



**PRAKIRAAN LAJU TRANSPOR SEDIMEN PELABUHAN
BOOM BANYUWANGI MENGGUNAKAN METODE
GELOMBANG ANGIN**

SKRIPSI

oleh:

Yusuffi Kurnia Gushaf

111910301070

JURUSAN TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS JEMBER

2015



**PRAKIRAAN LAJU TRANSPOR SEDIMEN PELABUHAN
BOOM BANYUWANGI MENGGUNAKAN METODE
GELOMBANG ANGIN**

SKRIPSI

Diajukan guna melengkapi Tugas Akhir, memenuhi salah satu syarat
untuk menyelesaikan Program Studi Strata 1 (S1) Teknik Sipil
dan mencapai gelar Sarjana Teknik

oleh:

Yusuffi Kurnia Gushaf

111910301070

JURUSAN TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS JEMBER

2015

PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan untuk :

1. Kakek Mujianto (alm);
2. Ayahanda Asnuri Imam Muchtar, Ibunda Indrawati, dan adik-adik yang tercinta: Yanuar Dayu Tondo Pintoko, Alfikar Rashika Gushaf, dan Ibrahimanery Samsyah Gushaf;
3. Keluarga besar Bapak Drs. H. Marwoto, yang telah memberikan banyak dukungan moril dan teladan bagi penulis;
4. Guru-guru di TK Aisyiyah Mataram, TK Sumpersari, SDN 1 Sumpersari, SDN 1 Tegalarum, SMP Bustanul Makmur Genteng, SMAN 1 Gambiran dan semua Dosen Jurusan Teknik Sipil Universitas Jember yang terhormat, yang telah memberikan ilmu dan bimbingan dengan penuh kesabaran;
5. Almamater Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Jember.

MOTTO

Sesungguhnya orang-orang yang bertaqwa itulah yang mendapatkan kemenangan.
(terjemah surat *An-Naba* ayat 31)^{*)}

Kita semua ada di selokan tapi beberapa dari kita mampu menatap ke arah bintang-bintang.^{**)}

Apapun latar belakang adik-adik, adik-adik bisa menjadi apapun.^{***)}

^{*)} Badr Interactive. 1998. Al Qur'an dengan Pencarian dan Tafsir Ibnu Katsir. Depok.

^{**)} Wilde, Oscar, dalam Oliver, B. 2015. Kisah Spektakuler The Yellow Wall. <http://www.goal.com/id-ID/news/7207/nissan/2015/03/18/9937672/kisah-spektakuler-the-yellow-wall>.

^{***)} Ma'ruf, M. Farid. 2014. Disampaikan pada perkuliahan Teknik Pondasi 2 Prodi S1 Jurusan Teknik Sipil Universitas Jember.

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Yusuffi Kurnia Gushaf

NIM : 111910301070

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul “Prakiraan Laju Transpor Sedimen Pelabuhan Boom Banyuwangi Menggunakan Metode Gelombang Angin” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada institusi manapun, dan bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab penuh atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa adanya tekanan dan paksaan dari pihak manapun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 4 Juni 2015

Yang menyatakan

Yusuffi Kurnia Gushaf

NIM. 111910301070

SKRIPSI

**PRAKIRAAN LAJU TRANSPOR SEDIMEN PELABUHAN
BOOM BANYUWANGI MENGGUNAKAN METODE
GELOMBANG ANGIN**

oleh

Yusuffi Kurnia Gushaf

111910301070

Pembimbing,

Dosen Pembimbing Utama : Ir. Purnomo Siddy, M.Si

Dosen Pembimbing Anggota : Dr. Ir. Entin Hidayah, M.U.M

PENGESAHAN

Skripsi berjudul “Prakiraan Laju Transpor Sedimen Pelabuhan Boom Banyuwangi Menggunakan Metode Gelombang Angin” telah diuji dan disahkan pada :

Hari : Selasa
Tanggal : 16 Juni 2015
Tempat : Fakultas Teknik Universitas Jember

Tim Penguji

Pembimbing I,

Pembimbing II,

Ir. Purnomo Siddy, M.Si
NIP. 19590909 199903 1 001

Dr. Ir. Entin Hidayah, M.U.M
NIP. 19661215 199503 2 001

Penguji I,

Penguji II,

Sri Wahyuni, S.T., M.T., Ph.D
NIP. 19711209 199803 2 001

Januar Fery Irawan, S.T., M.Eng.
NIP. 19760111 200012 1 002

Mengesahkan

Dekan Fakultas Teknik
Universitas Jember,

Ir. Widyono Hadi, MT
NIP. 19610414 198902 1 001

PRAKATA

Puji syukur kehadiran Allah SWT atas limpahan rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “*Prakiraan Laju Transpor Sedimen Pelabuhan Boom Banyuwangi Menggunakan Metode Gelombang Angin*”. Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan Program Studi Strata Satu (S1) Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Jember.

Penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Ir. Purnomo Siddy, M.Si., selaku Dosen Pembimbing Utama; Ibu Dr. Ir. Entin Hidayah, M.U.M., selaku Dosen Pembimbing Anggota; Ibu Sri Wahyuni, S.T., M.T., Ph.D, selaku Dosen Penguji I; dan, Bapak Januar Fery Irawan, S.T., M.Eng. selaku Dosen Penguji II yang telah meluangkan waktu, pikiran dan perhatian dalam penulisan skripsi ini;
2. Bapak Ir. Purnomo Siddy, M.Si, selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah membimbing selama penulis menjadi mahasiswa;
3. Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika Kabupaten Banyuwangi;
4. TNI Angkatan Laut Kabupaten Banyuwangi;
5. Dinas Kelautan dan Perikanan Kabupaten Banyuwangi;
6. Rekan-rekan Jurusan Teknik Sipil Universitas Jember terutama Angkatan 2011, dan semua pihak yang mendukung pengerjaan skripsi ini.

Segala kritik dan saran yang membangun sangat penulis harapkan demi perbaikan penulisan pada kesempatan berikutnya. Akhirnya, penulis berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat.

Jember, Juni 2015

Penulis

RINGKASAN

Prakiraan Laju Transpor Sedimen Pelabuhan Boom Banyuwangi Menggunakan Metode Gelombang Angin; Yusuffi Kurnia Gushaf, 111910301070; 2015; 47 halaman; Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Jember.

Transpor sedimen pada pantai banyak menyebabkan permasalahan seperti pendangkalan di pelabuhan, erosi pantai, dan pembentukan suatu spit pada arah dominan pergerakan sedimen. Menurut pengamatan Dinas Kelautan dan Perikanan Kabupaten Banyuwangi, setiap tahun terjadi erosi sekitar 1 m di sepanjang garis pantai Banyuwangi yang berhadapan dengan Selat Bali. Beberapa pelabuhan mengalami masalah sedimentasi setiap tahun, diantaranya adalah Pelabuhan Grajagan dan Pelabuhan Boom Banyuwangi. Adanya material sedimen telah memberikan kerugian, terutama karena mengganggu kegiatan operasional pelabuhan. Prakiraan transpor sedimen perlu diketahui untuk perencanaan infrastruktur pantai di Pelabuhan Boom Banyuwangi dan meneliti pengaruh-pengaruh yang akan ditimbulkan. Tujuan penelitian ini adalah melakukan prakiraan laju transpor sedimen di Pelabuhan Boom Banyuwangi.

Untuk melakukan prakiraan laju transpor sedimen dalam penelitian ini, laju transpor sedimen dihitung dengan rumus matematis dari *Coastal Engineering Research Center* (CERC). Dalam menggunakan metode tersebut, dilakukan peramalan tinggi dan periode gelombang berdasarkan data angin dan *fetch* efektif. Sedangkan tinggi dan kedalaman gelombang pecah ditentukan dengan menggunakan grafik CERC yang didasarkan pada kemiringan dasar pantai dan kecuraman gelombang. Gelombang laut yang dibangkitkan oleh angin akan mempengaruhi fluks energi gelombang, yang kemudian menyebabkan terjadinya transpor sedimen pada pantai.

Perhitungan dengan kecepatan angin 21 knot dan arah angin dominan dari timur laut menghasilkan faktor tegangan angin, U_A , sebesar 12,71 m/detik. Dengan

fetch efektif dari timur laut sepanjang 76,6554 km, maka diperoleh pembangkitan gelombang setinggi 1,78 m dengan periode gelombang 6,19 detik. Hasil tinggi dan periode gelombang laut yang dihubungkan dengan kemiringan dasar laut 1:50,6 = 1:50 ($m = 0,02$) menghasilkan gelombang pecah dengan tinggi 1,958 m pada kedalaman 2,271 m. Tipe gelombang pecah pada Pelabuhan Boom adalah tipe *spilling*, dimana biasanya terjadi apabila gelombang datang dengan kemiringan kecil menuju pantai datar (kemiringan kecil). Komponen fluks energi gelombang saat gelombang pecah, P_b , diperoleh sebesar 67.349,92 ton.m/hari/m. Dengan nilai koefisien, K , 0,39, maka diperoleh laju transpor sedimen (*sediment transport rate*), Q_s , sebesar 26.266,47 m³/hari. Nilai Q_s tersebut merupakan Q_s potensial yang didasarkan pada kondisi gelombang angin signifikan.

SUMMARY

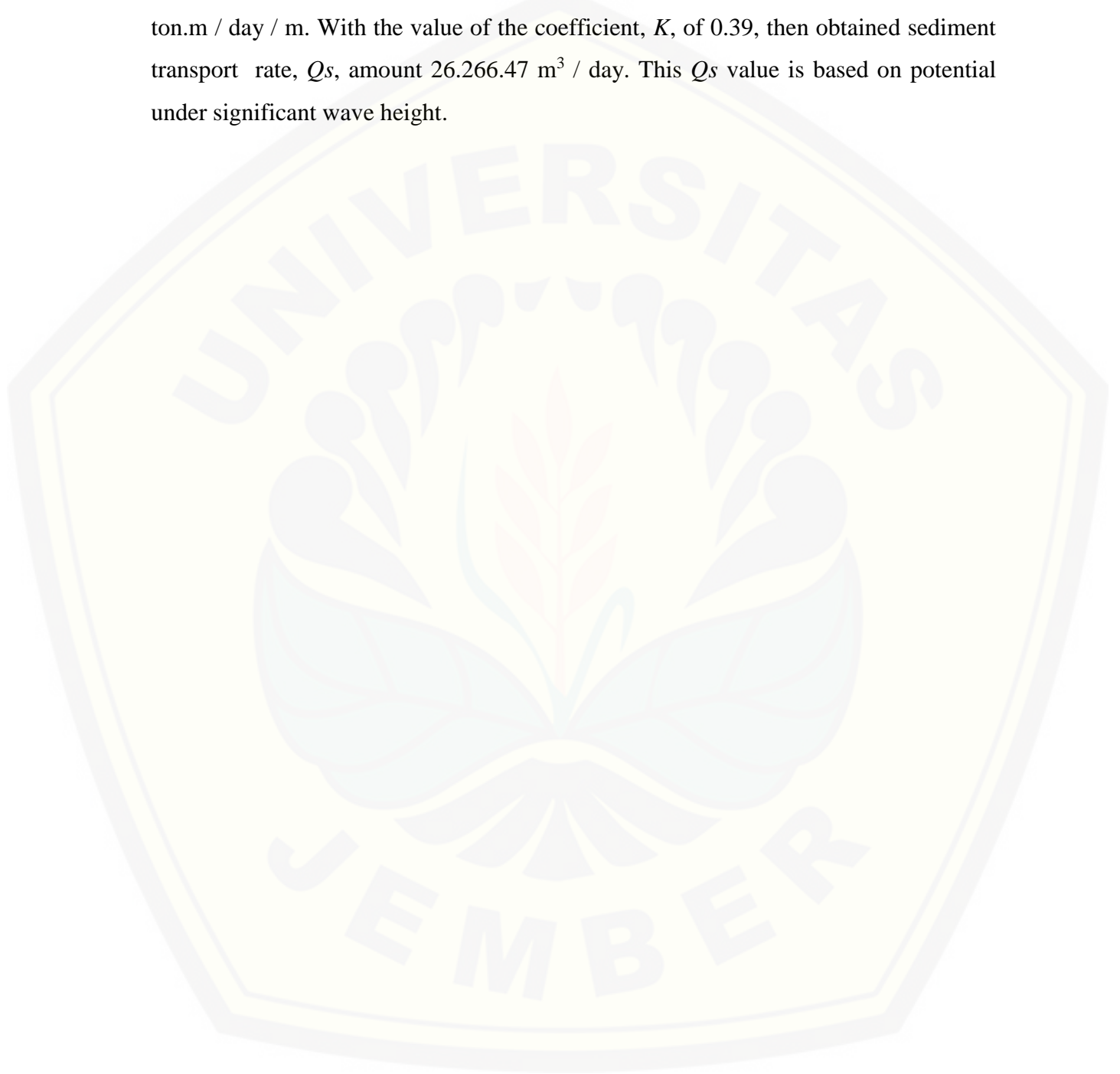
Forecasting of Sediment Transport Rate at Port Boom Banyuwangi Using Wind Wave Method; Yusuffi Kurnia Gushaf, 111910301070; 2015; 47 pages; Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, Jember University.

Sediment transport on the coast causes many problems like siltation in ports, coastal erosion, and formation of spits in the direction of the dominant sediment movement. According to observation of Department of Marine and Fisheries of Banyuwangi, the erosion occurs approximately 1 m along the coastline facing Banyuwangi Bali Strait. Some ports are having problems of sedimentation every year, including Port Grajagan and Port Boom Banyuwangi. The existence of sedimentary material has given many losses, mainly due to disturb port operational activity. Transport sedimentat forecasts needs to be known for coastal infrastructure design in Port Boom Banyuwangi and investigate the effects that will arise. The purpose of this study is to do sediment transport rate forecasts in Port Boom Banyuwangi.

To do sediment transport rate forecasts in this study, sediment transport rate is calculated by mathematical Coastal Engineering Research Center (CERC) formula. In applying this method, wind data and effective fetch length are used to forecasting height and period of wave. While the height and depth of wave breaker is determined by using a CERC graphs that are based on the base beach slope and wave condition. See waves generated by the wind will affect the wave energy flux, which then caused sediment transport on the beach.

