasi minimum *fetch*, yang dibutuhkan untuk penentuan daerah gelombang adalah *Open Water* untuk laut dalam dan *Restricted Fetch* untuk laut dangkal. Setelah didapat data gelombang signifikan tiap tahunnya, maka langkah selanjutnya adalah menentukan tinggi dan periode gelombang yang direncanakan dengan analisis statistik gelombang. Data gelombang tahunan didapat dari data angin maksimum tiap tahun pada

arah gelombang di laut. Data gelombang tersebut dianalisis secara statistik dan dipilih hasil terbaik. Sedangkan untuk arah angin yang diambil sebagai acuan adalah sebagai berikut:

- Arah Utara ($337,5^\circ < U < 22,5^\circ$)
- Arah Timur Laut ($22,5^\circ < TL < 67,5^\circ$)
- Arah Timur ($67,5^\circ < T < 112,5^\circ$)
- Arah Tenggara ($112,5^\circ < TG < 157,5^\circ$)
- Arah Selatan ($157,5^\circ < S < 202,5^\circ$)
- Arah Barat Daya ($202,5^\circ < BD < 247,5^\circ$)
- Arah Barat ($247,5^\circ < B < 292,5^\circ$)
- Arah Barat Laut ($292,5^\circ < BL < 337,5^\circ$)

3.3.2 Pengolahan Data Angin Dari ECMWF

pengambilan data angin secara time series untuk mendapatkan data prakiraan gelombang yang telah terjadi. Untuk mendapatkan data angin beberapa tahun yang lalu dilakukan dengan cara mendownload data angin di website *European Centre for Medium-Range Weather Forecast* (ECMWF) yaitu <http://www.ecmwf.int>. Data yang didownload dalam format .nc, namun pengambilan data angin dengan ECMWF ini tidak bisa dilakukan langsung sesuai titik lokasi penelitian, hanya bisa digunakan pada luasan tertentu. Kemudian untuk mendapatkan data yang diinginkan maka diperlukan pengolahan dengan menggunakan software *Ocean Data View* (ODV) dengan cara data dalam format .nc diubah menjadi data dalam format .txt file dengan menggunakan ODV. Kemudian data yang telah disimpan dalam format .txt file dibuka dengan menggunakan software Microsoft Exel 2010, untuk melihat hasil perhitungan nilai arah dan kecepatan angin dari vector u dan v. Kemudian pengambilan data dilakukan sesuai titik lokasi yang diinginkan. Kemudian akan didapatkan hasil berupa data numerik dari data arah dan kecepatan angin dengan format .xls.

3.3.4 Penentuan *Fetch*

Penentuan perhitungan *fetch*, dalam menentukan *fetch* diperlukan peta perairan lokasi penelitian dan sekitarnya dengan skala yang cukup besar untuk melihat pulau-pulau atau daratan yang mempengaruhi pembentukan gelombang di lokasi penelitian. *Fetch* adalah pembentukan gelombang dari daratan dimana kecepatan dan arah angin adalah konstan. Panjang *fetch* diukur untuk tiap arah angina dilaut dan diukur tiap sudut 5° pada interval -42° sampai 42° untuk masing-masing arah dari titik pengamatan. Panjang *fetch* dihitung untuk 8 arah mata angin dan persamaan *fetch* adalah sebagai berikut :

$$F_{eff} = \frac{\sum X_i \cos \alpha}{\sum \cos \alpha} \dots\dots\dots(3.5)$$

Dimana :

F_{eff} = *Fetch* rerata efektif

X_i = panjang antara garis pantai dengan daratan terdekat pada sub-interval sudut

α = sudut deviasi pada kedua sisi dari arah angin

3.3.5 Hasil Peramalan Gelombang

Langkah pertama dalam penelitian ini yaitu menentukan data primer dan sekunder, data primer yaitu melakukan survey lapang sebelum melakukan penelitian. Kemudian menentukan lokasi penelitian dan persiapan alat. Setelah data sekunder yang di dapat yaitu berupa data angin, gelombang, peta lokasi dan peta batimetri disiapkan. Kemudian dilakukan pengolahan data. Peramalan gelombang didasarkan pada kondisi masa lalu yang disebut *hindcasting*. Data angin dapat digunakan untuk memperkirakan tinggi dan periode gelombang dilaut karena terjadinya gelombang laut paling dipengaruhi oleh tiupan angin. *Hindcasting* gelombang akan menghasilkan perkiraan tinggi (H) dan periode (T) gelombang akibat adanya angina dengan besar, arah dan durasi tertentu. Metode peramalan gelombang dapat dibedakan atas peramalan gelombang laut dalam dan peramalan

gelombang laut dangkal. Data prediksi gelombang yang akan dihitung jika berjumlah ratusan sampai ribuan data, maka digunakan tabel untuk mempermudah perhitungan, tabel perhitungan seperti di bawah ini :

Tabel 3 Perhitungan Gelombang

Tanggal	Arah	Kec	Ua	Fetch	Hmo	Tp
1	2	3	4	5	6	7

Keterangan:

1. kolom 1 menunjukkan tanggal peramalan gelombang

2. kolom 2 menunjukkan arah angin

U : Utara

TL : Timur Laut

T : Timur

Tg : Tenggara

BL : Barat Laut

S : Selatan

B : Barat

BD : Barat Daya

3. kolom 3 menunjukkan besarnya kecepatan angin yang berhembus di laut pada satu hari pengukuran dalam satuan (m/s).

4. kolom 4 menunjukkan nilai tegangan angin (U_A) yang di dapatkan dari persamaan

$$U_A = 0,71 \cdot U^{1,23}$$

5. kolom 5 menunjukkan nilai *fetch* berdasarkan arah angin

6. kolom 6 menunjukkan hasil perhitungan prediksi tinggi gelombang (H_{m0}) berdasarkan data angin yang diperoleh dari persamaan :

Untuk panjang *fetch* terbatas:

$$\frac{g^* Hm_0}{U_a^2} = 1.6 * 10^{-3} * \left(\frac{g^* F}{U_a^2} \right)^{\frac{1}{2}} \dots\dots\dots(3.6)$$

$$\frac{g^* Tm}{U_a^2} = 2.857 * 10^{-1} * \left(\frac{g^* F}{U_a^2} \right)^{\frac{1}{3}} \dots\dots\dots(3.7)$$

$$\frac{g^* t}{U_a} = 6.88 * 10 * \left(\frac{g^* F}{U_a^2} \right)^{\frac{2}{3}} \dots\dots\dots(3.8)$$

Untuk panjang *fetch* tidak terbatas

$$\frac{g^* H_{mo}}{U_a^2} = 2.433 * 10^{-1} \dots\dots\dots(3.9)$$

$$\frac{g^* T_m}{U_a^2} = 8.134 \dots\dots\dots(3.10)$$

$$\frac{g^* t}{U_a} = 7.15 * 10^{-4} \dots\dots\dots(3.11)$$

dimana :

- Hm_o = tinggi gelombang signifikan
- T_m = periode gelombang puncak
- F = panjang *fetch*
- U_a = faktor tekanan angin

7. kolom 7 menunjukkan hasil perhitungan prediksi periode gelombang (Tp) berdasarkan data angin.

3.3.6 Transformasi Gelombang

Perhitungan koefisien refraksi dengan cara menentukan sudut datang gelombang (α), kemudian menentukan kedalaman untuk mengetahui perubahan tinggi gelombang. Selanjutnya menentukan tinggi dan periode gelombang rencana. Untuk memperoleh periode gelombang maksimum berdasarkan perubahan kedalaman, maka dibuat hubungan tinggi gelombang maksimum dan periode gelombang maksimum yang telah dihitung dengan metode *hindcasting* untuk mendapatkan persamaan persamaan dari grafik hubungan. Selanjutnya menghitung panjang gelombang laut dalam dengan rumus dibawah ini:

$$L_0 = 1,56T^2 \dots\dots\dots(3.12)$$

Kemudian dihitung nilai α dengan rumus sebagai berikut,

$$\alpha = d/L_0 \dots\dots\dots(3.13)$$

Dan hasilnya dilihat berdasarkan nilai d/L dan n yang telah ditentukan dan diperoleh nilai L . selanjutnya dihitung nilai cepat rambat gelombang dengan rumus

$$C_0 = L_0/T \text{ dan } C = L/T \dots\dots\dots (3.14)$$

Sehingga didapatkan nilai sudut datang gelombang dengan menggunakan rumus dibawah ini:

$$\sin \alpha = \frac{c}{c_0} \sin \alpha_0 \dots\dots\dots(3.15)$$

Kemudian menentukan nilai Koefisien Refraksi (K_r) dengan rumus:

$$K_r = \sqrt{\frac{\cos \alpha_0}{\cos \alpha}} \dots\dots\dots(3.16)$$

Selanjutnya menghitung nilai Koefisien Shoaling dengan rumus:

$$K_s = \sqrt{\frac{n_0 L_0}{nL}} \dots\dots\dots(3.17)$$

Setelah perhitungan tersebut akan didapatkan tinggi gelombang yang baru dengan rumus:

$$H = H_0.K_r.K_s \dots\dots\dots(3.18)$$

Selanjutnya dihitung nilai gelombang pecah dengan menggunakan grafik yang tersedia yaitu grafik hubungan antara:

$$H'o/gT^2 \text{ dan } H_b/H'o \dots\dots\dots(3.19)$$

Dimana,

$$H'o = Ho/(Ks) \dots\dots\dots(3.20)$$

Nilai H_b didapatkan dari hasil plot antara nilai $H'o/gT$ dan kemiringan pantai (m). Selanjutnya ditentukan nilai gelombang pecah dan dianalisis untuk mendapatkan hasil untuk disimpulkan.



4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Keadaan Umum Lokasi

Pantai Tawang yang terdapat di Desa Sidomulyo, Kecamatan Tawang memiliki potensi sumber daya perairan yang cocok untuk kegiatan perikanan tangkap dengan kondisi geografis yang mendukung dan memiliki teluk yang cukup luas. Selain itu kehidupan sosial budaya masyarakat yang kental dengan aktivitas nelayan juga menjadi pendukung pengembangan area wisata terpadu. Pantai Tawang memiliki kondisi geografis yang baik. Beberapa kelebihan kondisi geografis dari Pantai Tawang adalah terletak di daerah teluk sehingga gelombang yang masuk sebagian sudah tereduksi. Di Pantai Tawang memiliki pemecah gelombang alami berupa bukit kapur yang menghadang arah gelombang lepas pantai. Sedimentasi di Pantai Tawang relatif kecil, karena aliran sungai mengalir hanya saat musim hujan saja, dan sedimentasi yang dihasilkan dari pemukiman relatif kecil. Pantai Tawang merupakan pantai berkarang yang landai. Memiliki luas area untuk pelabuhan 1,5 Ha. Dengan jumlah kapal ikan yang memanfaatkan Tempat Pendaratan Ikan Tawang cukup banyak sekitar 276 unit kapal. Dengan lebar mulut pelabuhan untuk pintu masuk adalah 38 m, dan luas kolam pelabuhan 4400 m². Kecepatan arus di Pantai Tawang relatif kecil yaitu 0,34 m/s dan kondisi topografi berbukit disebelah barat dengan ketinggian rata – rata 13-16 m (Dinas Perikanan dan Kelautan, 2012).

Kabupaten Pacitan terdiri dari 7 kecamatan pesisir dengan panjang garis pantai keseluruhan sepanjang 70,71 km. Kabupaten Pacitan memiliki 17 Tempat Pendaratan Ikan dan diantaranya terdapat satu Pelabuhan Perikanan Pantai (PPP) di Kecamatan Pacitan dan 16 Tempat Pendaratan Ikan. Salah satu tempat yang dijadikan Tempat Pendaratan Ikan dalam masterplan minapolitan adalah Pantai Tawang di Kecamatan Ngadirojo. Pantai

Tawang dijadikan zona pengembangan di bagian timur sebagai Tempat Pelelangan Ikan (TPI). Pantai Tawang memiliki potensi sumber daya perairan yang cocok untuk kegiatan perikanan tangkap dengan kondisi geografis yang mendukung dan memiliki teluk yang cukup luas. Untuk mewujudkan hal tersebut, pemerintah Kabupaten Pacitan bekerja sama dengan dinas – dinas terkait melakukan sebuah perencanaan secara terpadu yang menghubungkan dan menyatukan potensi wilayah, kondisi geografis, sosial ekonomi sarana dan prasarana dengan konsep pengembangan perikanan tangkap secara kewilayahan. Program ini diharapkan akan memacu pertumbuhan kawasan TPI Tawang dan sekitarnya sehingga akan mendukung peningkatan perekonomian daerah tersebut dan sekitarnya (Dinas Perikanan dan Kelautan, 2012).

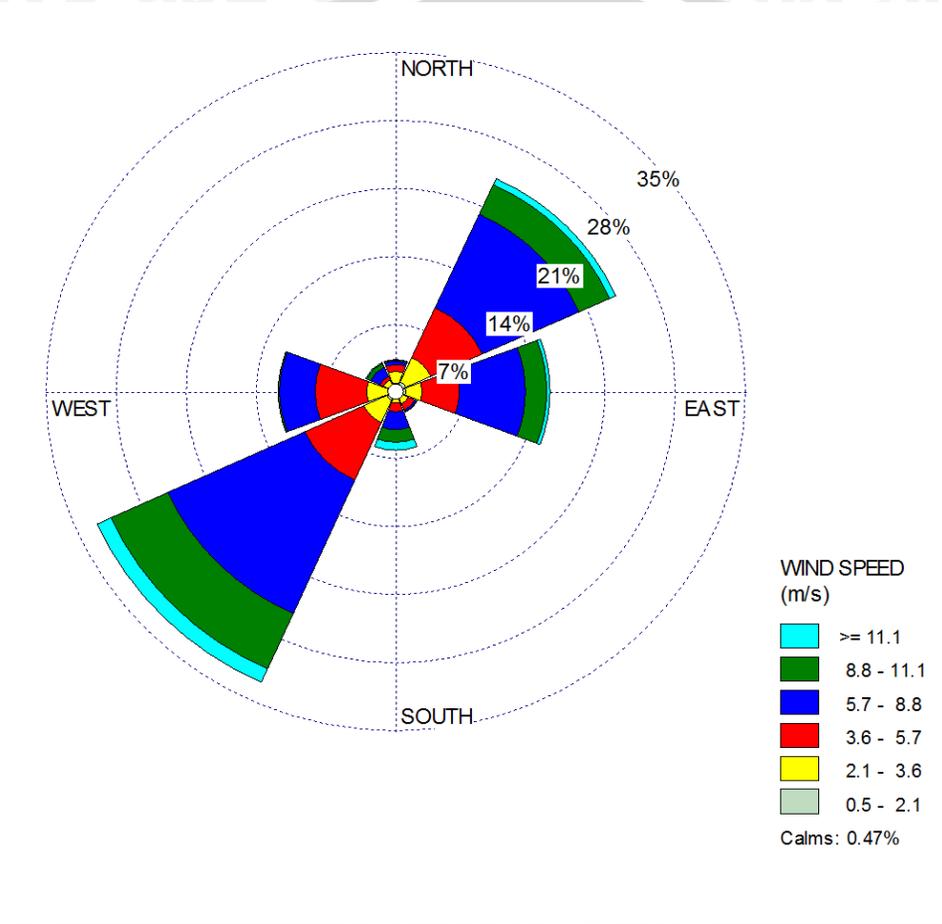
4.2 Peramalan Tinggi dan Periode Gelombang Dengan Data Angin

Berdasarkan hasil perhitungan pada sub bab sebelumnya maka di peroleh nilai arah angin dominan, nilai fetch, nilai tinggi dan periode gelombang, dan nilai transformasi gelombang, seperti nilai difraksi, nilai refraksi, nilai shoaling dan nilai dari gelombang pecah. Maka dari perhitungan yang telah dilakukan akan di bahas lebih lanjut pada sub bab di bawah ini.

