

**ANALISIS TRANSFORMASI GELOMBANG BERDASARKAN KEDALAMAN
PERAIRAN SELAT SEMPU, KABUPATEN MALANG, JAWA TIMUR**

SKRIPSI

PROGRAM STUDI ILMU KELAUTAN

JURUSAN PEMANFAATAN SUMBERDAYA PERIKANAN DAN KELAUTAN

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

Oleh :

RIO RIZKHY FEBRYANA

NIM. 0910860049



FAKULTAS PERIKANAN DAN ILMU KELAUTAN

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

MALANG

2013

**ANALISIS TRANSFORMASI GELOMBANG BERDASARKAN KEDALAMAN
PERAIRAN SELAT SEMPU, KABUPATEN MALANG, 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 :

RIO RIZKHY FEBRYANA

NIM. 0910860049



FAKULTAS PERIKANAN DAN ILMU KELAUTAN

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

MALANG

2013

SKRIPSI

ANALISIS TRANSFORMASI GELOMBANG BERDASARKAN KEDALAMAN PERAIRAN SELAT SEMPU, KABUPATEN MALANG, JAWA TIMUR

Oleh :

RIO RIZKHY FEBRYANA

NIM. 0910860049

telah dipertahankan didepan penguji
pada tanggal 27 November 2013
dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Menyetujui

Dosen Penguji I

(Ir. Bambang Semedi, M.Sc, P.hD)

NIP.

Tanggal :

Dosen Penguji II

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

NIP.

Tanggal :

Dosen Pembimbing I

(Ir. Aida Sartimbul, M.Sc, Ph.D)

NIP.19680901 199403 2 001

Tanggal :

Dosen Pembimbing II

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

NIP. 19781102 200501 2 002

Tanggal :

Mengetahui,
Ketua Jurusan

(Dr. Ir. Daduk Setyohadi, MP)

NIP.19630608 198703 1 003

Tanggal :

PERNYATAAN ORISINALITAS SKRIPSI

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain kecuali yang tertulis dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

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

Malang, 27 Oktober 2013

RIO RIZKHY FEBRYANA



UCAPAN TERIMAKASIH

Atas selesainya laporan ini, penulis menyadari bahwa dalam penyelesaian skripsi ini juga tidak terlepas dari bantuan berbagai pihak. Sebagai bentuk rasa syukur kepada Allah SWT, penulis ingin menyampaikan terimakasih kepada:

1. Kedua orang tua saya, ayahanda Radiyono dan ibunda Mudjati yang selalu memberikan dukungan motivasi, inspirasi, materi hingga doa sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan lancar dan sesuai yang diharapkan.
2. Ir. Aida Sartimbul, M.Sc, Ph.D dan Nurin Hidayati, S.T, M.Sc selaku dosen pembimbing, yang senantiasa memberikan bimbingan, arahan, waktu dan pengertian kepada penulis selama penyusunan skripsi ini.
3. Kepada pimpinan instansi BMKG St. Meteorologi Maritim Perak II Surabaya, yang telah memberikan dukungan data hidro-oseanografi yang dibutuhkan penulis sebagai bahan dalam penyusunan skripsi.
4. Seluruh jajaran dosen dan teman-teman seperjuangan Ilmu Kelautan Universitas Brawijaya (saudaraku angkatan 2009 pada khususnya), yang selalu memberikan dukungan motivasi, bantuan, serta doa sehingga selesainya penyusunan skripsi ini berjalan dengan lancar.

Malang, 27 Oktober 2013

Penulis

RINGKASAN

RIO RIZKHY FEBRYANA. Skripsi tentang Analisis Transformasi Gelombang Berdasarkan Kedalaman Perairan Selat Sempu, Kabupaten Malang, Jawa Timur. (di bawah bimbingan Ir. Aida Sartimbul, M.Sc, Ph.D dan Nurin Hidayati, S.T, 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. Selat Sempu merupakan perairan yang diapit diantara daratan Pulau Sempu dan Kabupaten Malang dengan memiliki kontur batimetri yang dinamis, hal tersebut dikarenakan letak perairan berbatasan langsung dengan perairan lepas Samudera Hindia, sehingga faktor fisik perairan selat dipengaruhi oleh penjalaran energi hidro-oseanografi Samudera Hindia, salah satunya adalah gelombang.

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui karakteristik dan analisis transformasi gelombang (refraksi, difraksi dan gelombang pecah) dan mendapatkan analisis pola transformasi gelombang berdasarkan kedalaman perairan Selat Sempu. Penelitian ini dilakukan dengan melakukan perhitungan matematis transformasi gelombang dengan hasil akhir berupa tinggi (H_b) dan kedalaman (d_b) gelombang pecah dimana nantinya akan diplotting dan validasi berdasarkan data koreksi batimetri Selat Sempu. Pengolahan data menggunakan aplikasi *Microsoft Excel*, *Surfer*[®], dan *ArcGIS 10*.

Pengolahan transformasi gelombang yakni mendapatkan nilai koefisien refraksi (K_r), difraksi (K'), serta gelombang pecah dengan hasil akhir berupa nilai maksimum dan minimum H_b dan d_b dari Stasiun A musim barat dan Stasiun B musim timur yang mana akan divalidasikan dengan peta batimetri Selat Sempu sehingga akan dapat mengetahui karakteristik dan analisa pola penjalaran transformasi gelombang di Selat Sempu

Pada Stasiun A hasil pengolahan analisis distribusi refraksi didapatkan nilai koefisien refraksi (K_r) rata-rata 1,039, nilai maksimum 1,359, dan nilai minimum 0,375. Nilai dari koefisien difraksi (K') memiliki nilai rata-rata 0,83, nilai maksimum 1,05, dan nilai minimum 0,12, serta didapat rata-rata H_b 1,74 m, nilai maksimum 6,93, dan nilai minimum 0,11. Rata-rata kedalaman gelombang pecah (d_b) 2,1 m, nilai maksimum 11,09 m, dan nilai minimum 0,11 m dibawah permukaan air laut. Sedangkan pada Stasiun B, musim Timur nilai koefisien refraksi rata-rata sebesar 1,006, nilai maksimum 1,360, dan nilai minimum 0,735. Nilai dari koefisien difraksi (K') memiliki nilai rata-rata 0,89, nilai maksimum 1,08, dan nilai minimum 0,1, serta didapat rata-rata H_b 1,23 m, nilai maksimum 4,21 m, dan nilai minimum 0,03 m. Rata-rata kedalaman gelombang pecah (d_b) 1,5 m, nilai maksimum 4,31 m, dan nilai minimum 0,05 m dibawah permukaan air laut.

Analisis transformasi gelombang penjalaran gelombang pada Stasiun A terdapat 3 titik koordinat yang rasional terjadi gelombang pecah dari koordinat *sounding* yang valid, sedangkan Stasiun B hanya terdapat 1 koordinat yang memiliki potensi terjadinya gelombang pecah yang cukup besar. Dari kedua stasiun tersebut memiliki perbedaan, yakni dalam hal hasil distribusi transformasi gelombang, namun dikarenakan perbedaan struktur morfologi dasar perairan menjadi faktor timbulnya perubahan fisik dasar perairan, sehingga pembentukan batimetri secara linier mengikuti kondisi morfologi dasar perairan.

KATA PENGANTAR

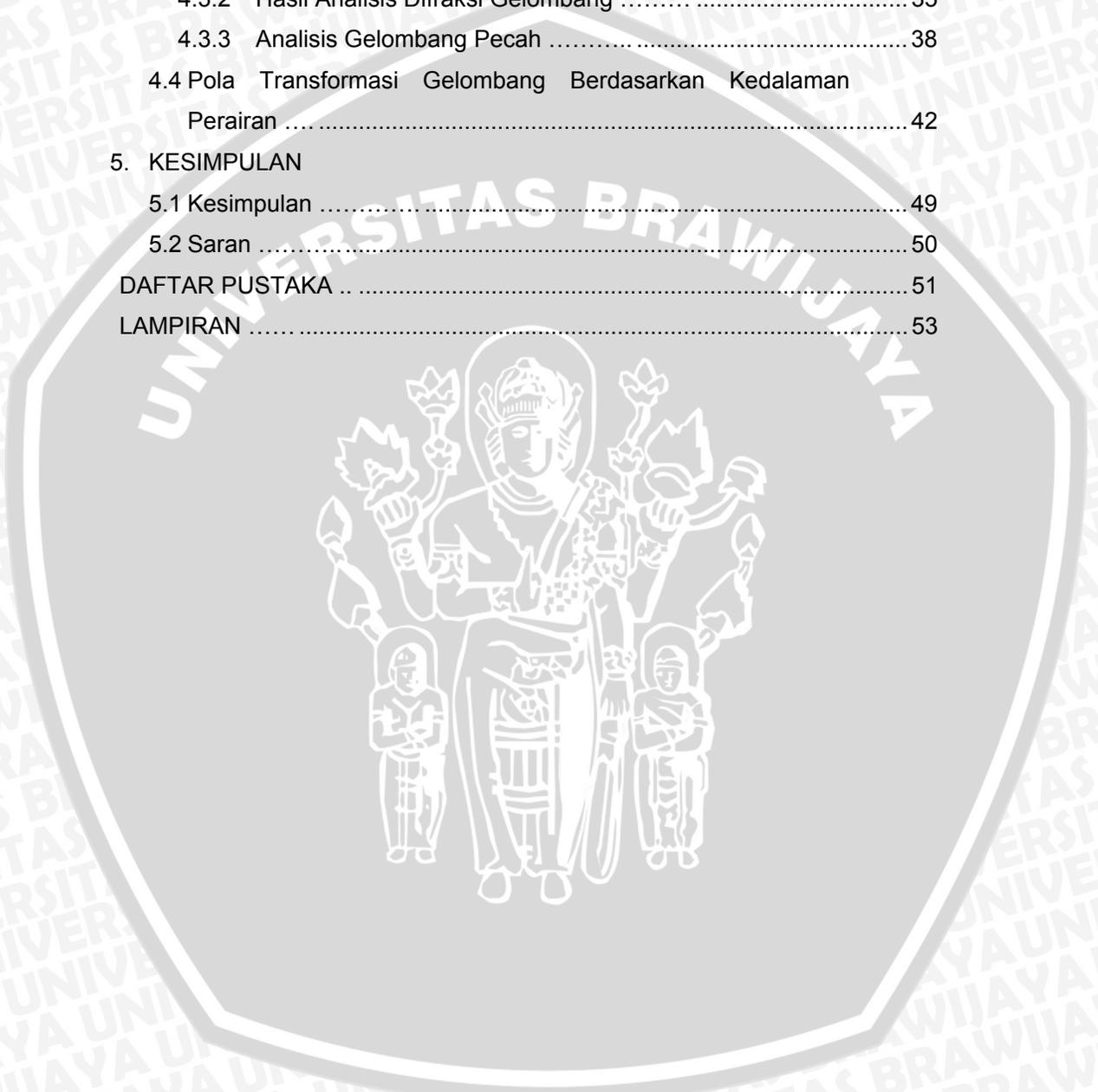
Puji syukur atas rahmat dan karunia yang diberikan oleh Allah SWT, atas limpahan kekayaan alam, lautan yang luas, serta daratan yang subur. Gelombang merupakan faktor utama dalam penentuan tata letak (*layout*) pelabuhan, alur pelayaran, perencanaan bangunan pantai, dan sebagainya. Gelombang akan dapat menimbulkan energi untuk membentuk pantai, menimbulkan arus dan transport sedimen dalam arah tegak lurus dan sepanjang pantai. Perairan Selat Sempu merupakan perairan yang diapit antara daratan Pulau Sempu dan Kabupaten Malang, dimana memiliki ciri karakteristik sebaran penjaralan energi gelombang yang cukup besar yakni berasal dari perairan Samudera Hindia. kondisi tersebut diyakini mempengaruhi perubahan fisik batimetri diperairan sekitar selat.

Berdasarkan hal diatas penulis mengangkat penelitian tentang “Analisis Transformasi Gelombang Berdasarkan Kedalaman Perairan Selat Sempu, Kabupaten Malang, Jawa Timur “ dengan tujuan mengetahui karakteristik dan analisis transformasi gelombang (refraksi, difraksi dan gelombang pecah) dan mendapatkan analisis pola transformasi gelombang berdasarkan kedalaman perairan Selat Sempu antara Stasiun A dan Stasiun B. Penulis menyadari bahwa perlu adanya saran-saran yang membangun agar tulisan ini dapat bermanfaat bagi semua.

DAFTAR ISI

	Halaman
LEMBAR PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN ORISINILITAS SKRIPSI	iii
UCAPAN TERIMA KASIH	iv
RINGKASAN	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR LAMPIRAN	xii
1. PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	3
1.3 Tujuan	3
1.4 Kegunaan	4
1.5 Waktu dan Tempat	4
1.6 Batasan Masalah	4
2. TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Gelombang	5
2.1.1 Klasifikasi Gelombang Berdasarkan Kedalaman Relatif.....	5
2.1.2 Deformasi Gelombang	6
2.2 Pasang Surut	12
2.3 Batimetri	13
2.3.1 Manfaat Batimetri Pada Bidang Kelautan	14
3. METODOLOGI PENELITIAN	
3.1 Keadaan Umum Selat Sempu	15
3.2 Teknik Pengumpulan Data	16
3.3 Alat Dalam Penelitian	16
3.4 Metode Penelitian dan Pengolahan Data	17
3.4.1 Pengolahan Data Batimetri	17
3.4.2 Pengolahan Data Transformasi Gelombang	20
3.5 Diagram Alir Pengolahan Data	21
4. HASIL DAN PEMBAHASAN	
4.1 Analisis Kedalaman Laut Selat Sempu	22

4.2 Analisis Arah Angin Dominan dan Hubungan Dengan Gelombang.....	28
4.3 Analisis Transformasi Gelombang	31
4.3.1 Hasil Analisis Refraksi Gelombang	31
4.3.2 Hasil Analisis Difraksi Gelombang	35
4.3.3 Analisis Gelombang Pecah	38
4.4 Pola Transformasi Gelombang Berdasarkan Kedalaman Perairan	42
5. KESIMPULAN	
5.1 Kesimpulan	49
5.2 Saran	50
DAFTAR PUSTAKA	51
LAMPIRAN	53



DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Koefisien difraksi gelombang (K') dari gelombang datang dengan sudut α , sebagai fungsi r/L dan α	9
2. Alat-alat yang digunakan Penelitian	16
3. Perhitungan MSL 20 Oktober 2012	24
4. Tabulasi numerik koreksi elevasi pasang-surut tanggal 20 Oktober 2012 (Lampiran 2)	25
5. Data awal <i>time series</i> gelombang laut di Stasiun A untuk menghitung koefisien refraksi.....	32
6. Hasil pengolahan data pada Stasiun A untuk mendapatkan koefisien refraksi (K_r).....	33
7. Hasil pengolahan data (K_r) pada Stasiun B untuk mendapatkan koefisien refraksi.....	33
8. Hasil perhitungan dan pengolahan data Stasiun A untuk mendapatkan nilai koefisien difraksi (K')	37
9. Hasil perhitungan dan pengolahan data Stasiun B untuk mendapatkan nilai koefisien difraksi (K')	38
10. Hasil perhitungan dan pengolahan data Stasiun A untuk mendapatkan nilai tinggi (H_b) dan (d_b) kedalaman gelombang pecah.....	40
11. Hasil perhitungan dan pengolahan data Stasiun B untuk mendapatkan nilai tinggi (H_b) dan (d_b) kedalaman gelombang pecah.....	40

DAFTAR GAMBAR

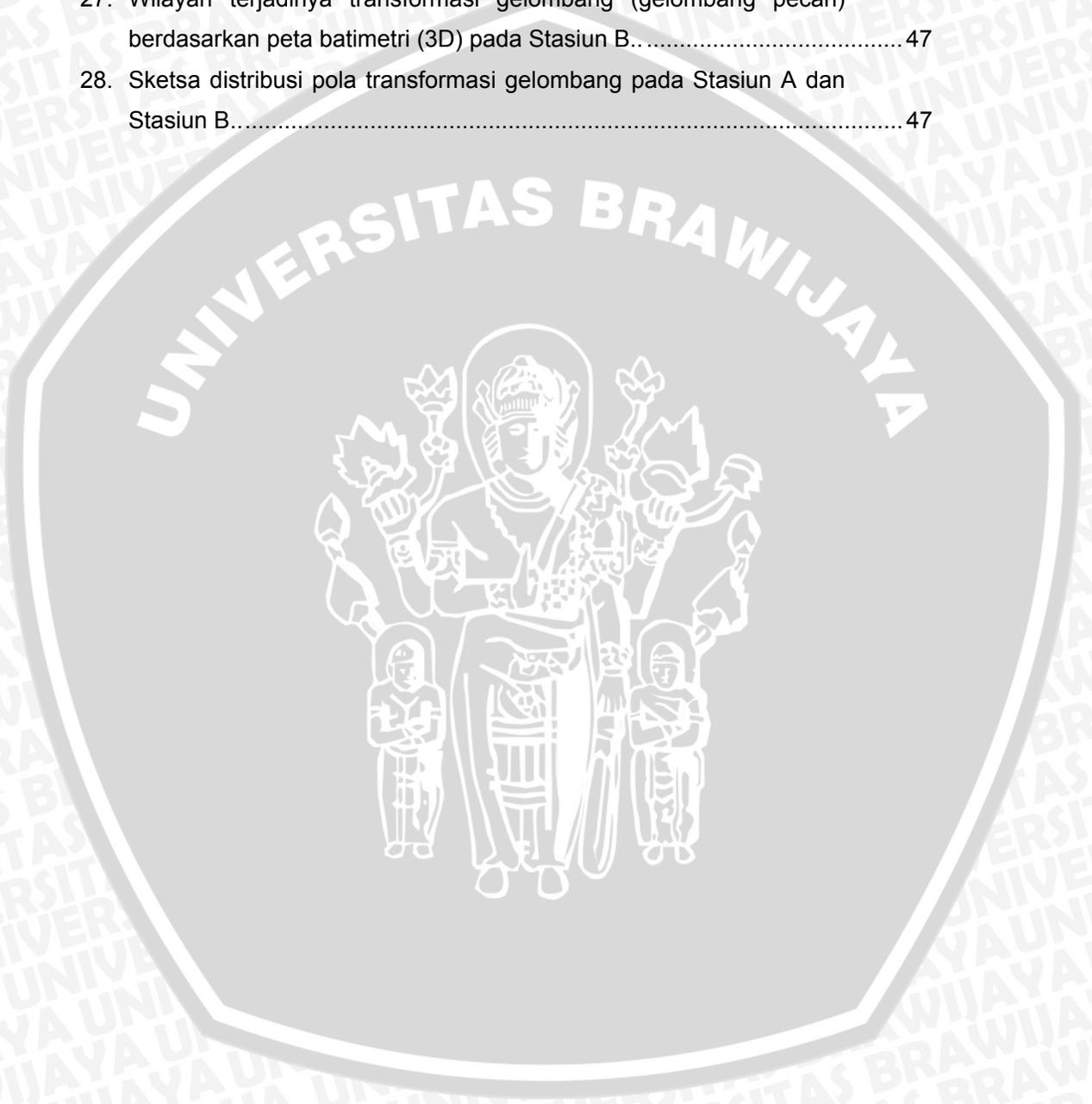
Gambar	Halaman
1. Skema kerangka penelitian	3
2. Refraksi gelombang	7
3. Difraksi gelombang di belakang rintangan	8
4. Penentuan tinggi gelombang pecah.....	11
5. Penentuan kedalaman gelombang pecah.....	12
6. Tipe pasang surut	13
7. Peta Lokasi Penelitian di Selat Sempu	15
8. Alur pengambilan data lapang batimetri	17
9. Ilustrasi metode pengambilan data <i>sounding</i> secara zig-zag sepanjang perairan Selat Sempu	18
10 Alur pengolahan data batimetri Selat Sempu	19
11. Alur pengolahan data refraksi dan gelombang pecah	20
12. Pengolahan data analisis transformasi gelombang berdasarkan peta batimetri Selat Sempu	21
13. Fluktuasi pasang surut Bulan Oktober 2012	23
14. Elevasi pasang surut setiap jam tanggal 20 Oktober 2012	24
15. Grafik fluktuasi kenaikan pasang surut (m) setiap detikanya	25
16. Peta kontur batimetri Selat Sempu 2D (meter).....	26
17. Peta kontur batimetri Selat Sempu 3D (meter)	27
18. Peta Batimetri Selat Sempu setelah <i>overlay</i> dengan Google Earth	27
19. Diagram <i>Wind Rose</i> pergerakan arah angin dominan pada Stasiun A (kiri) da Stasiun B (kanan) antara periode 2007 – 2013, <i>Orientation: flow vector (blowing to)</i>	28
20. Diagram <i>Wind Rose</i> pergerakan arah dominan angin Stasiun A pada musim barat	29
21. Diagram <i>Wind Rose</i> pergerakan arah dominan angin Stasiun B pada musim timur.....	29
22. Peta sketsa penentuan koefisien difraksi (K') pada Stasiun A.....	36
23. Peta sketsa penentuan koefisien difraksi (K') pada Stasiun B.....	36
24. Pola distribusi transformasi gelombang berdasarkan plotting koordinat data batimetri pada Stasiun A	44

25. Pola distribusi transformasi gelombang berdasarkan plotting koordinat data batimetri pada Stasiun B..... 46

26. Wilayah terjadinya transformasi gelombang (gelombang pecah) berdasarkan peta batimetri (3D) pada Stasiun A..... 46

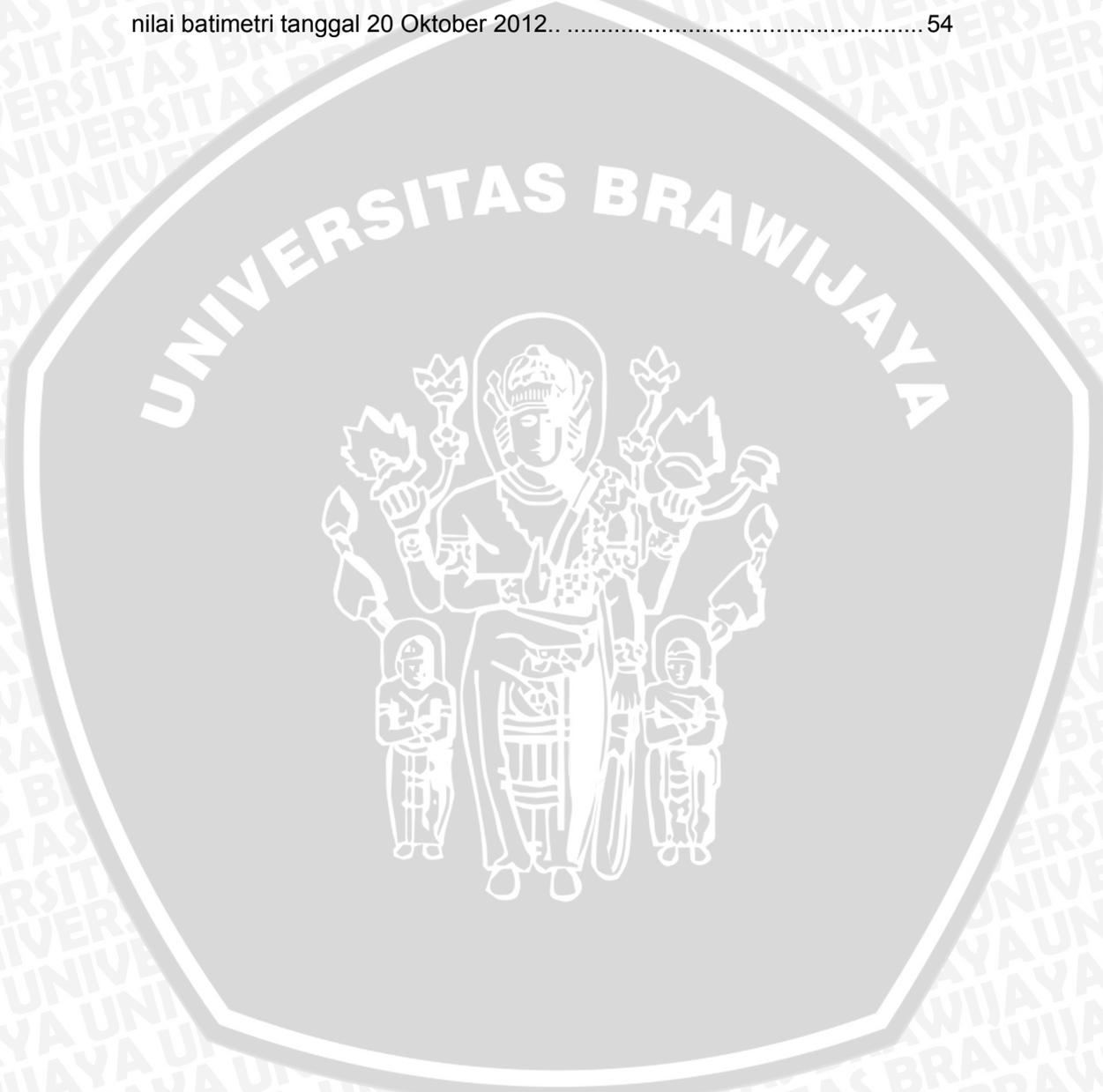
27. Wilayah terjadinya transformasi gelombang (gelombang pecah) berdasarkan peta batimetri (3D) pada Stasiun B..... 47