Calculation of 21 knots of wind speed and dominant wind direction from northeast generates wind stress factor, U_A , amount 12.71 m/sec. With effective fetch from the northeast along 76.6554 km, then wave generated as high as 1.78 m with a period of 6.19 seconds. The result of wave high and period linked on seabed slope of 1:50 ($m = 0,02$) generates a wave breaker height amount 1.958 m at a depth of 2,271 m. Type of breaking waves in Port Boom Banyuwangi is spilling type, which usually

happens when the waves come up with a small slope toward the flat beach (small slope). Longshore component of wave energy flux, P_l , obtained amount 67,349.92 ton.m / day / m. With the value of the coefficient, K , of 0.39, then obtained sediment transport rate, Q_s , amount 26.266.47 m³ / day. This Q_s value is based on potential under significant wave height.

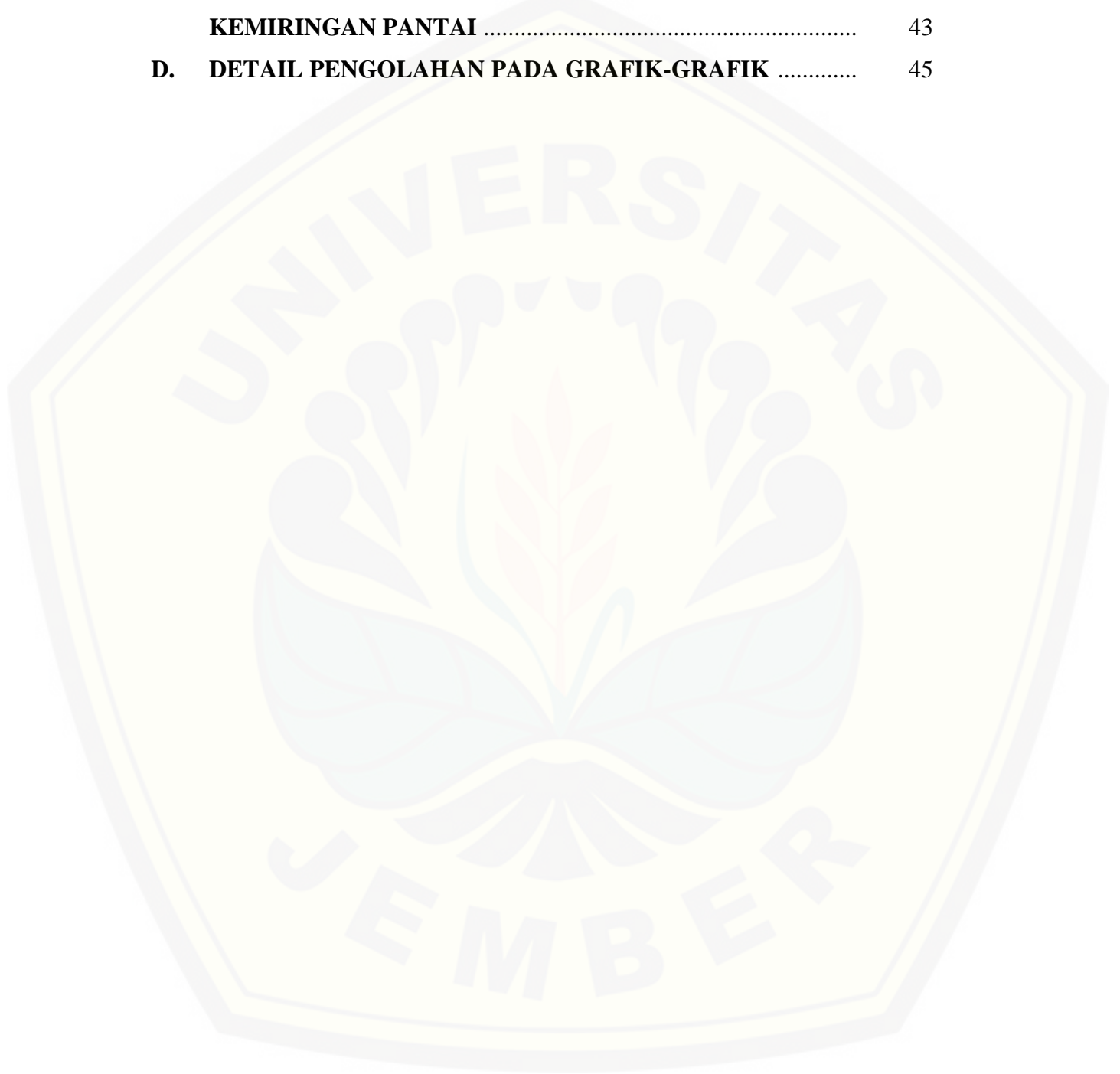


DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN SAMPUL	i
HALAMAN JUDUL	ii
PERSEMBAHAN	iii
MOTTO	iv
PERNYATAAN	v
PENGESAHAN	vii
PRAKATA	viii
RINGKASAN	ix
SUMMARY	xi
DAFTAR ISI	xiii
DAFTAR GAMBAR	xvi
DAFTAR TABEL	xvii
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	3
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan	3
1.4 Batasan Masalah	3
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Teori Gelombang Laut	4
2.1.1 Definisi Gelombang Laut	5
2.1.2 Pembangkitan Gelombang Angin.....	6
2.1.3 Deformasi Gelombang	12
2.2 Transpor Sedimen Pantai	18
BAB 3. METODOLOGI	20
3.1 Waktu dan Tempat	20

3.1.1 Waktu	20
3.1.2 Tempat	20
3.2 Alat dan Bahan	21
3.1.1 Alat	21
3.1.2 Bahan	21
3.3 Metode Penelitian	21
3.3.1 Pengumpulan Data	21
3.3.2 Analisa Data	22
3.3.3 Peramalan Tinggi dan Periode Gelombang Angin	22
3.3.4 Perhitungan Tinggi dan Kedalaman Gelombang Pecah	22
3.3.5 Perhitungan Fluks Energi Gelombang	23
3.3.6 Perhitungan Laju Transpor Sedimen (<i>Sediment Transport Rate</i>).....	23
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN	25
4.1 Analisa Data Angin	25
4.2 Pengukuran Panjang <i>Fetch</i> Efektif	28
4.3 Peramalan Tinggi dan Periode Gelombang Angin.....	30
4.4 Penentuan Tinggi dan Kedalaman Gelombang Pecah ..	31
4.4.1 Perhitungan Tinggi Gelombang Pecah	31
4.4.2 Perhitungan Kedalaman Gelombang Pecah	32
4.5 Perhitungan Fluks Energi Gelombang	34
4.5 Prakiraan Laju Transpor Sedimen (<i>Sediment Transport Rate</i>)	35
BAB 5. PENUTUP.....	36
5.1 Kesimpulan	36
5.2 Saran	36
DAFTAR PUSTAKA	37
LAMPIRAN-LAMPIRAN	
A. MATRIKS PENELITIAN	40

B. DATA ANGIN	41
C. PETA BATIMETRI DAN DETAIL PENGUKURAN KEMIRINGAN PANTAI	43
D. DETAIL PENGOLAHAN PADA GRAFIK-GRAFIK	45

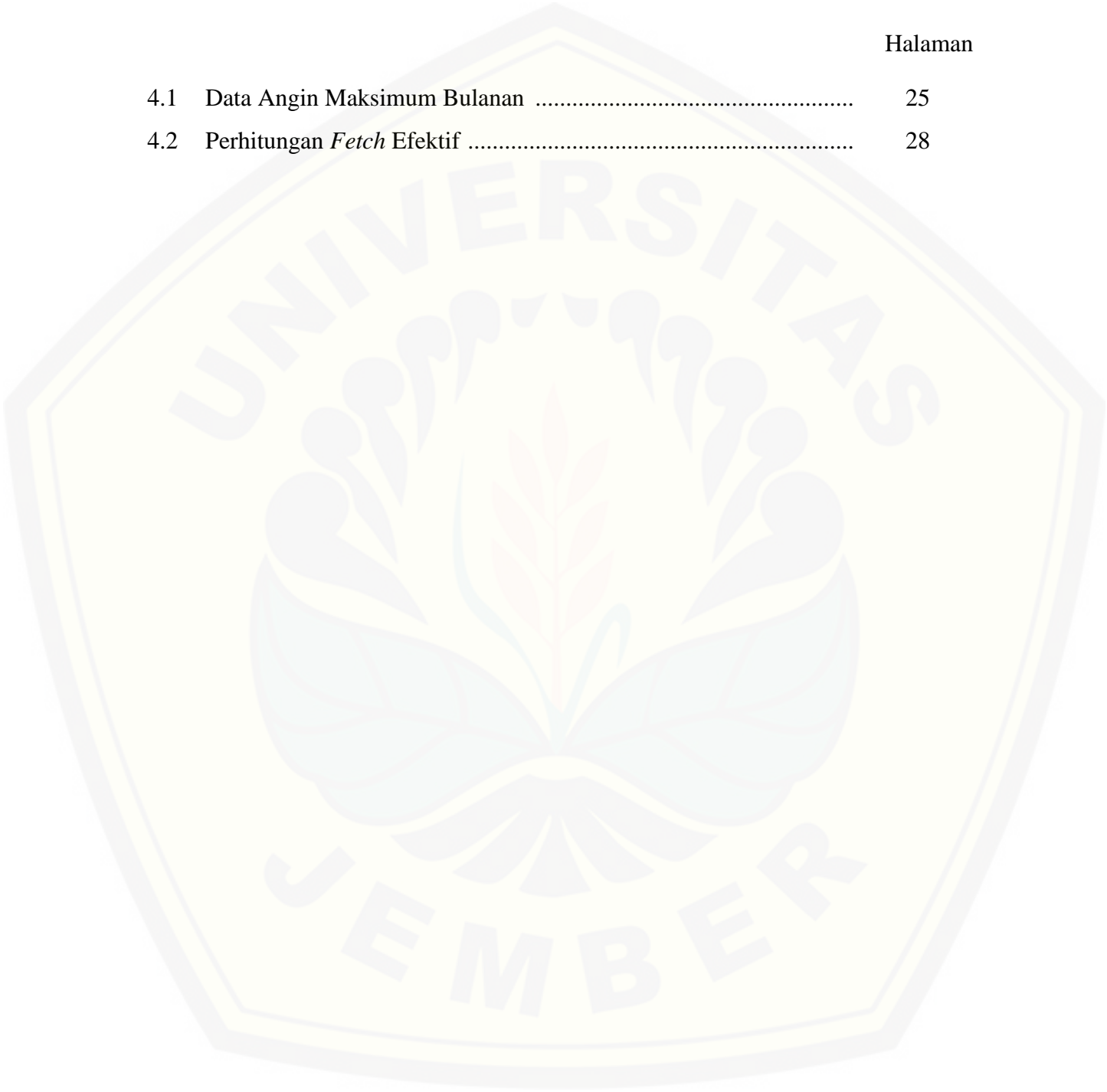


DAFTAR GAMBAR

	Halaman
2.1 Sketsa Definisi Gelombang Sinusoidal	6
2.2 Transfer Energi Angin pada Gelombang Laut	7
2.3 Grafik Hubungan antara Kecepatan Angin di Laut dan di Darat	8
2.4 Grafik Peramalan Gelombang	11
2.5 Ilustrasi Refraksi Gelombang	13
2.6 Difraksi di Sekitar Pemecah Geombang Impermeabel	15
2.7 Grafik Penentuan Tinggi Gelombang Pecah	17
2.8 Grafik Penentuan Kedalaman Gelombang Pecah	17
3.1 Peta Lokasi Pelabuhan Boom Banyuwangi	20
3.2 Diagram Alir Penelitian	24
4.1 Mawar Angin dari Data Angin Maksimum Bulanan.....	26
4.2 Grafik Hubungan antara Kecepatan Angin di Laut dan di Darat untuk Kecepatan 8,771 m/detik	27
4.3 <i>Fetch</i> Efektif Pelabuhan Boom dari Arah Timur Laut	28
4.4 Grafik Peramalan Gelombang	30
4.5 Penentuan Tinggi Gelombang Pecah	32
4.6 Penentuan Kedalaman Gelombang Pecah	33
4.7 Pengukuran Sudut Datang Gelombang Pecah, α_b	34

DAFTAR TABEL

	Halaman
4.1 Data Angin Maksimum Bulanan	25
4.2 Perhitungan <i>Fetch</i> Efektif	28



BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan negara kepulauan terbesar di dunia dengan luas daratan sekitar 1.910.000 km² dan luas lautannya kurang lebih 6.279.000 km² dengan panjang garis pantai sekitar 99.093 km (Badan Informasi Geospasial, 2013). Kegiatan pelayaran memegang peran vital bagi kehidupan masyarakat Indonesia baik dari segi sosial, ekonomi, politik, pemerintahan, pertahanan dan keamanan. Bidang kegiatan pelayaran di Indonesia meliputi angkutan penumpang dan barang, penjagaan pantai, penangkapan ikan, kemiliteran, pertambangan *offshore*, pariwisata dan masih banyak lagi jenis pelayaran lainnya.

Kabupaten Banyuwangi memiliki panjang garis pantai sekitar 175,8 km. Lokasi perairan Banyuwangi bagian timur berhadapan dengan Selat Bali, sedangkan sebelah selatan berbatasan dengan Samudra Hindia. Kondisi geografis yang demikian memungkinkan pemanfaatan sumber daya kelautan yang dilakukan dengan kegiatan pelayaran di sepanjang garis pantai Banyuwangi.

Menurut pengamatan Dinas Perikanan dan Kelautan Kabupaten Banyuwangi, setiap tahun terjadi erosi sekitar 1 m di sepanjang garis pantai Banyuwangi yang berhadapan dengan Selat Bali. Beberapa pelabuhan mengalami masalah sedimentasi setiap tahun, diantaranya adalah Pelabuhan Perikanan Grajagan dan Pelabuhan Boom. Menurut Triatmodjo (1999:185), transpor sedimen sepanjang pantai banyak menyebabkan permasalahan seperti pendangkalan di pelabuhan, erosi pantai dan sebagainya. Selain itu, Romdania (2010) menyatakan, transporasi sedimen cenderung menyebabkan terbentuknya suatu spit yang terjadi pada arah dominan pergerakan sedimennya.