4.2.1 Penentuan Arah Angin Dominan

Dalam penelitian ini data angin di peroleh dari website ECMWF, kemudian data yang telah didownload digunakan untuk menentukan arah angin dominan untuk menentukan nilai dan panjang fetch pada prediksi gelombang. Data yang digunakan dalam menentukan tinggi dan periode gelombang adalah data kecepatan dan arah angin harian yang kemudian diolah dengan menggunakan software WrPLOT untuk memudahkan dalam menentukan arah angin dominan. Hasil dari pengolahan data disajikan dalam bentuk mawar angin (windrose). Arah angin yang dominan digunakan untuk menentukan panjang fetch. Tetapi sebelum menghitung panjang fetch makan harus diketahui dahulu posisi lokasi pembangkitan

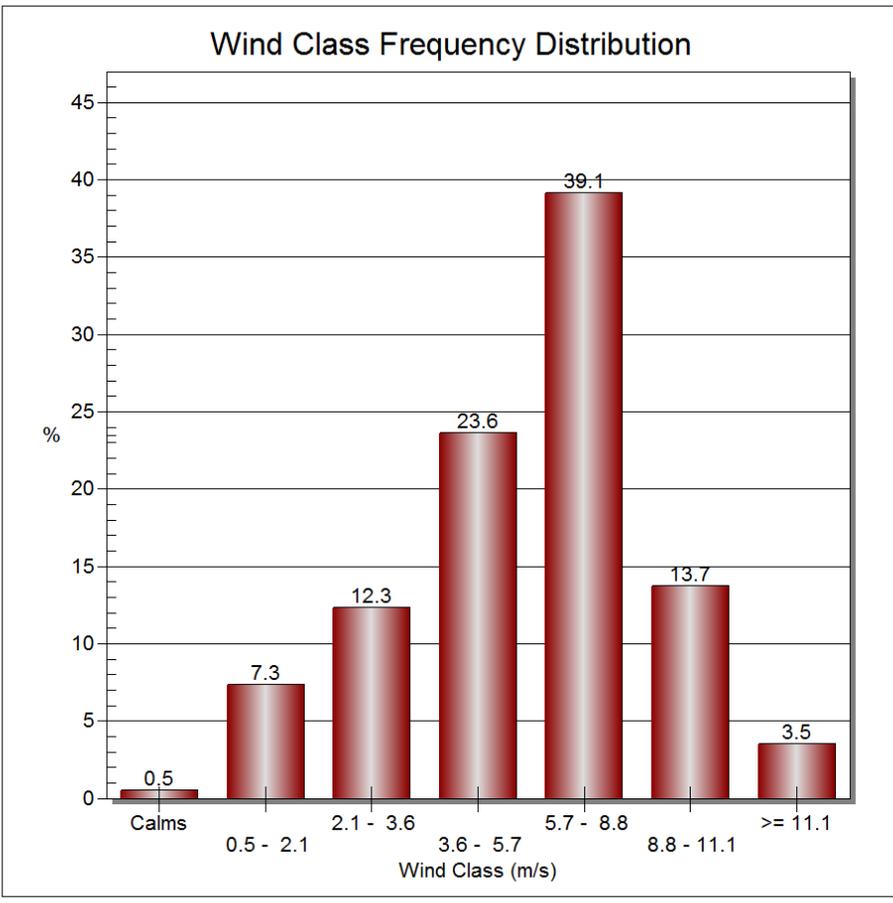
gelombang. Jika lokasi pembangkitan gelombang telah didapatkan, maka arah angin dominan yang ada bisa langsung digunakan untuk menghitung panjang fetch. Untuk lebih memudahkan dalam menentukan arah angin dominan yang mempengaruhi pembangkitan gelombang, maka dapat dilihat pada gambar dibawah ini:



Gambar 9. Windrose data angin ECMWF pada tahun 2004-2013

Windrose diatas merupakan hasil persebaran angin selama 10 tahun yaitu dari tahun 2004-2013 berdasarkan data angin yang ada di ECMWF, berdasarkan hasil windrose diatas arah angin yang paling dominan berasal dari arah barat, barat daya, timur, dan timur laut. Arah angin dominan sangat mempengaruhi pembangkitan gelombang di lokasi penelitian. Angin yang berasal dari arah barat, barat daya, timur, dan timur laut didominasi oleh angin

dengan kecepatan antara 5.7 – 8.8 m/s. Berdasarkan gambar diatas arah angin berasal dari barat daya menuju arah timur laut dengan prosentase seperti diagram batang dibawah ini:

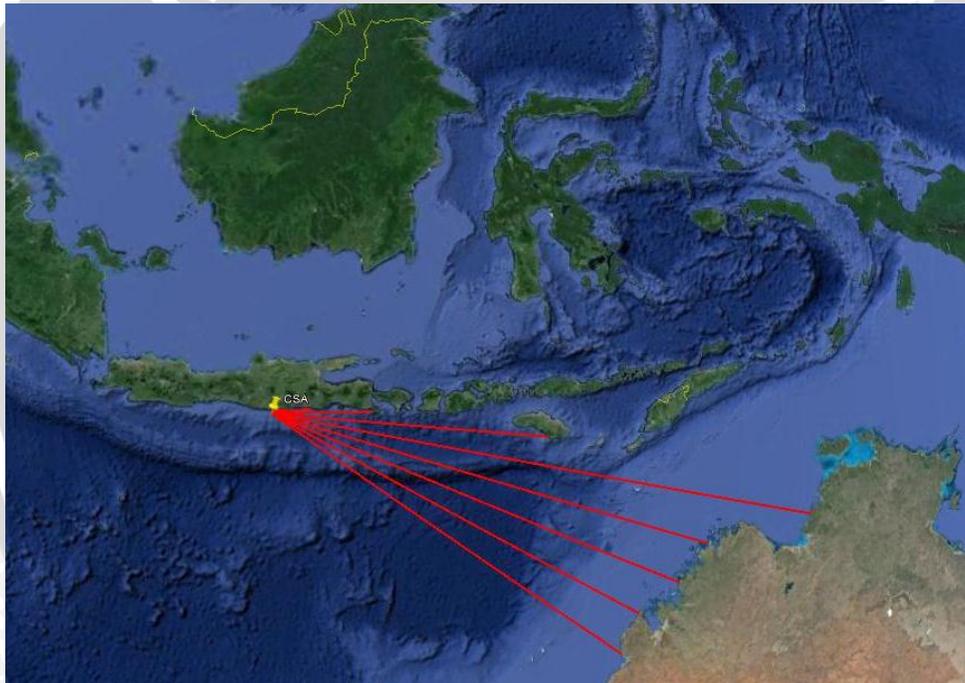


Gambar 10. Prosentase kecepatan angin ECMWF pada tahun 2004-2013

Pada diagram batang yang ditunjukkan gambar diatas dapat diketahui bahwa kecepatan angin pada tahun 2004-2013 didominasi oleh kecepatan angin sebesar 5.7 – 8.8 m/s sebesar 39.1%, sedangkan kecepatan angin tertinggi hanya 3.5% dengan kecepatan >11.1 m/s. Kecepatan angin ini akan mempengaruhi tinggi dan periode gelombang yang terbentuk disamping arah, durasi dan panjang *fetch*. Semakin kuat angin berhembus, semakin besar gelombang yang terbentuk (Triatmodjo, 1999).

4.2.2 Penentuan *Fetch*

Dalam menentukan panjang *fetch* dapat dilakukan dengan menggunakan nilai dari masing-masing arah angin dominan yang terjadi di Pantai Tawang, yaitu arah angin dominan yang terjadi di Pantai Tawang berasal dari arah Barat, Barat Daya, Timur dan Timur Laut. Dalam menentukan panjang *fetch* dibutuhkan peta yang memiliki skala lebih besar agar memudahkan dalam pengukuran panjang *fetch*. Dalam penelitian dilakukan pengukuran dengan menggunakan bantuan software Google Earth agar memudahkan dalam menentukan deviasi masing-masing sudut untuk masing-masing arah angin yang memberi pengaruh dominan terhadap pantai seperti ditunjukkan seperti gambar dibawah ini,



Gambar 11. Pengukuran fetch efektif

Hasil perhitungan *fetch* efektif untuk masing-masing arah gelombang ditunjukkan dalam tabel-tabel dibawah ini:

Tabel 4. Perhitungan panjang fetch efektif arah Barat

Perhitungan Panjang Fetch arah Barat				
Tenggara	Deviasi sudut (α)	Cos (α)	Xi (Km)	Xi Cos (α)

Perhitungan Panjang Fetch arah Barat				
Tenggara	Deviasi sudut (α)	Cos (α)	Xi (Km)	Xi Cos (α)
	42	0.7431	33.36	24.78982
	36	0.809	35.56	28.76804
	30	0.866	46.3	40.0958
	24	0.9135	162.13	148.1058
	18	0.9511	229.16	217.9541
	12	0.9781	302.07	295.4547
	6	0.9945	7375.15	7334.587
	0	0	7862.59	7862.59
	-6	0.9945	7870.68	7827.391
	-12	0.9781	6655.21	6509.461
	-18	0.9511	6795.24	6462.953
	-24	0.9135	7044.61	6435.251
	-30	0.866	8670.11	7508.315
	-36	0.809	9719.98	7863.464
	-42	0.7431	9738.78	7236.887
	Jumlah	12.5106		65796.07
Fetch efektif			5259.22 = 525922 m	

Tabel 5. Perhitungan panjang fetch efektif arah Barat Daya

Perhitungan Panjang Fetch arah Barat Daya				
	Deviasi sudut (α)	Cos (α)	Xi (Km)	Xi Cos (α)
	42	0.7431	7949.09	5906.969
	36	0.809	7400.95	5987.369
	30	0.866	6715.5	5815.623
	24	0.9135	6895.64	6299.167
	18	0.9511	8450.34	8037.118
	12	0.9781	8965.79	8769.439
	6	0.9945	15779	15692.22
Selatan	0	0	15576	15576
	-6	0.9945	15494	15408.78
	-12	0.9781	15681	15337.59
	-18	0.9511	15399	14645.99
	-24	0.9135	15183	13869.67
	-30	0.866	7277.41	6302.237
	-36	0.809	6592.08	5332.993
	-42	0.7431	6366.39	4730.864

Perhitungan Panjang Fetch arah Barat Daya			
	Deviasi sudut (α)	Cos (α)	Xi (Km)
	Jumlah	12.5106	147712
Fetch efektif		11806.9= 1118069 m	

Tabel 6. Perhitungan panjang fetch efektif arah Timur Laut

Perhitungan Panjang Fetch arah Timur Laut				
	Deviasi sudut (α)	Cos (α)	Xi (Km)	Xi Cos (α)
Timur Laut	42	0.7431	67.79	50.37475
	36	0.809	51.38	41.56642
	30	0.866	37.6	32.5616
	24	0.9135	31.63	28.89401
	18	0.9511	29.16	27.73408
	12	0.9781	27.05	26.45761
	6	0.9945	20.56	20.44692
	0	0	17.64	17.64
	-6	0.9945	15.85	15.76283
	-12	0.9781	13.19	12.90114
	-18	0.9511	12.26	11.66049
	-24	0.9135	12.53	11.44616
	-30	0.866	13.15	11.3879
	-36	0.809	13.15	10.63835
-42	0.7431	12.25	9.102975	
Jumlah		12.5106		328.5752
Fetch efektif			45.322 = 45322 m	

Tabel 7. Perhitungan panjang fetch efektif arah Timur

Perhitungan Panjang Fetch arah Timur				
	Deviasi sudut (α)	Cos (α)	Xi (Km)	Xi Cos (α)
Timur	42	0.7431	1591.82	1182.881
	36	0.809	1566.76	1267.509
	30	0.866	1656.88	1434.858
	24	0.9135	1717.88	1569.283
	18	0.9511	2123.94	2020.079
	12	0.9781	1013.07	990.8838
	6	0.9945	366.5	364.4843
	0	0	145.18	145.18
	-6	0.9945	62.92	62.57394

Perhitungan Panjang Fetch arah Timur				
Timur	Deviasi sudut (α)	Cos (α)	Xi (Km)	Xi Cos (α)
	-12	0.9781	46.13	45.11975
	-18	0.9511	39.89	37.93938
	-24	0.9135	30.63	27.98051
	-30	0.866	28	24.248
	-36	0.809	24.74	20.01466
	-42	0.7431	16.73	12.43206
Jumlah		12.5106		9205.467
Fetch efektif			735.81 = 73581 m	

Data *fetch* efektif ini digunakan untuk menghitung tinggi dan periode gelombang sesuai dengan arah datangnya angin sebagai pembangkit gelombang. Berdasarkan empat tabel diatas *fetch* dari arah barat daya yang memiliki *fetch* terpanjang.

4.2.3 Analisis Tinggi dan Periode Gelombang

Berdasarkan perhitungan diatas maka nilai dari tinggi dan periode gelombang dapat diketahui. Hasil prediksi pada perhitungan peramalan gelombang adalah tinggi gelombang dan periode puncak spektrum gelombang. Perhitungan peramalan tinggi dan periode gelombang pada bulan mei 2011 tersaji dalam **Tabel 8**, sedangkan perhitungan pada bulan dan tahun lainnya pada **Lampiran**.

Tabel 8. Data Peramalan Gelombang Pada Mei 2011

Tanggal	Arah	Kec (m)	Ua (m)	Fetch (m)	Hmo (m)	T (s)
5/1/2011	B	4.248	4.206	525922	1.558	8.123
5/2/2011	BD	4.450	4.455	118072	0.782	5.032
5/3/2011	B	4.225	4.179	525922	1.548	8.106
5/4/2011	BL	3.070	2.821	0.000	0.000	0.000
5/5/2011	BL	1.881	1.545	0.000	0.000	0.000
5/6/2011	BL	1.758	1.421	0.000	0.000	0.000
5/7/2011	T	2.594	2.293	73581	0.317	3.445
5/8/2011	TL	3.704	3.554	45322	0.386	3.392
5/9/2011	TL	5.625	5.942	45322	0.646	4.026
5/10/2011	T	6.001	6.434	73581	0.891	4.859
5/11/2011	TL	4.826	4.921	45322	0.535	3.781

Tanggal	Arah	Kec (m)	Ua (m)	Fetch (m)	Hmo (m)	T (s)
5/12/2011	T	2.638	2.342	73581	0.324	3.469
5/13/2011	TL	2.654	2.358	45322	0.256	2.958
5/14/2011	BD	3.784	3.648	118072	0.640	4.708
5/15/2011	B	4.536	4.560	525922	1.689	8.345
5/16/2011	BD	3.209	2.979	118072	0.522	4.401
5/17/2011	BD	2.965	2.703	118072	0.474	4.261
5/18/2011	T	2.186	1.858	73581	0.257	3.212
5/19/2011	TL	2.086	1.754	45322	0.190	2.680
5/20/2011	TL	2.539	2.233	45322	0.242	2.905
5/21/2011	T	4.185	4.130	73581	0.572	4.191
5/22/2011	TL	5.166	5.351	45322	0.581	3.887
5/23/2011	TL	5.071	5.231	45322	0.568	3.858
5/24/2011	TL	4.279	4.244	45322	0.461	3.599
5/25/2011	T	4.851	4.953	73581	0.686	4.453
5/26/2011	T	4.294	4.263	73581	0.590	4.236
5/27/2011	T	5.782	6.146	73581	0.851	4.785
5/28/2011	T	5.215	5.413	73581	0.750	4.587
5/29/2011	T	6.140	6.618	73581	0.917	4.904
5/30/2011	T	6.036	6.480	73581	0.897	4.870
5/31/2011	T	5.773	6.135	73581	0.850	4.782