28. Sketsa distribusi pola transformasi gelombang pada Stasiun A dan Stasiun B..... 47



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Dokumentasi pengambilan data lapang	53
2. Tabulasi numerik koreksi elevasi pasang-surut untuk mendapatkan nilai batimetri tanggal 20 Oktober 2012.....	54



1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

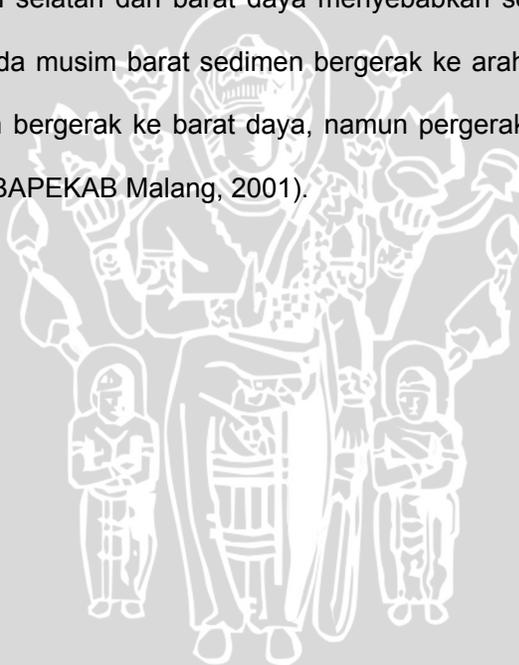
Selat Sempu merupakan perairan yang berada diantara daratan Kabupaten Malang dan Pulau Sempu dimana terbentuk secara alami yang berhadapan langsung dengan Samudera Hindia, serta memiliki faktor lokal yang dapat menunjang aktivitas perikanan dan kelautan berkelanjutan yakni terdapatnya pelindung alami yaitu Pulau Sempu, sehingga diperlukan sistem manajemen pembangunan struktur pantai yang baik dari aspek batimetri. Hal ini dikarenakan selain kawasan perairan tersebut merupakan cagar alam nasional, disamping itu perairan tersebut juga mulai terdapatnya reklamasi pantai yang berada di sisi timur pelabuhan perikanan. Menurut Fisheries Diving Club (2006), kondisi kedalaman Selat Sempu cukup dinamis yaitu seperti perbukitan di dalam dasar laut, perairan ini memiliki lebar selat kurang lebih 600-1500 meter dan panjang selat sekitar 4 kilometer. Secara morfologi bentuk fisik garis pantai dan batimetri Selat Sempu terbentuk karena faktor deformasi gelombang.

Faktor global seperti adanya musim barat dan timur sangat mempengaruhi kondisi hidro-osanografi perairan Selat Sempu, salah satunya gelombang. Kecepatan angin dari setiap musim tersebut sangat mempengaruhi penjalaran energi deformasi gelombang, semakin seragam arah tiupan angin di suatu wilayah, maka gelombang yang ditimbulkan semakin besar. Hal ini terjadi karena arah tiupan yang sama akan menyebabkan terbentuknya gelombang konstruktif yang saling menguatkan, sehingga energi yang dibangkitkan oleh tiupan angin akan terkumpul, kondisi ini terjadi pada saat aktifnya angin monsun baik monsun Asia maupun monsun Australia. (Kurniawan *et al.*, 2011).

Perubahan penjalaran energi deformasi gelombang (refraksi, difraksi dan gelombang pecah) akan terjadi apabila pergerakan gelombang menuju pantai

dipengaruhi oleh kedalaman profil pantai (Triatmodjo, 1999). Hal ini terjadi ketika gelombang yang berasal dari Samudera Hindia memiliki ketinggian gelombang yang cukup besar. Menurut Wirekso *et al.* (2005), terdapat keterkaitan satu sama lain yaitu antara deformasi gelombang dan bentuk profil pantai atau kedalaman laut meliputi perubahan karakteristik gelombang hingga sifat-sifat sedimen seperti rapat massa dan tahanan terhadap erosi, ukuran dan bentuk partikel, kondisi gelombang dan arus.

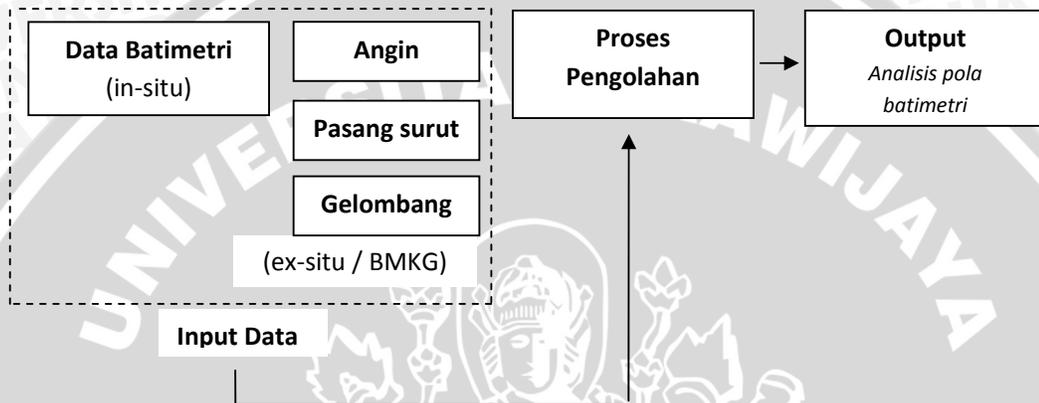
Kondisi faktor deformasi gelombang di Selat Sempu dapat berakibat terjadinya distribusi sedimen perairan selat. kondisi sisi selatan Selat Sempu yang terbuka ke arah selatan dan barat daya menyebabkan sedimen bergerak musiman, dimana pada musim barat sedimen bergerak ke arah timur dan pada musim timur sedimen bergerak ke barat daya, namun pergerakan ke arah barat daya lebih dominan (BAPEKAB Malang, 2001).



1.2 Perumusan Masalah

Adapun perumusan masalah antara lain:

1. Bagaimana analisis pola penjalaran transformasi gelombang (refraksi, difraksi dan gelombang pecah) di Selat Sempu?
2. Bagaimana pola transformasi gelombang berdasarkan kedalaman perairan Selat Sempu?



Gambar 1. Skema Kerangka Penelitian

1.3 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah

1. Mengetahui karakteristik dan analisis transformasi gelombang (refraksi, difraksi dan gelombang pecah) di Selat Sempu, Kabupaten Malang.
2. Mendapatkan pola transformasi gelombang (tinggi dan kedalaman gelombang pecah) berdasarkan kedalaman perairan Selat Sempu, Kabupaten Malang.

1.4 Kegunaan

Adapun kegunaan dari penelitian ini adalah

1. Memberikan pengetahuan panduan analisis pola penjalaran transformasi gelombang di Selat Sempu sebagai bahan referensi kegiatan aktif pelabuhan perikanan.
2. Memberikan informasi hasil penelitian berupa analisis pola distribusi transformasi gelombang berdasarkan kedalaman perairan Selat Sempu bagi masyarakat umum, pemerintah, hingga akademisi.

1.5 Waktu dan Tempat

Pelaksanaan penelitian ini dilaksanakan di Selat Sempu, Kabupaten Malang, Propinsi Jawa Timur pada Tanggal 20 Oktober 2012 – 25 September 2013

1.6 Batasan Masalah

Adapun Batasan Masalah yang dibahas dalam penelitian ini antara lain:

1. Data sekunder yang digunakan ialah koordinat $8^{\circ}27'25,70''\text{LS}$ dan $112^{\circ}40'12,36''\text{BT}$ (Stasiun A) dan $8^{\circ}25'47,84''\text{LS}$ dan $112^{\circ}43'7,51''\text{BT}$ (Stasiun B).
2. Data gelombang yang digunakan tahun 2007 – 2013 didapatkan dari BMKG Stasiun Meteorologi Maritim Perak II Surabaya, dan pengolahan data menggunakan perangkat lunak *Microsoft Excel*, *Surfer®* dan *ArcGIS 10*.
3. Pengolahan didasarkan pada Analisis karakteristik dan pola penjalaran transformasi gelombang yang dikaitkan dengan peta batimetri Selat Sempu.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Gelombang

Menurut Danial (2008), gelombang di laut dapat dibedakan menjadi gelombang yang dibangkitkan oleh tiupan angin di permukaan laut dan gelombang pasang surut yang dibangkitkan oleh gaya tarik menarik benda langit terutama matahari dan bulan terhadap bumi. Dalam bahasan penelitian ini gelombang yang ditinjau adalah akibat angin, untuk selanjutnya disebut gelombang. Gelombang laut dapat menimbulkan arus dan transport sedimen dalam arah tegak lurus dan sepanjang pantai, apabila suatu deretan gelombang bergerak menuju pantai gelombang tersebut akan mengalami perubahan bentuk yang disebabkan oleh proses refraksi dan pendangkalan gelombang, difraksi, refleksi, dan gelombang pecah (Triatmodjo, 1999).

Menurut Umar (2010), gelombang yang merambat dari laut dalam menuju pantai mengalami perubahan bentuk karena pengaruh perubahan kedalaman laut. Berkurangnya kedalaman laut menyebabkan semakin berkurangnya panjang gelombang dan bertambahnya tinggi gelombang. Pada saat kemiringan gelombang (perbandingan antara tinggi dan panjang gelombang) mencapai batas maksimum, gelombang akan pecah. Karakteristik gelombang setelah pecah berbeda dengan sebelum pecah. Gelombang yang telah pecah tersebut merambat terus ke arah pantai sampai akhirnya gelombang bergerak naik dan turun pada permukaan pantai

2.1.1 Klasifikasi Gelombang Berdasarkan Kedalaman Relatif

Berdasarkan gelombang menurut kedalaman relatif oleh Triatmodjo (1999), yaitu perbandingan antara kedalaman air (d) dan panjang gelombang (L), (d/L), gelombang dapat diklasifikasikan menjadi tiga macam yaitu :

1. Gelombang laut di laut dangkal jika $d/L \leq 1/20$
2. Gelombang di laut transisi jika $1/20 < d/L < 1/2$
3. Gelombang di laut dalam jika $d/L \geq 1/2$

Klasifikasi ini dilakukan untuk menyederhanakan rumus-rumus gelombang. Penyederhanaan tersebut menunjukkan berbagai parameter sebagai fungsi kedalaman relatif.

2.1.2 Deformasi Gelombang

Deformasi gelombang merupakan penjalaran gelombang yang mengalami perubahan-perubahan, dimana merambat dari laut dalam ke laut dangkal. Deformasi gelombang bisa disebabkan karena variasi kedalaman di perairan dangkal atau karena terdapatnya penghalang / rintangan seperti struktur di perairan.

1. Gelombang Laut Dalam Ekuivalen

Analisis transformasi gelombang sering dilakukan dengan konsep gelombang laut dalam ekuivalen yaitu tinggi gelombang di laut dalam jika tidak mengalami refraksi. Tinggi gelombang laut dalam ekuivalen diberikan dalam persamaan :

$$H'_0 = K' K_r H_0$$

Dimana :

H'_0 = tinggi gelombang laut dalam ekuivalen

H_0 = tinggi gelombang laut dalam

K' = koefisien difraksi

K_r = koefisien refraksi

(Triatmodjo, 1999).

2. Wave shoaling dan Refraksi

Akibat dari pendangkalan (*wave shoaling*) dan refraksi (berbeloknya gelombang akibat perubahan kedalaman) persamaan gelombang laut dalam

menjadi :

$$\frac{K_s}{K_r} = \frac{1}{\cos^2 \alpha} \quad \text{sehingga}$$

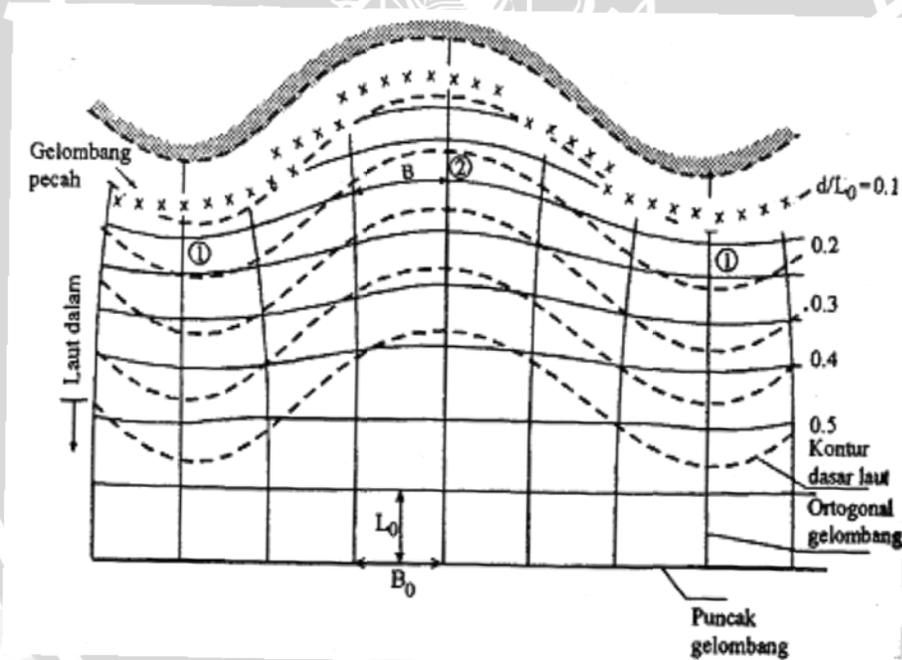
Dimana :

K_s = Koefisien pendangkalan (K_s bisa didapat langsung dari tabel fungsi d/L_0 untuk penambahan nilai d/L_0)

K_r = Koefisien refraksi = $\frac{1}{\cos^2 \alpha}$

α_0 = Sudut antara garis puncak gelombang dengan dasar dimana gelombang melintas

α = Sudut yang sama yang diukur saat garis puncak gelombang melintas kontur dasar berikutnya (Triatmodjo, 1999).

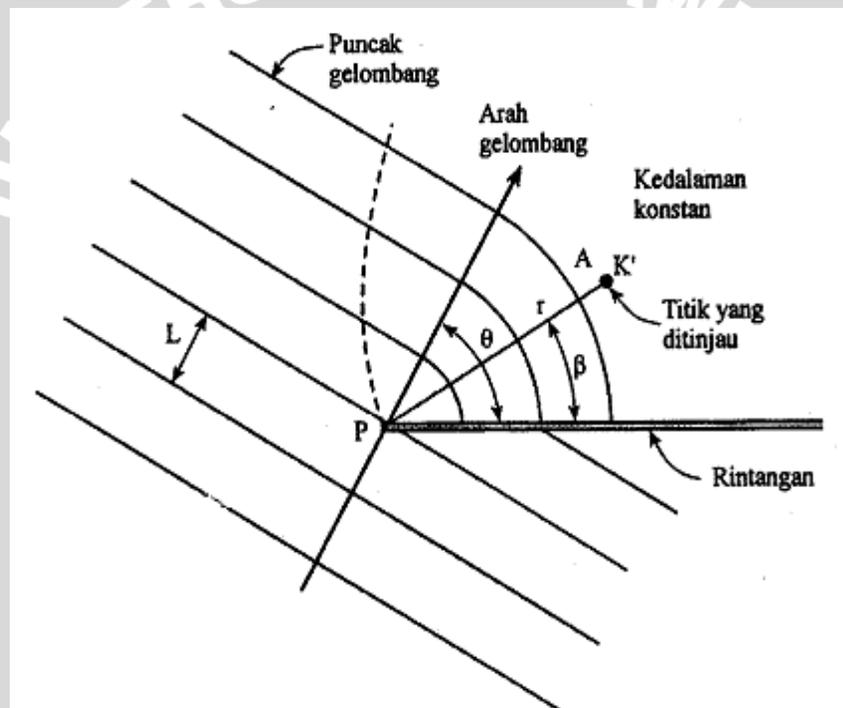


Gambar 2. Refraksi gelombang (Triatmodjo, 1999).

Refraksi dan pendangkalan gelombang akan dapat menentukan tinggi gelombang disuatu tempat berdasarkan karakteristik gelombang datang. Refraksi mempunyai pengaruh yang cukup besar terhadap tinggi dan arah gelombang serta distribusi energi gelombang

3. Difraksi Gelombang

Merupakan suatu sifat gelombang dimana berpindahnya energi di sepanjang puncak gelombang ke arah daerah yang terlindungi. Menurut Triatmodjo (1999), proses transfer energi terjadi dalam arah tegak lurus penjalaran gelombang menuju daerah terlindungi seperti Gambar 3. Garis puncak gelombang dibelakang rintangan mempunyai bentuk busur lingkaran dengan pusat pada ujung rintangan. Dianggap bahwa kedalaman air konstan, apabila tidak maka selain difraksi juga terjadi refraksi gelombang.



Gambar 3. Difraksi gelombang di belakang rintangan (Triatmodjo, 1999).

Menurut Tiadmojo (1999), berdasarkan hitungan difraksi gelombang, pada rintangan (pemecah gelombang) tunggal terdapat perbandingan antara tinggi gelombang di titik yang terletak didaerah terlindung dan tinggi gelombang datang yang mana disebut Koefisien difraksi K' , dimana :

$$H_A = K' H_P$$

$$K' = f(\alpha, \beta, r/L)$$

Keterangan :

- A = titik yang ditinjau di belakang rintangan
- P = ujung pemecah gelombang
- r = jarak titik terhadap ujung rintangan
- α = sudut antara rintangan dan garis yang menghubungkan penjalaran gelombang dan rintangan
- β = sudut rintangan

(Triatmodjo,1999).

Tabel 1. Koefisien difraksi gelombang (K') dari gelombang datang dengan sudut α , sebagai fungsi r/L dan β (Wiegel, dalam Sorensen, 1978)

r/L	β (derajat)												
	0	15	30	45	60	75	90	105	120	135	150	165	180
$\theta = 15^\circ$													
1/2	0.49	0.79	0.83	0.90	0.97	1.01	1.03	1.02	1.01	0.99	0.99	1.00	1.00
1	0.38	0.73	0.83	0.95	1.04	1.04	0.99	0.98	1.01	1.01	1.00	1.00	1.00
2	0.21	0.68	0.86	1.05	1.03	0.97	1.02	0.99	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
5	0.13	0.63	0.99	1.04	1.03	1.02	0.99	0.99	1.00	1.01	1.00	1.00	1.00
10	0.35	0.58	1.10	1.05	0.98	0.99	1.01	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
$\theta = 30^\circ$													
1/2	0.61	0.63	0.68	0.76	0.87	0.97	1.03	1.05	1.03	1.01	0.99	0.95	1.00
1	0.50	0.53	0.63	0.78	0.95	1.06	1.05	0.98	0.98	1.01	1.01	0.97	1.00
2	0.40	0.44	0.59	0.84	1.07	1.03	0.96	1.02	0.98	1.01	0.99	0.95	1.00
5	0.27	0.32	0.55	1.00	1.04	1.04	1.02	0.99	0.99	1.00	1.01	0.97	1.00
10	0.20	0.24	0.54	1.12	1.06	0.97	0.99	1.01	1.00	1.00	1.00	0.98	1.00
$\theta = 45^\circ$													
1/2	0.49	0.50	0.55	0.63	0.73	0.85	0.96	1.04	1.06	1.04	1.00	0.99	1.00
1	0.38	0.40	0.47	0.59	0.76	0.95	1.07	1.06	0.98	0.97	1.01	1.01	1.00
2	0.29	0.31	0.39	0.56	0.83	1.08	1.04	0.96	1.03	0.98	1.01	1.00	1.00
5	0.18	0.20	0.29	0.54	1.01	1.04	1.05	1.03	1.00	0.99	1.01	1.00	1.00
10	0.13	0.15	0.22	0.53	1.13	1.07	0.96	0.98	1.02	0.99	1.00	1.00	1.00
$\theta = 60^\circ$													
1/2	0.40	0.41	0.45	0.52	0.60	0.72	0.85	1.13	1.04	1.06	1.03	1.01	1.00
1	0.31	0.32	0.36	0.44	0.57	0.75	0.96	1.08	1.06	0.98	0.98	1.01	1.00
2	0.22	0.23	0.28	0.37	0.55	0.83	1.08	1.04	0.96	1.03	0.98	1.01	1.00
5	0.14	0.15	0.18	0.28	0.53	1.01	1.04	1.05	1.03	0.99	0.99	1.00	1.00
10	0.10	0.11	0.13	0.21	0.52	1.14	1.07	0.96	0.98	1.01	1.00	1.00	1.00
$\theta = 75^\circ$													
1/2	0.34	0.35	0.38	0.42	0.50	0.59	0.71	0.85	0.97	1.04	1.05	1.02	1.00
1	0.25	0.26	0.29	0.34	0.43	0.56	0.75	0.95	1.02	1.06	0.98	0.98	1.00
2	0.18	0.19	0.22	0.26	0.36	0.54	0.83	1.09	1.04	0.96	1.03	0.99	1.00
5	0.12	0.12	0.13	0.17	0.27	0.52	1.01	1.04	1.05	1.03	0.99	0.99	1.00
10	0.08	0.08	0.10	0.13	0.20	0.52	1.14	1.07	0.96	0.98	1.01	1.00	1.00
$\theta = 90^\circ$													
1/2	0.31	0.31	0.33	0.36	0.41	0.49	0.59	0.71	0.85	0.96	1.03	1.03	1.00
1	0.22	0.22	0.24	0.28	0.33	0.42	0.56	0.75	0.96	1.07	1.05	0.99	1.00
2	0.16	0.16	0.18	0.20	0.26	0.35	0.54	0.69	1.08	1.04	0.96	1.02	1.00
5	0.10	0.10	0.11	0.13	0.16	0.27	0.53	1.01	1.04	1.05	1.02	0.99	1.00
10	0.07	0.07	0.08	0.09	0.13	0.20	0.52	1.14	1.07	0.96	0.99	1.01	1.00