Adanya sedimentasi menyebabkan kerugian bagi kegiatan operasional Pelabuhan Boom. Fanani (dalam Detiknews, 2014) menyatakan, Pelabuhan Boom direncanakan akan mulai beroperasi pada tahun 2009 lalu, akan tetapi sedimentasi yang

terus terjadi menyebabkan target tersebut belum dapat tercapai. Selain itu, Nikijuwu (dalam Republika Online, 2010) menyatakan, adanya proses sedimentasi menjadi salah satu faktor dibatalkannya acara Mudik Bareng dengan rute dari Banyuwangi (Pelabuhan Boom) menuju beberapa kota di kepulauan Kabupaten Sumenep pada tahun 2010. Sedangkan Jamurd (2015) menyatakan, sedimentasi di Pelabuhan Boom Banyuwangi menyebabkan pelabuhan tidak mampu melayani kapal yang terus berkembang seiring kemajuan teknologi perkapalan. Secara ekonomi, kondisi yang demikian menyebabkan biaya operasional seperti pemeliharaan kolam pelabuhan menjadi semakin besar. Saat ini pelabuhan yang berada 4 kilometer dari arah timur Kota Banyuwangi itu menjadi pelabuhan rakyat, tempat pendaratan perahu kecil nelayan dari Madura, dan obyek pariwisata Kabupaten Banyuwangi.

Studi sebelumnya di Pelabuhan Boom Banyuwangi dilakukan oleh Fatian (2012) merupakan perencanaan *breakwater* (bangunan pemecah gelombang) di Pelabuhan Boom. Akan tetapi, dalam batasan masalah studi tersebut, jumlah sedimentasinya tidak diperhitungkan. Menurut Triadmodjo (1999:185), ada tiga cara yang biasanya digunakan untuk memprediksi transpor sedimen, yakni dengan pengukuran debit di lokasi yang ditinjau, pengukuran elevasi dasar pada periode tertentu, dan menggunakan rumus empiris yang didasarkan pada kondisi gelombang laut di daerah yang ditinjau. Menurut Reeve *et al.* (2004:21) gelombang laut sebagian besar dihasilkan dari gelombang angin, yakni gelombang yang dibangkitkan oleh angin yang berhembus di atas permukaan air laut. Akan tetapi, pengukuran debit dan peninjauan elevasi dasar laut membutuhkan biaya yang relatif lebih mahal dan waktu pencatatan yang lama. Disisi lain, penggunaan rumus empiris yang sering dijumpai adalah persamaan yang diberikan oleh *US Army Coastal Engineering Research Center/CERC* (1984). Formula CERC telah digunakan dalam studi sedimentasi yang dilakukan oleh Romdania (2010) di kawasan *Water Front City* Bandar Lampung, Faradinka dkk. (2013) di Pantai Utara Perairan Bangkalan, Putri dkk. (2014) di Pantai Sendang Sikucing, dan Karuniasari dkk. (2014) di Pelabuhan Kendal.

Upaya pengembangan Pelabuhan Boom Banyuwangi dilaksanakan melalui kerjasama dengan PT. Pelindo Properti Indonesia (PPI). Menurut Direktur Umum PPI, Prasetyo (dalam Dermaga, 2015), Pelabuhan Boom nantinya masuk dalam jaringan pengembangan wisata maritim (marina) dan terkoneksi dengan Pelabuhan Benoa, Bali dan Pelabuhan Bajo, Nusa Tenggara Barat. Untuk perencanaan infrastruktur laut, prediksi angkutan sedimen merupakan salah satu kajian yang perlu dipertimbangkan. Oleh karena itu, diperlukan kajian prediksi jumlah angkutan sedimen untuk menentukan keputusan rekayasa pembangunan infrastruktur laut di Pelabuhan Boom Banyuwangi.

1.2. Rumusan Masalah

Rumusan masalah dalam tugas akhir ini adalah apakah bisa dilakukan prakiraan laju transpor sedimen di Pelabuhan Boom Banyuwangi akibat gelombang angin?

1.3. Tujuan

Tujuan dari studi ini adalah melakukan prakiraan laju transpor sedimen di Pelabuhan Boom Banyuwangi.

1.4. Batasan Masalah

Batasan masalah dalam tugas akhir ini adalah:

1. Tidak melakukan pengamatan langsung
2. Tidak melakukan pengolahan data angin mentah
3. Data perencanaan yang digunakan adalah data dari beberapa instansi terkait

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Teori Gelombang Laut

Triadmodjo (1999:11) menyatakan, ditinjau dari faktor yang membangkitkannya gelombang, gelombang dibagi menjadi beberapa macam, antara lain gelombang angin yang dibangkitkan oleh tiupan angin di permukaan laut, gelombang pasang surut yang dibangkitkan oleh gaya tarik benda-benda langit (terutama matahari dan bulan terhadap bumi), gelombang tsunami yang dibangkitkan oleh gempa di laut atau letusan gunung, gelombang yang dibangkitkan oleh kapal yang bergerak, dan lain-lain. Menurut Sorensen (2006:9), kekuatan pembangkitan gelombang yang berbeda menghasilkan gelombang dengan periode dan ketinggian yang berbeda. Pembangkitan gelombang angin memiliki berbagai periode dari sekitar 1 - 30 detik dengan periode dominan untuk gelombang badai laut berada antara 5 - 15 detik. Gelombang kapal yang dihasilkan memiliki periode lebih pendek, biasanya antara 1 dan 3 detik. Gelombang seismik (tsunami) memiliki waktu yang lebih lama dari sekitar 5 menit sampai satu jam dan periode dominan pasang sekitar 12 dan 24 jam. Sedangkan ketinggian masing-masing gelombang juga beragam. Gelombang angin di laut biasanya memiliki ketinggian kurang dari 10 ft (3,048 m), tetapi dapat melebihi 20 ft (6,096 m) selama badai besar. Gelombang kapal jarang melebihi 3 ft (0,9144) tingginya. Di laut, gelombang tsunami diyakini memiliki ketinggian 2 kaki (0,609 m) atau kurang, tetapi sebagai pendekatan tsunami ketinggian pantai sering meningkat menjadi lebih dari 10 ft (3,048 m), tergantung pada sifat topografi dekat pantai. Demikian pula, tinggi gelombang pasang (rentang pasang) di laut dalam yang relatif rendah, namun sepanjang rentang pantai pasang lebih dari 20 ft (6,609 m) terjadi di sejumlah lokasi.

Menurut Reeve *et al.* (2004:21) gelombang laut sebagian besar dihasilkan dari angin di atas permukaan air laut. Gelombang tersebut diawali dari proses resonansi dan geser yang kompleks, dimana gelombang yang berbeda tinggi, panjang dan periode

dihasilkan dan berjalan di berbagai arah. Setelah terbentuk, gelombang laut dapat melakukan perjalanan jarak jauh, tersebar di daerah dan tingginya berkurang, tetapi panjang dan periode gelombang tetap terjaga. Proses ini disebut dispersi. Contohnya, gelombang yang dihasilkan pada angin kencang "Roaring Forties" yang dimonitori sepanjang jalan utara melintasi Samudra Pasifik menuju tepi pantai Alaska, sejauh sekitar 10.000 km. Ketika gelombang mendekati garis pantai, tinggi dan panjang gelombang berubah akibat proses pembiasan sebelum memecah di pantai. Setelah gelombang terpecah, gelombang memasuki *surf zone*. Adanya bangunan pantai yang didirikan, baik di bibir pantai (*offshore*) maupun di zona dekat pesisir, gelombang juga dapat terjadi mengalami proses difraksi dan refleksi yang mengakibatkan kompleksitas tambahan dalam gerakan gelombang.

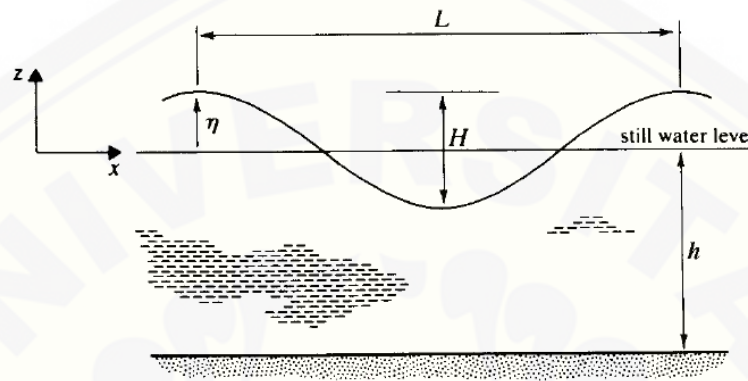
Selain itu, Reeve *et al.* (2004:21-24) menyatakan, keberadaan kelompok gelombang sangat signifikan dalam mempengaruhi kegagalan struktur dari banyak bangunan pantai yang didesain dengan pendekatan tradisional. Keberadaan kelompok gelombang akan menghasilkan bentuk gelombang sekunder dengan frekuensi dan amplitudo yang lebih rendah, ini disebut *bound longwaves*. Di dalam *surf zone*, gelombang menjadi terpisah dari gelombang pendek dan memiliki pengaruh besar pada transpor sedimen.

Analisa gelombang akan menentukan menghasilkan tinggi gelombang dan perkiraan tinggi gelombang di suatu wilayah, yang akan digunakan untuk mencari tinggi dan kedalaman gelombang pecah.

2.1.1. Definisi Gelombang Laut

Menurut Reeve *et al* (2004:24), deskripsi matematis awal dari gelombang progresif periodik dilakukan oleh Airy pada tahun 1845. Teori gelombang Airy secara berlaku untuk kondisi di mana tinggi gelombang kecil dibandingkan dengan panjang gelombang dan kedalaman air. Teori gelombang Airy berasal menggunakan konsep aliran fluida dua dimensi yang ideal. Ini adalah titik awal yang masuk akal untuk gelombang laut, yang tidak dipengaruhi oleh viskositas, tegangan permukaan atau

turbulensi. Gambar 2.1 menunjukkan gelombang sinusoidal dari panjang gelombang, L , tinggi, H , dan periode, T . Variasi elevasi permukaan dengan periode, dari muka air tetap (*still water level*), dilambangkan dengan η .



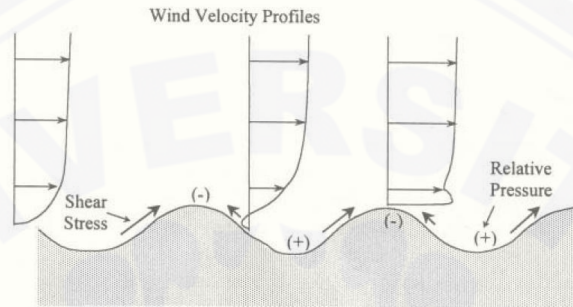
Gambar 2.1. Sketsa Definisi Gelombang Sinusoidal. (Sumber: Reeve *et al.*, 2004)

2.1.2 Pembangkitan Gelombang Angin

Gelombang angin adalah gelombang yang dibangkitkan oleh angin. Menurut Sorensen (2006:159), tinggi dan periode gelombang laut yang dibangkitkan oleh angin, secara signifikan dipengaruhi oleh kecepatan angin, lama hembusan angin, arah angin, dan panjang *fetch*. Triadmodjo (1999:149) menyatakan, angin yang berhembus di atas permukaan air akan memindahkan energinya ke air. Kecepatan angin akan menimbulkan tegangan pada permukaan laut sehingga permukaan air yang semula tenang akan terganggu dan timbul riak gelombang kecil di atas permukaan air. Kecepatan angin yang bertambah, akan menjadikan riak tersebut semakin besar, dan angin yang berhembus terus menerus akan terbentuk gelombang. Semakin lama dan semakin kuat angin berhembus, maka gelombang yang terbentuk akan semakin besar.

Kamphuis (2000:103–104) menyatakan energi ditransfer dari angin ke gelombang terutama oleh dua mekanisme. Sebuah gambar sederhana diberikan pada gambar 2.2. Geser (*shear*) yang dihasilkan pada permukaan air akan cenderung bergerak menuju puncak gelombang dari kedua sisi. Bentuk gelombang juga

menyebabkan kecepatan angin meningkat selama puncak dan menurun di lembah gelombang. Menurut teori Bernoulli, ini berarti tekanan rendah ada di atas puncak dan tekanan tinggi di lembah. Tekanan efektif atas puncak negatif dan di lembah itu positif, yang akan cenderung untuk mengangkat puncak dan mendorong melalui lebih bawah.



Gambar 2.2. Transfer Energi Angin pada Gelombang Laut. (Sumber: Kamphuis, 2000)

Menurut Kamphuis (2010:104), sebagian besar energi angin ditransfer ke gelombang berfrekuensi tinggi. Kumpulan energi gelombang frekuensi tinggi ini kemudian ditransfer ke frekuensi yang lebih rendah oleh interaksi gerakan frekuensi tinggi dengan partikel air yang rapat dan bergerak lambat.

a. Angin

Sorensen (2006:157) menyatakan, spektrum gelombang di laut paling tampak dan paling sering dihasilkan oleh angin. Angin yang berhembus mengakibatkan permukaan air laut yang mulanya tenang menjadi timbul riak air atau gelombang kecil. Dengan bertambahnya kecepatan dan durasi hembusan maka riak tersebut akan menjadi semakin besar kemudian membentuk gelombang.

Untuk keperluan peramalan gelombang biasanya dipergunakan kecepatan angin pada ketinggian, y , 10 m. Apabila kecepatan tidak diukur pada ketinggian tersebut, maka kecepatan angin perlu dikoreksi terhadap ketinggian dengan persamaan sebagai berikut:

$$U_{(10)} = U_{(y)} \left(\frac{10}{y}\right)^{1/7} \dots\dots\dots 2.1$$

Pada umumnya pengukuran angin dilakukan di daratan, sedangkan di dalam rumus-rumus pembangkitan gelombang data angin yang digunakan adalah yang ada di atas permukaan laut. Oleh karena itu diperlukan transformasi data angin di atas daratan yang terdekat dengan lokasi studi ke data angin di atas permukaan laut. Hubungan antara angin di atas laut dan angin di atas daratan terdekat diberikan oleh CERC (1984: 3-30) persamaan berikut:

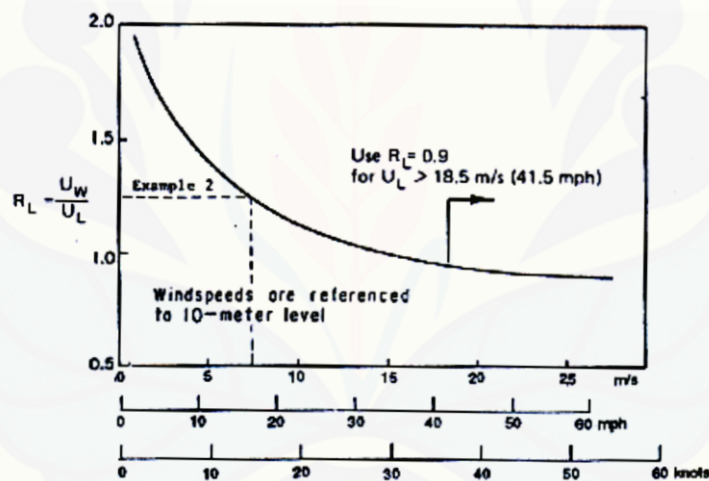
$$R_L = U_W/U_L \dots\dots\dots 2.2$$

Dimana :

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

U_W : Kecepatan angin di laut (m/dt)

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



(after Resio & Vincent, 1977b)

Ratio, R_L , of windspeed over water, U_W , to windspeed over land, U_L , as a function of windspeed over land, U_L .