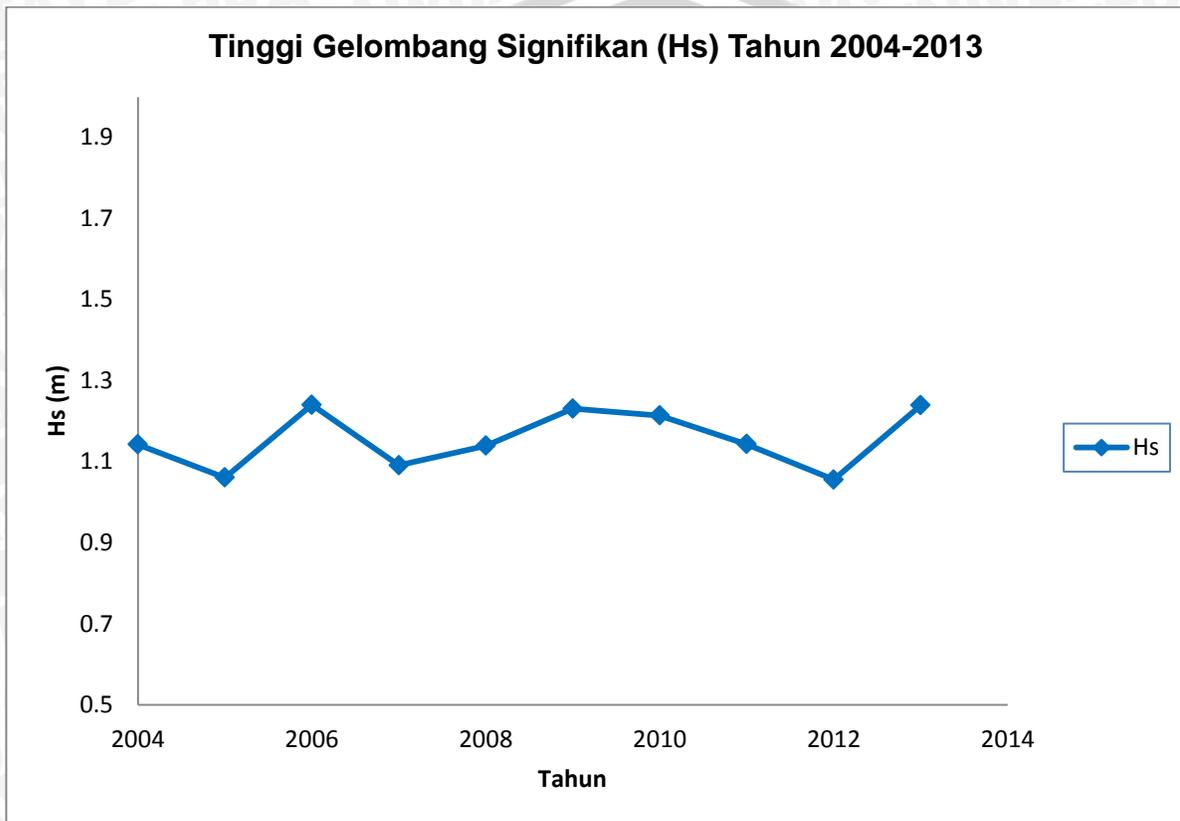
Yuwono (1982) menyatakan bahwa tinggi gelombang rencana yang digunakan tergantung pada jenis konstruksi yang akan dibangun dan nilai daerah yang akan dilindungi. Perencanaan bangunan pelindung pantai atau untuk pengembangan pelabuhan biasanya menggunakan gelombang signifikan (H_s). Hasil peramalan tinggi dan periode gelombang selama 10 tahun pada **Tabel 9**.

Tabel 9. Data tinggi gelombang maksimum setiap tahun (2004 - 2013)

Tahun	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
H_s	1.142	1.060	1.240	1.090	1.139	1.230	1.213	1.143	1.055	1.239
T_s	4.915	4.899	5.546	4.809	5.022	5.240	5.186	4.817	4.551	5.393

Berdasarkan peramalan tinggi dan periode gelombang selama 10 tahun yaitu pada tahun 2004 - 2013 yang ditunjukkan pada tabel di atas, dapat di lihat bahwa tinggi dan periode gelombang di setiap tahun fluktuatif, dimana pada tahun-tahun tertentu mengalami

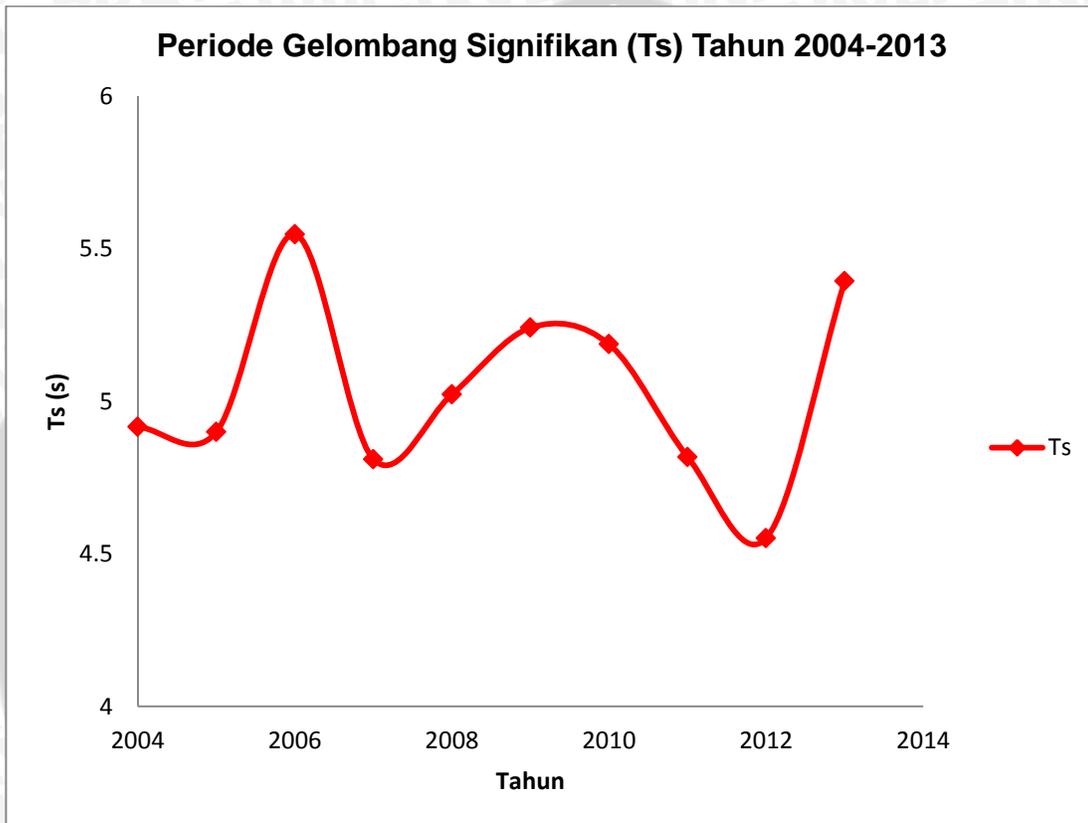
penurunan dan pada tahun-tahun tertentu juga mengalami kenaikan. Lebih jelas untuk mengetahui grafiknya maka dapat dilihat pada **Gambar 12**.



Gambar 12. Grafik Tinggi gelombang signifikan hasil peramalan tahun 2004 – 2013

Berdasarkan grafik diatas menunjukkan bahwa besarnya nilai tinggi gelombang berbeda di setiap tahun, gelombang tertinggi terjadi pada tahun 2006 yaitu 1.240 m, sedangkan gelombang terendah terjadi pada tahun 2012 sebesar 1.055 m, dengan rata-rata tinggi gelombang adalah 1.156 m. Berdasarkan penelitian Wahyuningsih dkk (2012) Kabupaten Pacitan merupakan salah satu kabupaten yang terletak di wilayah Jawa Timur bagian selatan, yang berbatasan langsung dengan Samudera Hindia yaitu Teluk Pacitan, sehingga daerahnya mendapat pengaruh sifat-sifat laut seperti angin laut, dan pasang surut air laut,

selain itu tinggi gelombang. Gelombang yang terjadi sebesar 1.398 m dan periode sebesar 5.4 detik. Sedangkan periode gelombang ditunjukkan pada gambar dibawah ini:



Gambar 13. Grafik periode gelombang signifikan hasil peramalan tahun 2004 – 2013

Berdasarkan gambar diatas menunjukkan bahwa selama 10 tahun terjadi periode gelombang yang bervariasi di setiap tahunnya. Periode gelombang terlama terjadi pada tahun 2006 dengan nilai sebesar 5.546 s, sedangkan periode gelombang tercepat terjadi pada tahun 2012 dengan nilai sebesar 4.551 s. Hal ini menunjukkan bahwa nilai gelombang tertinggi dan periode terlama terjadi pada tahun yang sama yaitu tahun 2006, begitupula dengan tahun 2012 dimana terjadi gelombang terendah dan periode gelombang tercepat. Maka dapat disimpulkan bahwa hubungan antara tinggi gelombang terhadap periode gelombang adalah berbanding lurus, jika tinggi gelombang kecil maka periodenya kecil atau

pendek juga, begitupun sebaliknya ketika gelombang tinggi maka periodenya besar atau panjang.

Dari hasil pengamatan data gelombang selama 10 tahun yaitu pada tahun 2004 – 2013, gelombang perairan Pantai Tawang, Kabupaten Pacitan, Jawa Timur dikategorikan sebagai gelombang yang dibangkitkan oleh angin karena mempunyai periode gelombang (T_s) rata – rata adalah 5.038 s, Hal ini menunjukkan gelombang yang terbentuk di perairan ini karakteristiknya sangat dipengaruhi oleh kondisi angin yang terjadi, hal ini didukung oleh klasifikasi gelombang berdasarkan periode menurut Sugianto (2010), yang menyatakan bahwa gelombang yang dibangkitkan oleh angin mempunyai periode gelombang antara 1 – 10 detik. Untuk mengetahui klasifikasi gelombang, maka digunakan persamaan (Triatmodjo, 1999) : $L = 1,56 T^2 = 1,56 \times (5,038)^2 = 39,601$ meter dengan (L = panjang gelombang, T = periode gelombang). Dan kedalaman pengukuran (d) = 20,801 m, maka $d/L = 0,52$. Oleh karena nilai d/L adalah $d/L > \frac{1}{2}$, maka klasifikasi gelombang menurut kedalaman relatif termasuk gelombang laut dalam. Data tinggi gelombang dan periode gelombang ini kemudian digunakan untuk menentukan nilai dari transformasi gelombang, yaitu koefisien refraksi (K_r), koefisien shoaling (K_s), Difraksi, dan Nilai dari gelombang pecah (db).

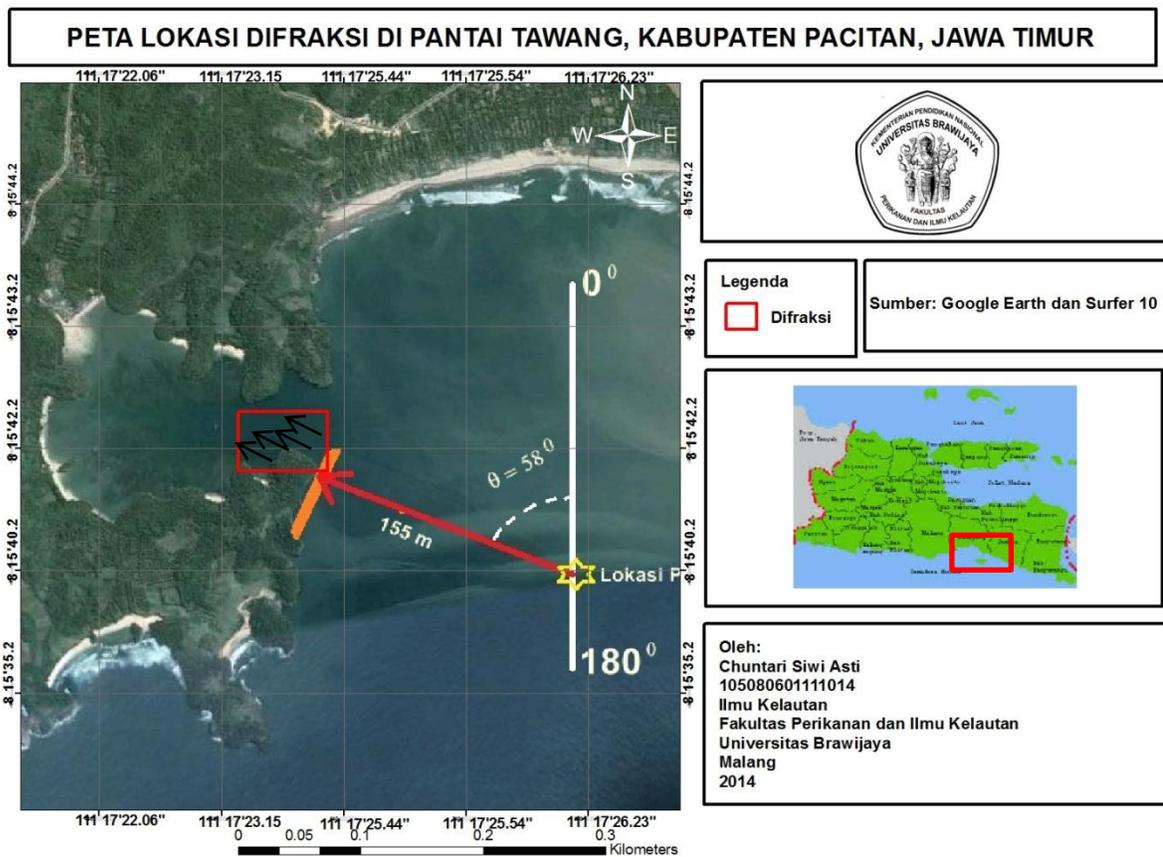
4.3 Analisis Transformasi Gelombang

Berdasarkan hasil perhitungan yang telah di peroleh dari nilai tinggi dan periode gelombang maka data tinggi gelombang dan periode gelombang ini kemudian digunakan untuk menentukan nilai dari transformasi gelombang, yaitu koefisien refraksi (K_r), koefisien shoaling (K_s), Difraksi, dan Nilai dari gelombang pecah (db). Untuk lebih jelas akan dibahas pada sub bab dibawah ini.

4.3.1 Hasil Analisa Difraksi Gelombang (K')

Difraksi gelombang terjadi jika apabila gelombang datang terhalang oleh suatu rintangan seperti pemecah gelombang atau pulau, maka gelombang tersebut akan

membelokkan energinya di sekitar ujung rintangan dan masuk ke daerah terlindung dibelakangnya (Triadmojo, 1999). Pantai Tawang merupakan wilayah perairan teluk maka pengaruh adanya difraksi gelombang dari perairan lepas Samudera Hindia menjadi faktor penting juga dalam perubahan kondisi fisik perairan. Untuk mempermudah dalam menentukan difraksi gelombang maka dapat digambarkan seperti **Gambar 13**. Dari gambar tersebut dapat diketahui proses terjadinya difraksi gelombang di Pantai Tawang, Kabupaten Pacitan, Jawa Timur. Berdasarkan hasil sketsa difraksi yang telah dibuat di peroleh sudut antara penjalaran gelombang dan rintangan gelombang (θ) sebesar 58° . Dan panjang arah gelombang menuju rintangan sepanjang (r) 155m, dan sudut antara rintangan dan garis yang menghubungkan titik tersebut dengan ujung rintangan (β) adalah 180° .