r/L	β (derajat)												
	0	15	30	45	60	75	90	105	120	135	150	165	180
$\theta = 105^\circ$													
1/2	0.28	0.28	0.29	0.32	0.35	0.41	0.49	0.59	0.72	0.85	0.97	1.01	1.00
1	0.20	0.20	0.24	0.23	0.27	0.33	0.42	0.56	0.75	0.95	1.06	1.04	1.00
2	0.14	0.14	0.13	0.17	0.20	0.25	0.35	0.54	0.83	1.08	1.03	0.97	1.00
5	0.09	0.09	0.10	0.11	0.13	0.17	0.27	0.52	1.02	1.04	1.04	1.02	1.00
10	0.07	0.06	0.08	0.08	0.09	0.12	0.20	0.52	1.14	1.07	0.97	0.99	1.00
$\theta = 120^\circ$													
1/2	0.25	0.26	0.27	0.28	0.31	0.35	0.41	0.50	0.60	0.73	0.87	0.97	1.00
1	0.18	0.19	0.19	0.21	0.23	0.27	0.33	0.43	0.57	0.76	0.95	1.04	1.00
2	0.13	0.13	0.14	0.14	0.17	0.20	0.26	0.16	0.55	0.83	1.07	1.03	1.00
5	0.08	0.08	0.08	0.09	0.11	0.13	0.16	0.27	0.53	1.01	1.04	1.03	1.00
10	0.06	0.06	0.06	0.07	0.07	0.09	0.13	0.20	0.52	1.13	1.06	0.98	1.00
$\theta = 135^\circ$													
1/2	0.24	0.24	0.25	0.25	0.26	0.28	0.32	0.36	0.42	0.52	0.63	0.76	1.00
1	0.18	0.17	0.18	0.18	0.19	0.21	0.23	0.28	0.34	0.44	0.59	0.78	1.00
2	0.12	0.12	0.13	0.13	0.14	0.14	0.17	0.20	0.26	0.37	0.56	0.84	1.00
5	0.08	0.07	0.08	0.08	0.08	0.09	0.11	0.13	0.17	0.28	0.54	1.00	1.00
10	0.05	0.06	0.06	0.06	0.06	0.07	0.08	0.09	0.13	0.21	0.53	1.12	1.00
$\theta = 150^\circ$													
1/2	0.23	0.23	0.24	0.25	0.27	0.29	0.33	0.38	0.45	0.55	0.68	0.83	1.00
1	0.16	0.17	0.17	0.18	0.19	0.22	0.24	0.29	0.36	0.47	0.63	0.83	1.00
2	0.12	0.12	0.12	0.13	0.14	0.15	0.18	0.22	0.28	0.39	0.59	0.86	1.00
5	0.07	0.07	0.08	0.08	0.08	0.10	0.11	0.13	0.18	0.29	0.55	0.99	1.00
10	0.05	0.05	0.05	0.06	0.06	0.07	0.08	0.10	0.13	0.22	0.54	1.10	1.00
$\theta = 165^\circ$													
1/2	0.23	0.23	0.23	0.24	0.26	0.28	0.31	0.35	0.41	0.50	0.63	0.79	1.00
1	0.16	0.16	0.17	0.17	0.19	0.20	0.23	0.26	0.32	0.40	0.53	0.73	1.00
2	0.11	0.11	0.12	0.12	0.13	0.14	0.16	0.19	0.23	0.31	0.44	0.68	1.00
5	0.07	0.07	0.07	0.07	0.08	0.09	0.10	0.12	0.15	0.20	0.32	0.63	1.00
10	0.05	0.05	0.05	0.06	0.06	0.06	0.07	0.08	0.11	0.11	0.21	0.58	1.00
$\theta = 180^\circ$													
1/2	0.20	0.25	0.23	0.24	0.25	0.28	0.31	0.34	0.40	0.49	0.61	0.78	1.00
1	0.10	0.17	0.16	0.18	0.18	0.23	0.22	0.25	0.31	0.38	0.50	0.70	1.00
2	0.02	0.09	0.12	0.12	0.13	0.18	0.16	0.18	0.22	0.29	0.40	0.60	1.00
5	0.02	0.06	0.07	0.07	0.07	0.08	0.10	0.12	0.14	0.18	0.27	0.46	1.00
10	0.01	0.05	0.05	0.04	0.06	0.07	0.07	0.08	0.10	0.13	0.20	0.36	1.00

4. Gelombang Pecah

Menurut Triatmodjo (1999), gelombang yang menjalar dari laut menuju pantai mengalami perubahan bentuk karena adanya pengaruh perubahan kedalaman laut. Gelombang pecah dipengaruhi oleh kemiringannya, yaitu perbandingan antara tinggi dan panjang gelombang. Di laut dalam kemiringan gelombang maksimum dimana gelombang mulai tidak stabil diberikan oleh bentuk berikut :

$$\frac{H}{L} = 0.148$$

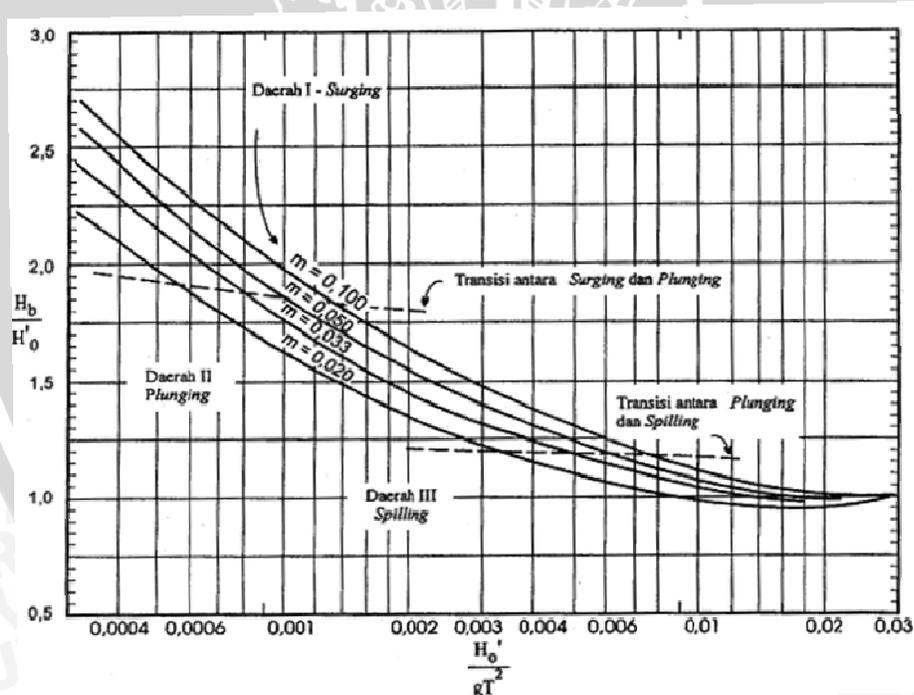
Gelombang dari laut dalam yang bergerak menuju pantai akan bertambah kemiringannya sampai akhirnya tidak stabil dan pecah pada kedalaman tertentu, disebut kedalaman gelombang pecah d_b . Tinggi gelombang pecah diberi notasi H_b . (Munk, dalam CERC, 1984) memberikan rumus penentuan tinggi dan kedalaman gelombang pecah sebagai berikut :

Dimana :

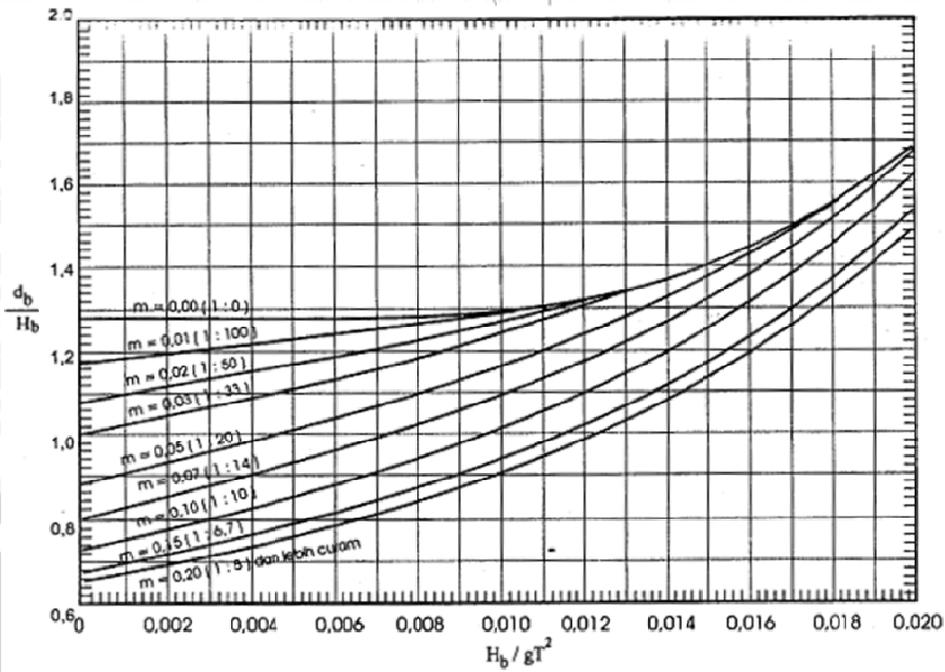
H_b = tinggi gelombang pecah, dan

d_b = Kedalaman gelombang pecah

(Triatmodjo, 1999).



Gambar 4. Penentuan tinggi gelombang pecah (Triatmodjo,1999).

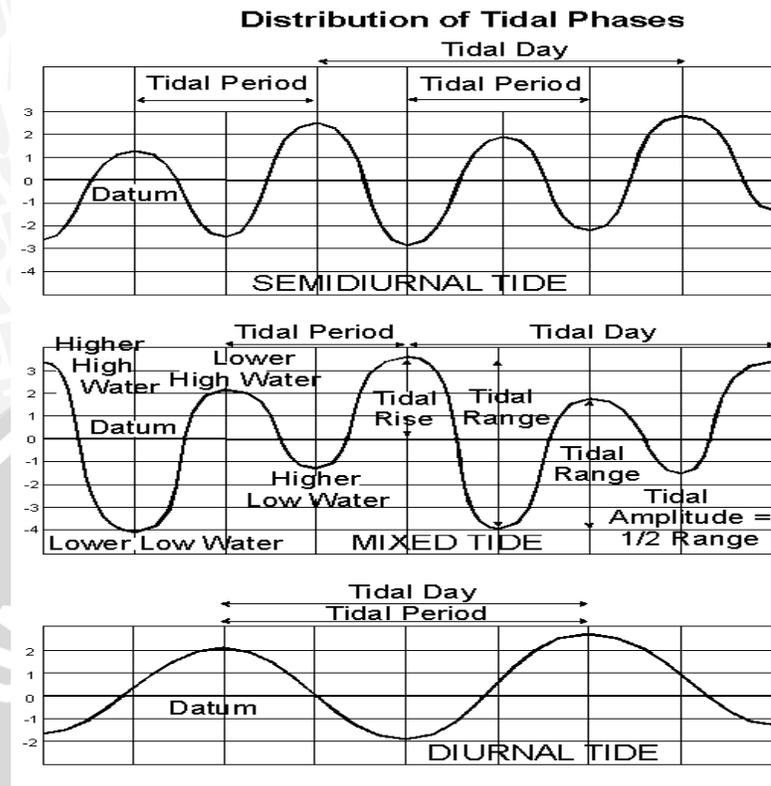


Gambar 5. Penentuan kedalaman gelombang pecah (Triatmodjo,1999).

2.2 Pasang Surut

Pasang surut dapat didefinisikan sebagai gelombang yang dibangkitkan adanya interaksi antara bumi, matahari dan bulan. Puncak gelombang disebut pasang tinggi (*High Water/HW*) dan lembah gelombang disebut surut/pasang rendah (*Low Water/LW*) (Surinati, 2007). Menurut Wibisono (2005) terdapat tiga tipe pasang surut yang didasarkan pada periode dan keteraturan, antara lain:

1. Pasang-surut tipe harian tunggal (*diurnal type*): yakni bila dalam waktu 24 jam terdapat 1 kali pasang dan 1 kali surut.
2. Pasang-surut tipe tengah harian / harian ganda (*semi diurnal type*): yakni bila dalam waktu 24 jam terdapat 2 kali pasang dan 2 kali surut.
3. Pasang-surut tipe campuran (*mixed tides*): yakni bila dalam waktu 24 jam terdapat bentuk campuran yang condong ke tipe harian tunggal atau condong ke tipe harian ganda.



Gambar 6. Tipe pasang surut (NOAA, 2007).

2.3 Batimetri

Menurut Bakosurtanal (2009), batimetri merupakan penentuan kedalaman laut dan hasil yang diperoleh dari analisis data kedalaman merupakan konfigurasi dasar laut, sehingga material data diterapkan dalam bentuk peta batimetri. Peta batimetri sendiri merupakan peta topografi dasar laut yang merepresentasikan kedalaman laut dan digambarkan dengan garis kontur atau gradasi warna, serta diilustrasikan dalam bentuk garis kontur kedalaman laut atau perubahan gradien warna. Sebuah peta batimetri menggambarkan relief atau lantai daratan dengan garis-garis kontur (*contour lines*) yang disebut dengan kontur kedalaman (*isobath*), dan dapat memiliki informasi tambahan berupa informasi navigasi permukaan

2.3.1 Manfaat Batimetri pada Bidang Kelautan

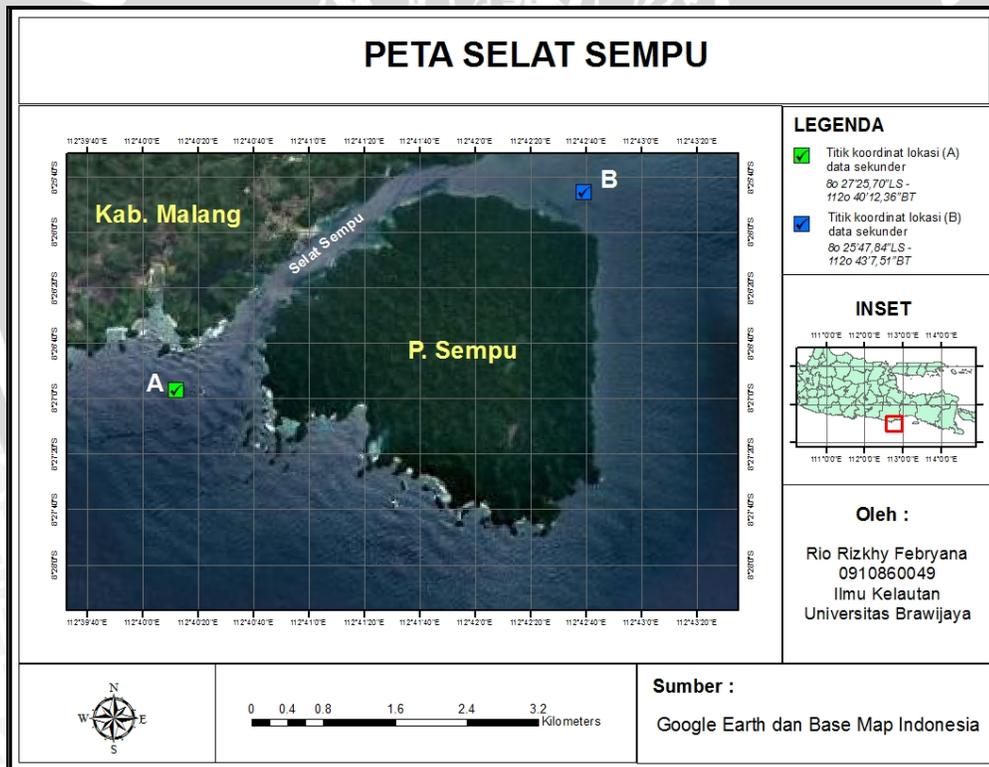
Peta batimetri dalam aplikasinya memiliki banyak manfaat dalam bidang kelautan antara lain penentu jalur pelayaran yang aman, perencanaan bangunan pinggir pantai, pendeteksian adanya potensi bencana tsunami di suatu wilayah, pertambangan minyak lepas pantai, dan pemeliharaan alur pelayaran. Selain itu peta batimetri diperlukan untuk mengetahui kondisi morfologi suatu daerah perairan. Kondisi laut yang sangat dinamis sehingga, peta batimetri harus selalu *update* dengan perubahan dan perkembangan kondisi perairan tersebut (Achmad, 2011).



3. METODE PENELITIAN

3.1 Keadaan Umum Selat Sempu

Lokasi Penelitian terletak di Selat Sempu, yakni dalam kawasan perairan Sendang Biru dimana merupakan desa masuk dalam Kecamatan Sumbermanjing Wetan, Kabupaten Malang, Jawa Timur. Letak geografis Selat Sempu pada sekitar 8° 25' - 8° 26' LS dan 112 ° 40 '45 " - 112 ° 41 '45" BT dan memiliki luas selat sekitar 4km². Lokasi pengambilan data primer berupa data kedalaman laut / batimetri pada seluruh luas area selat berdasarkan titik koordinat letak geografis, yaitu pada daerah perairan Watumeja hingga perairan Kondang Buntung.



Gambar 7. Peta Lokasi Penelitian di Selat Sempu

3.2 Teknik Pengumpulan Data

Materi yang digunakan pada penelitian ini meliputi data batimetri yang didapat dari pengukuran lapang di lokasi penelitian dengan cara *sounding* menggunakan *echosounder* yaitu sebagai data primer yang diolah menjadi peta batimetri dimana berfungsi sebagai validasi dari hasil akhir dari analisis transformasi gelombang berupa tinggi dan kedalaman gelombang pecah (d_b). Sedangkan data angin dan pasang surut sebagai data penunjang perhitungan matematis, serta data gelombang laut digunakan dalam analisis refraksi, difraksi dan gelombang pecah dimana merupakan semuanya adalah data sekunder. Data sekunder adalah sumber data yang tidak secara langsung memberikan data kepada pengumpul data (Sugiyono, 2011). Data-data sekunder disini diperoleh dari pengukuran yang dilakukan oleh instansi terkait yakni BMKG Stasiun Meteorologi Maritim Perak II Surabaya.

3.3 Alat Dalam Penelitian

Tabel 2. Alat-alat yang Digunakan Penelitian

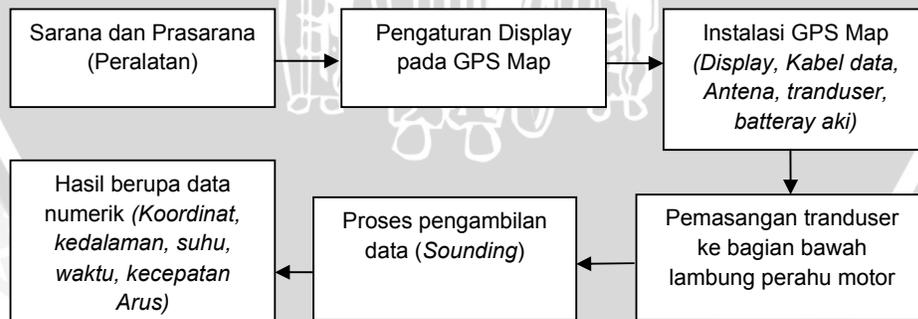
No.	Nama Alat	Fungsi
1.	GPS Map Garmin 178c	Mengetahui Lokasi, mengukur batimetri
2.	Notebook ASUS X210E	Untuk pengolahan data
3.	Perangkat Lunak <i>Surfer</i> [®] 10	Untuk pemodelan visual kontur batimetri (2D/3D)
4.	Perangkat Lunak <i>ArcGIS</i> 10	Untuk pemodelan visual hasil Analisis berupa peta
5.	<i>Microsoft Excel</i> 2007	Perangkat Lunak pengolahan data
6.	Perahu Motor Pawit Asih 20GT	Transportasi <i>sounding</i>

3.4 Metode Penelitian dan Pengolahan Data

Metode Penelitian menurut Sugiyono (2009), merupakan cara ilmiah untuk mendapatkan data yang valid dengan tujuan dapat ditemukan, dibuktikan dan dikembangkan suatu pengetahuan sehingga gilirannya dapat digunakan untuk memahami, memecahkan dan mengantisifikasi masalah. Adapun pada metode penelitian yang digunakan adalah metode deskriptif analitik yakni merupakan suatu penelitian yang bertujuan memberikan tentang gambaran realitas pada obyek yang diteliti secara obyektif.

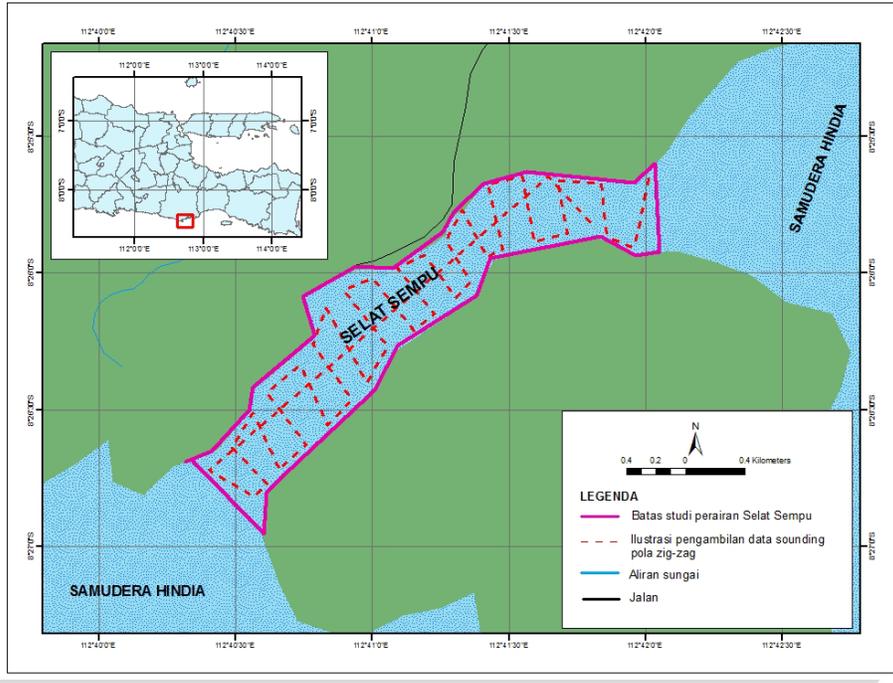
3.4.1 Pengolahan Data Batimetri

Pada pengambilan data lapang untuk mendapatkan data kedalaman laut / batimetri dilakukan dengan menggunakan bantuan instrumen *echosounder dualbeam GPS Map 178c* dengan frekuensi 200/50 Hz dan perahu sebagai sarana transportasi yaitu dengan menggunakan perahu motor "*Pawit Asih*" 20GT. Pengukuran batimetri dilakukan sepanjang luas Selat Sempu antara daerah Watumeja hingga Kondang Buntung pada koordinat 8° 25' 39,98" LS - 8° 26' 26,1" LS dan 112 ° 40 '45 "- 112 ° 42 '45" BT.