Gambar 2.3. Grafik Hubungan antara Kecepatan Angin di Laut dan di Darat. (Sumber: CERC, 1984:3-31)

Kecepatan angin juga perlu dikonversi pada faktor tegangan angin (*wind stress factor*), U_A . Nilai U_A ini akan diperhitungkan untuk peramalan gelombang. CERC (1984:3-30) memberikan persamaan U_A dengan persamaan berikut:

$$U_A = 0,71 U^{1,23} \dots\dots\dots 2.3$$

Dimana

U : Kecepatan angin dalam m/detik

b. *Fetch*

Menurut Sorensen (2006:316), *fetch* adalah area di permukaan laut dimana angin berhembus untuk menghasilkan gelombang. Triadmodjo (1999:149) menyatakan, arah angin dapat dianggap konstan jika perubahannya tidak lebih dari 15°, sedangkan kecepatan angin masih dianggap konstan apabila perubahannya tidak melebihi 5 knot (2,5 m/detik) terhadap kecepatan rerata. Menurut CERC (1984:1-6), secara umum, semakin panjang *fetch* maka gelombang yang angin dihasilkan akan lebih besar.

Saville Jr. (1954:1) menyatakan, pengaruh lebar *fetch* dalam membatasi pertumbuhan gelombang di daerah pembangkitan telah lama dikenal, namun secara umum diabaikan karena untuk membangkitkan gelombang di laut, sebagian besar *fetch* memiliki lebar dari urutan yang sama besarnya sebagai panjang. Dalam kasus seperti efek pembatasan lebar *fetch* telah dianggap sebagai sangat kecil. Triadmodjo (1999:155) menyatakan, dalam tinjauan pembangkitan gelombang di laut, *fetch* dibatasi oleh bentuk daratan yang mengelilingi laut. *Fetch* rerata efektif diberikan oleh persamaan berikut (Triatmodjo, 1999:155):

$$F_{eff} = \frac{\sum Xi \cos \alpha}{\sum \cos \alpha} \dots\dots\dots 2.4$$

Dengan :

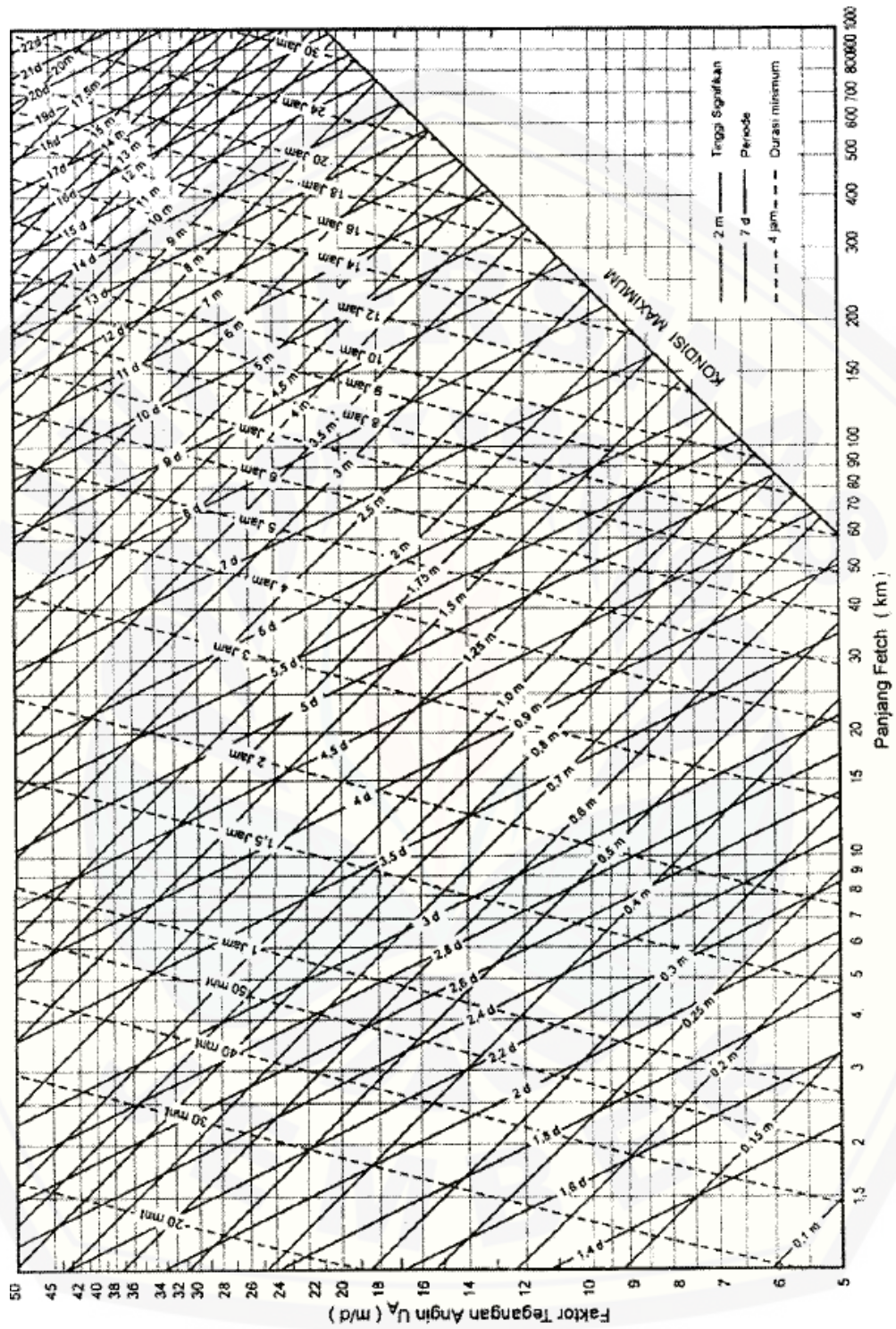
F_{eff} : *fetch* rerata efektif

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

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

c. Peramalan Tinggi dan Periode Gelombang

Untuk melakukan peramalan tinggi dan periode gelombang, CERC (1984:3-49) memberikan sebuah grafik peramalan tinggi dan periode gelombang. Untuk menginput kedalam grafik peramaan gelombang, diperlukan data angin didapat dan dikoreksi, U_A , durasi hembus angin, t , dan panjang *fetch*.



Gambar 2.4. Grafik Peramalan Gelombang. (Sumber: CERC, 1984, dalam Triatmodjo, 1999:157)

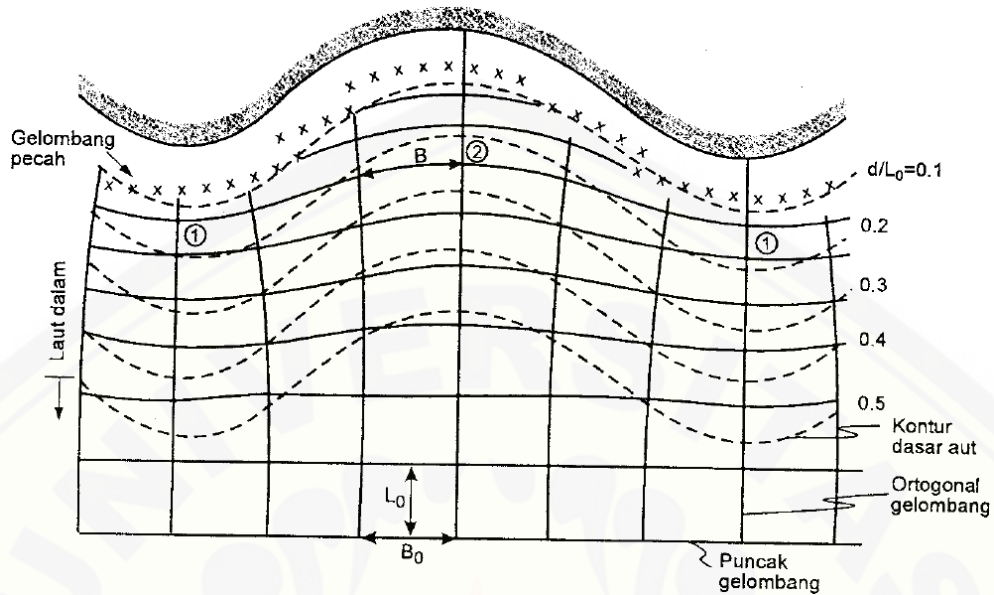
2.1.3 Deformasi Gelombang

Reeve (2004:32) menyatakan, suatu gelombang yang mendekati garis pantai akan memasuki wilayah kedalaman transisi, dimana gerakan gelombang dipengaruhi oleh dasar laut. Efek ini meliputi reduksi kecepatan dan panjang gelombang, yang akan memberikan perubahan arah puncak gelombang (refraksi) dan perubahan tinggi gelombang (*shoaling*) diiringi dengan mengecilnya energi gelombang akibat gesekan dasar laut hingga akhirnya gelombang berhenti. Fenomena perubahan bentuk gelombang ini disebut deformasi gelombang.

Menurut Triadmodjo (1999:65), perubahan bentuk gelombang disebabkan oleh proses refraksi gelombang, difraksi gelombang, refleksi gelombang dan gelombang pecah.

a. Refraksi Gelombang

Menurut Sorensen (2006:137), refraksi adalah proses dimana gelombang menengah atau dangkal berubah arah karena kontur bawah tidak sejajar dengan puncak gelombang. Dengan kata lain, refraksi terjadi karena adanya pengaruh perubahan kedalaman laut. Menurut Triadmodjo (1999:65), di daerah yang kedalaman airnya lebih besar dari setengah panjang gelombang, yaitu di laut dalam, gelombang menjalar tanpa dipengaruhi dasar laut. Tetapi di laut transisi dan dangkal, dasar laut mempengaruhi gelombang. Jika ditinjau suatu garis puncak gelombang, bagian dari puncak gelombang yang berada di air yang lebih dangkal akan menjalar dengan kecepatan yang lebih kecil daripada bagian di air yang lebih dalam. Akibatnya garis puncak gelombang akan membelok dan berusaha untuk sejajar dengan garis kedalaman laut. Garis ortogonal gelombang, yaitu garis tegak lurus dengan garis puncak gelombang dan menunjukkan arah penjalaran gelombang, juga akan membelok dan berusaha untuk menuju tegak lurus dengan garis kontur laut (Reeve *et al*, 2004).



Gambar 2.5. Ilustrasi Refraksi Gelombang. (Sumber: Triadmodjo, 1999)

Langkah-langkah perhitungan refraksi menurut Triadmodjo (1999) adalah sebagai berikut:

1. Menghitung panjang gelombang (L_0) dan kecepatan jalur gelombang/celery (C_0) dimana:

$$L_0 = 1,56 \times T^2 \dots\dots\dots 2.5$$

$$C_0 = L_0/T \dots\dots\dots 2.6$$

2. Menentukan kedalaman yang ditinjau (d) sehingga diperoleh nilai d/L_0 dan dari tabel Fungsi d/L . Untuk Pertambahan nilai d/L_0 , dapat diketahui nilai d/L .
3. Menghitung panjang (L) dari nilai d/L di atas dan kecepatan jalur gelombang (C) dari rumus:

$$C = L/T \dots\dots\dots 2.7$$

4. Menghitung besar sudut gelombang yang datang (α), dengan rumus :

$$\sin \alpha = (C/C_0) \times \sin \alpha_0 \dots\dots\dots 2.8$$
 (α_0 : sudut gelombang dalam).

5. Menghitung koefisien refraksi (K_r) dengan rumus :

$$K_r = \sqrt{\frac{\cos \alpha_0}{\cos \alpha}} \dots\dots\dots 2.9$$

6. Menghitung koefisien pendangkalan (K_s), dengan rumus :

$$K_s = \sqrt{\frac{n_0 L_0}{\cos \alpha}} \dots\dots\dots 2.10$$

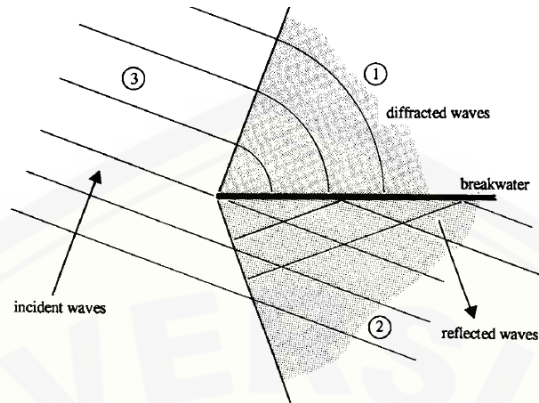
dengan nilai n diperoleh dari tabel fungsi d/L . Untuk penambahan nilai d/L_0 dan n_0 adalah 5.

7. Menghitung tinggi gelombang hasil refraksi dengan rumus :

$$H = H_0 \times K_r \times K_s \dots\dots\dots 2.11$$

b. Difraksi Gelombang

Reeve *et al* (2004) menyatakan, apabila gelombang datang terhalang oleh suatu rintangan seperti pemecah gelombang atau pulau maka gelombang tersebut akan membelok di sekitar ujung rintangan dan masuk di daerah terlindung di belakangnya. Fenomena ini disebut dengan apa yang dinamakan difraksi gelombang. Dalam difraksi gelombang, terjadi transfer energi dalam arah tegak lurus penjalaran gelombang menuju daerah terlindung. Apabila tidak terjadi difraksi maka daerah belakang rintangan akan tenang, namun karena adanya proses difraksi maka daerah tersebut terpengaruh oleh gelombang datang. Transfer energi ke daerah terlindung akan menyebabkan terbentuknya gelombang di daerah tersebut meskipun tidak sebesar gelombang di luar daerah terlindung. Pengetahuan tentang difraksi gelombang penting di dalam perencanaan pelabuhan dan pemecah gelombang sebagai pelindung pantai.