Gambar 14. Peta sketsa penentuan Koefisien difraksi (K')

Tabel 10 Perhitungan Difraksi (K')

θ	β	r	L	r/L	tabel r/L	K' (Tabel)
58	180	155	14.868	10.425	10	0.06
58	180	155	21.673	7.152	10	0.06
58	180	155	26.028	5.955	5	0.07
58	180	155	0.000	0.000	0	0
58	180	155	0.000	0.000	0	0
58	180	155	37.575	4.125	5	0.07
58	180	155	43.838	3.536	2	0.13
58	180	155	46.168	3.357	2	0.13
58	180	155	47.791	3.243	2	0.13
58	180	155	48.398	3.203	2	0.13
58	180	155	47.876	3.238	2	0.13
58	180	155	49.432	3.136	2	0.13
58	180	155	83.882	1.848	1	0.18
58	180	155	44.507	3.483	2	0.13
58	180	155	58.718	2.640	2	0.13
58	180	155	19.943	7.772	10	0.06
58	180	155	30.633	5.060	5	0.07
58	180	155	31.634	4.900	5	0.07
58	180	155	40.822	3.797	2	0.13
58	180	155	46.145	3.359	2	0.13

Dari hasil perhitungan nilai koefisien difraksi (K') pada Tabel 13, memiliki hasil bahwa nilai K' secara keseluruhan dari data *time series* gelombang memiliki nilai rata-rata sebesar

0.12, nilai maksimum dari K' adalah 0.18, dan nilai minimum K' adalah 0.06. Hasil akhir dari koefisien difraksi (K') tersebut sangat berpengaruh terhadap hasil perhitungan nilai gelombang pecah, dimana nilai K' akan dimasukkan dalam penentuan nilai tinggi gelombang laut dalam ekuivalen. Hal ini bertujuan untuk mempermudah perkiraan penentuan nilai transformasi dan deformasi gelombang itu sendiri (Triadmojo, 1999).

4.3.2 Hasil Analisis Refraksi Gelombang

Perhitungan refraksi gelombang merupakan awal perhitungan numerik dalam mendapatkan nilai deformasi gelombang lainnya seperti koefisien pendangkalan (K_s) dan gelombang pecah (db). Analisa perhitungan refraksi dan gelombang pecah menggunakan data *time series* antara periode 2004 – 2013, dimana dari hasil analisa penentuan arah dominan angin menggunakan metode Mawar Angin (*Wind Rose*) didapatkan hasil dari nilai tinggi gelombang dan periode gelombang, selanjutnya data yang didapat digunakan untuk menentukan nilai refraksi gelombang (K_r). Menurut Triatmodjo (1999), Refraksi mempunyai pengaruh yang cukup besar terhadap tinggi dan arah gelombang serta distribusi energi gelombang yang mengarah sepanjang pantai. Perubahan arah gelombang karena refraksi menghasilkan konvergensi (penguncupan) atau divergensi (penyebaran) energi gelombang. Energi gelombang yang berasal dari titik lokasi penelitian menuju perairan Pantai Tawang akan menimbulkan refraksi, dimana refraksi dipengaruhi kemiringan kedalaman dasar perairan yang dinamis. Perubahan kondisi fisik batimetri yang terjadi di perairan Pantai Tawang kemungkinan besar mempengaruhi adanya transformasi gelombang seperti refraksi gelombang yang terjadi di perairan tersebut. Sedangkan perhitungan pada bulan dan tahun lainnya pada **Lampiran**.

Tabel 11. Data awal time series gelombang laut untuk menghitung koefisien refraksi

Tanggal	Arah	Kec	Ua	Fetch	Hmo	T
1/1/2012	BD	9.313	11.047	118072	1.939	6.811

Tanggal	Arah	Kec	Ua	Fetch	Hmo	T
1/2/2012	BD	10.300	12.505	118072	2.195	7.099
1/3/2012	BD	9.711	11.631	118072	2.041	6.929
1/4/2012	S	9.747	11.684	0	0	0
1/5/2012	S	9.764	11.708	0	0	0
1/6/2012	BD	10.629	12.998	118072	2.281	7.191
1/7/2012	BD	12.711	16.196	118072	2.843	7.738
1/8/2012	BD	12.725	16.218	118072	2.846	7.742
1/9/2012	BD	12.074	15.203	118072	2.668	7.577
1/10/2012	BD	11.383	14.141	118072	2.482	7.396
1/11/2012	BD	10.088	12.188	118072	2.139	7.038
1/12/2012	BD	9.975	12.020	118072	2.110	7.006
1/13/2012	B	8.806	10.312	525922	3.820	10.953
1/14/2012	BD	7.258	8.130	118072	1.427	6.150
1/15/2012	B	3.527	3.346	525922	1.239	7.527

Tabel 10 merupakan data awal yang digunakan untuk menentukan nilai koefisien refraksi yang terjadi di Pantai Tawang. Koefisien refraksi didapatkan dengan cara mencari nilai dari panjang gelombang laut dalam (L_0), selanjutnya nilai kedalaman (d) yang merupakan hasil dari pengukuran batimetri yang telah dilakukan, Sehingga dari perhitungan tersebut diperoleh nilai d/L_0 . Selanjutnya nilai dari d/L_0 ini digunakan untuk menentukan nilai dari d/L , dimana nilai d/L didapatkan dengan menggunakan tabel L-1 pada buku Teknik Pantai (Triadmodjo, 1999) yang selanjutnya dapat digunakan dalam menentukan nilai dari panjang gelombang (L). Kemudian mencari nilai cepat rambat gelombang (C_0) dengan persamaan $C_0 = L_0/T$, selanjutnya dicari nilai C dengan persamaan $C = L/T$. Dari nilai perhitungan tersebut maka nilai $\sin \alpha$ adalah $\frac{C}{C_0} \sin \alpha$, maka dari persamaan tersebut didapatkan nilai dari sudut datang gelombang (α). Untuk menentukan nilai Koefisien refraksi gelombang (K_r) maka dilakukan perhitungan dengan menggunakan rumus dari koefisien refraksi (k_r), yaitu (K_r) merupakan hasil akar dari perhitungan $\cos \alpha_0$ dibagi dengan $\cos \alpha$.

Menurut Triadmojo (1999), (α) merupakan sudut antara garis puncak gelombang dan garis kontur dasar laut, dimana sudut tersebut merupakan sudut arah gelombang. Sedangkan (β) merupakan sudut antara garis puncak gelombang di laut dan garis pantai, sehingga diasumsikan sebagai sudut arah angin yang mendorong adanya energi gelombang di laut ke arah pantai. Untuk mempermudah dalam perhitungan maka dapat dilihat pada **Tabel 11**. Sedangkan perhitungan pada bulan dan tahun lainnya pada **Lampiran**.

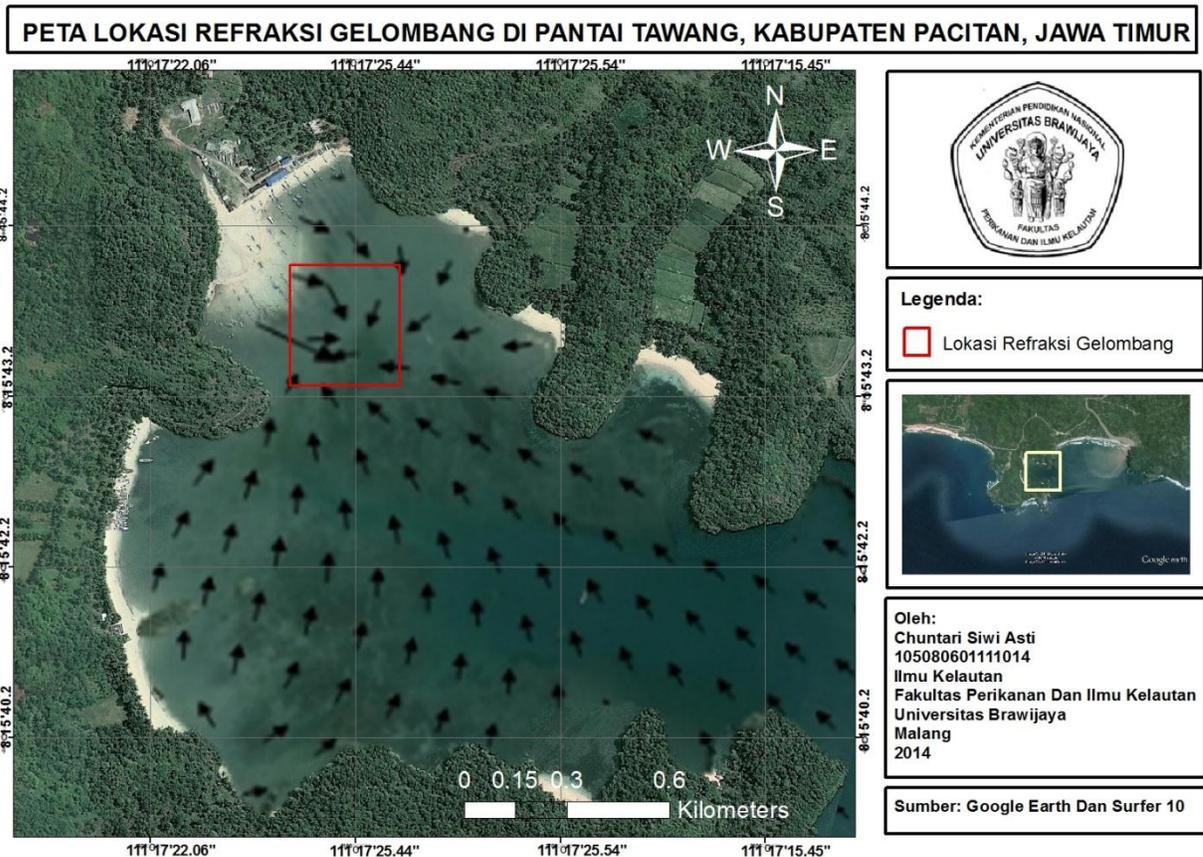


Tabel 12. Perhitungan Koefisien Refraksi (Kr)

Lo (m)	D	d/L0	d/L	L (m)	Co (m/s)	C (m/s)	arah	Sin α	α	cos α	cos α_0	cos $\alpha_0/\cos\alpha$	Kr
72.386	0.5	0.007	0.03363	14.867	10.626	2.182	219.9474	0.007	0.007	0.999	0.999	0.999	0.499
78.623	1	0.013	0.04614	21.673	11.074	3.052	207.585	0.065	0.065	0.997	0.971	0.973	0.487
74.916	1.5	0.020	0.05763	26.028	10.810	3.755	205.1666	0.285	0.289	0.958	0.571	0.595	0.298
80.674	3	0.037	0.07984	37.575	11.218	5.225	203.7436	0.206	0.208	0.978	0.896	0.915	0.458
93.419	3.5	0.037	0.07984	43.837	12.072	5.664	215.4905	0.449	0.466	0.893	0.287	0.321	0.162
93.504	4	0.043	0.08664	46.168	12.077	5.963	209.0021	0.491	0.514	0.870	0.086	0.098	0.049
89.561	4.5	0.050	0.09416	47.790	11.820	6.307	226.5101	0.165	0.166	0.986	0.950	0.963	0.482
85.339	5	0.058	0.10331	48.398	11.538	6.543	223.0422	0.006	0.006	0.999	0.999	0.999	0.410
77.290	5.5	0.071	0.11488	47.876	10.980	6.801	221.4637	0.619	0.667	0.785	0.018	0.023	0.012
76.577	6	0.078	0.12138	49.431	10.929	7.055	226.7874	0.360	0.368	0.932	0.829	0.889	0.445
187.173	6.5	0.035	0.07749	83.881	17.087	7.657	248.9718	0.317	0.322	0.948	0.706	0.745	0.373
59.006	7	0.119	0.15728	44.506	9.594	7.236	244.1057	0.608	0.654	0.793	0.590	0.744	0.372
88.391	7.5	0.085	0.12773	58.717	11.742	7.800	282.7755	0.021	0.021	0.999	0.999	0.910	0.491



Dari hasil perhitungan keseluruhan koefisien refraksi (K_r) di lokasi penelitian memiliki nilai rata-rata sebesar 0,370, nilai maksimum dari K_r adalah 1,192, dan nilai minimum K_r adalah 0,004. Dari hasil perhitungan data tersebut maka dapat disimpulkan bahwa nilai koefisien refraksi cukup bervariasi, namun tidak terlalu signifikan interval dari nilai koefisiennya yakni kurang dari 1 (>1). Jadi, hasil dari koefisien refraksi ini akan digunakan dalam menentukan nilai tinggi gelombang di laut dalam ($H'o$). Berdasarkan hasil di atas maka dapat ditentukan lokasi terjadinya refraksi gelombang di Pantai Tawang, Kabupaten Pacitan, Jawa Timur, untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar dibawah ini,



Gambar 15. Peta Lokasi Terjadinya Refraksi Gelombang

4.3.3 Hasil Analisis Koefisien Pendangkalan (Ks)

Setelah didapatkan nilai koefisien refraksi maka langkah selanjutnya adalah mencari nilai koefisien pendangkalan (Ks). *Shoaling* adalah proses dimana terjadinya kenaikan tinggi suatu gelombang, dimana gelombang tersebut memasuki kawasan perairan lebih dangkal. Tinggi gelombang bisa meningkat lebih dari dua kali amplitude awal. Karena adanya perubahan kedalaman tersebut, maka terjadi perubahan kecepatan gelombang. Kecepatan gelombang tersebut menurun, sehingga pada posisi stasioner. Keadaan ini harus diimbangi oleh kepadatan energi yang meningkat. Meningkatnya kepadatan energi inilah yang menyebabkan ketinggian gelombang (Dauhan, 2013). Perubahan kondisi fisik batimetri yang terjadi di perairan Pantai Tawang kemungkinan besar dipengaruhi oleh adanya transformasi gelombang seperti pendangkalan gelombang yang terjadi di perairan tersebut.