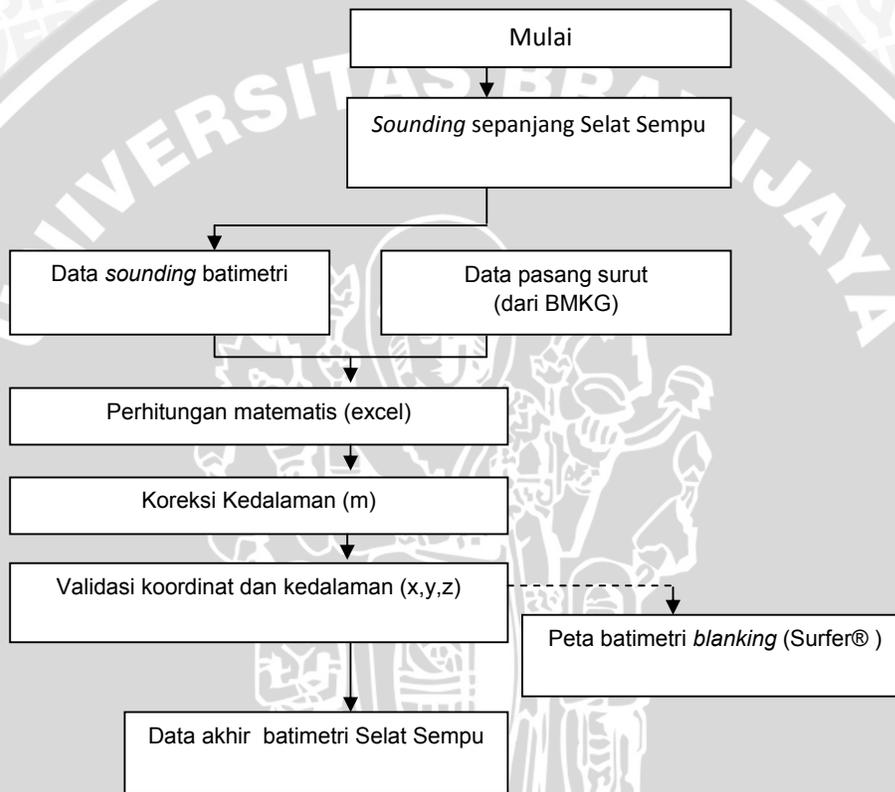
Gambar 8. Alur pengambilan data lapang batimetri

Pengukuran batimetri ini dilakukan dengan model pola zig-zag dengan melakukan manuver belokan putar balik kurang lebih setiap 50 m atau 20 detik sepanjang selat kurang lebih 4 km², seperti diilustrasikan Gambar 9. Dari *sounding* tersebut akan didapatkan hasil berupa nilai numerik yaitu kedalaman laut (m), koordinat (X, Y), dan waktu (jam, menit, detik). Dimana data tersebut akan diolah menggunakan perangkat lunak *Surfer*® dan penambahan data pasang surut sebagai koreksi elevasi muka air laut yang diolah melalui perhitungan matematis untuk menentukan koreksi batimetri.



Gambar 9. Ilustrasi metode pengambilan data *sounding* secara zig-zag sepanjang perairan Selat Sempu

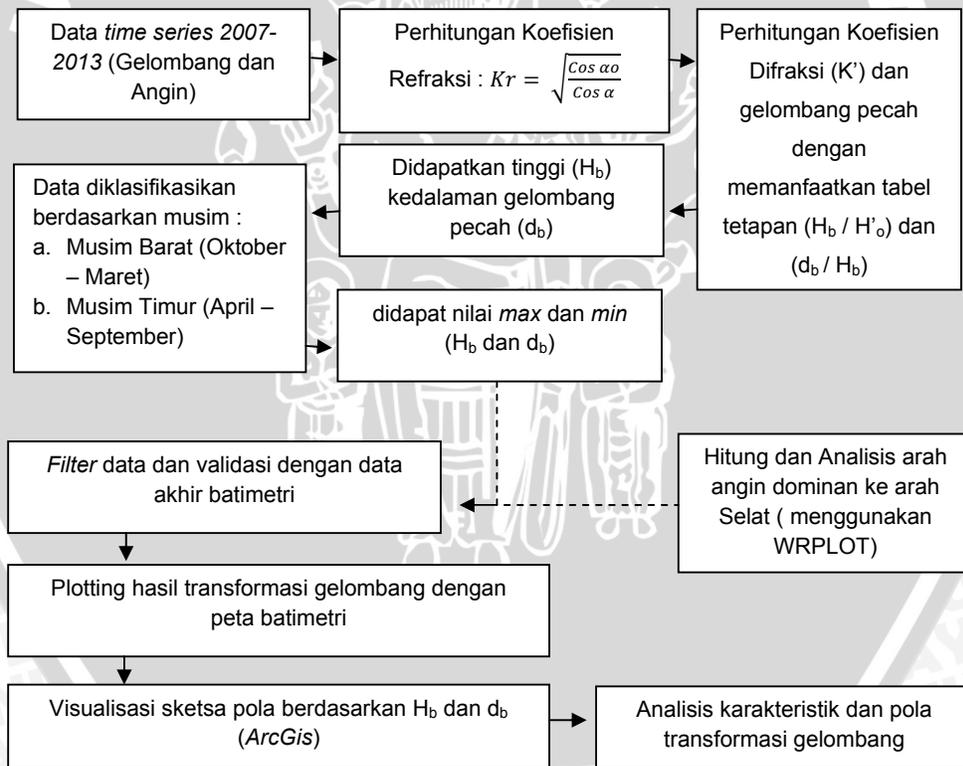
Data batimetri hasil pengukuran lapang yakni berupa peta batimetri akan digunakan sebagai validasi hasil akhir transformasi gelombang yaitu tinggi (H_b) dan kedalaman gelombang pecah (d_b) pada Stasiun A musim barat dan Stasiun B musim timur, dimana akan didapatkan analisis berupa karakteristik dan pola penjalaran transformasi gelombang berdasarkan peta batimetri Selat Sempu.



Gambar 10. Alur pengolahan data batimetri Selat Sempu

3.4.2 Pengolahan Data Transformasi Gelombang

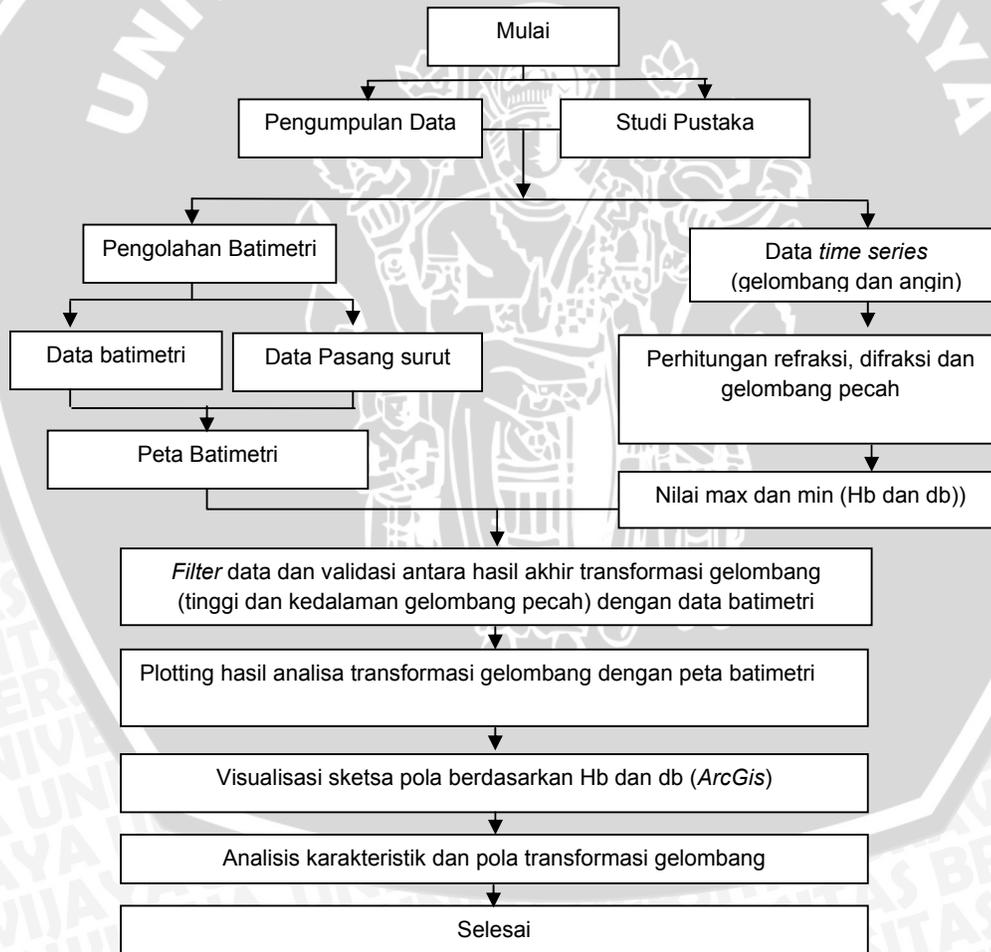
Pengolahan data dengan memanfaatkan data sekunder *time series* yang didapatkan dari instansi terkait, dimana data ini akan diolah untuk mendapatkan hasil analisa refraksi, difraksi dan gelombang pecahnya, dimana hasil akhir berupa tinggi dan kedalaman gelombang pecah pada titik-titik koordinat *sounding* batimetri sepanjang perairan Selat Sempu berdasarkan musim dan stasiun. Pengolahan data ini dilakukan dengan melakukan perhitungan matematis yang dirujuk dari Buku TEKNIK PANTAI , dimana dengan memanfaatkan data *time series* gelombang dan angin.



Gambar 11. Alur pengolahan data transformasi gelombang

3.5 Diagram Alir Pengolahan Data

Analisis data didapat dari proses perhitungan refraksi, difraksi dan gelombang pecah, dimana berdasarkan pergerakan arah dominan angin yang mengarah ke Selat Sempu yang diklasifikasikan berdasarkan musim barat dan musim timur, dimana dari data tersebut akan divalidasi dengan data koreksi batimetri pada pengukuran lapang dengan cara melakukan saring (*filter*) data antara hasil tinggi dan kedalaman gelombang pecah dengan hasil peta batimetri Selat Sempu. Langkah-langkah pengolahan analisis transformasi gelombang berdasarkan kedalaman perairan Selat Sempu dapat dilihat pada Gambar 12.



Gambar 12. Pengolahan data analisis transformasi gelombang berdasarkan kedalaman perairan Selat Sempu

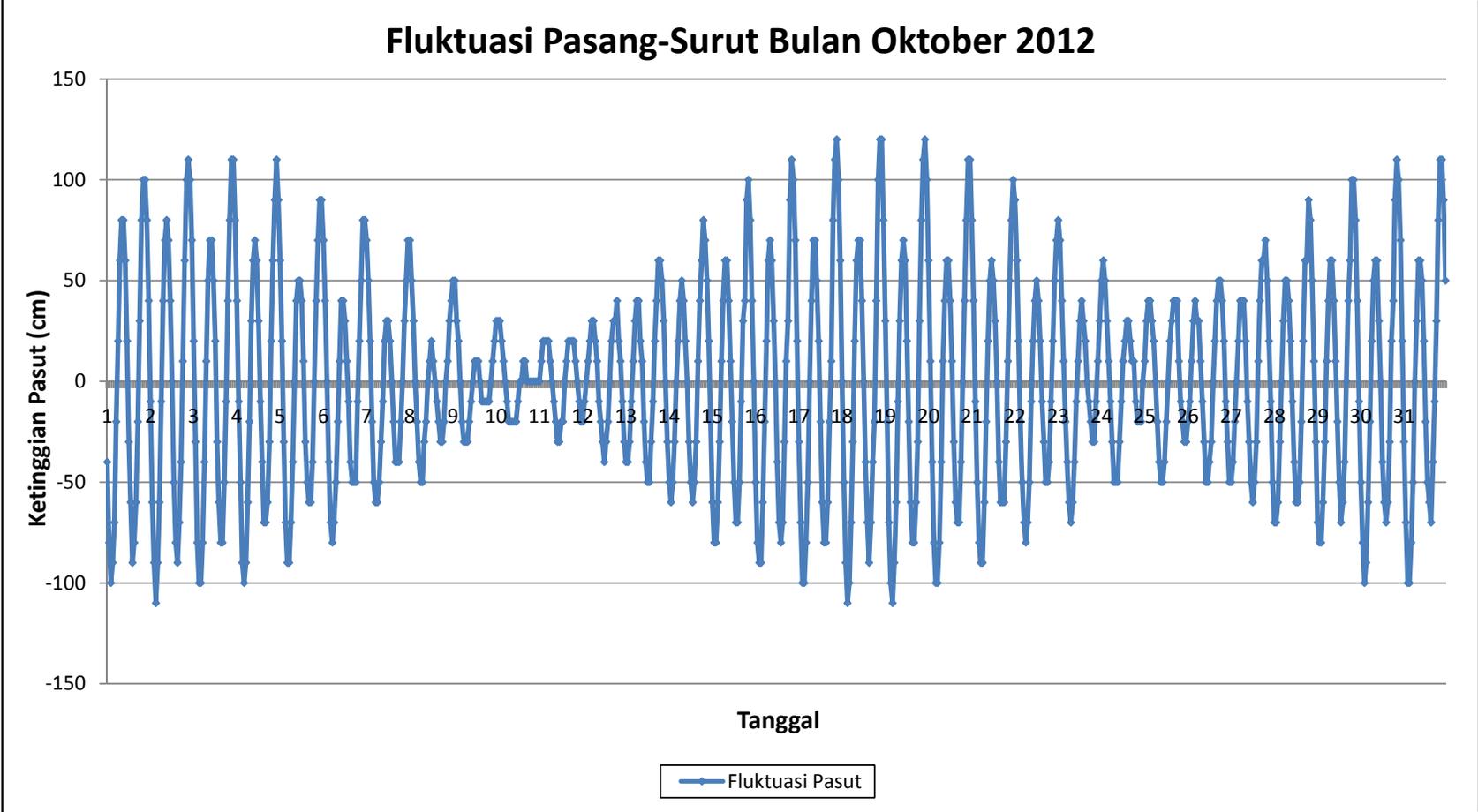
4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Analisis Kedalaman Laut Selat Sempu

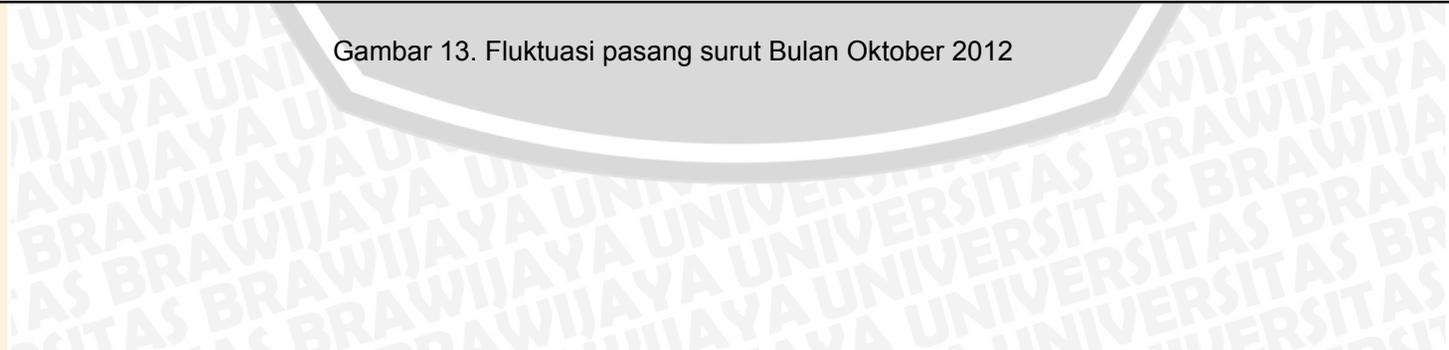
4.1.1 Pengolahan dan Perhitungan Data Batimetri

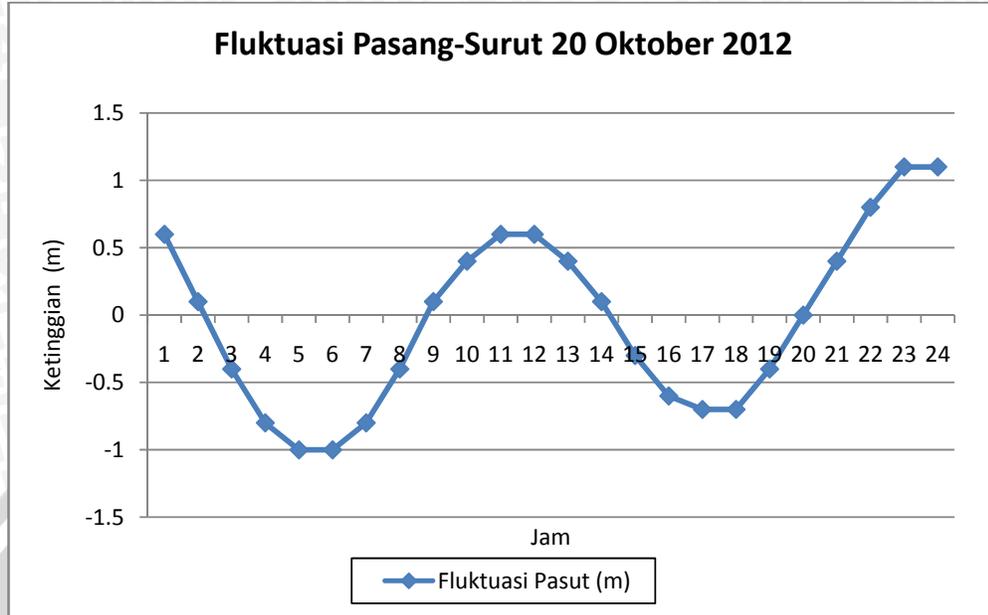
Data hasil *sounding* batimetri sepanjang Selat Sempu diolah untuk mendapatkan koreksi batimetri yang valid, dimana dibutuhkan data penunjang berupa data pasang surut pada waktu yang sama dengan pengambilan data batimetri. Data Pasang-Surut menggunakan data sekunder dari instansi BMKG berupa data *time series* (per/jam), adapun data yang digunakan hanya data pada saat hari dan jam yang sama pada saat *sounding*, yaitu data tanggal 20 Oktober 2012 pada jam 07.22 hingga 9.15 WIB.

Pada perhitungan data tersebut dimulai dengan melakukan proses saring (*filter*) data *time series* yang akan di analisis guna mendapatkan nilai hasil koreksi elevasi pasang surut yang dihubungkan dengan data batimetri pada saat *sounding*. Dari hasil Analisis tampilan pada Gambar 13, menunjukkan grafik elevasi pasang surut secara keseluruhan pada bulan Oktober 2012 di sekitar wilayah Selat Sempu menunjukkan tipe pasang surut campuran condong harian ganda, dimana terjadi dua kali pasang dan dua kali surut dalam sehari tetapi terkadang terjadi satu kali pasang dan satu kali surut dengan memiliki tinggi dan waktu yang berbeda.



Gambar 13. Fluktuasi pasang surut Bulan Oktober 2012





Gambar 14. Fluktuasi pasang surut setiap jam tanggal 20 Oktober 2012

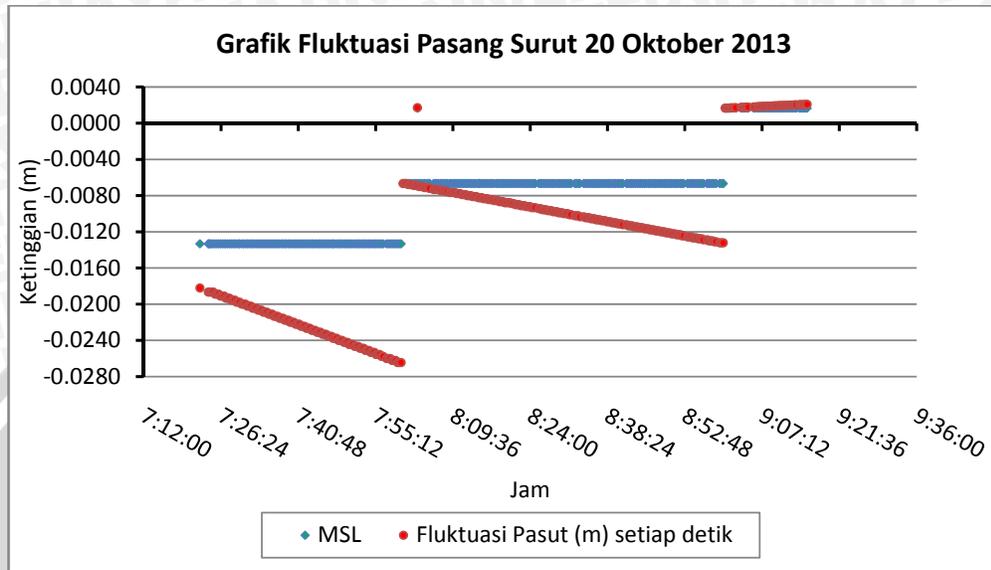
Proses pengolahan data pasang surut untuk mendapatkan hasil koreksi elevasi pasang surut guna memvalidasi data batimetri yaitu data pasang surut pada tanggal 20 Oktober 2012 pukul 07.22 – 09.15. Dimulai dari melakukan menentukan MSL (*Mean Sea Level*) yaitu muka air laut rata-rata setiap per jam, dari hasil perhitungan menunjukkan nilai sebagai berikut :

Tabel 3. Perhitungan MSL 20 Oktober 2012

Bln/Hr/Th Jam	Elevasi Pasut (m)	MSL
10/20/2012 7:00	-0.8	-0.0133
10/20/2012 8:00	-0.4	-0.0067
10/20/2012 9:00	0.1	0.0017
10/20/2012 10:00	0.4	0.0067

Dari nilai MSL dan hasil dari gambar grafik, didapatkan analisis pergerakan ketinggian pasang surut antara 07.00 hingga 08.30 masih cenderung dalam kondisi surut seperti terlihat pada Gambar 15, yakni grafik pada fluktuasi pasang surut, secara perlahan dengan interval per jam

mengalami kenaikan secara bertahap. Pada pukul 09.00 ke atas pergerakan pola muka air laut cenderung sudah mengalami kondisi pasang.



Gambar 15. Grafik fluktuasi kenaikan pasang surut (m) setiap detiknya

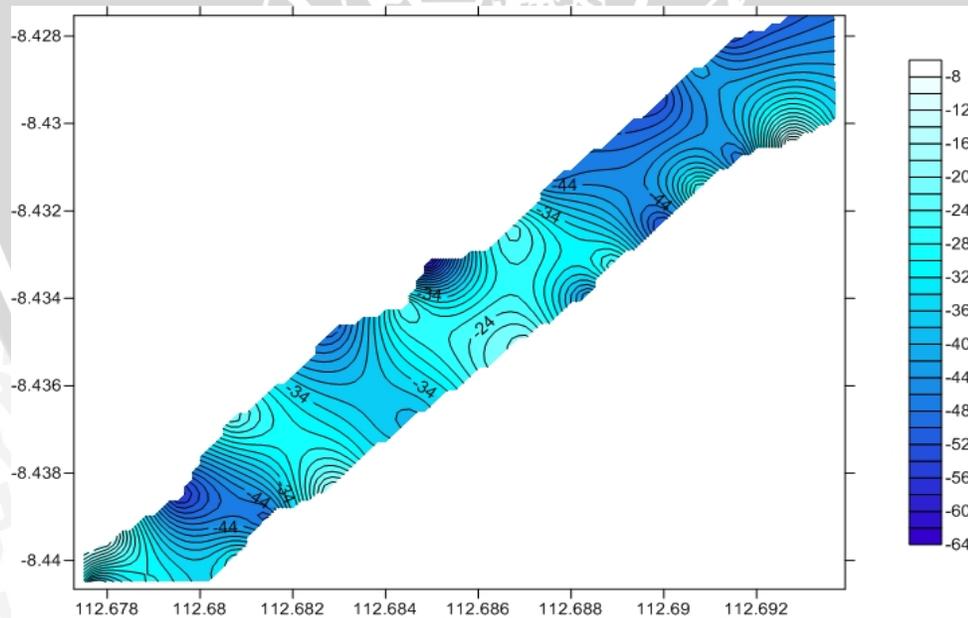
Dari hasil data Tabel 3 akan diolah dengan selanjutnya mengkonversi data dari elevasi pasang surut (m) per jam sehingga mendapatkan nilai koreksi elevasi pasang surut (m) per detiknya, dimana nantinya akan digunakan sebagai koreksi kedalaman laut dari data batimetri pada saat *sounding* (Lampiran).