Gambar 2.6. Difraksi di Sekitar Pemecah Geombang Impermeabel. (Sumber: Reeve *et al*, 2004)

Pada rintangan (pemecah gelombang) tunggal, tinggi gelombang di suatu tempat di daerah terlindung tergantung pada jarak titik tersebut terhadap ujung rintangan r , sudut antara rintangan dan garis yang menghubungkan titik tersebut dengan rintangan β , dan sudut antara rintangan θ . Perbandingan antara tinggi gelombang datang di titik yang terletak di daerah terlindung dan tinggi gelombang datang disebut koefisien difraksi K' . Perhitungan gelombang tersebut menurut Triadmodjo (1999:80) adalah:

$$H_A = K' \times H_P \dots\dots\dots 2.12$$

Dimana $K' = (\theta, \beta, /L)$

Dengan :

H_A : Gelombang di belakang rintangan

K' : Koefisien difraksi

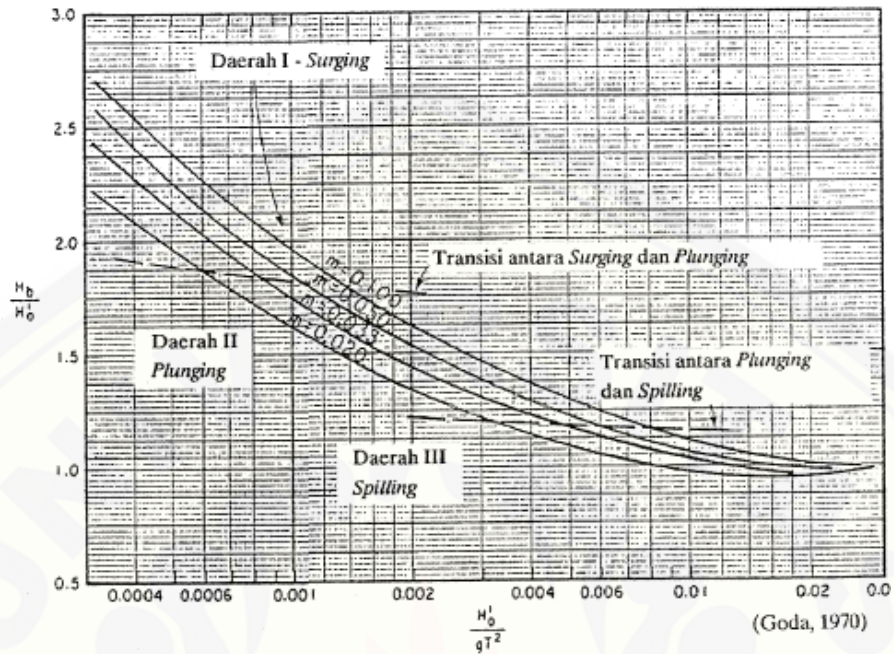
H_P : Gelombang di ujung rintangan

c. Gelombang Pecah

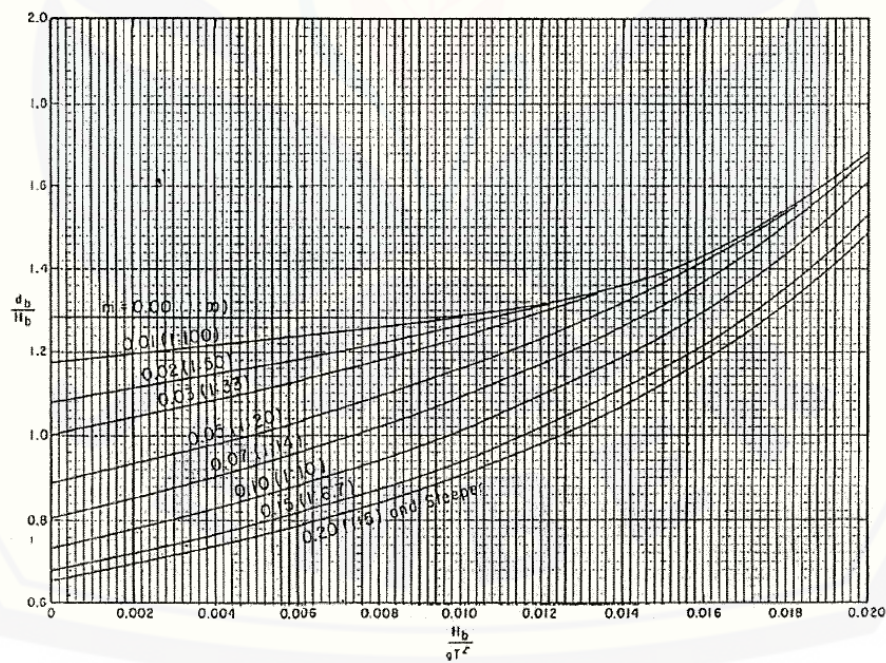
Gelombang yang menjalar dari laut dalam menuju pantai mengalami perubahan bentuk karena adanya pengaruh perubahan kedalaman laut. Jika gelombang menjalar dari tempat yang dalam menuju ke tempat yang makin lama makin dangkal, pada suatu

lokasi tertentu gelombang akan pecah. Pengaruh kedalaman laut mulai terasa pada kedalaman lebih kecil dari setengah kali panjang gelombang.

Kondisi gelombang pecah tergantung pada kemiringan dasar pantai dan kecuraman gelombang. Iversen (1952, 1953), Galvin (1969), dan Goda (1970) dalam *Shore Protection Manual/SPM* (CERC, 1984) memberikan grafik untuk mempermudah perhitungan dalam menentukan tinggi gelombang pecah (H_b) dan kedalaman gelombang pecah (d_b). H_b/H'_0 dan d_b/H_b (H'_0 adalah tinggi gelombang laut dalam ekivalen) tergantung pada kemiringan dasar pantai dan kemiringan gelombang datang. Hubungan tersebut digambarkan dalam grafik pada Gambar 2.6 dan Gambar 2.7.



Gambar 2.7. Grafik Penentuan Tinggi Gelombang Pecah. (Sumber: CERC, 1984, dalam Triatmodjo, 1999:96)



Gambar 2.8. Grafik Penentuan Kedalaman Gelombang Pecah. (Sumber: CERC, 1984, dalam Triatmodjo, 1999:96)

2.2. Transpor Sedimen Pantai

Triadmodjo (1999) menyatakan, transpor sedimen pantai adalah gerakan sedimen di daerah pantai yang disebabkan oleh gelombang dan arus yang dibangkitkannya. Sedimen pantai bisa berasal dari erosi garis pantai itu sendiri, dari daratan yang dibawa oleh sungai, dan dari laut dalam yang terbawa arus ke daerah pantai. Transpor sedimen dibedakan menjadi dua macam yaitu transpor menuju dan meninggalkan pantai (*onshore-offshore transport*) yang mempunyai arah rata-rata tegak lurus garis pantai, sedangkan transpor sepanjang pantai (*longshore transport*) mempunyai arah rata-rata sejajar pantai. Di daerah lepas pantai biasanya hanya terjadi transpor menuju dan meninggalkan pantai, sedangkan di daerah dekat pantai terjadi kedua jenis transpor sedimen.

Rumus untuk menghitung angkutan sedimen sepanjang pantai dikembangkan berdasarkan data pengukuran model dan prototipe pada pantai berpasir. CERC (2002:III-2-10) menyatakan bahwa pada awalnya, hubungan nilai angkutan pasir pesisir dengan energi gelombang perairan dilakukan dalam studi pelabuhan di pesisir pantai Denmark oleh Munch-Peterson pada 1938. Akan tetapi, karena kurangnya data gelombang, Munch-Peterson menggunakan data angin dalam penerapannya, yang memberikan estimasi awal arah arus pesisir pantai. Di Amerika Serikat, penggunaan rumus untuk memprediksi angkutan sedimen sepanjang pantai berdasarkan energi gelombang dianjurkan oleh *Scripps Institute of Oceanography* pada 1947, dan diaplikasikan oleh *US Army Corps of Engineers*, Los Angeles di pantai California (Eaton, 1950 dalam CERC, 2002:III-2-10). Savage pada 1962 kemudian merangkum data yang tersedia dari lapangan dan studi laboratorium. Kemudian data tersebut dikembangkan menjadi sebuah persamaan yang diadopsi oleh CERC, yang kemudian dikenal sebagai “CERC formula”.

Triatmodjo (1999:186) menyatakan, sebagian dari rumus-rumus tersebut merupakan hubungan yang sederhana antara transpor sedimen dan komponen fluks energi gelombang sepanjang pantai dalam bentuk sebagai berikut:

$$Q_s = K P_l^n \dots\dots\dots 2.13$$

CERC (1984:4-93, dalam Triatmodjo, 1984:186) memberikan rumus komponen fluks energi, P_l , sebagai berikut:

$$P_l = \frac{\rho g}{8} H_b^2 \cdot C_b \cdot \sin \alpha_b \cdot \cos \alpha_b \dots\dots\dots 2.14$$

dimana :

- Q_s : Angkutan sedimen sepanjang pantai ($m^3/hari$)
- P_l : Komponen fluks energi gelombang pada saat pecah ($Nm/s/m$)
- ρ : Rapat massa air laut (kg/m^3)
- H_b : Tinggi gelombang pecah (m)
- C_b : Cepat rambat gelombang pecah (m/s) = $\sqrt{g d_b}$
- α_b : Sudut datang gelombang pecah
- K, n : Konstanta
- g : Percepatan gravitasi (m/s^2)

Terdapat beberapa perbedaan dalam menentukan nilai koefisien, K , pada perhitungan laju transpor sedimen. Untuk P_l dalam satuan ton m/hari/m dan Q_s dalam satuan $m^3/hari$, CERC (1984, dalam Triatmodjo 1999, 188) memberikan koefisien, K , sebesar 0,401. Komar dan Inman (1970, dalam CERC, 2002:III-2-12) memberikan nilai desain awal koefisien, K , untuk digunakan dengan tinggi gelombang pecah dalam root-mean-square, $H_{b\ rms}$, yakni $K_{K \& I\ rms} = 0,77$. CERC (2002:III-2-12) menyajikan koefisien tak berdimensi $K_{SPM\ sig} = 0,39$ berdasarkan perhitungan menggunakan tinggi gelombang signifikan. Koefisien nilai yang sesuai dengan tinggi gelombang root-mean-square $H_{b\ rms}$ adalah $K_{SPM\ rms} = 0,92$.

Rumus CERC (dan rumus lain) memberikan transpor sedimen total. Distribusi transpor sedimen pada lebar *surf zone*, dimana transpor sedimen terjadi, tidak dapat diketahui. Selain itu, rumus CERC tidak memperhitungkan sifat sedimen dasar.

BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN

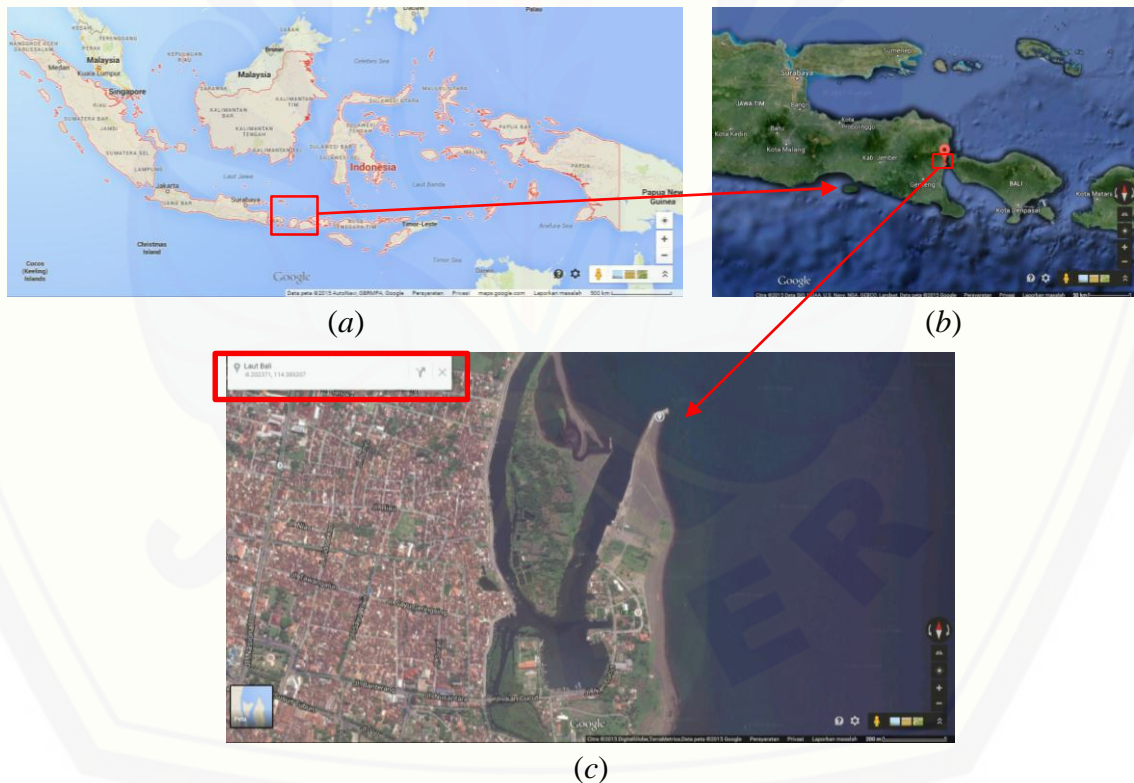
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

3.1.1 Waktu

Studi penelitian ini dimulai pada bulan November 2014 dan direncanakan selesai pada bulan Juni 2015.

3.1.2 Tempat

Pelabuhan Boom terletak di Jl. Ikan Cucut, Kelurahan Kampung Mandar, Kabupaten Banyuwangi, Provinsi Jawa Timur. Koordinat geografis diperoleh dari Peta Google, yakni berada pada $8^{\circ}12'$ Lintang Selatan dan $114^{\circ}23'$ Bujur Timur.