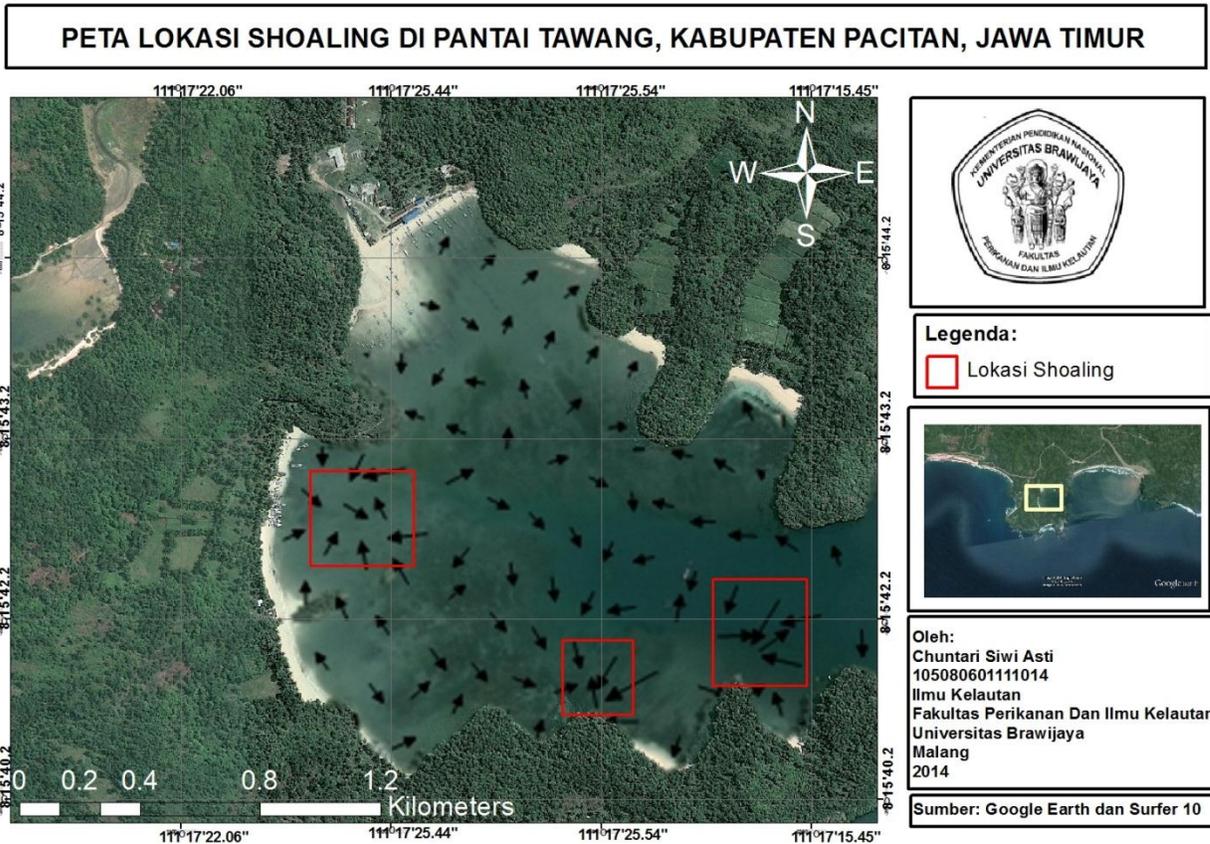
Koefisien pendangkalan didapatkan dengan cara mencari nilai dari panjang gelombang laut dalam (L_0), selanjutnya nilai kedalaman (d) yang merupakan hasil dari pengukuran batimetri yang telah dilakukan, Sehingga dari perhitungan tersebut diperoleh nilai d/L_0 . Selanjutnya nilai dari d/L_0 ini digunakan untuk menentukan nilai dari d/L , selain digunakan untuk menentukan nilai dari d/L , nilai d/L_0 digunakan juga untuk menentukan nilai n , dimana nilai n didapatkan dengan menggunakan tabel L-1 pada buku Teknik Pantai (Triadmodjo, 1999). Selanjutnya pada laut dalam memiliki nilai n_0 0,5. Sehingga koefisien pendangkalan adalah akar dari perkalian n_0 dan L_0 dibagi dengan perkalian dari n dan L . Untuk mempermudah perhitungan dapat dilihat pada **Tabel 12**. Sedangkan perhitungan pada bulan dan tahun lainnya pada **Lampiran**.

Tabel 13. Perhitungan Koefisien Pendangkalan (Ks)

d/L ₀	n	n ₀	L ₀ (m)	L (m)	Ks	H
0.007	0.9854	0.5	72.386	14.867	4.798	4.648
0.013	0.9731	0.5	78.623	21.673	3.530	3.772
0.020	0.9588	0.5	74.916	26.028	2.759	1.678

d/L0	n	n0	Lo (m)	L (m)	Ks	H
0.037	0.925	0.5	80.674	37.575	1.986	2.075
0.037	0.925	0.5	93.419	43.837	1.971	0.901
0.043	0.9134	0.5	93.504	46.168	1.849	0.260
0.050	0.8999	0.5	89.561	47.790	1.686	2.169
0.058	0.883	0.5	85.339	48.398	1.557	1.932
0.071	0.8609	0.5	77.290	47.876	1.389	0.035
0.078	0.8483	0.5	76.577	49.431	1.314	1.233
0.035	0.9289	0.5	187.173	83.881	2.073	2.950
0.119	0.7792	0.5	59.006	44.506	1.033	0.548

Dari hasil perhitungan keseluruhan koefisien pendangkalan (Ks) di lokasi penelitian memiliki nilai rata-rata sebesar 1.491, nilai maksimum dari Ks adalah 6.445, dan nilai minimum Ks adalah 0.447. Dari hasil perhitungan data tersebut maka dapat disimpulkan bahwa nilai koefisien pendangkalan cukup bervariasi, namun tidak terlalu signifikan dengan interval tertinggi 6 dan terendah adalah 0.4. Refraksi dan pendangkalan gelombang (*wave shoaling*) akan dapat menentukan tinggi gelombang di suatu tempat berdasarkan karakteristik gelombang datang (Hidayat, 2005). Berdasarkan hasil di atas maka dapat ditentukan lokasi terjadinya pendangkalan di Pantai Tawang, Kabupaten Pacitan, Jawa Timur, untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar dibawah ini,



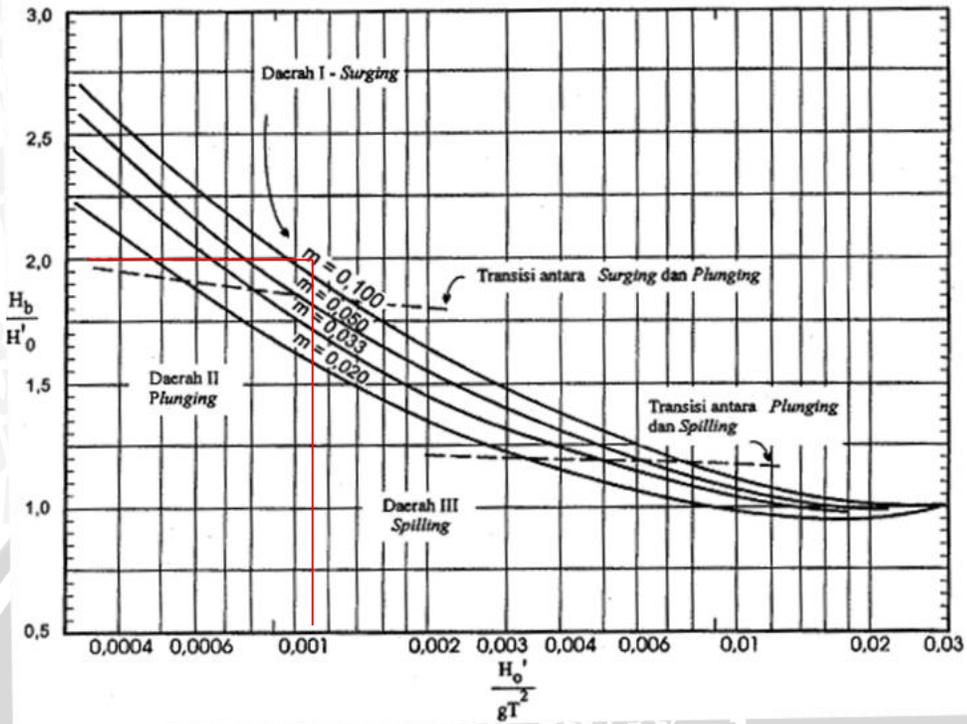
Gambar 16. Peta Lokasi Terjadinya Shoaling

4.3.4 Hasil Analisa Gelombang Pecah (db)

Gelombang pecah merupakan suatu sistem yang sangat kompleks. Bahkan dalam beberapa jarak sebelum gelombang pecah, bentuknya tidak sinusoidal lagi. Jika terjadi gelombang pecah, energi yang diterima dari angin, berkurang. Beberapa energi dibalikkan kembali ke laut, jumlahnya bergantung pada kemiringan pantai, semakin kecil sudut kemiringan pantai, semakin kecil energi yang dibalikkan. Kebanyakan energi berkurang sebagai panas dalam percampuran skala kecil dari buih air dan pasir. Gelombang yang menjalar dari laut dalam menuju pantai mengalami perubahan bentuk karena adanya pengaruh kedalaman laut. Pengaruh kedalaman laut mulai terasa pada kedalaman lebih kecil dari setengah kali panjang gelombang ng (Dauhan, 2013). Hal ini ketika gelombang dari

lepas pantai Samudera Hindia masuk menuju ke perairan Pantai Tawang maka sebelumnya disimpulkan akan mengalami perubahan energi gelombang itu sendiri yaitu terjadinya refraksi dan difraksi gelombang, mengingat lokasi penelitian adalah berupa perairan teluk.

Data perhitungan gelombang pecah merupakan data perhitungan lanjutan dari perhitungan nilai koefisien refraksi (K_r) dan data koefisien pendangkalan (K_s). Pada perhitungan gelombang pecah (db) langkah yang pertama harus dilakukan adalah menentukan nilai dari tinggi gelombang laut dalam ekuivalen ($H'o$). $H'o$ dapat ditentukan dengan mengalikan nilai dari tinggi gelombang (H_o) dengan koefisien refraksi (K_r). Dari hasil perhitungan ini maka akan didapatkan nilai tinggi gelombang laut dalam ekuivalen ($H'o$). Selanjutnya menghitung nilai dari koefisien gravitasi berupa tetapan 9.8 m/s^2 dan nilai kuadrat dari periode gelombang (T). Kemudian dihitung nilai perbandingan antara nilai tinggi gelombang laut dalam ekuivalen ($H'o$) dengan antara perkalian koefisien gravitasi dan nilai kuadrat dari periode gelombang (T), kemudian hasil dari perhitungan tersebut disesuaikan dengan tetapan tabel pada **Gambar 15** yaitu tabel yang digunakan untuk menentukan tinggi gelombang pecah.



Gambar 17. Penentuan Tinggi Gelombang Pecah (Triatmodjo, 1999)

Kondisi gelombang pecah tergantung pada kemiringan dasar pantai (m) dan kecuraman. Menurut (Purnaditya dkk, 2004) dilaut dalam profil gelombang adalah sinusoidal, semakin menuju ke perairan yang lebih dangkal puncak gelombang semakin tajam dan lembah gelombang semakin datar. Selain itu kecepatan dan panjang gelombang berkurang secara berangsur-angsur sementara tinggi gelombang bertambah. Gelombang pecah dipengaruhi oleh kemiringannya, yaitu perbandingan antara tinggi dan panjang gelombang. Seperti diketahui pada hasil data kedalaman laut sebelumnya, didapatkan hasil bahwa kondisi perairan Pantai Tawang sangat dinamis dan curam. Maka dalam penentuan kemiringan (m) peneliti menggunakan nilai kemiringan 0,1 dengan asumsi kemiringan yang paling curam, hal ini didukung oleh (Marsudi dkk, 2010), dimana antara tinggi dan panjang gelombang. Kemiringan yang lebih tajam dari batas maksimum tersebut menyebabkan kecepatan partikel di puncak gelombang lebih besar dari kecepatan rambat gelombang

sehingga terjadi ketidakstabilan dan gelombang pecah. Adapun kemiringan batas maksimum diberikan oleh bentuk $H_o/L_o = 1/7 = 0,142$.

Dari data kemiringan (m) tersebut maka untuk mengetahui nilai tinggi gelombang pecah (Hb) harus disesuaikan terhadap tetapan tabel pada **Gambar 15**. Dari tabel tersebut disimpulkan bahwa nilai antara perbandingan tinggi gelombang pecah (Hb) dengan tinggi gelombang laut dalam ekuivalen (H'o) sebesar 2.00 (berdasarkan tetapan tabel), sehingga nilai dari tinggi gelombang pecah (Hb) dapat ditentukan. Hasil perhitungan dapat dilihat pada **Tabel 13**. Sedangkan perhitungan pada bulan dan tahun lainnya pada **Lampiran**.

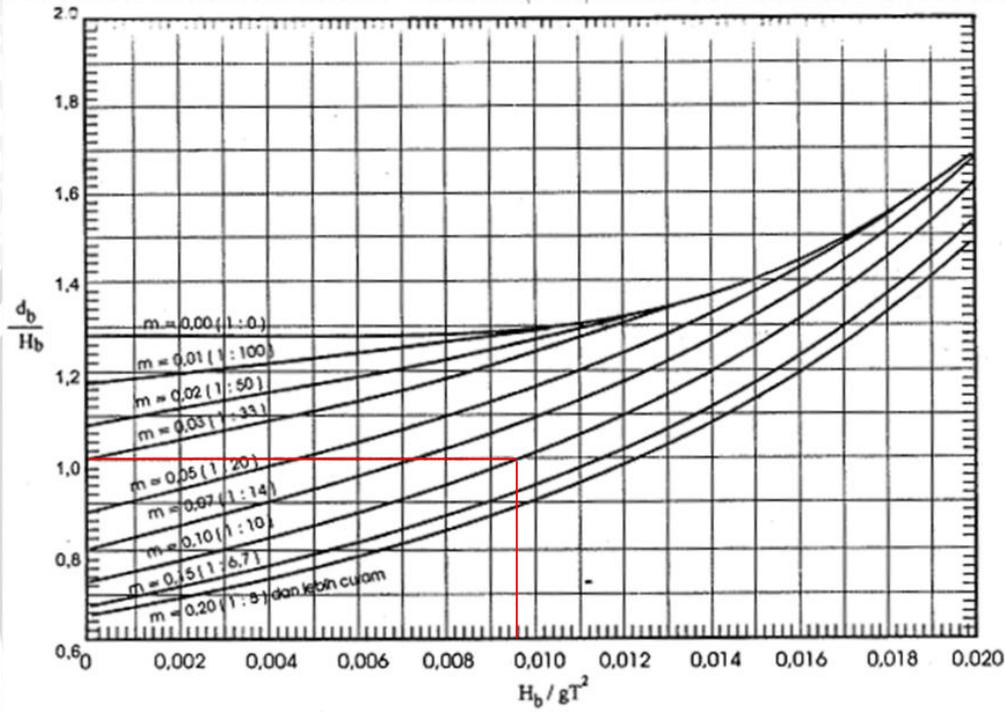
Tabel 14. Hasil perhitungan untuk mendapatkan nilai kedalaman gelombang pecah (db)

H'o	kemiringan (m)	gT ²	H'o/gT ²	tabel	Hb	Hb/gT ²	Tabel	Db
				Hb/H'o			db/Hb	
0.969	0.1	454.738	0.002	2	1.938	0.194	0.8	1.55
1.068	0.1	493.913	0.002	2	2.137	0.213	0.8	1.709
0.608	0.1	470.631	0.001	2	1.216	0.121	0.8	0.973
1.045	0.1	506.803	0.002	2	2.089	0.208	0.8	1.671
0.457	0.1	586.864	0.001	2	0.914	0.091	0.8	0.731
0.141	0.1	587.398	0.0002	2	0.281	0.028	0.8	0.225
1.286	0.1	562.631	0.002	2	2.572	0.257	0.8	2.058
1.241	0.1	536.108	0.002	2	2.482	0.248	0.8	1.985
0.951	0.1	485.541	0.002	2	1.903	0.190	0.8	1.522
0.938	0.1	481.063	0.002	2	1.876	0.187	0.8	1.501
1.423	0.1	1175.832	0.001	2	2.846	0.284	0.8	2.277

Nilai tinggi gelombang pecah (Hb) pada lokasi penelitian seperti terlihat pada **Tabel 14**, disimpulkan bahwa berdasarkan analisa dari keseluruhan data didapatkan hasil nilai rata-rata tinggi gelombang pecah (Hb) sebesar 0.978 m, nilai maksimum Hb adalah 5.578 m, dan nilai minimum Hb sebesar 0.039 m.

Pada penentuan perhitungan untuk mendapatkan nilai dari kedalaman gelombang pecah, maka langkah selanjutnya yang dilakukan adalah menghitung perbandingan antara hasil dari nilai tinggi gelombang pecah (Hb) dengan hasil perkalian antara koefisien gravitasi

berupa tetapan 9.8 (m/s^2) dan nilai kuadrat dari periode gelombang (T). Dari hasil tersebut maka dapat ditentukan nilai kedalaman gelombang pecah (d_b) dengan melihat tabel pada **Gambar 18**. Dan dari hasil penentuan dari tabel maka nilai gelombang pecah (d_b) dapat ditentukan.