Tabel 4. Tabulasi numerik koreksi elevasi pasang-surut tanggal 20 Oktober 2012 (Lampiran 2)

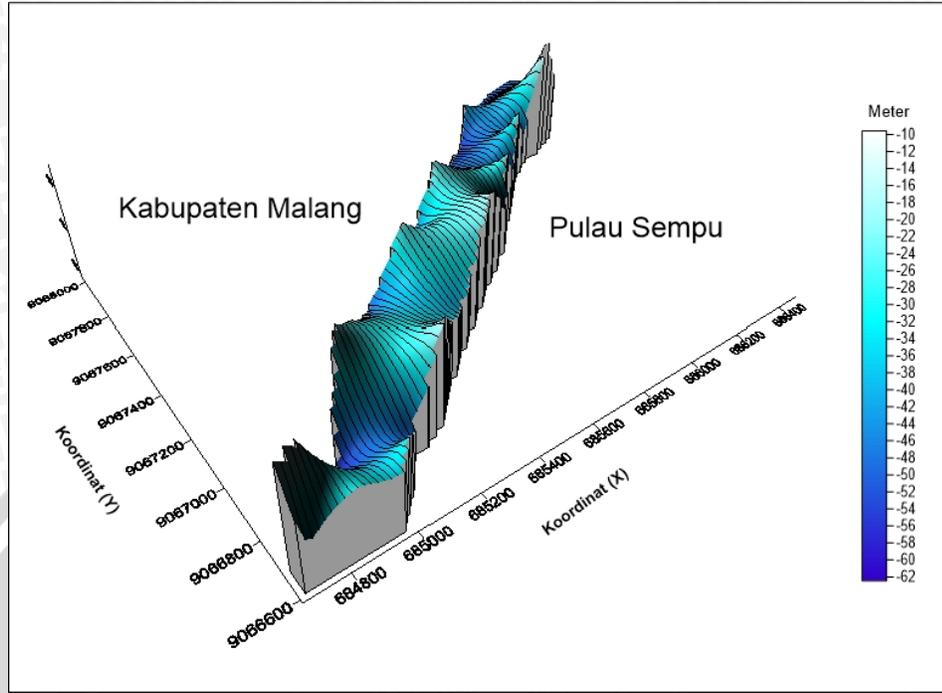
Waktu Sounding	MSL	Pasut (m) per menit	Pasut (m) per detik	Batimetri (m) <i>Sounding</i>	Koreksi Batimetri (m)
7:22:28	-0,0133	-1,093	-0,0182	57,7	57,1898
7:24:01	-0,0133	-1,120	-0,0187	54,6	54,5813
7:24:11	-0,0133	-1,120	-0,0187	57,8	57,5947
7:24:19	-0,0133	-1,120	-0,0187	64,8	64,4453
7:24:39	-0,0133	-1,120	-0,0187	52,5	51,7720
7:24:00	-0,0133	-1,120	-0,0187	50,2	49,1360
7:25:17	-0,0133	-1,133	-0,0189	51,1	50,7789

Hasil koreksi batimetri Selat Sempu menunjukkan pola batimetri cukup dinamis dimana dari hasil perhitungan numerik didapatkan rata-rata kedalaman perairan Selat Sempu adalah 45,605 m, dengan kedalaman maksimal adalah 152,566 m yaitu terletak pada koordinat 8° 26' 11,98" LS dan 112° 40' 58,43" BT, dan kedalaman minimal adalah 2,177 m yaitu terletak pada koordinat 8° 25' 55,66" LS dan 112° 41' 24,78" BT.

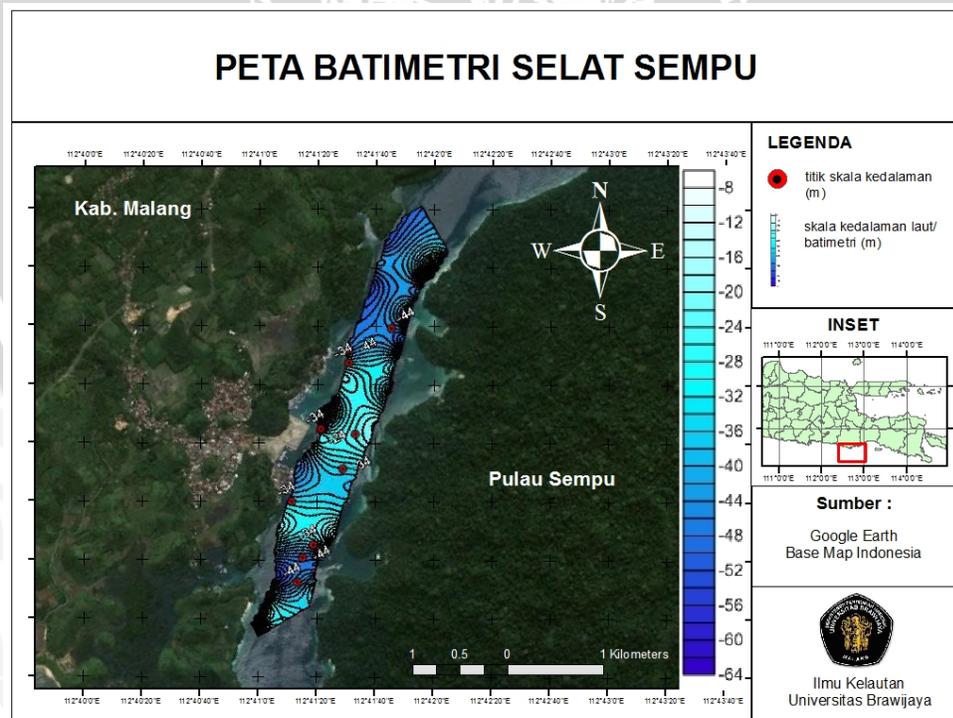
Dari koreksi batimetri tersebut dapat dihasilkan peta batimetri dan pola kontur batimetri 3D menggunakan perangkat lunak *Surfer®* dimana merupakan suatu program pemetaan yang dapat dengan mudah melakukan interpolasi data hasil survey untuk membentuk kontur dan permukaan 3D (Yang et.al, 2004) , sehingga dapat divisualisasikan berupa gambar dan disimpulkan bahwa pada setiap titik poin *sounding* sepanjang Selat Sempu dapat merepresentasikan kontur relief dasar laut Selat Sempu yang cukup curam kemiringan dasar lautnya.



Gambar 16. Peta kontur batimetri Selat Sempu 2D (meter)



Gambar 17. Peta kontur batimetri Selat Sempu 3D



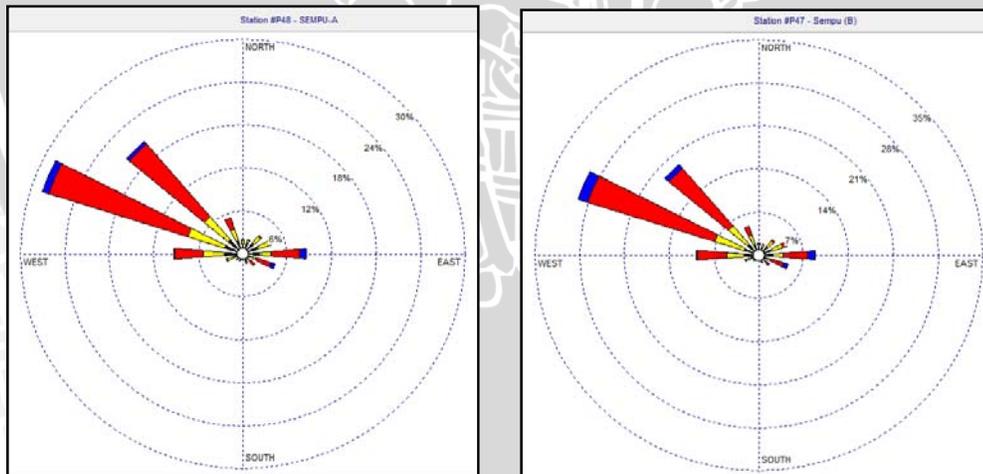
Gambar 18. Peta Batimetri Selat Sempu setelah overlay dengan Google Earth

4.2 Analisis Arah Angin Dominan dan Hubungan dengan Gelombang

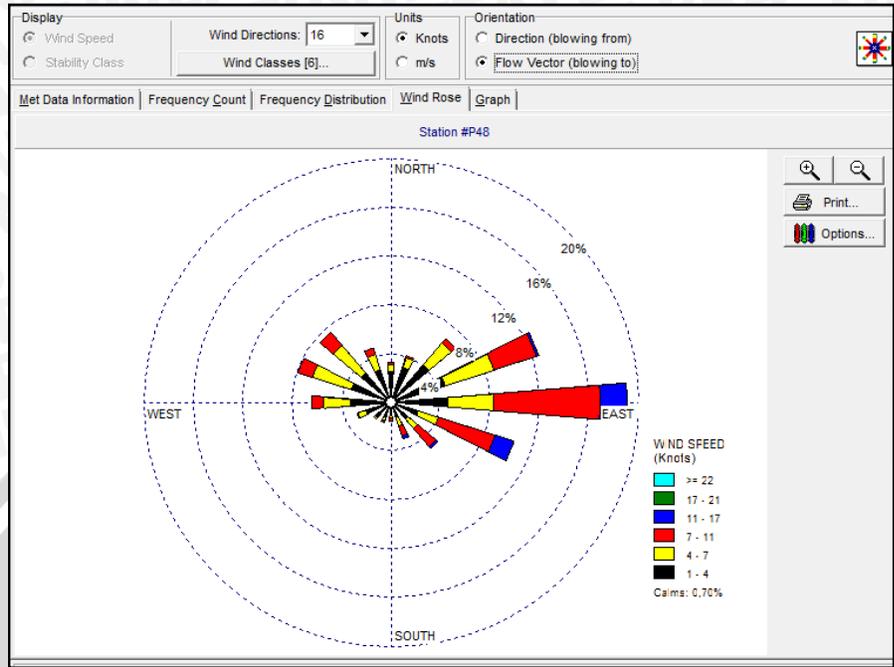
Arah pergerakan angin dominan didapatkan dari hasil pengolahan data pada titik Stasiun A pada sisi sebelah barat daya dan Stasiun B pada sisi sebelah timur laut dari Selat Sempu, dimana data yang diolah untuk perhitungan transformasi gelombang dengan arah pergerakan angin dominan hanya ke arah perairan dalam selat dari setiap musim yang berbeda, yakni musim Barat (Oktober - Maret) dan Timur (April - September) antara periode 2007 – 2013.

Dari keempat data, yaitu Stasiun A dan B (musim barat dan timur) tersebut akan disaring (*filter*) dan pergerakan arah dominan angin yang mengarah ke sisi wilayah dalam Selat Sempu yang akan diolah.

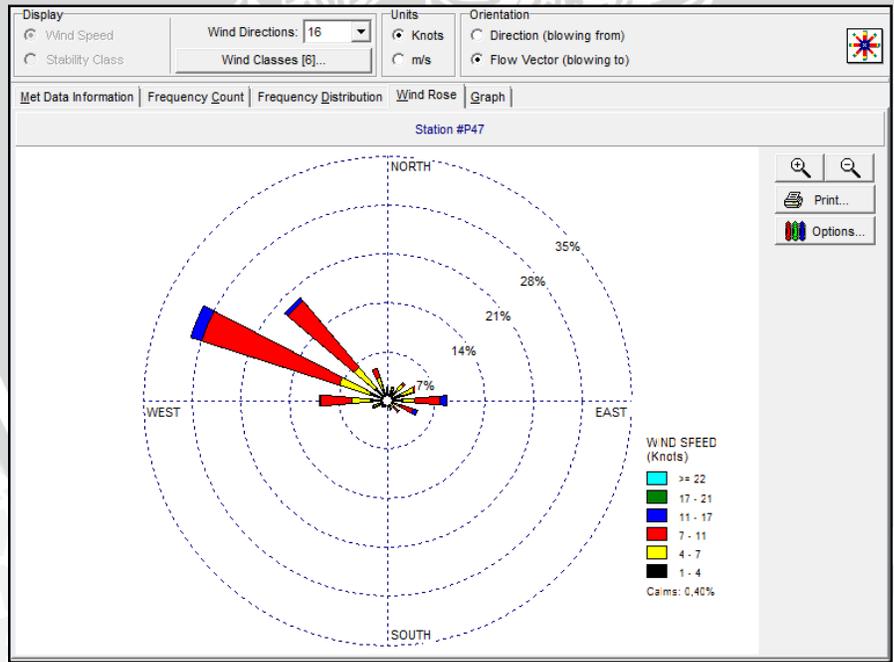
Penentuan arah dominan angin didapatkan dari *input* data angin yang terbagi berdasarkan musim (barat dan timur) dan stasiun (A dan B). Data tersebut akan diolah menggunakan bantuan perangkat lunak WRPLOT untuk mengetahui pergerakan arah dominan angin berupa Mawar Angin (*Wind Rose*) yang kearah Selat Sempu.



Gambar 19. Diagram *Wind Rose* pergerakan arah angin dominan pada Stasiun A (kiri) dan Stasiun B (kanan) antara periode 2007 – 2013, *Orientation: flow vector (blowing to)*.



Gambar 20. Diagram *Wind Rose* pergerakan arah dominan angin Stasiun A pada musim barat



Gambar 21. Diagram *Wind Rose* pergerakan arah dominan angin Stasiun B pada musim timur

Hasil pengolahan data angin yang terbagi berdasarkan perbedaan musim dan stasiun, hasil yang didapatkan berupa pergerakan arah dominan angin diagram Mawar Angin (*Wind Rose*) pada Gambar 19, dimana menunjukkan secara keseluruhan antara periode waktu 2007 – 2013 pada kedua stasiun sebagai titik sampel data pergerakan arah dominan ke arah barat laut.

Setelah melalui disaring (*filter*) data yang terbagi berdasarkan musim periode (musim barat dan musim timur), hasil yang didapatkan bahwa pada Stasiun A musim barat menunjukkan pergerakan arah dominan angin ke arah timur seperti terlihat pada Gambar 20 yang selanjutnya dalam penulisan ini disebut data Stasiun A. Sedangkan pada Stasiun B, dominan arah angin berada pada musim timur dimana sebagian besar pergerakan arah angin ke timur laut seperti Gambar 21 yang selanjutnya disebut data Stasiun B.

Dari data diatas apabila muka laut mendapatkan tekanan angin (*wind stress*) yang mengarah ke Selat Sempu, maka terbentuklah tinggi gelombang, Jika tinggi gelombang kuat maka kecepatan arus berubah membesar dan terbentuklah arus laut yang sejajar dengan garis pantai yang kuat, dimana menjalar ke bibir pantai dan membentuk deformasi gelombang sesuai dengan bentuk profil pantai (Hadikusumah, 2009).

4.3 Analisis Transformasi Gelombang

Menurut Baharuddin *et al.* (2009), dalam analisis karakteristik gelombang (tinggi, periode, durasi, kecepatan, dan panjang gelombang) pada penelitiannya, setiap bulan dari sepanjang tahun biasanya kondisi maksimum terjadi pada musim barat (Oktober – Maret), bulan pertama musim peralihan I (April) dan bulan terakhir musim peralihan II (Oktober), sedangkan pada musim timur (April – September), dan sebagian musim peralihan I dan II (Maret – April dan September – Oktober) karakteristik gelombang cenderung lebih kecil. Hal tersebut sesuai dengan hasil analisis kondisi karakteristik gelombang di perairan Sendang Biru atau Selat Sempu, dimana hasil perhitungan matematis didapatkan bahwa antara data dari Stasiun A dan Stasiun B nilai energi dan distribusi gelombang lebih besar pada Stasiun A musim barat.

4.3.1 Hasil Analisis Refraksi Gelombang

Kecepatan rambat gelombang tergantung pada kedalaman air dimana gelombang menjalar. 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 (Triatmodjo, 1999). Energi gelombang yang berasal dari titik lokasi setiap stasiun menuju perairan Selat Sempu akan menimbulkan refraksi, dimana dipengaruhi kemiringan kedalaman dasar perairan yang dinamis.

Perhitungan refraksi gelombang merupakan awal perhitungan numerik dimana akan divisualisasikan dalam bentuk sketsa pola transformasi gelombang berdasarkan peta batimetri Selat Sempu dengan memplot data akhir transformasi gelombang (tinggi dan kedalaman gelombang pecah) dengan data koreksi batimetri. Analisis perhitungan refraksi menggunakan data *time series* periode 2007 – 2013, dimana dari hasil analisis penentuan arah dominan angin

menggunakan metode Mawar Angin (*Wind Rose*) didapatkan hasil, data yang digunakan yaitu data Stasiun A (musim barat) dan Stasiun B (musim timur).

Tabel 5. Data awal *time series* gelombang laut di Stasiun A untuk menghitung koefisien refraksi.

No	Waktu (Bln/Hr/Th)	Arah Gelombang (derajat/°)	H 1/100 (m)	Periode Gelombang (s)	Panjang Gelombang (m)	Arah Angin (derajat/°)
1	10/20/2012	180	0.72	0.92	1.21	3.81
2	10/20/2012	180	0.72	0.92	1.2	3.81
3	10/20/2012	180	0.72	0.91	1.2	3.81
4	10/20/2012	180	0.72	0.91	1.2	3.81
5	10/20/2012	180	0.71	0.91	1.19	3.81
6	10/20/2012	180	0.71	0.9	1.19	3.81
7	10/20/2012	180	0.71	0.9	1.19	3.81
8	10/20/2012	180	0.71	0.9	1.18	3.81

Table diatas (Tabel 5) merupakan contoh data Stasiun A yang diolah untuk menentukan nilai dari koefisien refraksi (K_r) berdasarkan stasiun dan periode musim. Pada nilai tinggi gelombang (H), menggunakan nilai tinggi gelombang ($H_{1/100}$), hal ini dikarenakan merupakan perhitungan rerata dari tinggi gelombang keseluruhan.

Dari data awal berupa data *time series* gelombang, untuk menentukan nilai Koefisien refraksi gelombang (K_r) maka dilakukan perhitungan dengan menggunakan rumus dari koefisien refraksi (K_r), yaitu merupakan hasil akar dari perhitungan $\cos \alpha_0$ dibagi dengan $\cos \alpha$. Menurut Triatmodjo (1999), (α_0) merupakan sudut antara garis puncak gelombang dan garis kontur dasar laut, dimana sudut tersebut merupakan sudut arah gelombang. Sedangkan (α) 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.

Tabel 6. Hasil pengolahan data pada Stasiun A untuk mendapatkan koefisien refraksi (Kr).

No	Waktu (Bln/Hr/Th)	Jam	Gelombang		Angin		Kr
			Ao	α	α	α	
1.	10/20/2012	0	-0.59846	0.59846	-0.30077	0.300768	0,930
2.	10/20/2012	1	-0.59846	0.59846	0.411867	0.411867	0,950
3.	10/20/2012	2	-0.59846	0.59846	0.918592	0.918592	1,167
4.	10/20/2012	3	-0.59846	0.59846	0.934585	0.934585	1,179
5.	10/20/2012	4	-0.59846	0.59846	0.405102	0.405102	0,948
6.	10/20/2012	5	-0.59846	0.59846	-0.38288	0.382878	0,944
7.	10/20/2012	6	-0.59846	0.59846	-0.9401	0.940095	1,184
8.	10/20/2012	7	-0.59846	0.59846	-0.87657	0.876567	1,136

Tabel 7. Hasil pengolahan data (Kr) pada Stasiun B untuk mendapatkan koefisien refraksi.

No	Waktu (Bln/Hr/Th)	Jam	Gelombang		Angin		Kr
			Ao	α	α	α	
1.	9/30/2012	0	-0.59846	0.59846	-0.99129	0.991286	1,228
2.	9/30/2012	1	-0.59846	0.59846	-0.99419	0.994186	1,231
3.	9/30/2012	2	-0.59846	0.59846	-0.94346	0.943457	1,186
4.	9/30/2012	3	-0.59846	0.59846	-0.83762	0.837619	1,111
5.	9/30/2012	4	-0.59846	0.59846	-0.69103	0.691028	1,035
6.	9/30/2012	5	-0.59846	0.59846	-0.50804	0.508042	0,972
7.	9/30/2012	6	-0.59846	0.59846	-0.30783	0.307828	0,931
8.	9/30/2012	7	-0.59846	0.59846	-0.09278	0.092776	0,911

Hasil pengolahan data pada Tabel 6 pada perhitungan $\cos \alpha$ (sudut datang gelombang) dan $\cos \alpha$ (sudut datang angin) didapatkan hasil minus,

sehingga perlu untuk diubah menjadi nilai positif (mutlak). Dari hasil perhitungan keseluruhan koefisien refraksi (K_r) di Stasiun A memiliki nilai rata-rata sebesar 1,039 , nilai maksimum dari K_r adalah 1,359 , dan nilai minimum K_r adalah 0,375 . Sedangkan dari Tabel 7 didapatkan pengolahan data (K_r) di Stasiun B memiliki nilai rata-rata sebesar 1,006 , nilai maksimum dari K_r adalah 1,360 , dan nilai minimum K_r adalah 0,735 .

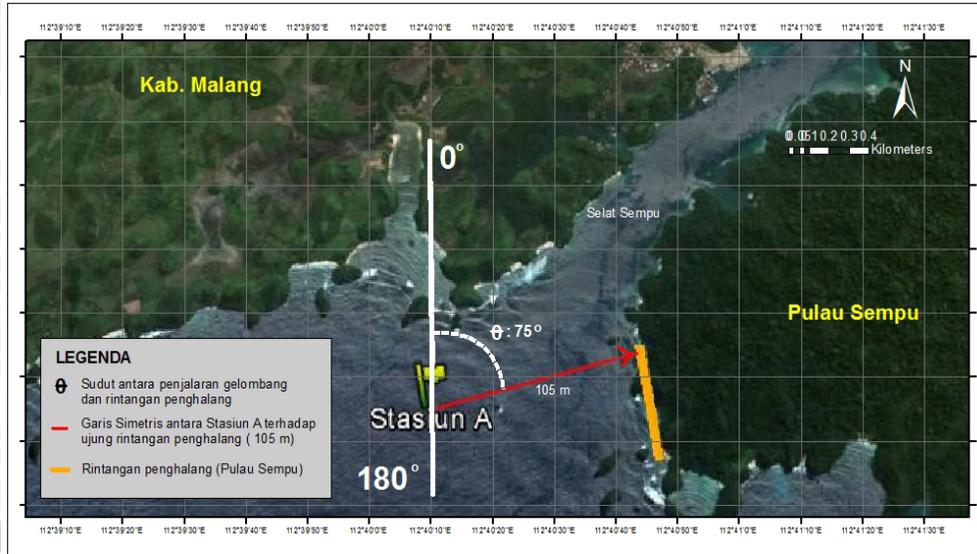
Dari hasil perhitungan kedua data tersebut didapatkan analisis bahwa data pada Stasiun A nilai koefisien refraksi cukup variatif namun tidak terlalu signifikan interval dari nilai koefisiennya yakni kurang dari 1 (<1). Sedangkan pada data Stasiun B nilai koefisien refraksi tidak terlalu variatif dengan rentang interval dari nilai koefisiennya juga kurang dari 1 (<1).