(a) Peta Indonesia; (b) Peta Jawa Timur; (c) Peta Lokasi Pelabuhan Boom, Kabupaten Banyuwangi dengan Koordinat Geografis Ditampilkan di Pojok Kiri Atas Gambar

Gambar 3.1. Peta Lokasi Pelabuhan Boom Banyuwangi. (Sumber: Google, 2015)

3.2 Alat dan Bahan

3.2.1 Alat

Alat yang digunakan pada tugas akhir ini adalah:

1. Peta kerja: Peta batimetri Kabupaten Banyuwangi yang diperoleh dari Pangkalan TNI Angkatan Laut Kabupaten Banyuwangi.
2. Software untuk mengolah data dan menggambar.

3.2.2 Bahan

Bahan yang akan diolah pada tugas akhir ini berupa data sekunder, antara lain:

1. Data angin Kabupaten Banyuwangi yang diperoleh dari Stasiun Meterorologi Kelas III BMKG Kab. Banyuwangi, elevasi 43 m.
2. Peta batimetri Kabupaten Banyuwangi.

3.3 Metode Penelitian

Dalam penelitian ini, metode yang digunakan untuk memprediksi transpor sedimen adalah dengan rumus empiris dari CERC. Langkah-langkah pengerjaan penelitian ini meliputi pengumpulan data, analisa data, peramalan tinggi dan periode gelombang, perhitungan tinggi dan kedalaman gelombang pecah, perhitungan fluks energi gelombang dan perhitungan angkutan sedimen (*sediment transport*).

3.3.1 Pengumpulan Data

Data sekunder yang akan digunakan pada studi perencanaan ini diperoleh dari dinas terkait, dengan rincian sebagai berikut:

1. Peta batimetri Kabupaten Banyuwangi
2. Data arah dan kecepatan angin bulanan Kabupaten Banyuwangi

3.3.2 Analisa Data

Analisa data diperlukan untuk mengolah data sekunder yang telah menjadi data yang digunakan untuk penelitian ini, adapun analisa data yang dibutuhkan antara lain:

1. Data arah dan kecepatan angin untuk menentukan arah *fetch* efektif. Data kecepatan angin yang diperoleh dari pengamatan di daratan masih perlu dikonversi menjadi kecepatan angin di laut dengan rumus 2.1, 2.2, 2.3 dan gambar 2.2.
2. Peta batimetri untuk menghitung kemiringan dasar laut.

3.3.3 Peramalan Tinggi dan Periode Gelombang Angin

Dalam studi ini, tinggi dan periode gelombang angin ditentukan dengan metode peramalan menggunakan grafik peramalan tinggi dan periode gelombang. Pemilihan tinggi gelombang dan periode gelombang angin dalam perhitungan sedimentasi Pelabuhan Boom adalah dengan menggunakan tinggi dan periode gelombang signifikan yang diperoleh dari data angin maksimum bulanan. Komponen data yang diperlukan adalah data angin yang dipengaruhi faktor tegangan angin, U_A , dan panjang *fetch* efektif. *Fetch* dihitung dengan penambahan 6° antara $0^\circ - 42^\circ$, kemudian *fetch* efektif dihitung menggunakan persamaan 2.4. Peramalan tinggi dan periode gelombang menggunakan grafik peramalan gelombang dari CERC pada gambar 2.4.

3.3.4 Perhitungan Tinggi dan Kedalaman Gelombang Pecah

Gelombang pada penelitian ini tidak dipengaruhi oleh proses difraksi karena pergerakan gelombang tidak dipengaruhi bangunan penghalang. Tinggi gelombang, H , merupakan tinggi gelombang laut dalam ekuivalen, H'_0 . Kemudian dicari perbandingan H'_0 / gT^2 , hasil dari perbandingan ini, bersama dengan kemiringan pantai kemudian diplot dalam grafik pada gambar 2.7 untuk menentukan kedalaman gelombang pecah, H_b .

Hasil dari kedalaman gelombang pecah, H_b , digunakan dalam perbandingan H_b / gT^2 yang kemudian digunakan untuk menentukan kedalaman gelombang pecah, d_b , dengan grafik pada gambar 2.8.

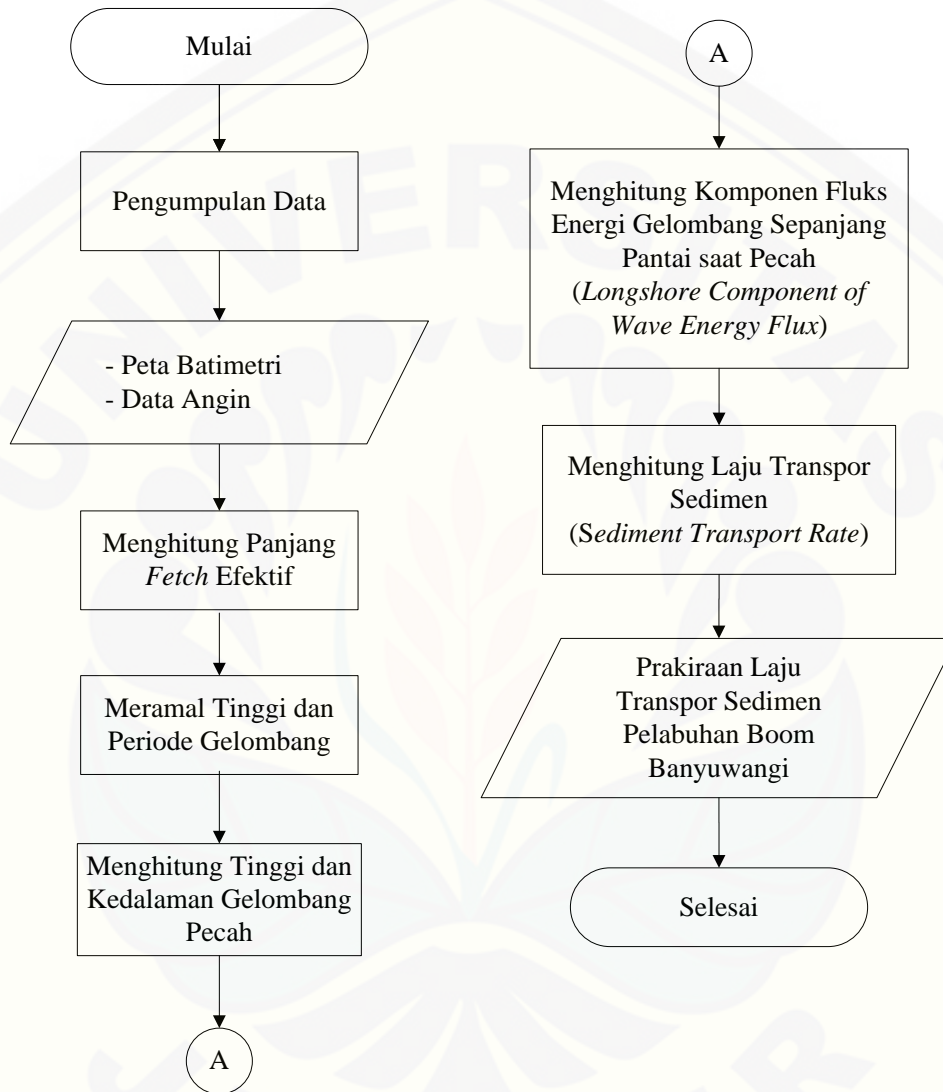
3.3.5 Perhitungan Fluks Energi Gelombang

Komponen fluks energi gelombang sepanjang pantai (*longshore component of wave energy flux*) dihitung dengan rumus pada persamaan 2.14. Salah satu komponen rumus perhitungan fluks energi tersebut adalah cepat rambat gelombang pecah (C_b). Untuk menentukan cepat rambat gelombang pecah digunakan rumus: $\sqrt{g d_b}$, dimana g adalah percepatan gravitasi ($9,81 \text{ m/s}^2$) dan d_b adalah kedalaman gelombang pecah.

3.3.6 Perhitungan Angkutan Sedimen (*Sediment Transport Rate*)

Rumus perhitungan *sediment transport rate* yang digunakan dalam studi ini adalah rumus pada persamaan 2.13 yang diperoleh dari CERC (1984).

Diagram alir penelitian ini adalah sebagai berikut:



Gambar 3.2. Diagram Alir Penelitian

Untuk memudahkan penjadwalan pada penelitian ini, maka diperlukan sebuah matrik penelitian yang memaparkan tahapan dan waktu pengerjaan penelitian ini. Matriks penelitian tersebut disajikan pada lampiran 1.

BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Analisa Data Angin

Data angin maksimum bulanan yang diperoleh dari Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) Kabupaten Banyuwangi disajikan dalam tabel 4.1 dan mawar angin pada gambar 4.1.

Tabel 4. 1. Data Angin Maksimum Bulanan

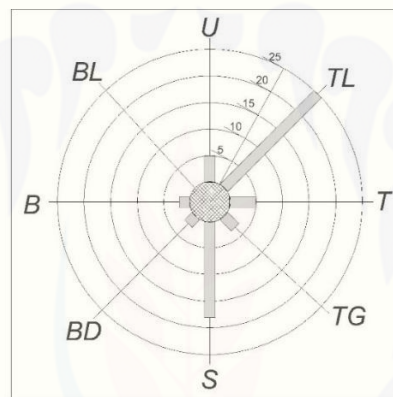
Tahun	Januari			Februari			Maret		
	Arah	Kec (Knot)	Kec (m/dtk)	Arah	Kec (Knot)	Kec (m/dtk)	Arah	Kec (Knot)	Kec (m/dtk)
2010	BD	12	6,1728	TG	18	9,2592	TL	13	6,6872
2011	TL	21	10,8024	TL	13	6,6872	TL	17	8,7448
2012	TL	18	9,2592	TL	15	7,716	S	15	7,716
2013	T	12	6,1728	TL	16	8,2304	TL	12	6,1728
2014	S	15	7,716	TL	16	8,2304	TL	18	9,2592

Tahun	April			Mei			Juni		
	Arah	Kec. (Knot)	Kec (m/dtk)	Arah	Kec (Knot)	Kec (m/dtk)	Arah	Kec (Knot)	Kec (m/dtk)
2010	TL	15	7,716	U	20	10,288	BD	10	5,144
2011	TL	15	7,716	TL	16	8,2304	TL	16	8,2304
2012	T	12	6,1728	S	17	8,7448	S	12	6,1728
2013	U	18	9,2592	U	18	9,2592	TL	14	7,2016
2014	B	14	7,2016	TL	13	6,6872	S	12	6,1728

Tahun	Juli			Agustus			September		
	Arah	Kec. (Knot)	Kec (m/dtk)	Arah	Kec. (Knot)	Kec (m/dtk)	Arah	Kec. (Knot)	Kec (m/dtk)
2010	TL	12	6,1728	S	12	6,1728	T	18	9,2592
2011	TL	15	7,716	T	12	6,1728	B	12	6,1728
2012	S	12	6,1728	S	10	5,144	S	10	5,144
2013	T	12	6,1728	S	10	5,144	S	10	5,144
2014	S	12	6,1728	TG	14	7,2016	S	9	4,6296

Tahun	Oktober			November			Desember		
	Arah	Kec. (Knot)	Kec (m/dtk)	Arah	Kec. (Knot)	Kec (m/dtk)	Arah	Kec. (Knot)	Kec (m/dtk)
2010	TL	17	8,7448	TL	20	10,288	U	17	8,7448
2011	S	10	5,144	U	12	6,1728	S	18	9,2592
2012	S	15	7,716	TL	14	7,2016	TL	15	7,716
2013	TL	14	7,2016	TL	11	5,6584	TL	14	7,2016
2014	S	9	4,6296	TG	12	6,1728	S	16	8,2304

1 knot = 0,514 m/detik



Gambar 4.1. Mawar Angin dari Data Angin Maksimum Bulanan

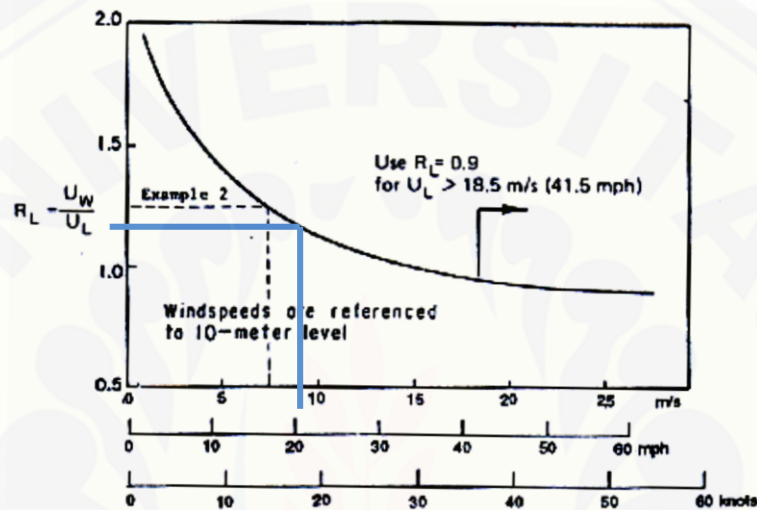
Berdasarkan tabel 4.1 dan gambar 4.1, dapat diketahui bahwa arah angin dominan adalah angin dari timur laut dengan kecepatan maksimum 21 knot (10,8024 m/detik). Dalam skala Beaufort, angin tersebut tergolong sebagai angin agak kuat (17-21 knot).

Data angin dari BMKG Kabupaten Banyuwangi yang dicatat pada elevasi 43 m kemudian dikonversi dalam data angin pada ketinggian 10 m menggunakan persamaan 2.1. Berikut adalah perhitungan yang digunakan:

$$\begin{aligned}
 U_{(10)} &= U_{(43)} \left(\frac{10}{y} \right)^{1/7} \\
 &= U_{(43)} \left(\frac{10}{43} \right)^{1/7} \\
 &= 10,8024 \cdot 0,8119
 \end{aligned}$$

$$U_{(10)} = 8,771 \text{ m/detik}$$

Angin yang telah dikonversi menjadi angin pada elevasi 10 meter, kemudian dihitung dengan grafik nonlinier yang menghubungkan kecepatan angin di darat, U_L , dan rasio angin di darat, R_L . Grafik tersebut disajikan pada gambar 4.2 dimana angin di darat pada elevasi 10 m, U_L , dihubungkan dengan yang diperoleh dari perhitungan. Perhitungan konversi angin dari darat dengan laut adalah sebagai berikut:



Gambar 4.2. Grafik Hubungan antara Kecepatan Angin di Laut dan di Darat untuk Kecepatan 8,771 m/detik.