Gambar 18. Penentuan kedalaman gelombang pecah (Triatmodjo, 1999)

Berdasarkan hasil perhitungan kedalaman gelombang pecah (d_b), diperoleh hasil nilai rata-rata dari kedalaman gelombang pecah (d_b) sebesar 2,797 m, dengan nilai maksimum kedalaman gelombang pecah (d_b) 4,341 m dan nilai minimum kedalaman gelombang pecah adalah 1.027 m.

Nilai kedalaman gelombang pecah tersebut akan divalidasi sebagai tahap akhir terhadap nilai data batimetri yang didapat pada saat pengukuran lapang, sehingga akan membuat suatu analisa pembentukan struktur kedalaman laut berdasarkan adanya

penjalaran energi dari transformasi gelombang yang mengarah ke dalam perairan Pantai Tawang, khususnya berdasarkan dari faktor nilai kedalaman gelombang pecah (db).

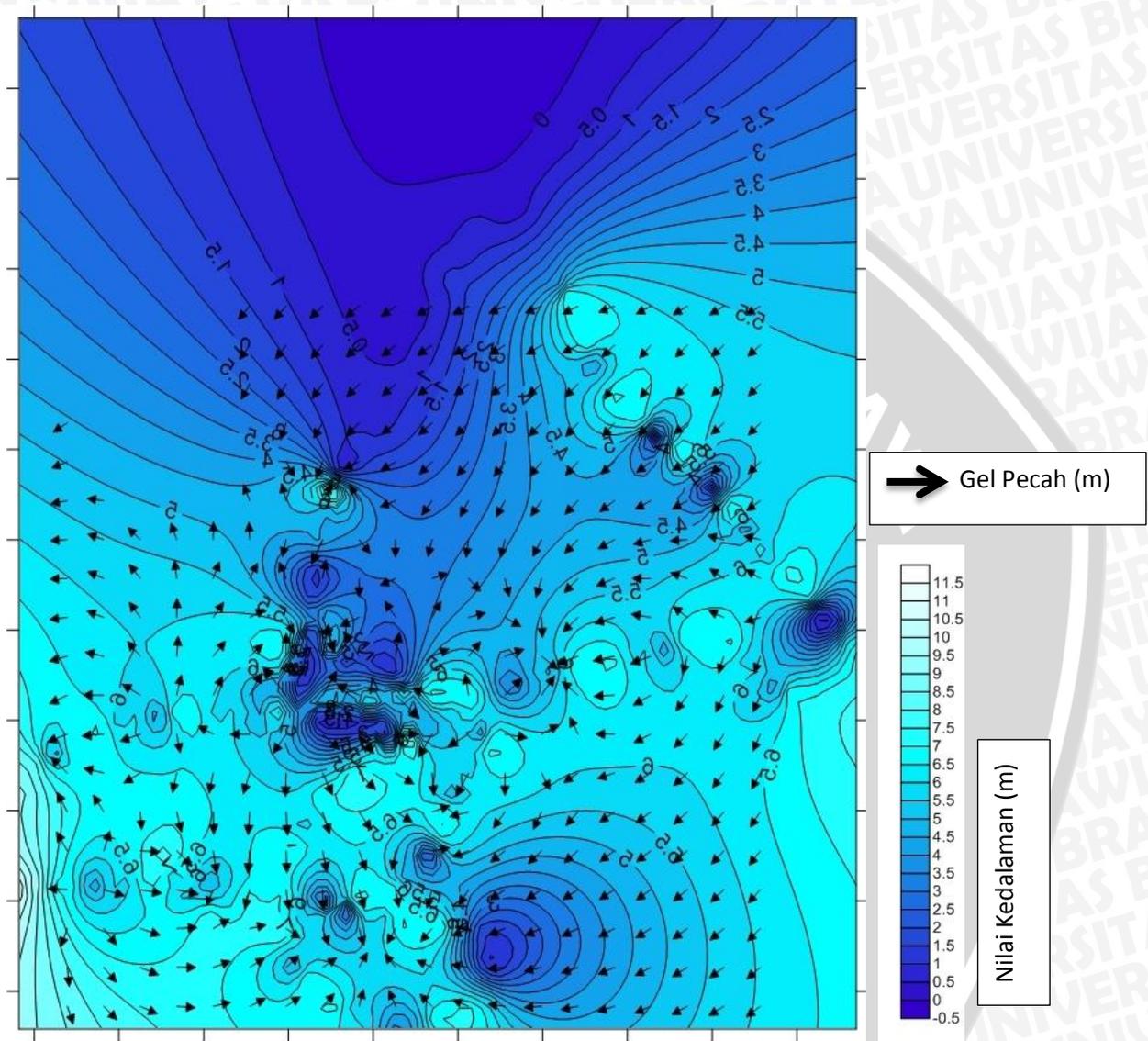
4.3.5 Nilai Kedalaman Gelombang Pecah (db) Berdasarkan Pola Batimetri

Pola analisa kedalaman gelombang pecah (db) yang ditentukan ialah berdasarkan hasil validasi antara nilai data batimetri (lapang) dengan hasil nilai kedalaman gelombang pecah (db) selama kurun waktu 10 tahun. Berdasarkan interval antara nilai minimum dan maksimum dari gelombang pecah (db) yang sesuai adalah terdapat 35 titik lokasi dari total 256 titik koordinat nilai batimetri. Data ini merupakan hasil filter dari data batimetri berdasarkan nilai dari data gelombang pecah (db) yang terjadi di Pantai Tawang. Dari 35 titik lokasi koordinat yang memiliki kesesuaian data berdasarkan hasil filter data, dapat disimpulkan bahwa pada jarak terdekat dari sekitar titik-titik lokasi tersebut memiliki kondisi dasar perairan sangat curam atau ekstrim seperti terlihat pada data perhitungan **Lampiran**, hal ini mengakibatkan terjadinya penjalaran energi gelombang yang dinamis sehingga terjadi reaksi gelombang pecah di titik-titik lokasi tersebut.

Berdasarkan hasil dari filter data dari 35 titik koordinat yang tersebar sepanjang Pantai Tawang memiliki rata-rata kedalaman sebesar 4.5 m dibawah permukaan air laut. Hal ini menunjukkan bahwa terjadinya perubahan kondisi fisik pada dasar perairan Pantai Tawang merupakan salah satu faktor terjadinya akibat adanya pengaruh penjalaran transformasi gelombang yang membawa partikel-partikel tertentu, sehingga dasar perairan memiliki tingkat kecuraman dinamis dan terjadi secara alamiah dan periodik (time series). Titik-titik persebaran gelombang pecah dapat dilihat **Gambar 19**

Pola kedalaman gelombang pecah (db) berdasarkan batimetri terjadi transformasi penjalaran gelombang yang cukup merata yakni seperti pada **Gambar 19**, sehingga pengaruh dari energi penjalaran gelombang ke arah perairan Pantai Tawang cukup signifikan

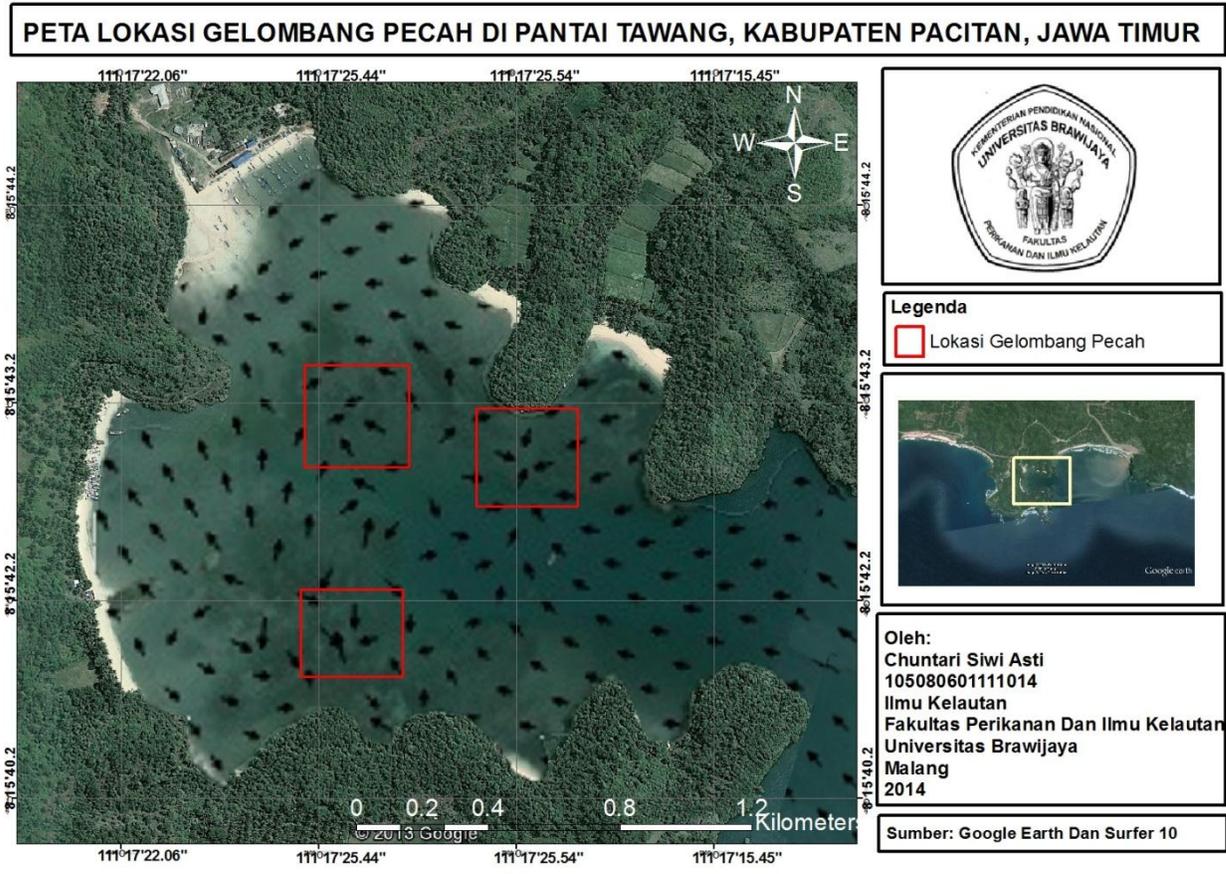
mempengaruhi kondisi fisik sisi perairan di Pantai Tawang. Frekuensi nilai validasi data batimetri berdasarkan kedalaman gelombang pecah (db) dapat dilihat pada **Gambar 19**.



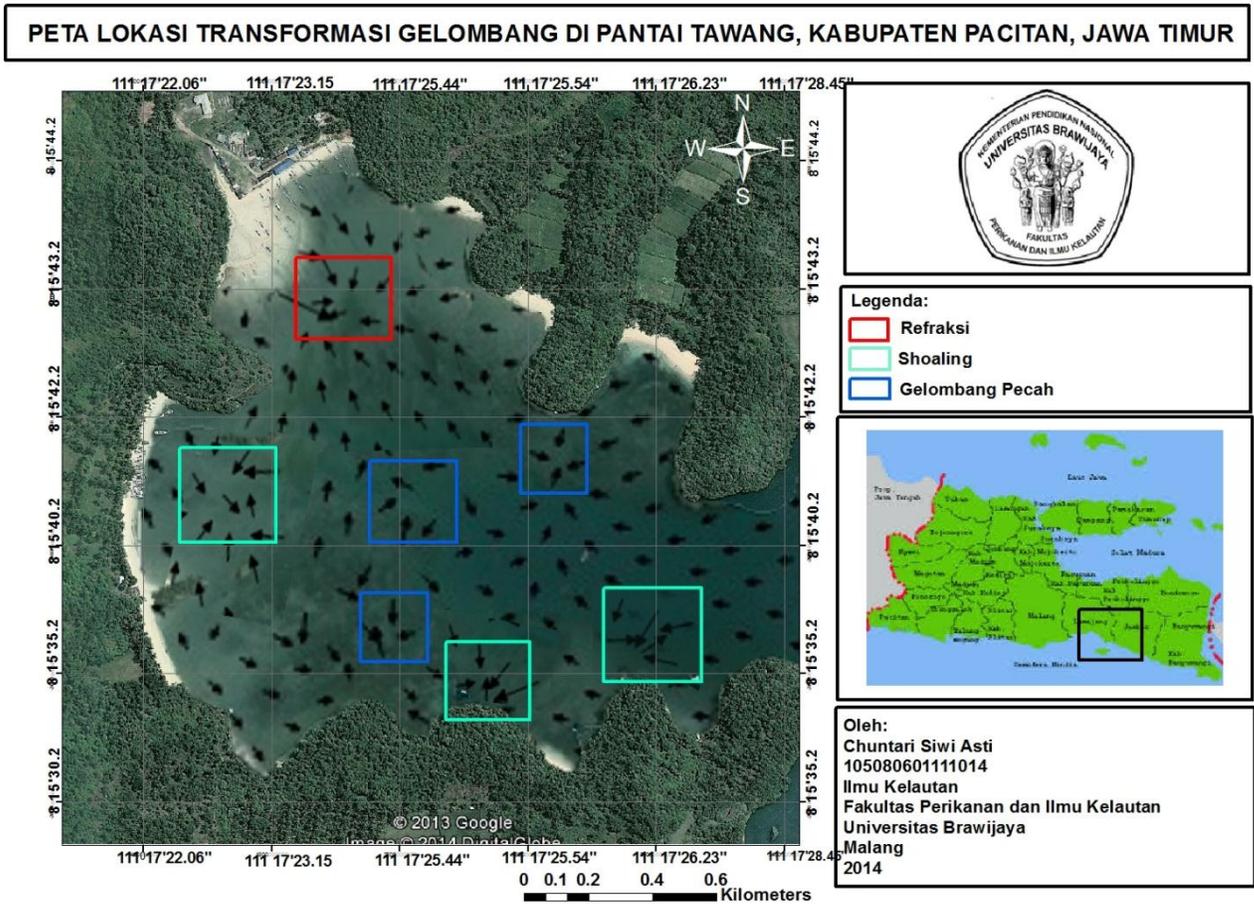
Gambar 19. Lokasi Terjadinya Gelombang Pecah

Pada gambar diatas didapatkan hasil perhitungan data berdasarkan pola distribusi dari penjaralan energi transformasi gelombang. Pada **Gambar 19**, titik-titik poin koordinat dari kedalaman gelombang pecah (db) memiliki kedalaman dasar laut dengan jeda interval yang cukup besar atau curam. Hal ini dikarenakan perbedaan struktur kontur dasar perairan menjadi faktor timbulnya perubahan fisik dasar perairan. Sehingga pembentukan batimetri

secara linier mengikuti kondisi kontur dasar perairan, dan berdasarkan **Gambar 19**, gelombang pecah (db) terjadi pada kondisi kontur dasar perairan yang dalam dan curam. Berdasarkan hasil diatas maka dapat ditentukan lokasi terjadinya gelombang pecah di Pantai Tawang, Kabupaten Pacitan, Jawa Timur, untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar dibawah ini,



Gambar 20. Peta Lokasi Terjadinya Gelombang Pecah



Gambar 21. Lokasi Terjadinya Transformasi Gelombang

4.4 Pemanfaatan Data Transformasi Gelombang Di Pantai Tawang

Data gelombang maksimum (H_{max}) dapat dijadikan *warning* (peringatan) untuk nelayan sekitar, sehingga nelayan bisa berhati-hati atau melakukan antisipasi ketika melaut. Data karakteristik transformasi gelombang seperti difraksi, refraksi, shoaling, dan gelombang pecah dapat dijadikan informasi dalam konsep pengembangan pelabuhan Tawang untuk mendukung Minapolitan yang direncanakan oleh Pemerintah Kabupaten Pacitan, seperti bangunan pelindung pantai yaitu tinggi bangunan *breakwater*, *groin*, *jetty*, dan sebagainya yang berfungsi untuk melindungi pantai dari erosi. Data transformasi gelombang ini dapat digunakan acuan dalam pengembangan *Design* pelabuhan untuk keluar masuknya perahu ke daratan akibat adanya kondisi air laut, yang merupakan permasalahan utama yang

dihadapi oleh nelayan setempat. Sehingga diharapkan nelayan setempat dapat mengoptimalkan penangkapan ikannya agar kesejahteraan nelayan setempat dapat meningkat.