Pola refraksi yang terjadi pada stasiun A dapat dikategorikan ke dalam refraksi dengan bentuk kontur garis pantai *submarine ridge*, yakni perubahan besar kecilnya energi penjalaran gelombang menuju pantai dengan kondisi dasar perairan seperti perbukitan *massive*. Sedangkan pola refraksi pada Stasiun B termasuk dalam tipe gabungan antara *submarine ridge* dan *submarine canyon*. Refraksi dan pendangkalan gelombang (*wave shoaling*) dapat menentukan ketinggian gelombang pada kedalaman tertentu serta distribusi energi gelombang sepanjang pantai. Selain itu, perubahan arah gelombang sebagai hasil dari refraksi akan menghasilkan suatu daerah energi gelombang konvergen (penguncupan) atau divergen (penyebaran) yang berpengaruh terhadap struktur pantai, sehingga untuk mendapatkan analisis transformasi gelombang maka dilakukan analisis pada gelombang difraksi dan gelombang pecah Selat Sempu (CHL, 2002).

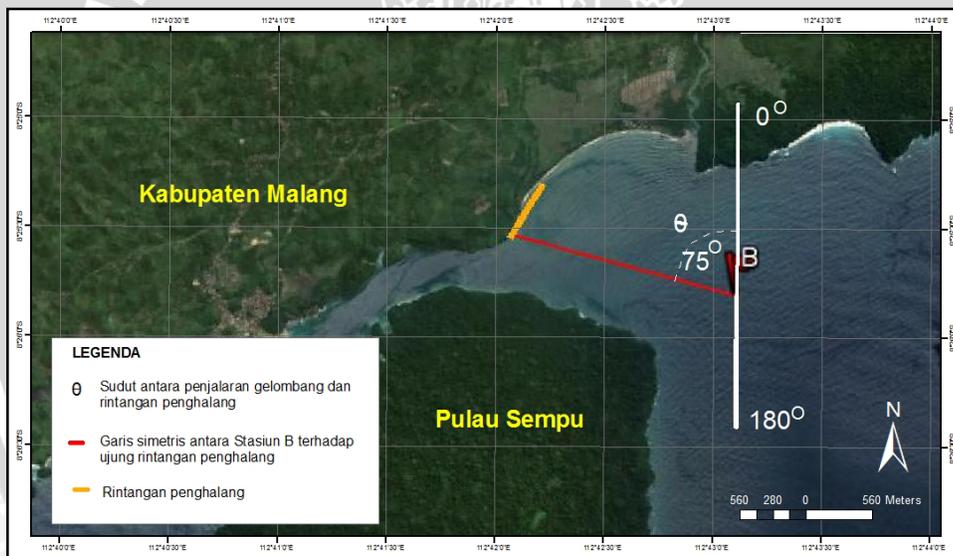
4.3.2 Hasil Analisis Difraksi Gelombang

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 (Triatmodjo, 1999). Selat Sempu merupakan perairan yang terhimpit oleh Pulau Sempu dan Pulau Jawa (Kabupaten Malang), maka pengaruh adanya difraksi gelombang dari perairan lepas Samudera Hindia menjadi faktor penting juga dalam perubahan kondisi fisik perairan selat.

Pada perhitungan difraksi gelombang, rintangan utama gelombang terletak pada bagian daratan terluar Pulau Sempu yakni ujung rintangan terdekat dari titik Setiap stasiun dari data gelombang. Penentuan garis rintangan gelombang menggunakan *software Google Earth Pro* untuk mempermudah penentuan rintangan penghalang (Pulau Sempu) dan garis penjalaran gelombang terhadap ujung rintangan penghalang dengan arah disesuaikan dengan sudut arah dominan angin dimasing-masing stasiun, sehingga dapat mengetahui sudut antara penjalaran gelombang dan rintangan (α), dan sudut dari gelombang datang itu sendiri (β) yang dikonversikan ke dalam kuadran I ($0^\circ - 90^\circ$) atau kuadran II ($90^\circ - 180^\circ$).



Gambar 22. Peta sketsa penentuan koefisien difraksi (K') pada Stasiun A



Gambar 23. Peta sketsa penentuan koefisien difraksi (K') pada Stasiun B

Pada Gambar 22 dan Gambar 23 ditunjukkan bahwa dalam sketsa penentuan koefisien difraksi (K') sebelumnya harus menentukan sudut (θ) yaitu sudut yang didapat dari arah penjalaran gelombang menuju titik ujung dari rintangan penghalang terluar menuju perairan Selat Sempu sehingga pada data gelombang Stasiun A didapatkan nilai sudut (θ) sebesar 75° yang didapat dari asumsi pergerakan arah dominan angin dimana disesuaikan dengan tetapan

Tabel 1. Sedangkan penentuan sudut (\square) yang merupakan sudut pergerakan arah gelombang itu sendiri yang didapatkan dari konversi nilai *wave direction* yang mendekati dari nilai *degrees* pada kuadran I (0, 15, 30, 45, 60, 75, dan 90) atau kuadran II (105, 120, 135, 150, 165, dan 180) yang disesuaikan juga terhadap Tabel 1.

Tabel 8. Hasil perhitungan dan pengolahan data Stasiun A untuk mendapatkan nilai koefisien difraksi (K').

No	Waktu (Bln/Hr/Th)	Jam	θ (derajat/ $^{\circ}$)	\square (derajat/ $^{\circ}$)	r (m)	r/L	pendekatan Tabel (r/L)	K' (tabel)
1.	10/20/2012	0	75	180	105	4.63	5	1
2.	10/20/2012	1	75	180	105	4.64	5	1
3.	10/20/2012	2	75	180	105	4.64	5	1
4.	10/20/2012	3	75	180	105	4.64	5	1
5.	10/20/2012	4	75	180	105	4.63	5	1
6.	10/20/2012	5	75	180	105	4.63	5	1
7.	10/20/2012	6	75	180	105	4.63	5	1
8.	10/20/2012	7	75	180	105	4.63	5	1

Dari hasil perhitungan nilai koefisien difraksi (K') pada stasiun A pada Tabel 8, memiliki hasil bahwa nilai K' secara keseluruhan dari data *time series* gelombang memiliki nilai rata-rata sebesar 0,83, nilai maksimum dari K' adalah 1,05, dan nilai minimum K' adalah 0,12. Sedangkan pada hasil perhitungan dan pengolahan data Stasiun B seperti pada Tabel 9, nilai rata-rata koefisien difraksi (K') sebesar 0,89, nilai maksimum dari K' adalah 1,08, dan nilai minimum K' adalah 0,1. Dari hasil perhitungan kedua data tersebut dapat disimpulkan nilai koefisien difraksi memiliki interval kurang dari satu (<1), baik untuk data pada Stasiun A maupun B.

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 (Triatmodjo, 1999).

Tabel 9. Hasil perhitungan dan pengolahan data Stasiun B untuk mendapatkan nilai koefisien difraksi (K').

No	Waktu (Bln/Hr/Th)	Jam	α (derajat/ $^{\circ}$)	β (derajat/ $^{\circ}$)	r (m)	r/L	pendekatan Tabel (r/L)	K' (tabel)
1.	9/30/2012	0	75	180	90	2.96	2	1
2.	9/30/2012	1	75	180	90	2.93	2	1
3.	9/30/2012	2	75	180	90	2.91	2	1
4.	9/30/2012	3	75	180	90	2.88	2	1
5.	9/30/2012	4	75	180	90	2.86	2	1
6.	9/30/2012	5	75	180	90	2.84	2	1
7.	9/30/2012	6	75	180	90	2.81	2	1
8.	9/30/2012	7	75	180	90	2.79	2	1

4.3.3 Hasil Analisis Gelombang Pecah

Profil gelombang adalah sinusoidal, semakin menuju ke perairan yang lebih dangkal maka puncak gelombang akan semakin tajam dan lembah gelombang semakin datar. Dalam penjarannya gelombang juga mengalami perubahan bentuk karena adanya pengaruh perubahan kedalaman (Triatmodjo, 1999). Hal ini ketika gelombang dari lepas pantai Samudera Hindia masuk menuju ke perairan Selat Sempu maka sebelumnya disimpulkan akan mengalami perubahan energi gelombang itu sendiri yaitu terjadinya refraksi dan difraksi gelombang, mengingat lokasi penelitian adalah berupa perairan selat diantara dua daratan yang mengapitnya.

Data perhitungan gelombang pecah merupakan data yang berasal dari lanjutan perhitungan matematis dari data refraksi gelombang berupa nilai koefisien refraksi (K_r) dan data difraksi gelombang berupa nilai koefisien difraksi (K'). Pada pengolahan data ini sebelumnya harus menentukan nilai dari Tinggi gelombang laut dalam ekuivalen (H'_o), hal ini merupakan konsep dalam penentuan analisis gelombang pecah, limpasan gelombang dan proses lain. (H'_o) dapat ditentukan dengan mengalikan nilai dari tinggi gelombang (H_o) gelombang datang, koefisien refraksi (K_r), dan koefisien difraksi (K'). Dari hasil perhitungan tersebut maka akan didapatkan nilai (H'_o), maka selanjutnya akan dihitung kembali yakni menghitung perbandingan antara tinggi gelombang laut dalam ekuivalen (H'_o) dengan koefisien gravitasi berupa tetapan 9,8 (g) dan nilai kuadrat dari periode gelombang (T), sehingga hasil nilai tersebut disesuaikan terhadap tetapan tabel pada Gambar 4 yaitu dalam penentuan tinggi gelombang pecah.

Gelombang pecah sangat dipengaruhi oleh kemiringan kontur dasar perairan, seperti diketahui pada hasil data kedalaman laut sebelumnya, didapatkan hasil bahwa kondisi perairan Selat Sempu sangat dinamis dan curam. Maka dalam penentuan kemiringan (m) peneliti menggunakan bantuan *software Google Earth Pro* untuk mendapatkan nilai kemiringan kedalaman laut, sehingga didapatkan nilai sebesar 0,2 yaitu dengan asumsi kemiringan tercuram berdasarkan tabel tetapan. Dari data kemiringan (m) tersebut maka untuk mengetahui nilai tinggi gelombang pecah (H_b) harus disesuaikan terhadap tetapan tabel pada Gambar 4.

Tabel 10. Hasil perhitungan dan pengolahan data Stasiun A untuk mendapatkan nilai tinggi (H_b) dan (d_b) kedalaman gelombang pecah.

H'_o	m	gT^2	H'_o/gT^2	Tabel	H_b	Tabel	d_b	
				H_b/H'_o		H_b/gT^2		d_b/H_b
1.13	0.2	142.26	0.0079	2.75	3.09	0.022	1.6	4.95
1.14	0.2	142.26	0.0080	2.75	3.13	0.022	1.6	5.01
1.40	0.2	142.26	0.0098	1.15	1.61	0.011	1.12	1.80
1.42	0.2	142.26	0.0099	1.15	1.63	0.011	1.12	1.82
1.13	0.2	142.26	0.0079	2.75	3.10	0.022	1.6	4.96
1.12	0.2	142.26	0.0079	2.75	3.09	0.022	1.6	4.94
1.41	0.2	142.26	0.0099	1.15	1.62	0.011	1.12	1.81
1.34	0.2	142.26	0.0094	1.15	1.54	0.011	1.12	1.73

Tabel 11. Hasil perhitungan dan pengolahan data Stasiun B untuk mendapatkan nilai tinggi (H_b) dan (d_b) kedalaman gelombang pecah.

H'_o	m	gT^2	H'_o/gT^2	Tabel	H_b	H_b/gT^2	Tabel	d_b
				H_b/H'_o			d_b/H_b	
1.28	0.2	191.46	0.0067	1.2	1.06	0.006	0.83	1.28
1.29	0.2	193.19	0.0067	1.2	1.08	0.006	0.83	1.30
1.25	0.2	194.06	0.0064	1.2	1.04	0.005	0.8	1.30
1.18	0.2	195.81	0.0060	1.2	0.98	0.005	0.8	1.23
1.11	0.2	197.57	0.0056	1.25	0.89	0.004	0.78	1.14
1.05	0.2	199.33	0.0053	1.25	0.84	0.004	0.78	1.08
1.01	0.2	201.10	0.0050	1.2	0.85	0.004	0.78	1.08
0.99	0.2	202.88	0.0049	1.3	0.76	0.004	0.78	0.98

Nilai tinggi gelombang pecah (H_b) pada Stasiun A seperti terlihat pada Tabel 10, disimpulkan bahwa berdasarkan analisis dari keseluruhan data

didapatkan hasil nilai rata-rata tinggi gelombang pecah (H_b) sebesar 1,74 m, nilai maksimum H_b adalah 6,93 m, dan nilai minimum H_b sebesar 0,11 m. Sedangkan pada Stasiun B seperti terlihat juga pada Tabel 11, didapatkan hasil analisis dari keseluruhan data yaitu nilai rata-rata tinggi gelombang pecah (H_b) sebesar 1,23 m, nilai maksimum H_b adalah 4,21 m, dan nilai minimum H_b sebesar 0,03 m.

Sverdrup *et al.* (1942) menjelaskan bahwa gelombang yang bergerak ke arah pantai akan mengalami perubahan ketinggian. Perubahan tinggi ini disertai dengan perubahan bentuk gelombang. Puncak gelombang akan menyempit dan curam sedangkan bentuknya menjadi panjang dan datar. Selanjutnya gelombang tersebut akan mencapai suatu kedalaman yang cukup untuk mulai pecah dengan ketinggian gelombang pecah pada jarak tertentu dari garis pantai. Gelombang yang telah pecah akan menghamburkan energinya ke atas muka pantai.

Pada penentuan perhitungan untuk mendapatkan nilai dari kedalaman gelombang pecah, selanjutnya akan dihitung kembali dengan menghitung perbandingan antara hasil nilai tinggi gelombang pecah (H_b) dengan koefisien gravitasi berupa tetapan 9,8 (g) dan nilai kuadrat dari periode gelombang (T). Dari hasil tersebut akan disesuaikan juga terhadap tetapan tabel pada Gambar 5 yaitu tabel penentuan kedalaman gelombang pecah (d_b), dan dari hasil tetapan tabel tersebut maka nilai kedalaman gelombang pecah (d_b) akan dapat ditentukan.

Berdasarkan hasil perhitungan kedalaman gelombang pecah (d_b), disimpulkan bahwa pada Stasiun A terlihat perhitungan Tabel 10 didapatkan hasil nilai rata-rata kedalaman gelombang pecah (d_b) sebesar 2,1 m, nilai maksimum (d_b) adalah 11,09 m, dan nilai minimum (d_b) sebesar 0,07 m. Sedangkan pada Stasiun B seperti terlihat juga pada Tabel 11, hasil nilai rata-rata kedalaman gelombang pecah (d_b) sebesar 1,5 m, nilai maksimum (d_b) adalah 4,31 m, dan nilai minimum (d_b) sebesar 0,05 m.

Nilai rerata dari tinggi (H_b) dan kedalaman (d_b) gelombang pecah dari kedua Stasiun tersebut tidak terjadi perbedaan nilai yang signifikan, namun nilai dari Stasiun A tetap lebih besar dari Stasiun B. dari hasil analisa sebelumnya membenarkan kelinieran energi transformasi gelombang lebih besar berada di Stasiun A. Hasil akhir transformasi gelombang berupa H_b dan d_b akan divalidasi sebagai tahap akhir terhadap peta batimetri berupa nilai numerik koreksi batimetri, sehingga akan membuat suatu analisis karakteristik dan pola penjalaran transformasi gelombang dimana berdasarkan peta batimetri Selat Sempu.

4.4 Pola Transformasi Gelombang Berdasarkan Kedalaman Perairan

Pola analisis transformasi gelombang berdasarkan kedalaman perairan ialah hasil validasi antara nilai data koreksi batimetri dengan hasil nilai tinggi (H_b) dan kedalaman (d_b) gelombang pecah sebagai hasil akhir perhitungan transformasi gelombang (refraksi, difraksi, dan gelombang pecah) pada setiap stasiun dan musim yang berbeda. Dari hasil validasi dengan data batimetri pada Stasiun A menunjukkan interval antara nilai maksimum dan minimum dari tinggi (H_b) dan kedalaman (d_b) gelombang pecah yang sesuai dengan hasil data saring sebanyak 3 titik lokasi koordinat dari total 327 titik koordinat sounding sepanjang selat, dengan nilai batimetri yang mendekati titik-titik wilayah rasional terjadinya transformasi gelombang. Nilai interval daripada H_b dan d_b Stasiun A cukup variatif, namun tidak terlalu signifikan karena nilai koefisiensi kurang dari satu. Penjalaran transformasi gelombang pada Stasiun A menuju perairan selat mengalami refraksi dan difraksi gelombang, sebelum terjadi gelombang pecah. Perubahan energi dari transformasi gelombang secara perlahan mengalami perubahan karakteristik fisik. Karakteristik gelombang pecah pada Selat Sempu secara visual dan perhitungan matematis dapat dikategorikan termasuk tipe

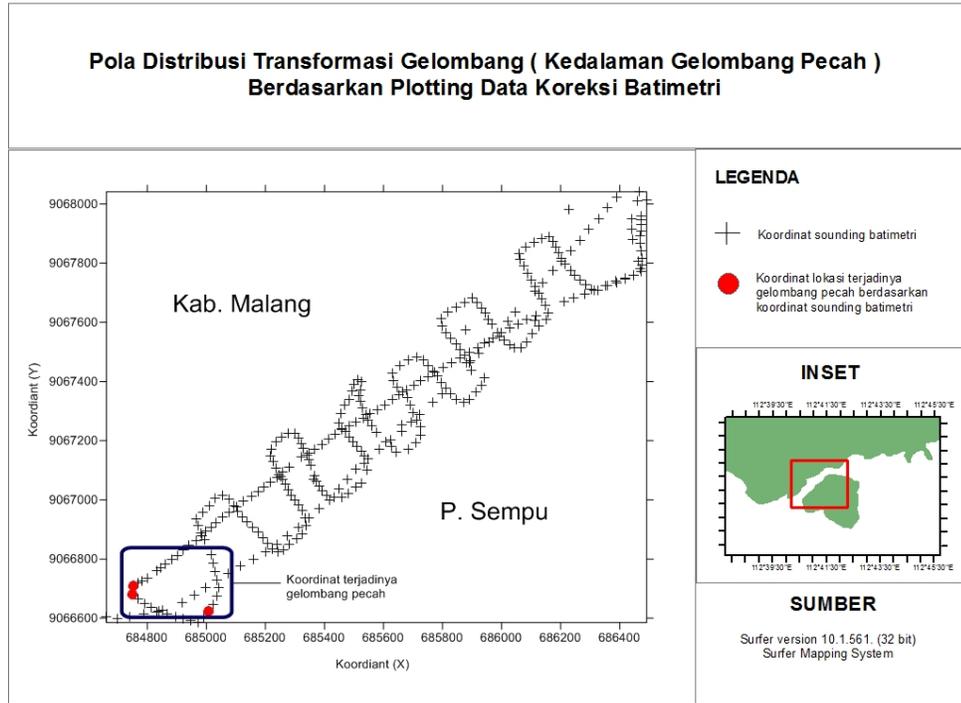
spilling, dimana bentuk gelombang pecah dengan muka gelombang (*front wave*) sudah pecah sebelum tiba di pantai (Sidjabat, 1973).

Pada hasil *plotting* data Stasiun A antara H_b dan d_b yang mendekati rasionalitas penjalaran distribusi dari transformasi gelombang dengan peta batimetri ialah 3 titik koordinat (Gambar 24) dari sekitar 31 titik lokasi koordinat berdasarkan perhitungan yang memiliki kesesuaian data berdasarkan hasil validasi data, dapat disimpulkan bahwa bentuk dasar laut di titik koordinat tersebut cukup dinamis, hal ini mengakibatkan terjadinya penjalaran energi gelombang yang dinamis pula sehingga terjadi penjalaran transformasi gelombang di titik-titik lokasi tersebut.

Berdasarkan hasil perhitungan data batimetri, nilai rata-rata batimetri Selat Sempu sebesar 45,5 m dibawah permukaan air laut, dimana pada data Stasiun A tinggi gelombang pecah (H_b) rata-rata mencapai 1,74 m, sedangkan pada hasil nilai kedalaman gelombang pecah (d_b) memiliki rata-rata kedalaman selat sebesar 2,1 m. Salah satu faktor pengaruhnya adalah penjalaran transformasi gelombang dengan membawa distribusi dari sedimen, sehingga terjadi proses sedimentasi pada titik-titik lokasi koordinat tertentu sepanjang perairan selat sehingga terlihat seperti perbukitan bawah laut pada peta batimetri.

Analisis selanjutnya Pada data Stasiun A, yakni terjadinya transformasi penjalaran gelombang yang cukup merata pada wilayah barat daya selat yakni seperti pada Gambar 24 berupa validasi data H_b dan d_b dengan data koreksi batimetri, sehingga pengaruh dari energi penjalaran gelombang kearah perairan Selat Sempu cukup signifikan mempengaruhi kondisi fisik sisi perairan selat. Dari dasar hasil penelitian tentang analisis transformasi gelombang, didapatkan hasil bahwa struktur kondisi batimetri di sisi Selatan perairan selat tidak terlalu ekstrim seperti pada sisi Utara, meskipun energi gelombang pada Stasiun A yang dihasilkan lebih tinggi jika dibandingkan dengan Stasiun B. hal ini dimungkinkan

karena faktor struktur dasar perairan selat di sisi Selatan berupa batuan karang *massive* yang cukup besar, sedangkan pada sisi Utara sebagian besar memiliki struktur dasar perairan berupa sedimen pasir dan terdapat beberapa struktur karang namun dengan diameter kecil.