Grafik pada gambar 4.2 menunjukkan rasio angin di darat dan di laut, $R_L = 1,19$, maka perhitungan angin yang berhembus di atas laut, U_W , adalah sebagai berikut:

$$R_L = U_W / U_L$$

$$1,19 = U_W / 8,771$$

$$U_W = 10,44 \text{ m/detik}$$

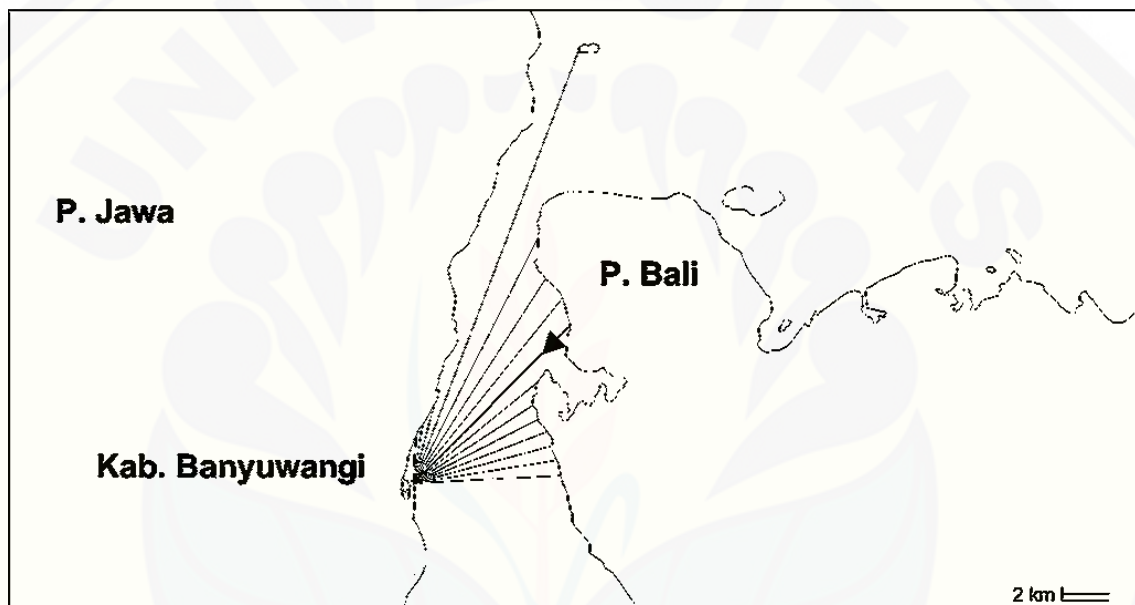
Angin yang sudah dipengaruhi faktor tegangan angin (*wind stress factor*) adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} U_A &= 0,71 U^{1,23} \\ &= 0,71 (10,44)^{1,23} \\ &= 12,71 \text{ m/detik} \end{aligned}$$

Perkiraan dan penyesuaian data angin yang digunakan dibuat untuk mengurangi bias dalam data angin saat tidak tersedianya data pengukuran angin di atas laut.

4.2. Pengukuran Panjang *Fetch* Efektif

Pengukuran panjang panjang *fetch* dari arah angin dominan, timur laut, disajikan pada gambar 4.3.



Gambar 4.3. *Fetch* Efektif Pelabuhan Boom dari Arah Timur Laut

Sedangkan perhitungan panjang *fetch* efektif adalah sebagai berikut:

Tabel 4.2. Perhitungan *Fetch* Efektif

α (°)	$\cos \alpha$	X_i (km)	$X_i \cos \alpha$
42	0,74314	1,98	1,47143
36	0,80902	25,2	20,3872
30	0,86603	34,8	30,1377
24	0,91355	198,4	181,247

18	0,95106	117,6	111,844
12	0,97815	104	101,727
6	0,99452	101,6	101,043
0	1	95	95
6	0,99452	69,2	68,8209
12	0,97815	61,2	59,8626
18	0,95106	60,2	57,2536
24	0,91355	61,4	56,0917
30	0,86603	61,6	53,3472
36	0,80902	62,4	50,4827
42	0,74314	63,2	46,9668
Total	13,5109		1035,68

Dengan :

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

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

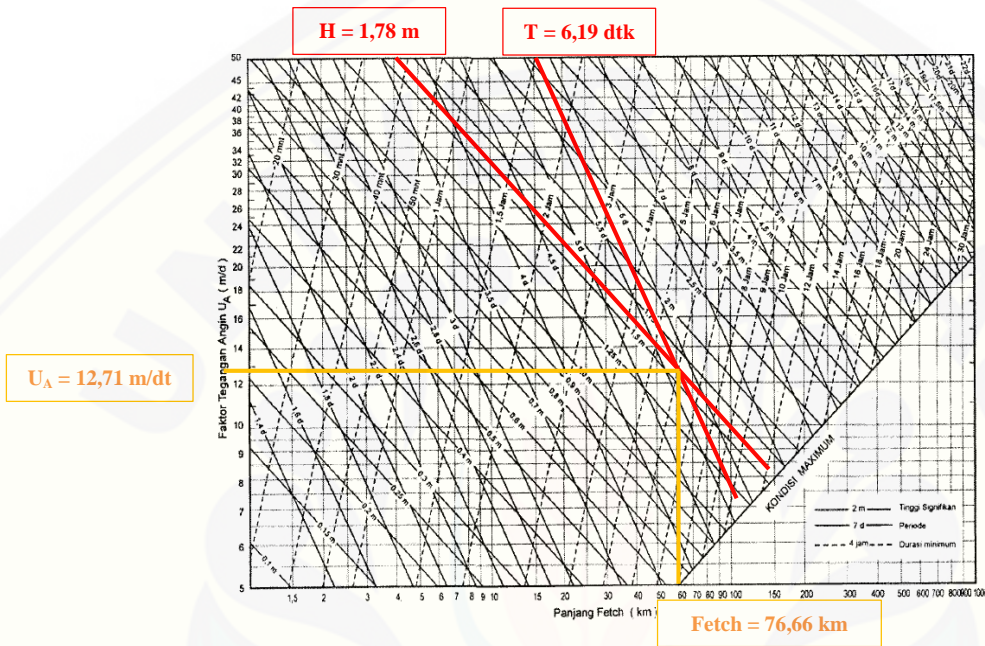
Dengan menggunakan rumus 2.4, maka panjang *fetch* efektif, F_{eff} , dihitung sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 F_{eff} &= \frac{\sum X_i \cos \alpha}{\sum \cos \alpha} \\
 &= \frac{1035,68}{13,5109} \\
 &= 76,6554 \text{ km}
 \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan, diperoleh *fetch* efektif sepanjang 76,6554 km. Nilai *fetch* efektif yang semakin besar akan menghasilkan pembangkitan gelombang angin dengan tinggi dan periode yang lebih besar.

4.3 Peramalan Tinggi dan Periode Gelombang Angin

Diketahui *fetch* efektif sepanjang 76,6554 km dan kecepatan angin yang dipengaruhi faktor tegangan angin, U_A , adalah 12,71 m/detik. Hasil peramalan tinggi dan periode gelombang ditunjukkan pada gambar 4.4.



Gambar 4.4. Grafik Peramalan Gelombang

Dari grafik 4.4, diperoleh tinggi, H , dan periode gelombang, T , adalah sebagai berikut:

$$H = 1,78 \text{ m}$$

$$T = 6,19 \text{ detik}$$

Hasil tersebut didukung oleh klasifikasi gelombang menurut Sorensen (2006:9), yang menyatakan bahwa gelombang yang dibangkitkan oleh angin mempunyai periode gelombang antara 1 – 30 detik dengan ketinggian tidak lebih dari 10 feet (3,048 m).

4.4 Penentuan Tinggi dan Kedalaman Gelombang Pecah

4.4.1. Perhitungan Tinggi Gelombang Pecah

Dalam menentukan tinggi dan kedalaman gelombang pecah, CERC (1984:2-130) menyarankan penggunaan grafik yang disajikan pada gambar 4.5 dan gambar 4.6 dibandingkan penggunaan rumus matematis.

Perhitungan tinggi gelombang pecah adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Tinggi gelombang, } H &= 1,78 \text{ m} \\ \text{Periode gelombang, } T &= 6,19 \text{ detik} \\ \text{Percepatan gravitasi, } g &= 9,81 \text{ m/s}^2 \end{aligned}$$

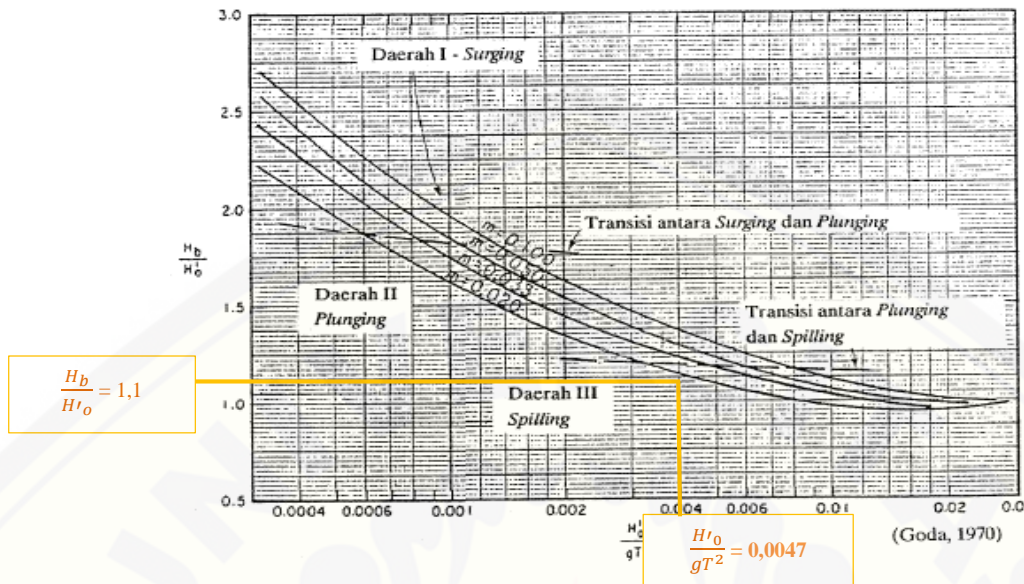
Karena pada gelombang tidak terjadi refraksi, difraksi dan *shoaling*, maka tinggi gelombang ekuivalen, H'_0 , sama dengan tinggi gelombang hasil peramalan.

$$H'_0 = H = 1,78 \text{ m}$$

Nilai $\frac{H'_0}{gT^2}$ dan kemiringan dasar laut, m , yang digunakan untuk menentukan tinggi gelombang pecah adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \frac{H'_0}{gT^2} &= \frac{1,78}{9,81 \times 6,19^2} \\ &= 0,0047 \end{aligned}$$

Berdasarkan pengukuran pada peta batimetri yang disajikan pada lampiran C.2, maka diperoleh kemiringan dasar laut pada pantai Pelabuhan Boom Banyuwangi yakni $50:2.530 = 1:50,6 = 1:50$ ($m = 0,02$).



Gambar 4.5. Penentuan Tinggi Gelombang Pecah

Dari grafik pada gambar 4.5, diperoleh $\frac{H_b}{H'_o} = 1,1$. Maka tinggi gelombang pecah, H_b , adalah

$$\begin{aligned} H_b &= H'_o \times 1,1 \\ &= 1,78 \times 1,1 \\ &= 1,958 \text{ m} \end{aligned}$$

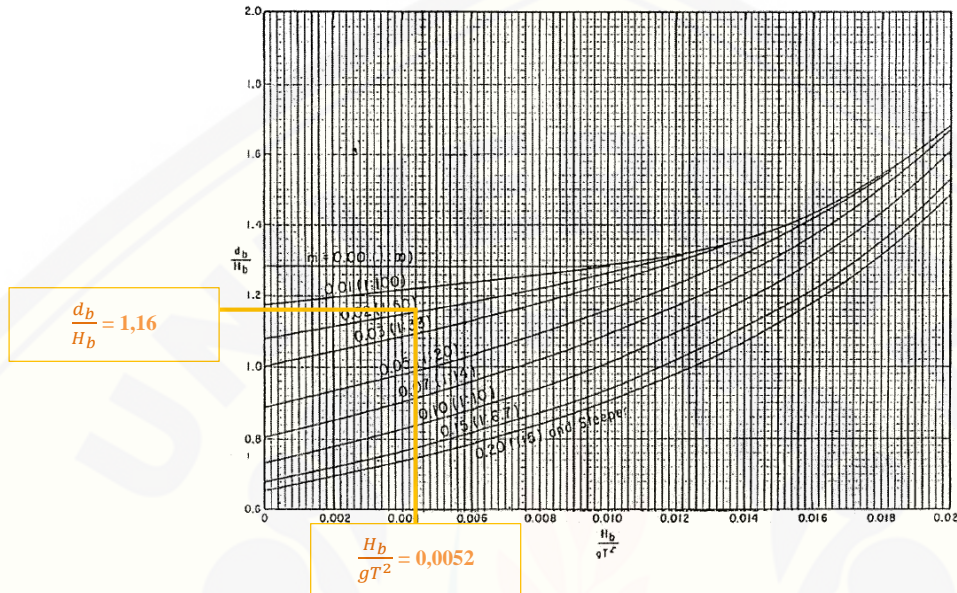
Berdasarkan analisa diperoleh kedalaman gelombang pecah 1,958 m. Sedangkan tipe gelombang pecah yang terjadi adalah tipe *spilling* (gambar 4.5) dimana menurut Triatmodjo (1999:95) tipe *spilling* biasanya terjadi apabila gelombang datang dengan kemiringan kecil menuju pantai dengan kemiringan kecil. Kondisi demikian sesuai dengan kondisi di pantai Boom Banyuwangi dengan kemiringan dasar, $m = 0,02$.

4.4.2. Perhitungan Kedalaman Gelombang Pecah

Nilai $\frac{H_b}{gT^2}$ dihitung sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \frac{H_b}{gT^2} &= \frac{1,958}{9,81 \times 6,19^2} \\ &= 0,0052 \end{aligned}$$

Dengan kemiringan pantai, $m = 0,02$, nilai $\frac{d_b}{H_b}$ ditampilkan pada grafik di gambar 4.6.