5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan pembahasan penelitian tentang analisis karakteristik transformasi gelombang di Pantai Tawang, Kabupaten Pacitan, Jawa Timur diatas, disimpulkan bahwa:

1. Dari hasil perhitungan transformasi gelombang yang telah dilakukan didapatkan hasil karakteristik gelombang di Pantai Tawang, Kabupaten Pacitan, Jawa Timur memiliki tinggi gelombang tertinggi 1.240m dan terendah 1.055m. Dan periode gelombang maksimum yaitu 5.546s dan minimum yaitu 4.554s. Dan nilai rata-rata difraksi (K') sebesar 0.12 m, nilai maksimum sebesar 0.18, mdan nilai minimum sebesar 0.06 m. Nilai koefisien refraksi (K_r) memiliki nilai rata-rata sebesar 0.370 m, nilai maksimum sebesar 1.192 m, dan nilai minimum sebesar 0.004 m. Nilai koefisien shoaling (K_s) memiliki nilai rata-rata 1.491 m, dan nilai maksimum sebesar 6.445 m, dan nilai minimum sebesar 0.447 m. Nilai rata-rata dari tinggi gelombang pecah yaitu 0.978 m, nilai maksimum sebesar 5.578 m, dan nilai minimum sebesar 0.039 m. Sedangkan nilai kedalaman gelombang pecah diperoleh nilai rata-rata sebesar 2.797 m, nilai maksimum sebesar 4.341 m dan nilai minimum sebesar 1.027 m.
2. Dari hasil perhitungan yang telah dilakukan didapatkan pola distribusi dari penjalaran energi transformasi gelombang, titik-titik poin koordinat dari kedalaman gelombang pecah (db) memiliki kedalaman dasar laut dengan jeda interval yang cukup besar atau curam. Gelombang pecah (db) terjadi pada kondisi kontur dasar perairan yang dalam dan curam. Dapat disimpulkan bahwa transformasi gelombang yang terjadi di Pantai Tawang sangat berpengaruh terhadap kondisi morfologi dasar perairan tersebut. Dalam hal ini kontur dasar perairan mempengaruhi pola distribusi dari penjalaran transformasi gelombang yang terjadi di Pantai Tawang, Kabupaten Pacitan, Jawa Timur.

5.2 Saran

Diharapkan dari hasil penelitian dapat digunakan sebagai salah satu bahan pertimbangan untuk pengambilan kebijakan dalam pengembangan pembangunan pelabuhan di Pantai Tawang, dan diharapkan ada penelitian lanjutan tentang analisis sebaran distribusi sedimen di Pantai Tawang. Selain itu diharapkan data ini dapat digunakan sebagai informasi dalam pembuatan design pelabuhan di Pantai Tawang, Kabupaten Pacitan, Jawa Timur.



DAFTAR PUSTAKA

- Arief, D. Kusmanto, E., dan Sudarto. 1994. **Metoda Pengamatan dan Analisis Gelombang Laut.** *Jurnal Oseana*. XIX (1) : 1-9.
- Azis, M. Furqon. 2006. **GERAK AIR DILAUT.** *Oseana*, Volume XXXI, Nomor 4, Tahun 2006 : 9 – 21. Pusat Penelitian Oseanografi-LIPI. Jakarta.
- Danial, M. M., 2008. **Rekayasa Pantai.** Alfabeta. Bandung.
- Dauhan, Stefani Kristie. H. Tawas, H. Tangkudung, dan J. D. Mamoto. 2013. **Analisis Karakteristik Gelombang Pecah Terhadap Perubahan Garis Pantai Di Atepo Oki.** *Jurnal Sipil Statik* Vol.1 No.12, November 2013 (784-796). Universitas Sam Ratulangi. Manado.
- Dewi, Ratna. Arief Pratomo, dan Yales Veva Jaya. 2011. **Pendugaan Tinggi Gelombang Berdasarkan Kecepatan Angin Pada Zona Alur Pelayaran Diperairan Tanjungpinang.** Universitas Riau. Riau.
- Dinas Perikanan dan Kelautan. 2012. **Detail Design Perencanaan Pengembangan PPI Tawang Desa Sidomulyo, Kecamatan Ngadirojo, Kabupaten Pacitan, Propinsi Jawa Timur.** Pacitan.
- Djunasjah, Eka. Poerbondono, 2005. **Survei Hidrografi.** PT Refika Aditama. Bandung.
- ECMWF.int. 2014. <http://www.ecmwf.int> . Diakses pada tanggal 25 Mei 2014.
- Hidayat, Nur. 2005. **Kajian Hidro-Oseanografi Untuk Deteksi Proses-Proses Fisik Di Pantai.** *Jurnal SMARTek*, Vol. 3, No. 2, Mei 2005 : 73 - 85. Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Tadulako, Palu.
- Kurniawan, Eko Purwantoro, 2003. **Bathimetri Komposisi Sedimen Dan Acoustic Bottom Backscattering Strenght Dasar Laut Dalam Di Selat Makassar.** Program Studi Ilmu Kelautan. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Kurniawan, Roni. M. Najib Habibie, dan Suratn. 2011. **Variasi Bulanan Gelombang Laut Di Indonesia.** Puslitbang BMKG. Jakarta.
- Marsudi, Suwanto. 2010. **Analisis Stabilitas Penyumbatan Muara Sungai Akibat Fenomena Gelombang, Pasang Surut, Aliran Sungai Dan Pola Pergerakan Sedimen Pada Muara Sungai Bang, Kabupaten Malang.** Fakultas Teknik Jurusan Teknik Pengairan . Universitas Brawijaya. Malang.

- Martono, 2009. **Karakteristik Dan Variabilitas Bulanan Angin Permukaan Di Perairan Samudera Hindia**. Vol. 13, No. 2, November 2009: 157-16. Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional. Bandung.
- Nadia, Prima, Muhammad Ali, dan Besperi, 2013. **Pengaruh Angin Terhadap Tinggi Gelombang Pada Struktur Bangunan Breakwater Di Tapak Paderi Kota Bengkulu**. Fakultas Teknik UNIB. Bengkulu.
- Nining, S. N. 2002. **Oseanografi Fisis Kumpulan Transparansi Kuliah Oseanografi Fisika**. Program Studi Oseanografi, ITB.
- Purnawan, Syahrul, 2006. **Hubungan Topografi Dasar Perairan Dengan Sebaran Ikan Di Selat Malaka**. Program Studi Ilmu Dan Teknologi Kelautan. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Samulano, Itto dan Mas Mera. 2011, **Refraksi Dan Difraksi Gelombang Laut Di Daerah Dekat Pantai Pariaman**. Vol 7 No. 1, Februari 2011. Universitas Andalas.
- Sugianto, Denny Nugroho. 2010. **Model Distribusi Data Kecepatan Angin dan Pemanfaatannya dalam Peramalan Gelombang di Perairan Laut Paciran, Jawa Timur**. Vol. 15 (3)143-152. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan UNDIP, Semarang.
- Sugianto, Denny Nugroho. 2010. **Model Distribusi Data Kecepatan Angin Dan Pemanfaatannya Dalam Peramalan Gelombang Di Perairan Laut Paciran, Jawa Timur**. Vol. 15 (3) 143-15. Jurusan Ilmu Kelautan FPIK UNDIP. Semarang
- Triatmodjo, Bambang. 1999. **Teknik Pantai**. Beta Offset. Yogyakarta.
- Triatmodjo, Bambang. 2009. **Perencanaan Pelabuhan**. Beta Offset. Yogyakarta.
- Yuwono, N. 1982. **Teknik Pantai**. Fakultas Teknik UGM. Yogyakarta.

DAFTAR ISTILAH

- Batimetri** : Suatu bidang yang mempelajari pengukuran dan pemetaan tentang bentuk dan rupa/topografi dasar laut.
- Bench Mark** : Teknik pengetesan dengan menggunakan suatu nilai standar.
- Break Water** : Bangunan yang dibuat sejajar dengan pantai dan pada jarak tertentu dari garis pantai.
- Difraksi** : Terjadi apabila tinggi gelombang di suatu titik pada garis puncak gelombang lebih besar daripada titik didekatnya, yang menyebabkan perpindahan energi sepanjang puncak gelombang ke arah tinggi gelombang yang lebih kecil.
- Fetch** : Angin berhembus dengan kecepatan dan arah yang konstan
- Gelombang pecah** : Gelombang yang menjalar dari laut dalam menuju pantai mengalami perubahan bentuk karena adanya pengaruh perubahan kedalaman laut.
- Masterplan** : Perencanaan yang menitik beratkan uraian kebijakan organisasi, dimana rencana ini mempunyai tujuan jangka panjang dan mempunyai ruang lingkup yang luas
- Minapolitan** : konsep pembangunan kelautan dan perikanan berbasis wilayah dengan pendekatan sistem dan manajemen kawasan dengan prinsip : integrasi, efisiensi, kualitas dan akselerasi.
- Plunging** : Apabila kemiringan gelombang dan dasar bertambah, gelombang akan pecah dan puncak gelombang akan memutar dengan massa air pada puncak gelombang akan terjun ke depan.
- Refraksi** : Perubahan bentuk gelombang yang diakibatkan oleh berubahnya kedalaman laut.

- Shoaling** : Proses dimana terjadinya kenaikan tinggi suatu gelombang, dimana gelombang tersebut memasuki kawasan perairan yang lebih dangkal.
- Sounding** : Proses dan aktivitas yang ditujukan untuk memperoleh gambaran dari suatu lokasi tertentu dari mulai pengukuran, pengolahan hingga visualisasi.
- Spilling** : Apabila gelombang dengan kemiringan kecil menuju ke pantai yang datar (kemiringan kecil).
- Surging** : Terjadi pada pantai dengan kemiringan yang sangat besar seperti yang terjadi pada pantai berkarang.
- Swell** : Gelombang yang sudah berada jauh dari daerah pembentukannya.
- Wind rose** : Suatu aplikasi yang digunakan untuk menentukan arah angin dominan.

LAMPIRAN

Lampiran 1. Contoh Sebagian Data Mentah Kecepatan Angin Vektor u dan v dari ECMWF

time_ISO8601	X	y	U	v	kec					arah
2012-01-01T00:00:00	111.25	8	-5.56	-5.93	8.129	K3	0.938	0.938	43.156	223.156
2012-01-01T06:00:00	111.25	8	-4.93	-6.70	8.318	K3	0.736	0.736	36.346	216.346
2012-01-01T12:00:00	111.25	8	-5.08	-6.85	8.528	K3	0.742	0.742	36.561	216.561
2012-01-01T18:00:00	111.25	8	-5.98	-7.14	9.313	K3	0.838	0.838	39.947	219.947
2012-01-02T00:00:00	111.25	8	-5.50	-8.16	9.841	K3	0.674	0.674	33.981	213.981
2012-01-02T06:00:00	111.25	8	-4.86	-7.82	9.207	K3	0.621	0.621	31.860	211.860
2012-01-02T12:00:00	111.25	8	-4.77	-9.13	10.301	K3	0.522	0.522	27.585	207.585
2012-01-02T18:00:00	111.25	8	-4.01	-9.01	9.862	K3	0.445	0.445	23.992	203.992
2012-01-03T00:00:00	111.25	8	-4.13	-8.79	9.712	K3	0.470	0.470	25.167	205.167
2012-01-03T06:00:00	111.25	8	-3.17	-8.14	8.735	K3	0.389	0.389	21.278	201.278
2012-01-03T12:00:00	111.25	8	-3.68	-7.18	8.068	K3	0.513	0.513	27.137	207.137
2012-01-03T18:00:00	111.25	8	-3.22	-7.16	7.851	K3	0.450	0.450	24.214	204.214
2012-01-04T00:00:00	111.25	8	-3.32	-8.44	9.070	K3	0.393	0.393	21.473	201.473
2012-01-04T06:00:00	111.25	8	-3.18	-7.71	8.340	K3	0.412	0.412	22.414	202.414
2012-01-04T12:00:00	111.25	8	-3.72	-9.01	9.748	K3	0.413	0.413	22.434	202.434
2012-01-04T18:00:00	111.25	8	-3.37	-8.59	9.227	K3	0.392	0.392	21.421	201.421
2012-01-05T00:00:00	111.25	8	-4.96	-7.98	9.396	K3	0.622	0.622	31.863	211.863
2012-01-05T06:00:00	111.25	8	-5.46	-7.95	9.644	K3	0.687	0.687	34.481	214.481
2012-01-05T12:00:00	111.25	8	-4.13	-8.16	9.146	K3	0.506	0.506	26.845	206.845
2012-01-05T18:00:00	111.25	8	-3.54	-9.10	9.764	K3	0.389	0.389	21.257	201.257
2012-01-06T00:00:00	111.25	8	-4.28	-9.73	10.630	K3	0.440	0.440	23.744	203.744
2012-01-06T06:00:00	111.25	8	-4.77	-9.27	10.425	K3	0.515	0.515	27.229	207.229
2012-01-06T12:00:00	111.25	8	-5.25	-8.69	10.153	K3	0.604	0.604	31.138	211.138

Lampiran 2. Data Perthitungan Peramalan Gelombang Tahun 2012 Pada Bulan Januari

Tanggal	Arah	Kec	Ua	Fetch	Hmo	T
1/1/2012	BD	9.313	11.047	118072	1.939	6.812
1/2/2012	BD	10.301	12.505	118072	2.195	7.099
1/3/2012	BD	9.712	11.632	118072	2.042	6.930
1/4/2012	S	9.748	11.685	0	0.000	0.000
1/5/2012	S	9.764	11.709	0	0.000	0.000
1/6/2012	BD	10.630	12.998	118072	2.282	7.191
1/7/2012	BD	12.712	16.197	118072	2.843	7.738
1/8/2012	BD	12.726	16.219	118072	2.847	7.742
1/9/2012	BD	12.075	15.204	118072	2.669	7.577
1/10/2012	BD	11.384	14.142	118072	2.482	7.396
1/11/2012	BD	10.088	12.189	118072	2.140	7.039
1/12/2012	BD	9.975	12.021	118072	2.110	7.006
1/13/2012	B	8.806	10.313	525922	3.820	10.954
1/14/2012	BD	7.259	8.131	118072	1.427	6.150
1/15/2012	B	3.527	3.347	525922	1.240	7.527
1/16/2012	BD	1.967	1.632	118072	0.286	3.601
1/17/2012	BD	3.516	3.334	118072	0.585	4.569
1/18/2012	BD	3.630	3.467	118072	0.609	4.629
1/19/2012	BD	5.287	5.505	118072	0.966	5.401
1/20/2012	BD	6.329	6.869	118072	1.206	5.814
1/21/2012	BD	6.942	7.697	118072	1.351	6.039
1/22/2012	BD	7.529	8.505	118072	1.493	6.243
1/23/2012	BD	8.521	9.903	118072	1.738	6.568
1/24/2012	BD	9.264	10.975	118072	1.927	6.797
1/25/2012	BD	11.771	14.735	118072	2.586	7.498
1/26/2012	BD	12.108	15.256	118072	2.678	7.586
1/27/2012	BD	9.708	11.626	118072	2.041	6.929
1/28/2012	BD	6.739	7.420	118072	1.302	5.965
1/29/2012	BD	6.803	7.508	118072	1.318	5.989
1/30/2012	BD	7.415	8.347	118072	1.465	6.204
1/31/2012	BD	8.300	9.588	118072	1.683	6.498