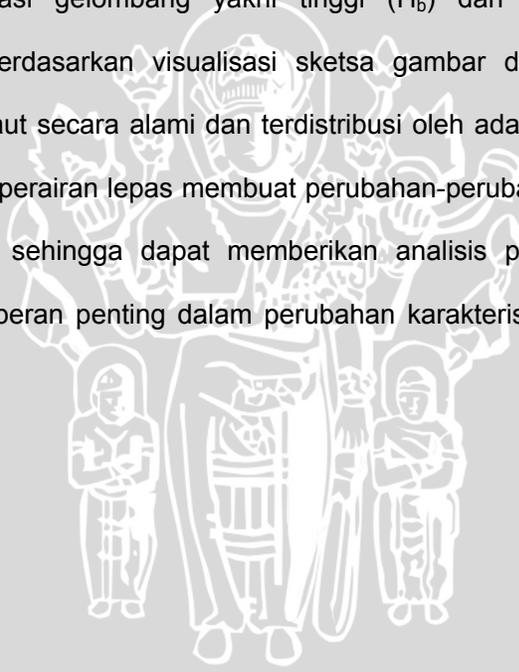


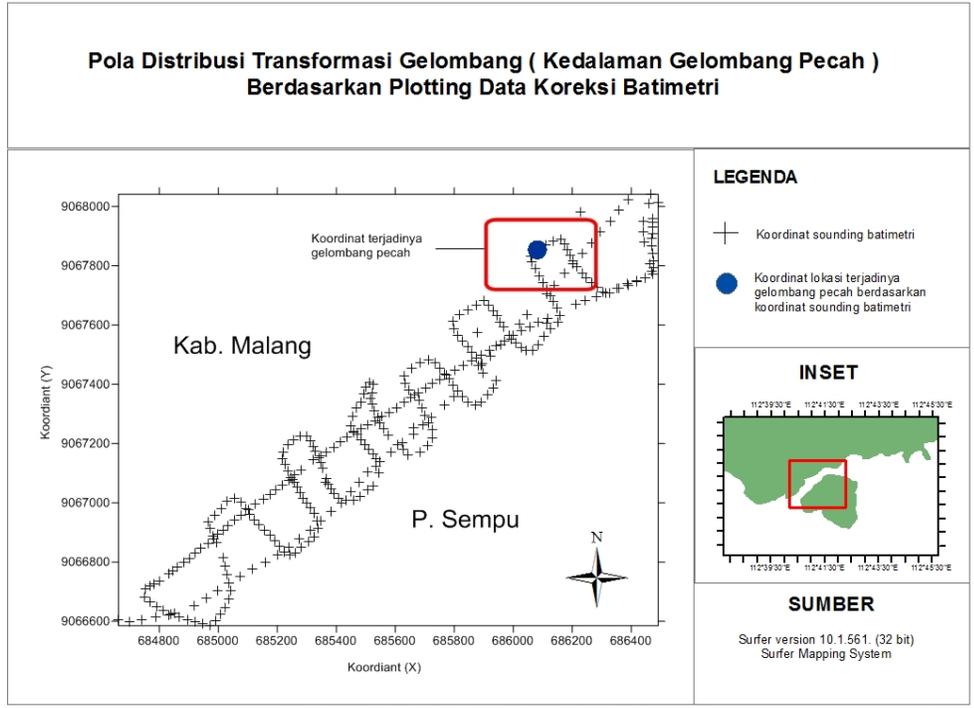
Gambar 24. Pola distribusi transformasi gelombang berdasarkan plotting koordinat data batimetri pada Stasiun A

Pada Stasiun B hasil perhitungan nilai rata-rata kedalaman gelombang pecah (d_b) memiliki kedalaman selat sebesar 1,5 m, sedangkan rerata H_b sebesar 1,23 m. Pada proses validasi dan saring (*filter*) terhadap data koreksi batimetri Selat Sempu, maka didapatkan hasil terjadinya gelombang pecah yakni terdapat 1 titik koordinat yang rasional terdapat terjadinya gelombang pecah (Gambar 25) dari sekitar 6 titik lokasi koordinat berdasarkan perhitungan matematis yang memiliki kesesuaian data berdasarkan hasil validasi data. Hasil Analisis data yang dapat disimpulkan dari penjalaran energi transformasi gelombang yang berada pada Stasiun B dengan arah pergerakan ke arah perairan Selat Sempu tidak terlalu merata sepanjang perairan selat. Secara

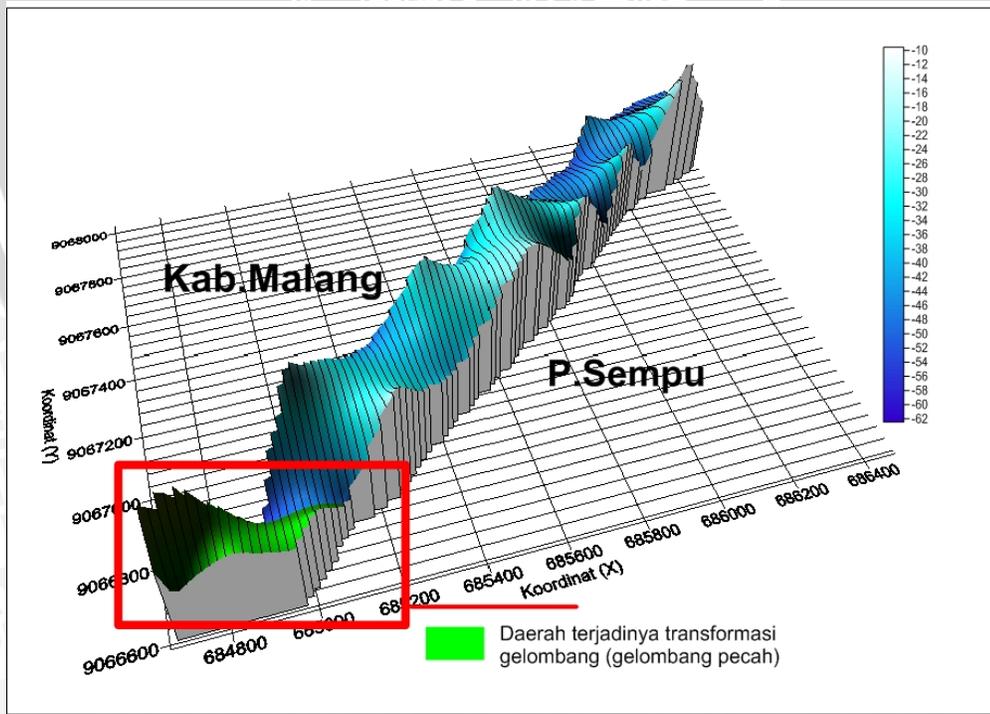
karakteristik tipe gelombang pecah pada Stasiun B termasuk dalam kategori *surgung* yakni gelombang yang belum pecah dan mendekati garis pantai serta sempat mendaki kaki pantai (Sidjabat, 1973). Distribusi penjalaran transformasi gelombang dari arah Stasiun B lebih rendah daripada Stasiun A, namun energi gelombang pada Stasiun B lebih signifikan dalam perubahan dasar perairan pada sisi Utara selat, hal tersebut dimungkinkan juga karena faktor dasar perairan lebih lunak yakni berupa sedimen pasir oleh sebab itu ketika mendapatkan penjalaran energi gelombang dari perairan lepas pantai maka secara mudah terjadinya transport sedimen.

Pola transformasi gelombang yakni tinggi (H_b) dan kedalaman (d_b) gelombang pecah berdasarkan visualisasi sketsa gambar dijelaskan bahwa terbentuknya dasar laut secara alami dan terdistribusi oleh adanya transformasi gelombang dari arah perairan lepas membuat perubahan-perubahan pada kondisi fisik dasar perairan, sehingga dapat memberikan analisis pola transformasi gelombang memiliki peran penting dalam perubahan karakteristik fisik perairan selat.

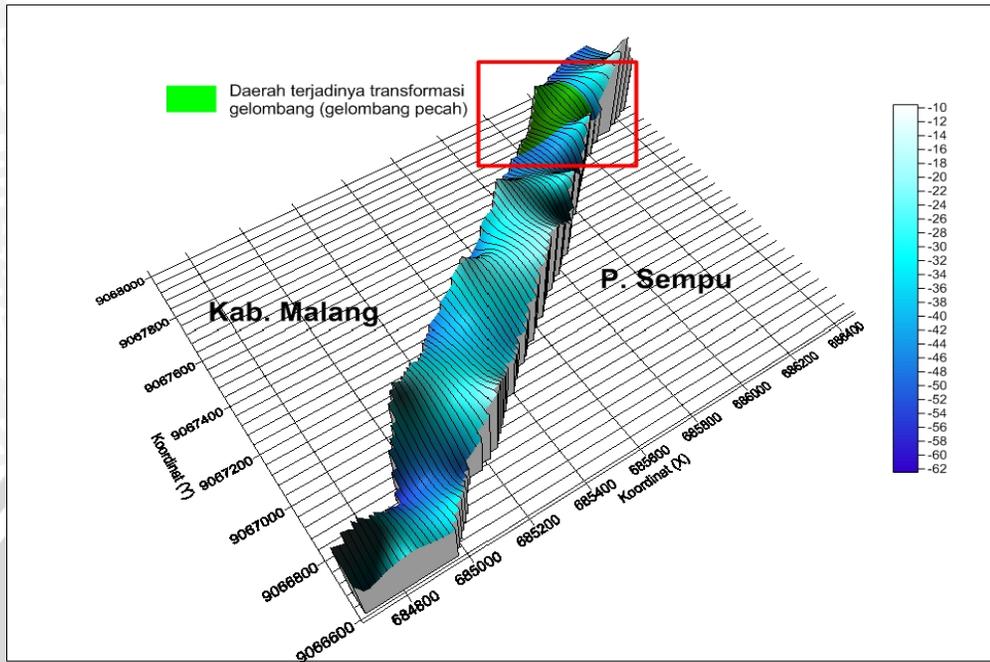




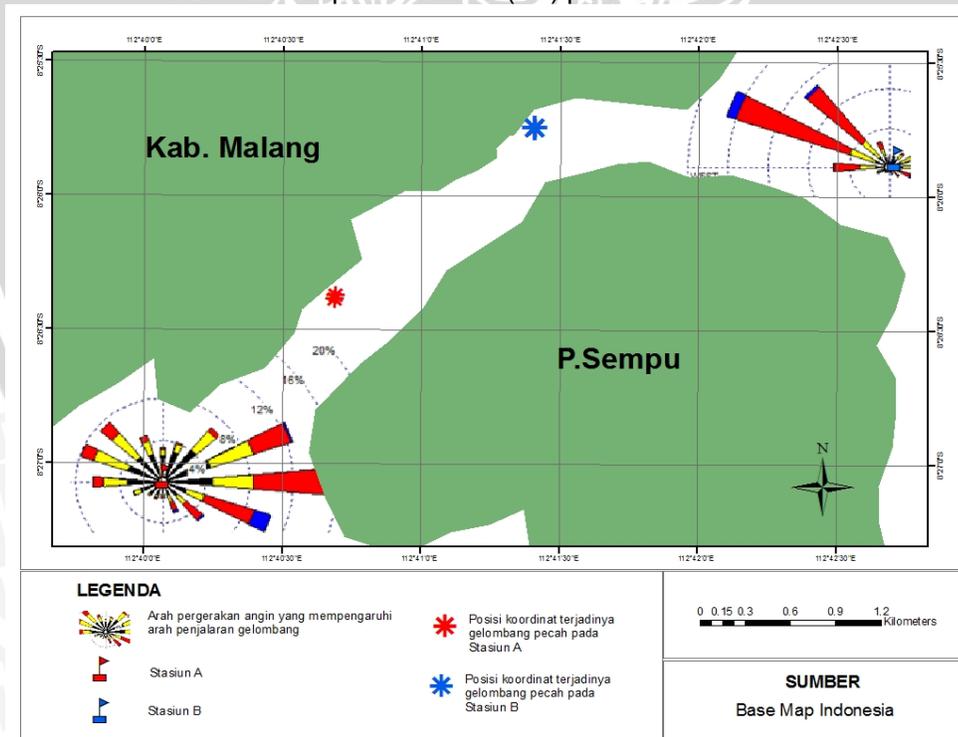
Gambar 25. Pola distribusi transformasi gelombang berdasarkan plotting koordinat data batimetri pada Stasiun B



Gambar 26. Wilayah terjadinya transformasi gelombang (gelombang pecah) berdasarkan peta batimetri (3D) pada Stasiun A



Gambar 27. Wilayah terjadinya transformasi gelombang (gelombang pecah) berdasarkan peta batimetri (3D) pada Stasiun B



Gambar 28. Sketsa distribusi pola transformasi gelombang pada Stasiun A dan Stasiun B

Pada hasil sketsa yang didapat atas dasar hasil perhitungan data terdapat pola distribusi dari penjalaran energi gelombang dari setiap stasiun memiliki perbedaan, yakni dalam hal hasil distribusi transformasi gelombang, namun dikarenakan perbedaan struktur morfologi dasar perairan menjadi faktor timbulnya perubahan fisik dasar perairan, sehingga pembentukan batimetri secara linier mengikuti kondisi morfologi dasar perairan (Triatmodjo, 1999). Pada Gambar 33, titik-titik poin koordinat dari kedalaman gelombang pecah dapat dijadikan indikasi bahwa sekitar titik koordinat dari kedalaman gelombang pecah (d_b) memiliki kedalaman dasar laut dengan jeda interval yang cukup besar atau curam.



5. KESIMPULAN

5.1 Kesimpulan

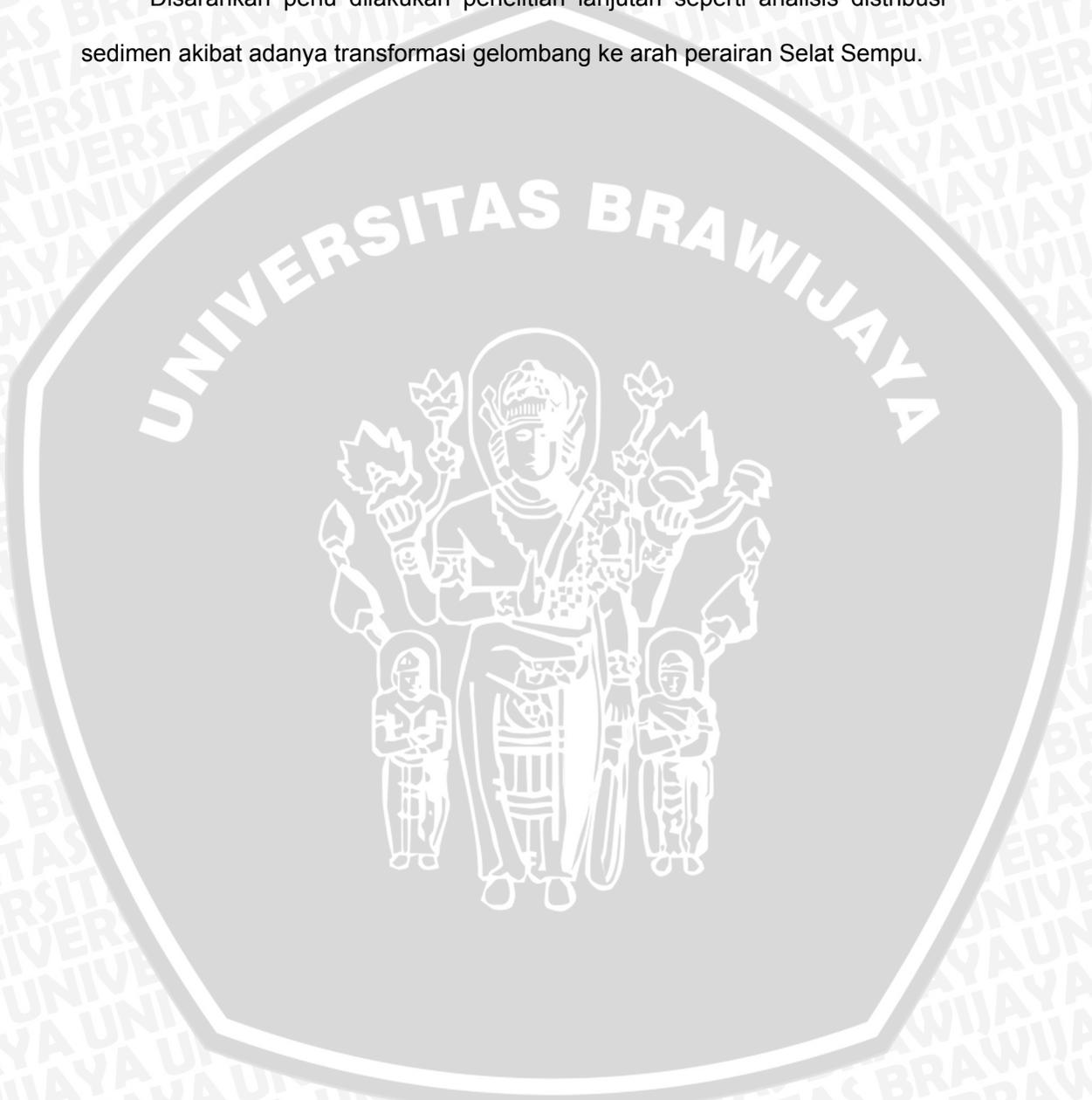
Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan dapat disimpulkan bahwa :

1. Hasil analisis perhitungan distribusi refraksi, difraksi dan gelombang pecah antara Stasiun A nilai rata-rata (K_r) sebesar 1,04 , sedangkan Stasiun B nilai rata-rata sebesar 1,01. Pada koefisien difraksi (K') Stasiun A memiliki nilai rata-rata 0,83 , dan Stasiun B sebesar 0,89. Dari hasil K_r dan K' maka didapatkan nilai H_b dan d_b sebagai hasil akhir, dimana Stasiun A nilai rerata H_b sebesar 1,74 m, sedangkan Stasiun B sebesar 1,23 m. Data tersebut sebagai hasil akhir analisis transformasi gelombang yang *plotting* berdasarkan data koreksi batimetri guna mendapatkan sketsa visualisasi pola transformasi gelombang. Rata-rata kedalaman gelombang pecah (d_b) Stasiun A memiliki kedalaman selat 2,1 m, dan Stasiun B rata-rata sebesar 1,5 m. Secara karakteristik gelombang pecah pada Stasiun A memiliki tipe *spilling*, sedangkan Stasiun B memiliki tipe surging, hal tersebut dikarenakan faktor lokal seperti kondisi dasar laut serta profil pantai pada setiap stasiun (Sidjabat, 1973).
2. Analisis pola transformasi gelombang berdasarkan peta batimetri didapatkan penjalaran gelombang pada Stasiun A yang rasional terjadinya transformasi gelombang (gelombang pecah), yakni terdapat 3 dari 327 titik koordinat *sounding* yang valid, sedangkan Stasiun B distribusi transformasi gelombang tidak merata yakni terdapat 1 dari 327 titik koordinat *sounding*. Penjalaran energi gelombang setiap stasiun memiliki perbedaan, yakni dalam hal hasil distribusi transformasi gelombang, namun dikarenakan perbedaan struktur morfologi dasar perairan menjadi faktor timbulnya

perubahan fisik dasar perairan, sehingga pembentukan batimetri secara linier mengikuti kondisi morfologi dasar perairan (Triatmodjo, 1999).

5.2 Saran

Disarankan perlu dilakukan penelitian lanjutan seperti analisis distribusi sedimen akibat adanya transformasi gelombang ke arah perairan Selat Sempu.



DAFTAR PUSTAKA

- Achmad, Z. .2011. Analisis Pola Arus dan Laju sedimentasi terhadap perubahan batimetri di perairan teluk tomini gorontalo. *Tugas akhir – MO 091336*. Jurusan Teknik Kelautan ITS. Surabaya
- Baharuddin., Pariwono, J.I., Nurjana, I.W., .2009. Pola Transformasi Gelombang Dengan Menggunakan Model RCPWave Pada Pantai Bau-Bau, Provinsi Sulawesi Tenggara. *E-Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Topis*. Vol.1, No.2, Hal. 60-71.
- Bakosurtanal [Badan Koordinasi Survei dan Pemetaan Nasional] .2009. Fisik dan Lingkungan Alam. *Batimetri Indonesia*. Diakses Juni 8, 2013 dari http://atlasnasional.bakosurtanal.go.id/fisik_lingkungan/batimetri_detail.php?id=1&judul=umum.
- BAPEKAB [Badan Perencanaan Pembangunan Kabupaten Malang] .2001. *Data Pengamatan Cuaca Kabupaten Malang*. (Laporan). Badan Perencanaan Kabupaten/BAPEKAB. Malang.
- Black, J. A. (1986). *Oceans and Coasts an Introduction to Oceanography*. Wm. C. Brown Publishers.
- CERC .1984. *Shore Protection Manual*. (US Army Coastal Engeneering Reseach Center). Washington (SPM, 1984).
- CHL [Coastal Hydralic Laboratory]. (2002). *Coastal Engineering Manual, Part I-VI*. Washington DC: Department of Army. U.S. Army Corp of Engineers
- Danial, M .2008. *Rekayasa Pantai*. Bandung: Alfa Beta.
- Fisheries Diving Club. (2006). *Reef Check Pulau Sempu dan Kondang Buntung Kecamatan Sumbermanjing Wetan Kabupaten Malang*. (Laporan). Fisheries Diving Club FPIK-UB. (tidak dipublikasikan).
- Hadikusumah .2009. Karakteristik Gelombang Dan Arus Di Eretan, Indramayu. Bidang Dinamika Laut. *Pusat Penelitian Oseanografi, LIPI. MAKARA, SAINS*. VOL. 13, NO. 2, NOVEMBER 2009: 163-172.
- Kurniawan, R., Habibie, M.N., Suratno. (2011). Variasi Bulanan Gelombang Laut di Indonesia. (*Paper*). Puslitbang BMKG:Jakarta.
- NOAA .2007.Our Restless Tides. Diakses Juni 8, 2013 dari <http://www.co-ops.nos.noaa.gov/restles4.html>.
- Sidjabat, M .1973. *Pengantar Oseanografi*. IPB. Bogor.

- Sorensen, R.M, .1978. *Basic Coastal Engeneering*. John Wiley and Sons, New York.
- Sugiyono .2009. *Metode Penelitian Kuantitatif dan Kualitatif*. CV. Alfabeta: Bandung.
- Sugiyono .2011. *Metode Penelitian Kuantitatif Kualitatif dan R&D*. Alfabeta. Bandung.
- Surinati, D .2007. Pasang Surut dan Energinya. *Jurnal Oseana*. Volume XXXII, Nomor 1, Tahun 2007 : 15-22.
- Sverdrup, H. U., M. W. Johnson, and R. H. Fleming .1942. *The Oceans*. Prentice-Hall. New Jersey. 1087 pp.
- Triatmodjo, B .1999. *Teknik Pantai*. Beta Offset. Yogyakarta.
- Umar .2010. Kajian Pengaruh Gelombang Terhadap Kerusakan Pantai Matang Danau Kabupaten Sambas. (*Paper*). Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Tanjung Pura.
- Wibisono, M.S .2005. *Pengantar Ilmu Kelautan*. UI-Press. Jakarta.
- Wirekso., L, Uranika., N, Inayah .2005. Perencanaan Bangunan Pengaman Pantai Di Daerah Mundu – Balongan (Dengan Menggunakan Bantuan Program Genesis). *Undergraduate thesis*. F. TEKNIK UNDIP
- Yang, C.S., S.P. Kao., F.B.Lee., dan P.S.Hung .2004. Twelve Different Interpolation Methods : A Case Study of Surfer 8.0. *In Proceedings of XXth ISPRS Congress*. Commission II. Istanbul. Turkey.



LAMPIRAN

Lampiran 1. Dokumentasi pengambilan data lapang



Aktivitas pada saat melakukan sounding batimetri



Sisi Utara Selat Sempu



Sisi Selatan Selat Sempu



Kondisi morfologi batimetri sisi Selatan Selat Sempu

Lampiran 2. Tabulasi numerik koreksi elevasi pasang-surut untuk mendapatkan nilai batimetri tanggal 20 Oktober 2012.