Lampiran 3. Contoh Sebagian Data Hasil Perhitungan Data Untuk Mendapatkan Nilai Koefisien Refraksi (Kr) Tahun 2012

Tanggal	arah	Lo	d	d/L0	d/L	L	Co	C	Sin ao	sin a	a	cos a	cos ao	cos ao/cosa	Kr
1/1/2012	219.947	72.387	0.5	0.007	0.034	14.868	10.627	2.183	0.036	0.007	0.007	1.000	0.999	0.999	0.500
1/2/2012	207.585	78.623	1	0.013	0.046	21.673	11.075	3.053	0.238	0.065	0.066	0.998	0.971	0.973	0.487
1/3/2012	205.167	74.917	1.5	0.020	0.058	26.028	10.811	3.756	-0.821	-0.285	0.289	0.958	0.571	0.596	0.298
1/4/2012	0.000	0.000	2	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
1/5/2012	0.000	0.000	2.5	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
1/6/2012	203.744	80.675	3	0.037	0.080	37.575	11.218	5.225	0.444	0.207	0.208	0.978	0.896	0.916	0.458
1/7/2012	215.491	93.419	3.5	0.037	0.080	43.838	12.072	5.665	0.958	0.449	0.466	0.893	0.287	0.322	0.161
1/8/2012	209.002	93.504	4	0.043	0.087	46.168	12.078	5.963	0.996	0.492	0.514	0.871	0.086	0.099	0.049
1/9/2012	226.510	89.562	4.5	0.050	0.094	47.791	11.820	6.307	0.310	0.166	0.166	0.986	0.951	0.964	0.482
1/10/2012	223.042	85.340	5	0.059	0.103	48.398	11.538	6.544	0.011	0.006	0.006	1.000	1.000	1.000	0.500
1/11/2012	221.464	77.290	5.5	0.071	0.115	47.876	10.981	6.802	1.000	0.619	0.668	0.785	0.019	0.024	0.012
1/12/2012	226.787	76.577	6	0.078	0.121	49.432	10.930	7.055	0.559	0.361	0.369	0.933	0.829	0.889	0.445
1/13/2012	248.972	187.173	6.5	0.035	0.077	83.882	17.088	7.658	-0.708	-0.317	0.323	0.948	0.707	0.745	0.373
1/14/2012	244.106	59.006	7	0.119	0.157	44.507	9.594	7.237	-0.807	-0.608	0.654	0.794	0.591	0.745	0.372
1/15/2012	282.775	88.392	7.5	0.085	0.128	58.718	11.743	7.801	0.032	0.021	0.021	1.000	0.999	1.000	0.500
1/16/2012	222.940	20.226	8	0.396	0.401	19.943	5.617	5.538	0.113	0.111	0.112	0.994	0.994	1.000	0.500
1/17/2012	244.747	32.565	8.5	0.261	0.277	30.633	7.128	6.705	-0.293	-0.276	0.279	0.961	0.956	0.995	0.497
1/18/2012	234.077	33.432	9	0.269	0.285	31.634	7.222	6.833	1.000	0.946	1.240	0.325	0.028	0.087	0.044
1/19/2012	232.068	45.500	9.5	0.209	0.233	40.822	8.425	7.559	-0.398	-0.358	0.366	0.934	0.917	0.982	0.491
1/20/2012	216.001	52.731	10	0.190	0.217	46.145	9.070	7.937	0.696	0.609	0.654	0.793	0.719	0.906	0.453
1/21/2012	230.025	56.888	10.5	0.185	0.213	49.407	9.420	8.182	-0.636	-0.552	0.585	0.834	0.772	0.926	0.463
1/22/2012	209.084	60.804	11	0.181	0.209	52.589	9.739	8.423	0.986	0.853	1.021	0.522	0.167	0.321	0.160
1/23/2012	224.382	67.297	0.5	0.007	0.034	14.868	10.246	2.264	-0.971	-0.214	0.216	0.977	0.240	0.245	0.123
1/24/2012	215.732	72.071	1	0.014	0.048	20.872	10.603	3.071	0.861	0.249	0.252	0.968	0.508	0.524	0.262
1/25/2012	212.475	87.709	1.5	0.017	0.053	28.323	11.697	3.777	-0.914	-0.295	0.300	0.955	0.405	0.424	0.212

Tanggal	arah	Lo	d	d/L0	d/L	L	Co	C	Sin ao	sin a	a	cos a	cos ao	$\frac{\cos ao}{\cos a}$	Kr
1/26/2012	221.987	89.767	2	0.022	0.061	33.020	11.834	4.353	0.875	-0.322	0.328	0.947	0.484	0.511	0.255
1/27/2012	229.847	74.892	2.5	0.033	0.075	33.298	10.809	4.806	-0.489	-0.217	0.219	0.976	0.872	0.894	0.447
1/28/2012	232.416	55.515	3	0.054	0.098	30.522	9.306	5.116	-0.062	-0.034	0.034	0.999	0.998	0.999	0.499
1/29/2012	239.137	55.953	3.5	0.063	0.107	32.637	9.343	5.450	-0.367	0.214	0.216	0.977	0.930	0.952	0.476
1/30/2012	221.775	60.047	4	0.067	0.111	36.007	9.678	5.804	0.958	-0.574	0.612	0.819	0.288	0.352	0.176
1/31/2012	217.215	65.863	4.5	0.068	0.112	40.161	10.136	6.181	-0.431	-0.263	0.266	0.965	0.903	0.935	0.468



Lampiran 4. Contoh Sebagian Data Hasil Perhitungan Data Untuk Mendapatkan Nilai Koefisien Shoaling (Ks) Tahun 2012

Tanggal	d/L0	n	n0	Lo	L	Ks	Kr	Ho	H
1/1/2012	0.007	0.985	0.500	72.387	14.868	4.798	0.500	1.939	4.649
1/2/2012	0.013	0.973	0.500	78.623	21.673	3.530	0.487	2.195	3.772
1/3/2012	0.020	0.959	0.500	74.917	26.028	2.760	0.298	2.042	1.678
1/4/2012	0.000	0.000	0.500	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
1/5/2012	0.000	0.000	0.500	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
1/6/2012	0.037	0.925	0.500	80.675	37.575	1.986	0.458	2.282	2.075
1/7/2012	0.037	0.925	0.500	93.419	43.838	1.971	0.161	2.843	0.901
1/8/2012	0.043	0.913	0.500	93.504	46.168	1.850	0.049	2.847	0.260
1/9/2012	0.050	0.900	0.500	89.562	47.791	1.686	0.482	2.669	2.169
1/10/2012	0.059	0.883	0.500	85.340	48.398	1.557	0.500	2.482	1.932
1/11/2012	0.071	0.861	0.500	77.290	47.876	1.390	0.012	2.140	0.035
1/12/2012	0.078	0.848	0.500	76.577	49.432	1.314	0.445	2.110	1.233
1/13/2012	0.035	0.929	0.500	187.173	83.882	2.073	0.373	3.820	2.950
1/14/2012	0.119	0.779	0.500	59.006	44.507	1.033	0.372	1.427	0.549
1/15/2012	0.085	0.836	0.500	88.392	58.718	1.258	0.500	1.240	0.780
1/16/2012	0.396	0.533	0.500	20.226	19.943	0.540	0.500	0.286	0.077
1/17/2012	0.261	0.607	0.500	32.565	30.633	0.645	0.497	0.585	0.188
1/18/2012	0.269	0.600	0.500	33.432	31.634	0.634	0.044	0.609	0.017
1/19/2012	0.209	0.658	0.500	45.500	40.822	0.733	0.491	0.966	0.348
1/20/2012	0.190	0.680	0.500	52.731	46.145	0.777	0.453	1.206	0.424
1/21/2012	0.185	0.686	0.500	56.888	49.407	0.790	0.463	1.351	0.494
1/22/2012	0.181	0.691	0.500	60.804	52.589	0.799	0.160	1.493	0.191
1/23/2012	0.007	0.985	0.500	67.297	14.868	4.460	0.123	1.738	0.951
1/24/2012	0.014	0.971	0.500	72.071	20.872	3.353	0.262	1.927	1.694
1/25/2012	0.017	0.965	0.500	87.709	28.323	2.988	0.212	2.586	1.640
1/26/2012	0.022	0.955	0.500	89.767	33.020	2.596	0.255	2.678	1.776
1/27/2012	0.033	0.933	0.500	74.892	33.298	2.098	0.447	2.041	1.914
1/28/2012	0.054	0.892	0.500	55.515	30.522	1.623	0.499	1.302	1.056
1/29/2012	0.063	0.876	0.500	55.953	32.637	1.501	0.476	1.318	0.942
1/30/2012	0.067	0.868	0.500	60.047	36.007	1.448	0.176	1.465	0.373
1/31/2012	0.068	0.866	0.500	65.863	40.161	1.421	0.468	1.683	1.118

Lampiran. 5 Contoh Sebagian Data Hasil Perhitungan Data Untuk Mendapatkan Nilai Kedalaman Gelombang Pecah (db)
Tahun 2012

Tanggal	Kr	Ho	T	H'o	kemiringan*	gT ²	H'o/gT ²	tabel	Hb	Hb/gT ²	tabel	db
					m			Hb/H'o			db/Hb	
1/1/2012	0.500	1.939	6.812	0.969	0.100	454.738	0.002	2.000	1.938	0.194	0.800	1.550
1/2/2012	0.487	2.195	7.099	1.068	0.100	493.914	0.002	2.000	2.137	0.214	0.800	1.709
1/3/2012	0.298	2.042	6.930	0.608	0.100	470.631	0.001	2.000	1.216	0.122	0.800	0.973
1/4/2012	0.000	0.000	0.000	0.000	0.100	0.000	0.000	2.000	0.000	0.000	0.800	0.000
1/5/2012	0.000	0.000	0.000	0.000	0.100	0.000	0.000	2.000	0.000	0.000	0.800	0.000
1/6/2012	0.458	2.282	7.191	1.045	0.100	506.804	0.002	2.000	2.090	0.209	0.800	1.672
1/7/2012	0.161	2.843	7.738	0.457	0.100	586.865	0.001	2.000	0.914	0.091	0.800	0.732
1/8/2012	0.049	2.847	7.742	0.141	0.100	587.399	0.000	2.000	0.282	0.028	0.800	0.225
1/9/2012	0.482	2.669	7.577	1.286	0.100	562.632	0.002	2.000	2.573	0.257	0.800	2.058
1/10/2012	0.500	2.482	7.396	1.241	0.100	536.109	0.002	2.000	2.482	0.248	0.800	1.986
1/11/2012	0.445	2.140	7.039	0.951	0.100	485.541	0.002	2.000	1.903	0.190	0.800	1.522
1/12/2012	0.445	2.110	7.006	0.938	0.100	481.063	0.002	2.000	1.876	0.188	0.800	1.501
1/13/2012	0.373	3.820	10.954	1.423	0.100	1175.832	0.001	2.000	2.847	0.285	0.800	2.277
1/14/2012	0.372	1.427	6.150	0.531	0.100	370.680	0.001	2.000	1.063	0.106	0.800	0.850
1/15/2012	0.500	1.240	7.527	0.620	0.100	555.281	0.001	2.000	1.239	0.124	0.800	0.992
1/16/2012	0.500	0.286	3.601	0.143	0.100	127.062	0.001	2.000	0.286	0.029	0.800	0.229
1/17/2012	0.497	0.585	4.569	0.291	0.100	204.575	0.001	2.000	0.582	0.058	0.800	0.466
1/18/2012	0.044	0.609	4.629	0.027	0.100	210.021	0.000	2.000	0.053	0.005	0.800	0.043
1/19/2012	0.491	0.966	5.401	0.475	0.100	285.836	0.002	2.000	0.949	0.095	0.800	0.759
1/20/2012	0.453	1.206	5.814	0.546	0.100	331.261	0.002	2.000	1.092	0.109	0.800	0.873
1/21/2012	0.463	1.351	6.039	0.625	0.100	357.370	0.002	2.000	1.251	0.125	0.800	1.001
1/22/2012	0.160	1.493	6.243	0.239	0.100	381.975	0.001	2.000	0.479	0.048	0.800	0.383
1/23/2012	0.123	1.738	6.568	0.213	0.100	422.765	0.001	2.000	0.426	0.043	0.800	0.341
1/24/2012	0.262	1.927	6.797	0.505	0.100	452.751	0.001	2.000	1.010	0.101	0.800	0.808

Tanggal	Kr	Ho	T	H'o	kemiringan*	gT ²	H'o/gT ²	tabel	Hb	Hb/gT ²	tabel	db
					m			Hb/H'o			db/Hb	
1/25/2012	0.212	2.586	7.498	0.549	0.100	550.994	0.001	2.000	1.097	0.110	0.800	0.878
1/26/2012	0.255	2.678	7.586	0.684	0.100	563.921	0.001	2.000	1.368	0.137	0.800	1.095
1/27/2012	0.447	2.041	6.929	0.912	0.100	470.474	0.002	2.000	1.824	0.182	0.800	1.459
1/28/2012	0.499	1.302	5.965	0.650	0.100	348.750	0.002	2.000	1.301	0.130	0.800	1.041
1/29/2012	0.476	1.318	5.989	0.627	0.100	351.499	0.002	2.000	1.255	0.125	0.800	1.004
1/30/2012	0.176	1.465	6.204	0.258	0.100	377.216	0.001	2.000	0.516	0.052	0.800	0.413
1/31/2012	0.468	1.683	6.498	0.787	0.100	413.754	0.002	2.000	1.574	0.157	0.800	1.259



Lampiran. 6 Contoh Sebagian Data Hasil Perhitungan Data Untuk Mendapatkan Nilai Difraksi Gelombang (K') Tahun 2012

Tanggal	θ	β	r	L	r/L	tabel r/L	K' (Tabel)
1/1/2012	58	180	155	14.868	10.425	10	0.06
1/2/2012	58	180	155	21.673	7.152	10	0.06
1/3/2012	58	180	155	26.028	5.955	5	0.07
1/4/2012	58	180	155	0.000	0.000	0	0
1/5/2012	58	180	155	0.000	0.000	0	0
1/6/2012	58	180	155	37.575	4.125	5	0.07
1/7/2012	58	180	155	43.838	3.536	2	0.13
1/8/2012	58	180	155	46.168	3.357	2	0.13
1/9/2012	58	180	155	47.791	3.243	2	0.13
1/10/2012	58	180	155	48.398	3.203	2	0.13
1/11/2012	58	180	155	47.876	3.238	2	0.13
1/12/2012	58	180	155	49.432	3.136	2	0.13
1/13/2012	58	180	155	83.882	1.848	1	0.18
1/14/2012	58	180	155	44.507	3.483	2	0.13
1/15/2012	58	180	155	58.718	2.640	2	0.13
1/16/2012	58	180	155	19.943	7.772	10	0.06
1/17/2012	58	180	155	30.633	5.060	5	0.07
1/18/2012	58	180	155	31.634	4.900	5	0.07
1/19/2012	58	180	155	40.822	3.797	2	0.13
1/20/2012	58	180	155	46.145	3.359	2	0.13
1/21/2012	58	180	155	49.407	3.137	2	0.13
1/22/2012	58	180	155	52.589	2.947	2	0.13
1/23/2012	58	180	155	14.868	10.425	10	0.06
1/24/2012	58	180	155	20.872	7.426	10	0.06
1/25/2012	58	180	155	28.323	5.473	5	0.07
1/26/2012	58	180	155	33.020	4.694	5	0.07
1/27/2012	58	180	155	33.298	4.655	5	0.07
1/28/2012	58	180	155	30.522	5.078	5	0.07
1/29/2012	58	180	155	32.637	4.749	5	0.07
1/30/2012	58	180	155	36.007	4.305	5	0.07
1/31/2012	58	180	155	40.161	3.860	2	0.13