Waktu Sounding	MSL	Pasut (m) per menit	Pasut (m) per detik	Batimetri (m) Sounding	Koreksi Batimetri (m)
7:22:28	-0.01333	-1.093	-0.018	57.7	57.18977778
7:24:01	-0.01333	-1.120	-0.019	54.6	54.58133333
7:24:11	-0.01333	-1.120	-0.019	57.8	57.59466667
7:24:19	-0.01333	-1.120	-0.019	64.8	64.44533333
7:24:39	-0.01333	-1.120	-0.019	52.5	51.772
7:24	-0.01333	-1.120	-0.019	50.2	49.136
7:25:17	-0.01333	-1.133	-0.019	51.1	50.77888889
7:25:37	-0.01333	-1.133	-0.019	50.3	49.60111111
7:25:57	-0.01333	-1.133	-0.019	34.4	33.32333333
7:26:17	-0.01333	-1.147	-0.019	26.3	25.97511111
7:26:37	-0.01333	-1.147	-0.019	18	17.29288889
7:26:58	-0.01333	-1.147	-0.019	12.9	11.79155556
7:27:17	-0.01333	-1.160	-0.019	9.1	8.771333333
7:27:37	-0.01333	-1.160	-0.019	6.7	5.984666667
7:27:57	-0.01333	-1.160	-0.019	9.6	8.498
7:28:19	-0.01333	-1.173	-0.020	11.1	10.72844444
7:28:37	-0.01333	-1.173	-0.020	52.3	51.57644444
7:28:57	-0.01333	-1.173	-0.020	54.9	53.78533333
7:29:17	-0.01333	-1.187	-0.020	54.9	54.56377778
7:29:39	-0.01333	-1.187	-0.020	59.6	58.82866667
7:29:51	-0.01333	-1.187	-0.020	57.8	56.79133333
7:30:17	-0.01333	-1.200	-0.020	55.9	55.56
7:30:37	-0.01333	-1.200	-0.020	56.4	55.66
7:30:57	-0.01333	-1.200	-0.020	53.5	52.36
7:31:17	-0.01333	-1.213	-0.020	49.5	49.15622222
7:31:37	-0.01333	-1.213	-0.020	39.7	38.95177778
7:31:57	-0.01333	-1.213	-0.020	34.1	32.94733333
7:32:17	-0.01333	-1.227	-0.020	50.9	50.55244444
7:32:37	-0.01333	-1.227	-0.020	9.2	8.443555556
7:32:58	-0.01333	-1.227	-0.020	4.8	3.614222222
7:33:18	-0.01333	-1.240	-0.021	59	58.628
7:33:37	-0.01333	-1.240	-0.021	53.3	52.53533333
7:33:57	-0.01333	-1.240	-0.021	53.3	52.122
7:34:17	-0.01333	-1.253	-0.021	52.2	51.84488889
7:34:37	-0.01333	-1.253	-0.021	51.2	50.42711111
7:34:57	-0.01333	-1.253	-0.021	51.4	50.20933333
7:35:18	-0.01333	-1.267	-0.021	50.5	50.12
7:35:37	-0.01333	-1.267	-0.021	46.7	45.91888889

Waktu Sounding	MSL	Pasut (m) per menit	Pasut (m) per detik	Batimetri (m) Sounding	Koreksi Batimetri (m)
7:35:57	-0.01333	-1.267	-0.021	15.7	14.49666667
7:36:17	-0.01333	-1.280	-0.021	24.8	24.43733333
7:36:36	-0.01333	-1.280	-0.021	24.7	23.932
7:36:57	-0.01333	-1.280	-0.021	26.2	24.984
7:37:16	-0.01333	-1.293	-0.022	25.8	25.45511111
7:37:36	-0.01333	-1.293	-0.022	22.6	21.824
7:37:56	-0.01333	-1.293	-0.022	57.7	56.49288889
7:38:17	-0.01333	-1.307	-0.022	65.4	65.02977778
7:38:36	-0.01333	-1.307	-0.022	58.1	57.316
7:38:58	-0.01333	-1.307	-0.022	56	54.73688889
7:39:16	-0.01333	-1.320	-0.022	58.4	58.048
7:39:37	-0.01333	-1.320	-0.022	51.9	51.086
7:39:58	-0.01333	-1.320	-0.022	57.5	56.224
7:40:17	-0.01333	-1.333	-0.022	55.6	55.22222222
7:40:39	-0.01333	-1.333	-0.022	56	55.13333333
7:40:57	-0.01333	-1.333	-0.022	48.6	47.33333333
7:41:17	-0.01333	-1.347	-0.022	49.4	49.01844444
7:41:38	-0.01333	-1.347	-0.022	49.8	48.94711111
7:41:58	-0.01333	-1.347	-0.022	49.8	48.49822222
7:42:17	-0.01333	-1.360	-0.023	49.7	49.31466667
7:42:37	-0.01333	-1.360	-0.023	50.4	49.56133333
7:42:58	-0.01333	-1.360	-0.023	49	47.68533333
7:43:18	-0.01333	-1.373	-0.023	51.4	50.988
7:43:37	-0.01333	-1.373	-0.023	47.2	46.35311111
7:43:56	-0.01333	-1.373	-0.023	52.2	50.91822222
7:44:17	-0.01333	-1.387	-0.023	54.5	54.10711111
7:44:37	-0.01333	-1.387	-0.023	51.8	50.94488889
7:44:56	-0.01333	-1.387	-0.023	58.5	57.20577778
7:45:17	-0.01333	-1.400	-0.023	27.4	27.00333333
7:45:37	-0.01333	-1.400	-0.023	26	25.13666667
7:45:57	-0.01333	-1.400	-0.023	32.6	31.27
7:46:17	-0.01333	-1.413	-0.024	21.3	20.89955556
7:46:38	-0.01333	-1.413	-0.024	22.8	21.90488889
7:46:57	-0.01333	-1.413	-0.024	40.2	38.85733333
7:47:16	-0.01333	-1.427	-0.024	27.8	27.41955556
7:47:32	-0.01333	-1.427	-0.024	54.5	53.73911111
7:47:57	-0.01333	-1.427	-0.024	25.8	24.44466667
7:48:17	-0.01333	-1.440	-0.024	7.7	7.292
7:48:37	-0.01333	-1.440	-0.024	79.3	78.412
7:48:57	-0.01333	-1.440	-0.024	71.7	70.332

Waktu Sounding	MSL	Pasut (m) per menit	Pasut (m) per detik	Batimetri (m) Sounding	Koreksi Batimetri (m)
7:49:18	-0.01333	-1.453	-0.024	58.6	58.164
7:49:36	-0.01333	-1.453	-0.024	53.7	52.828
7:49:57	-0.01333	-1.453	-0.024	50.4	49.01933333
7:50:16	-0.01333	-1.467	-0.024	44.9	44.50888889
7:50:36	-0.01333	-1.467	-0.024	25.8	24.92
7:50:56	-0.01333	-1.467	-0.024	11	9.631111111
7:51:17	-0.01333	-1.480	-0.025	9.8	9.380666667
7:51:38	-0.01333	-1.480	-0.025	50.5	49.56266667
7:51:57	-0.01333	-1.480	-0.025	9.8	8.394
7:52:17	-0.01333	-1.493	-0.025	12.1	11.67688889
7:52:37	-0.01333	-1.493	-0.025	22.7	21.77911111
7:52:57	-0.01333	-1.493	-0.025	66.1	64.68133333
7:53:17	-0.01333	-1.507	-0.025	57	56.57311111
7:53:37	-0.01333	-1.507	-0.025	39.1	38.17088889
7:53:57	-0.01333	-1.507	-0.025	12.4	10.96866667
7:54:16	-0.01333	-1.520	-0.025	33.2	32.79466667
7:54:36	-0.01333	-1.520	-0.025	18.8	17.888
7:54:56	-0.01333	-1.520	-0.025	19.3	17.88133333
7:55:17	-0.01333	-1.533	-0.026	12.3	11.86555556
7:55:38	-0.01333	-1.533	-0.026	15.8	14.82888889
7:55:57	-0.01333	-1.533	-0.026	26.1	24.64333333
7:56:17	-0.01333	-1.547	-0.026	21.9	21.46177778
7:56:37	-0.01333	-1.547	-0.026	92.1	91.14622222
7:57:13	-0.01333	-1.560	-0.026	54.1	53.762
7:57:36	-0.01333	-1.560	-0.026	53.2	52.264
7:57:56	-0.01333	-1.560	-0.026	71	69.544
7:58:15	-0.01333	-1.573	-0.026	56.6	56.20666667
7:58:35	-0.01333	-1.573	-0.026	50.4	49.48222222
7:58:56	-0.01333	-1.573	-0.026	22.9	21.43155556
7:59:16	-0.01333	-1.587	-0.026	2.6	2.176888889
7:59:35	-0.01333	-1.587	-0.026	8.2	7.274444444
7:59:57	-0.01333	-1.587	-0.026	4.6	3.092666667
8:00:18	-0.00667	-0.400	-0.007	83.7	83.58
8:00:37	-0.00667	-0.400	-0.007	4	3.753333333
8:00:56	-0.00667	-0.400	-0.007	85.3	84.92666667
8:01:18	-0.00667	-0.407	-0.007	79	78.878
8:01:36	-0.00667	-0.407	-0.007	7	6.756
8:01:57	-0.00667	-0.407	-0.007	27.9	27.51366667
8:02:19	-0.00667	-0.413	-0.007	23.2	23.06911111
8:02:41	-0.00667	-0.413	-0.007	21.1	20.81755556

Waktu Sounding	MSL	Pasut (m) per menit	Pasut (m) per detik	Batimetri (m) Sounding	Koreksi Batimetri (m)
8:02:57	-0.00667	-0.413	-0.007	34.1	33.70733333
8:03:17	-0.00667	-0.420	-0.007	11.8	11.681
8:03:37	-0.00667	-0.420	-0.007	42.5	42.241
8:03:57	-0.00667	-0.420	-0.007	30.6	30.201
8:04:17	-0.00667	-0.427	-0.007	3.9	3.779111111
8:04:37	-0.00667	-0.427	-0.007	59.2	58.93688889
8:04:57	-0.00667	-0.427	-0.007	50	49.59466667
8:05:16	-0.00667	-0.433	-0.007	34.5	34.38444444
8:06:02	-0.00667	-0.440	-0.007	35	34.98533333
8:06:17	-0.00667	-0.440	-0.007	34.8	34.67533333
8:06:37	-0.00667	-0.440	-0.007	29.2	28.92866667
8:06:56	-0.00667	-0.440	-0.007	44.2	43.78933333
8:07:16	-0.00667	-0.447	-0.007	15.8	15.68088889
8:07:36	-0.00667	-0.447	-0.007	32.9	32.632
8:07:59	-0.00667	-0.447	-0.007	10.5	10.06077778
8:08:17	-0.00667	-0.453	-0.008	14.7	14.57155556
8:08:36	-0.00667	-0.453	-0.008	23.1	22.828
8:09:00	-0.00667	-0.460	-0.008	43.2	43.2
8:09:18	-0.00667	-0.460	-0.008	37.1	36.962
8:09:40	-0.00667	-0.460	-0.008	130.3	129.9933333
8:09:57	-0.00667	-0.460	-0.008	85.6	85.163
8:10:17	-0.00667	-0.467	-0.008	64.1	63.96777778
8:10:38	-0.00667	-0.467	-0.008	56.6	56.30444444
8:10:56	-0.00667	-0.467	-0.008	64.1	63.66444444
8:11:17	-0.00667	-0.473	-0.008	6.3	6.165888889
8:11:38	-0.00667	-0.473	-0.008	5.4	5.100222222
8:11:58	-0.00667	-0.473	-0.008	75	74.54244444
8:12:17	-0.00667	-0.480	-0.008	57	56.864
8:12:37	-0.00667	-0.480	-0.008	48.4	48.104
8:12:57	-0.00667	-0.480	-0.008	8.2	7.744
8:13:17	-0.00667	-0.487	-0.008	57.5	57.36211111
8:13:37	-0.00667	-0.487	-0.008	53.5	53.19988889
8:13:56	-0.00667	-0.487	-0.008	53.2	52.74577778
8:14:18	-0.00667	-0.493	-0.008	51.6	51.452
8:14:28	-0.00667	-0.493	-0.008	52.8	52.56977778
8:14:36	-0.00667	-0.493	-0.008	32.9	32.604
8:14:57	-0.00667	-0.493	-0.008	6.2	5.731333333
8:15:16	-0.00667	-0.500	-0.008	152.7	152.5666667
8:15:36	-0.00667	-0.500	-0.008	132.8	132.5
8:15:57	-0.00667	-0.500	-0.008	115	114.525

Waktu Sounding	MSL	Pasut (m) per menit	Pasut (m) per detik	Batimetri (m) Sounding	Koreksi Batimetri (m)
8:16:16	-0.00667	-0.507	-0.008	86.4	86.26488889
8:16:36	-0.00667	-0.507	-0.008	64.7	64.396
8:16:56	-0.00667	-0.507	-0.008	47.3	46.82711111
8:17:16	-0.00667	-0.513	-0.009	26	25.86311111
8:17:40	-0.00667	-0.513	-0.009	22.5	22.15777778
8:17:57	-0.00667	-0.513	-0.009	16.7	16.21233333
8:18:17	-0.00667	-0.520	-0.009	15.8	15.65266667
8:18:36	-0.00667	-0.520	-0.009	12.8	12.488
8:18:56	-0.00667	-0.520	-0.009	13.2	12.71466667
8:19:16	-0.00667	-0.527	-0.009	9.6	9.459555556
8:19:37	-0.00667	-0.527	-0.009	2.7	2.375222222
8:19:56	-0.00667	-0.527	-0.009	105.9	105.4084444
8:20:16	-0.00667	-0.527	-0.009	90.7	90.55955556
8:20:36	-0.00667	-0.533	-0.009	70.9	70.58
8:20:56	-0.00667	-0.533	-0.009	51.6	51.10222222
8:21:16	-0.00667	-0.540	-0.009	8.2	8.056
8:21:36	-0.00667	-0.540	-0.009	6.3	5.976
8:21:56	-0.00667	-0.540	-0.009	23	22.496
8:22:16	-0.00667	-0.547	-0.009	11.8	11.65422222
8:22:37	-0.00667	-0.547	-0.009	14.5	14.16288889
8:22:57	-0.00667	-0.547	-0.009	23.1	22.58066667
8:23:16	-0.00667	-0.553	-0.009	58.3	58.15244444
8:23:36	-0.00667	-0.553	-0.009	61	60.668
8:23:56	-0.00667	-0.553	-0.009	59.5	58.98355556
8:24:16	-0.00667	-0.560	-0.009	11.6	11.45066667
8:24:36	-0.00667	-0.560	-0.009	66.5	66.164
8:24:56	-0.00667	-0.560	-0.009	49.9	49.37733333
8:25:37	-0.00667	-0.567	-0.009	88.8	88.45055556
8:25:56	-0.00667	-0.567	-0.009	63.2	62.67111111
8:26:17	-0.00667	-0.573	-0.010	45.5	45.33755556
8:26:37	-0.00667	-0.573	-0.010	29.8	29.44644444
8:26:56	-0.00667	-0.573	-0.010	21.1	20.56488889
8:27:17	-0.00667	-0.580	-0.010	33.2	33.03566667
8:27:37	-0.00667	-0.580	-0.010	31.9	31.54233333
8:27:56	-0.00667	-0.580	-0.010	11.3	10.75866667
8:28:15	-0.00667	-0.587	-0.010	50.1	49.95333333
8:28:37	-0.00667	-0.587	-0.010	36.8	36.43822222
8:28:59	-0.00667	-0.587	-0.010	11	10.42311111
8:29:16	-0.00667	-0.593	-0.010	13.6	13.44177778
8:29:36	-0.00667	-0.593	-0.010	14.2	13.844

Waktu Sounding	MSL	Pasut (m) per menit	Pasut (m) per detik	Batimetri (m) Sounding	Koreksi Batimetri (m)
8:29:56	-0.00667	-0.593	-0.010	27.6	27.04622222
8:30:16	-0.00667	-0.600	-0.010	51.2	51.04
8:30:36	-0.00667	-0.600	-0.010	33.6	33.24
8:30:57	-0.00667	-0.600	-0.010	45.3	44.73
8:31:17	-0.00667	-0.607	-0.010	28.5	28.32811111
8:31:36	-0.00667	-0.607	-0.010	10.3	9.936
8:32:18	-0.00667	-0.613	-0.010	11.1	10.916
8:32:37	-0.00667	-0.613	-0.010	13.5	13.12177778
8:32:56	-0.00667	-0.613	-0.010	12.6	12.02755556
8:33:16	-0.00667	-0.620	-0.010	14	13.83466667
8:33:57	-0.00667	-0.620	-0.010	43.1	42.511
8:34:16	-0.00667	-0.627	-0.010	55.2	55.03288889
8:34:36	-0.00667	-0.627	-0.010	52.6	52.224
8:34:58	-0.00667	-0.627	-0.010	65.9	65.29422222
8:35:17	-0.00667	-0.633	-0.011	65.5	65.32055556
8:35:37	-0.00667	-0.633	-0.011	54.9	54.50944444
8:35:56	-0.00667	-0.633	-0.011	63.2	62.60888889
8:36:17	-0.00667	-0.640	-0.011	56.6	56.41866667
8:36:36	-0.00667	-0.640	-0.011	72.6	72.216
8:36:56	-0.00667	-0.640	-0.011	61.8	61.20266667
8:37:17	-0.00667	-0.647	-0.011	60.5	60.31677778
8:37:36	-0.00667	-0.647	-0.011	53	52.612
8:37:57	-0.00667	-0.647	-0.011	56	55.38566667
8:38:16	-0.00667	-0.653	-0.011	64.7	64.52577778
8:38:36	-0.00667	-0.653	-0.011	55.9	55.508
8:38:56	-0.00667	-0.653	-0.011	58	57.39022222
8:39:17	-0.00667	-0.660	-0.011	55.7	55.513
8:39:37	-0.00667	-0.660	-0.011	54.3	53.893
8:39:56	-0.00667	-0.660	-0.011	52.2	51.584
8:40:16	-0.00667	-0.667	-0.011	52	51.82222222
8:40:36	-0.00667	-0.667	-0.011	49.7	49.3
8:40:56	-0.00667	-0.667	-0.011	33.7	33.07777778
8:41:16	-0.00667	-0.673	-0.011	70.6	70.42044444
8:41:56	-0.00667	-0.673	-0.011	57	56.37155556
8:42:17	-0.00667	-0.680	-0.011	61.1	60.90733333
8:42:37	-0.00667	-0.680	-0.011	59.9	59.48066667
8:42:57	-0.00667	-0.680	-0.011	68	67.354
8:43:16	-0.00667	-0.687	-0.011	73.8	73.61688889
8:43:36	-0.00667	-0.687	-0.011	48.8	48.388
8:43:56	-0.00667	-0.687	-0.011	57.7	57.05911111

Waktu Sounding	MSL	Pasut (m) per menit	Pasut (m) per detik	Batimetri (m) Sounding	Koreksi Batimetri (m)
8:44:17	-0.00667	-0.693	-0.012	42.3	42.10355556
8:44:36	-0.00667	-0.693	-0.012	54.9	54.484
8:44:56	-0.00667	-0.693	-0.012	50.5	49.85288889
8:45:16	-0.00667	-0.700	-0.012	51.9	51.71333333
8:45:36	-0.00667	-0.700	-0.012	53.9	53.48
8:45:57	-0.00667	-0.700	-0.012	54	53.335
8:46:17	-0.00667	-0.707	-0.012	55	54.79977778
8:46:36	-0.00667	-0.707	-0.012	55.4	54.976
8:46:57	-0.00667	-0.707	-0.012	56.9	56.22866667
8:47:17	-0.00667	-0.713	-0.012	54.5	54.29788889
8:47:36	-0.00667	-0.713	-0.012	59.3	58.872
8:47:58	-0.00667	-0.713	-0.012	58.1	57.41044444
8:48:16	-0.00667	-0.720	-0.012	55.4	55.208
8:48:37	-0.00667	-0.720	-0.012	60.4	59.956
8:48:57	-0.00667	-0.720	-0.012	55.5	54.816
8:49:16	-0.00667	-0.727	-0.012	54.3	54.10622222
8:49:37	-0.00667	-0.727	-0.012	54.1	53.65188889
8:49:56	-0.00667	-0.727	-0.012	52.8	52.12177778
8:50:17	-0.00667	-0.733	-0.012	56.7	56.49222222
8:50:36	-0.00667	-0.733	-0.012	53.4	52.96
8:50:57	-0.00667	-0.733	-0.012	53.4	52.70333333
8:51:17	-0.00667	-0.740	-0.012	54.1	53.89033333
8:51	-0.00667	-0.740	-0.012	62.2	61.74366667
8:51:57	-0.00667	-0.740	-0.012	49.3	48.597
8:52:16	-0.00667	-0.747	-0.012	47.9	47.70088889
8:52:36	-0.00667	-0.747	-0.012	52.8	52.352
8:53:16	-0.00667	-0.753	-0.013	54	53.79911111
8:53:36	-0.00667	-0.753	-0.013	52.7	52.248
8:53:56	-0.00667	-0.753	-0.013	55.2	54.49688889
8:54:16	-0.00667	-0.760	-0.013	52.3	52.09733333
8:54:36	-0.00667	-0.760	-0.013	54.3	53.844
8:54:56	-0.00667	-0.760	-0.013	58.1	57.39066667
8:55:17	-0.00667	-0.767	-0.013	51.2	50.98277778
8:55:36	-0.00667	-0.767	-0.013	54.4	53.94
8:55:56	-0.00667	-0.767	-0.013	33.2	32.48444444
8:56:16	-0.00667	-0.773	-0.013	55.5	55.29377778
8:56:57	-0.00667	-0.773	-0.013	110.1	109.3653333
8:57:16	-0.00667	-0.780	-0.013	85.8	85.592
8:57:36	-0.00667	-0.780	-0.013	64.1	63.632
8:57:56	-0.00667	-0.780	-0.013	56.9	56.172

Waktu Sounding	MSL	Pasut (m) per menit	Pasut (m) per detik	Batimetri (m) Sounding	Koreksi Batimetri (m)
8:58:16	-0.00667	-0.787	-0.013	59.5	59.29022222
8:58:37	-0.00667	-0.787	-0.013	33.4	32.91488889
8:59:17	-0.00667	-0.793	-0.013	58.5	58.27522222
8:59:37	-0.00667	-0.793	-0.013	52.3	51.81077778
8:59:57	-0.00667	-0.793	-0.013	54.4	53.64633333
9:00:18	0.001667	0.100	0.002	59.2	59.23
9:00:38	0.001667	0.100	0.002	63	63.06333333
9:00:58	0.001667	0.100	0.002	58.5	58.59666667
9:01:19	0.001667	0.102	0.002	55.1	55.13219444
9:01:37	0.001667	0.102	0.002	43.4	43.46269444
9:01:57	0.001667	0.102	0.002	66.3	66.39658333
9:02:17	0.001667	0.103	0.002	59	59.02927778
8:02:58	0.001667	0.103	0.002	18.3	18.39988889
9:03:17	0.001667	0.105	0.002	23	23.02975
9:03:37	0.001667	0.105	0.002	53.5	53.56475
9:03:56	0.001667	0.105	0.002	63.6	63.698
9:04:18	0.001667	0.107	0.002	71.7	71.732
9:04:38	0.001667	0.107	0.002	54.2	54.26755556
9:05:38	0.001667	0.108	0.002	58.5	58.56861111
9:05:58	0.001667	0.108	0.002	50.1	50.20472222
9:06:23	0.001667	0.110	0.002	54.7	54.74216667
9:06:38	0.001667	0.110	0.002	64.8	64.86966667
9:06:57	0.001667	0.110	0.002	73.6	73.7045
9:07:17	0.001667	0.112	0.002	65	65.03163889
9:07:37	0.001667	0.112	0.002	62.8	62.86886111
9:07:57	0.001667	0.112	0.002	51.4	51.50608333
9:08:20	0.001667	0.113	0.002	48.9	48.93777778
9:08:37	0.001667	0.113	0.002	62.6	62.66988889
9:08:56	0.001667	0.113	0.002	56.3	56.40577778
9:09	0.001667	0.115	0.002	73.1	73.13258333
9:09:36	0.001667	0.115	0.002	91.8	91.869
9:09:56	0.001667	0.115	0.002	53.7	53.80733333
9:10:16	0.001667	0.117	0.002	55.2	55.23111111
9:10:37	0.001667	0.117	0.002	51.5	51.57194444
9:10:56	0.001667	0.117	0.002	54.8	54.90888889
9:11:16	0.001667	0.118	0.002	56.6	56.63155556
9:11:36	0.001667	0.118	0.002	58.1	58.171
9:11:56	0.001667	0.118	0.002	51.3	51.41044444
9:12:16	0.001667	0.120	0.002	54.3	54.332
9:12:36	0.001667	0.120	0.002	72.5	72.572

Waktu Sounding	MSL	Pasut (m) per menit	Pasut (m) per detik	Batimetri (m) Sounding	Koreksi Batimetri (m)
9:12:56	0.001667	0.120	0.002	56.9	57.012
9:13:16	0.001667	0.122	0.002	55.7	55.73244444
9:13:37	0.001667	0.122	0.002	49	49.07502778
9:14:10	0.001667	0.123	0.002	50.6	50.62055556
9:14:18	0.001667	0.123	0.002	34	34.037
9:14:36	0.001667	0.123	0.002	34	34.074
9:14:56	0.001667	0.123	0.002	52.3	52.41511111
9:15:16	0.001667	0.125	0.002	49.9	49.93333333
9:15:36	0.001667	0.125	0.002	11.2	11.275