Gambar 4. 6. Penentuan Kedalaman Gelombang Pecah

Gambar 4.6 menunjukkan nilai $\frac{d_b}{H_b} = 1,16$, maka kedalaman gelombang pecah,

d_b , dihitung sebagai berikut:

$$\begin{aligned} d_b &= H_b \times 1,16 \\ &= 1,958 \times 1,16 \\ &= 2,27 \text{ m} \end{aligned}$$

Berdasarkan analisa, diperoleh hasil bahwa gelombang pecah terjadi pada kedalaman 2,27 m. Dalam perjalanan menuju pantai, gelombang pecah terjadi berangsur-angsur. Dengan mengasumsikan kemiringan pantai adalah konstan, maka gelombang akan mulai pecah pada jarak sekitar $2,27:0,02 = 113,5$ meter dari garis pantai.

4.5 Perhitungan Fluks Energi Gelombang Pecah

Gelombang datang ke perairan dangkal mengakibatkan terbentuknya sudut datang gelombang pecah, α_b , yang berasal dari arah dominan timur laut. Pengukuran dengan menggunakan peta menghasilkan sudut α_b sebesar 21° .



Gambar 4.7. Pengukuran Sudut Datang Gelombang Pecah, α_b

Maka, diperoleh data untuk perhitungan sebagai berikut:

Tinggi gelombang pecah, H_b	= 1,96 m
Kedalaman gelombang pecah, d_b	= 2,27 m
Sudut datang gelombang pecah, α_b	= 21°
Berat jenis air laut, $\gamma_{\text{air laut}}$	= $\rho g = 1.030 \text{ kgf/m}^3 = 1,03 \text{ ton/ m}^3$
Percepatan gravitasi, g	= $9,81 \text{ m/s}^2$

Kelompok gelombang pecah yang memberikan fluks energi pada pesisir pantai memiliki cepat rambat gelombang pecah, C_b , yang dihitung dengan persamaan berikut:

$$\begin{aligned}
 C_b &= \sqrt{g d_b} \\
 &= \sqrt{9,81 \times 2,27} \\
 &= 4,720 \text{ m/dtk}
 \end{aligned}$$

Menurut CERC (1984:2-10), persamaan cepat rambat gelombang sangat krusial ketika berurusan dengan gelombang periode panjang, sering disebut sebagai

gelombang panjang. Namun, ketika gelombang perjalanan di perairan dangkal, kecepatan gelombang hanya bergantung pada kedalaman perairan.

Gelombang pecah pada umumnya datang dengan ketinggian yang bervariasi. Menurut CERC (4-93), umumnya kondisi gelombang terkarakteristik menurut tinggi yang bervariasi. Akan tetapi, dapat digunakan Komponen fluks energi gelombang saat gelombang pecah, P_1 , dihitung dengan persamaan 2.14.

$$\begin{aligned} P_1 &= \frac{\rho g}{8} H_b^2 \cdot C_b \cdot \sin \alpha_b \cdot \cos \alpha_b \\ &= \frac{1,03}{16} 1,96^2 \cdot 4,72 \cdot \sin (21) \cdot \cos (21) \\ &= 0,7795 \text{ ton.m/dtk/m} \end{aligned}$$

Dalam perhitungan harian (24 jam), maka komponen fluks energi gelombang sebagai berikut:

$$\begin{aligned} P_1 &= 0,7795 \times 24 \text{ jam} \times 3600 \text{ dtk} \\ &= 67.349,92 \text{ ton.m/hari/m} \end{aligned}$$

Adanya komponen fluks energi gelombang tersebut menyebabkan partikel sedimen di pantai mengalami pergerakan terutama di *surf zone* pantai.

4.5 Prakiraan Laju Transpor Sedimen (*Sediment Transport Rate*)

Dengan komponen fluks energi gelombang saat gelombang pecah, P_1 , diperoleh sebesar 67.349,92 ton.m/hari/m, maka prakiraan laju transpor sedimen (*sediment transport rate*), Q_s , dihitung dengan persamaan 2.13.

$$\begin{aligned} Q_s &= K \cdot P_1 \\ &= 0,39 \times 67.349,92 \\ &= 26.266,47 \text{ m}^3/\text{hari} \end{aligned}$$

CERC (2002:III-2-12) memberikan koefisien, K , sebesar 0,39 berdasarkan perhitungan tinggi gelombang signifikan. Sehingga berdasarkan analisa diperoleh Q_s sebesar 26.266,47 m³/hari. Laju transpor sedimen tersebut didasarkan pada kondisi gelombang signifikan dengan angin dominan dari arah timur laut.

BAB 5. PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan analisa yang dilakukan, dengan nilai koefisien, K , 0,39, maka diperoleh laju transpor sedimen (*sediment transport rate*), Q_s , Pelabuhan Boom Banyuwangi sebesar 26.266,47 m³/hari. Nilai Q_s tersebut merupakan Q_s potensial yang didasarkan pada kondisi gelombang angin signifikan

5.2. Saran

Kondisi angin akan menentukan pembangkitan gelombang, untuk memperoleh hasil yang lebih akurat dalam penelitian selanjutnya, maka diperlukan penggunaan data angin dengan pencatatan yang lebih lama, minimal dalam pencatatan selama 10 tahun.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Informasi Geospasial. 2013. Rencana Strategis Badan Informasi Geospasial Tahun 2013-2014. Cibinong: Badan Informasi Geospasial.
- BMKG. 2015. Data Arah dan Kecepatan Angin Rata-rata Bulanan 2010-2014. Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika Stasiun Meteorologi Banyuwangi.
- BMKG. 2015. Data Kecepatan Angin Maksimum Bulanan 2010-2014. Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika Stasiun Meteorologi Banyuwangi.
- Cempaka, A. 2013. Perencanaan Pemecah Gelombang Pelabuhan Perikanan Pondok Mimbo Situbondo, Jawa Timur. Tidak Diterbitkan. Skripsi. Jember: Universitas Jember.
- CERC. 1984. *Shore Protection Manual Volume I*. Washington DC: US Army Corps of Engineers.
- CERC. 2002. *Coastal Engineering Manual*. Washington DC: US Army Corps of Engineers.
- Dinas PU Cipta Karya dan Tata Ruang. 2015. Peta Hidro Oceanografi. <http://banyuwangikab.go.id/profil/infrastruktur.html>. Dinas PU Cipta Karya dan Tata Ruang Provinsi Jawa Timur.
- Fanani, A. 2014. Anggota DPRD Pemprov Jatim Sidak Pelabuhan Boom Banyuwangi. <http://news.detik.com/read/2014/10/31/181215/2735883/475/anggota-dprd-pemprov-jatim-sidak-pelabuhan-boom-banyuwangi>. [8 Mei 2015].
- Faradinka, D., Siswanto, A.D., dan Hidayah, Z. 2013. Pengaruh Gelombang Terhadap Transpor Sedimen di Sepanjang Pantai Utara Perairan Bangkalan. *Seminar Nasional Fakultas Pertanian Universitas Trunojoyo Madura Juni 2013* Halaman 645-650.
- Fatian, G. M. 2012. Perencanaan Breakwater Pelabuhan Boom Banyuwangi. Skripsi. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

- Jamrud. 2015. Ketika Pelabuhan Banyuwangi 'Digusur' ke Meneng. http://www.majalahdermaga.co.id/post/319/ketika_pelabuhan_banyuwangi_digusur_ke_meneng. [9 Mei 2015].
- Kamphuis, J.W. 2000. *Introduction to Coastal Engineering and Management: Advanced Series on Ocean Engineering - Volume 16*. Singapura: World Scientific.
- Karuniasari, D., Purwanto, dan Atmojo, W. 2014. Transpor Sedimen di Pelabuhan Kendal, Kabupaten Kendal. *Jurnal Osenaografi Universitas Diponegoro* Vol. 3, Nomor 3, Tahun 2014, Halaman 304 – 308.
- Khatib, A., Yolly, A., dan Wahyudi, A., E. 2013. Analisis Sedimentasi dan Alternatif Penanganannya di Pelabuhan Selat Baru Bengkalis. *Konverensi Nasional Teknik Sipil 7 Tahun 2013*.
- Ningtyas, I. 2013. Telan Rp 69 Miliar, Pelabuhan Boom Mangkrak. <http://www.tempo.co/read/news/2013/02/07/058459768/Telan-Rp-69-Miliar-Pelabuhan-Boom-Mangkrak>. [14 November 2014].
- Pemimpin Redaksi. 2013. Membangun Secara Lestari dan Berkelanjutan. Jakarta: *Majalah Mina Bahari*. Edisi 1 Tahun 2013 - Januari 2013.
- Pemimpin Redaksi. 2015. Integrasi Wisata Maritim Banyuwangi. Surabaya: *Majalah Dermaga*. Edisi 195 - Februari 2015. Halaman 60.
- Putri, R., W., B., Atmodjo, W., dan Sugianto, D., S. 2014. Longshore Current dan Pengaruhnya terhadap Transpor Sedimen di Perairan Pantai Sendang Sikucing, Kendal. *Jurnal Osenaografi Universitas Diponegoro* Vol. 3, Nomor 4, Tahun 2014, Halaman 635 – 641.
- Reeve, D., Chadwick, A., dan Fleming, C. 2004. *Coastal Engineering: Processes, Theory and Design Practice*. New York: Spon Press.
- Republika Online. 2010. Mudik Bareng Lewat Laut dari Banyuwangi Batal. <http://www.republika.co.id/berita/ramadhan/info-mudik/10/08/31/132621-mudik-bareng-lewat-laut-dari-banyuwangi-batal>. [9 Mei 2015].

- Romdania, Y. 2010. Analisa Kasus Sedimentasi di Tiga Titik Kawasan Water Front City. *Jurnal Rekayasa Universitas Lampung* Vol 14. No 1, April 2010. Universitas Lampung.
- Savile Jr., T. 1954. *The Effect of Fetch Width on Wave Generation*. Washington DC: TM No.70, US Army Corps of Engineering.
- Siddy, P. 2004. Pola Pergerakan Sedimen di Selat Madura dari Model Gelombang Angin dan Analisis Citra Satelit. *Jurnal Rekayasa* Vol. 1 No 01 Juli 2004, Hal 58 – 67.
- Sorensen, R., M. 2006. *Basic Coastal Engineering - Third Edition*. New York: Springer Science+Business Media, Inc.
- TNI AL. 2015. Peta Kelautan Banyuwangi. TNI Angkatan Laut Kabupaten Banyuwangi
- Triadmodjo, B. 2009. *Perencanaan Pelabuhan*. Yogyakarta: Beta Offset.
- Triadmodjo, B. 1999. *Teknik Pantai*. Yogyakarta: Beta Offset.

LAMPIRAN B. DATA ANGIN
B.1. Data Arah dan Kecepatan Angin yang Diperoleh dari Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika Kabupaten Banyuwangi

DATA ARAH DAN KECEPATAN ANGIN RATA-RATA BULANAN
 STASIUN METEOROLOGI BANYUWANGI
 ELEVASI : 43 METER
 PERIODE 2010 - 2014

NO	TAHUN	JANUARI		FEBRUARI		MARET		APRIL		MEI		JUNI		JULI		AGUSTUS		SEPTEMBER		OKTOBER		NOPEMBER		DESEMBER	
		Arah	Kec.	Arah	Kec.	Arah	Kec.	Arah	Kec.	Arah	Kec.	Arah	Kec.	Arah	Kec.	Arah	Kec.	Arah	Kec.	Arah	Kec.	Arah	Kec.	Arah	Kec.
1	2010	TL	1.8	U	2	TL	2.9	TL	2.3	TL	2.8	S	2.6	S	2.8	S	2.8	S	2.6	TG	2.3	S	2.6	TL	1.6
2	2011	TL	1.6	TL	2.3	TL	1.9	TG	2	S	3.2	S	3	S	3	S	3.8	S	3.4	S	3.4	S	2.6	TL	3
3	2012	TL	3	TL	2.7	S	3.1	S	2.9	S	3.3	S	3.4	S	3.4	S	3.4	S	3.1	S	3	S	2.9	T	3.9
4	2013	T	3.1	TL	3.2	S	2.7	U	3.1	U	2.7	TL	2.6	S	3	S	2.5	TG	4.4	TG	2.6	S	2.3	S	2.1
5	2014	BD	1.7	S	1.5	TL	2.8	S	1.7	S	2	S	2.2	S	2.3	S	2.9	S	2.4	S	3.2	TG	2.3	S	2.4

Keterangan : Kecepatan angin dalam Knots (1 Knots = 1.86 Km/jam)
 Arah Angin adalah Arah Terbanyak Darimana Angin Bertup
 U : UTARA T : TIMUR S : SELATAN B : BARAT
 TL : TIMURLAUT TG : TENGGARA BD : BARATDAYA BL : BARATLAUT

DATA KECEPATAN ANGIN MAKSIMUM BULANAN

NO	TAHUN	JANUARI		FEBRUARI		MARET		APRIL		MEI		JUNI		JULI		AGUSTUS		SEPTEMBER		OKTOBER		NOPEMBER		DESEMBER	
		Arah	Kec.	Arah	Kec.	Arah	Kec.	Arah	Kec.	Arah	Kec.	Arah	Kec.	Arah	Kec.	Arah	Kec.	Arah	Kec.	Arah	Kec.	Arah	Kec.	Arah	Kec.
1	2010	BD	12	TG	18	TL	13	TL	15	U	20	BD	10	TL	12	S	12	T	18	TL	17	TL	20	U	17
2	2011	TL	21	TL	13	TL	17	TL	15	TL	16	TL	16	TL	15	T	12	B	12	S	10	U	12	S	18
3	2012	TL	18	TL	15	S	15	T	12	S	17	S	12	S	12	S	10	S	10	S	15	TL	14	TL	15
4	2013	T	12	TL	16	TL	12	U	18	U	18	TL	14	T	12	S	10	S	10	TL	14	TL	11	TL	14
5	2014	S	15	TL	16	TL	18	B	14	TL	13	S	12	S	12	TG	14	S	9	S	9	TG	12	S	16

Keterangan : Kecepatan angin dalam Knots (1 Knots = 1.86 Km/jam)
 Sumber : BMKG Stasiun Meteorologi Banyuwangi



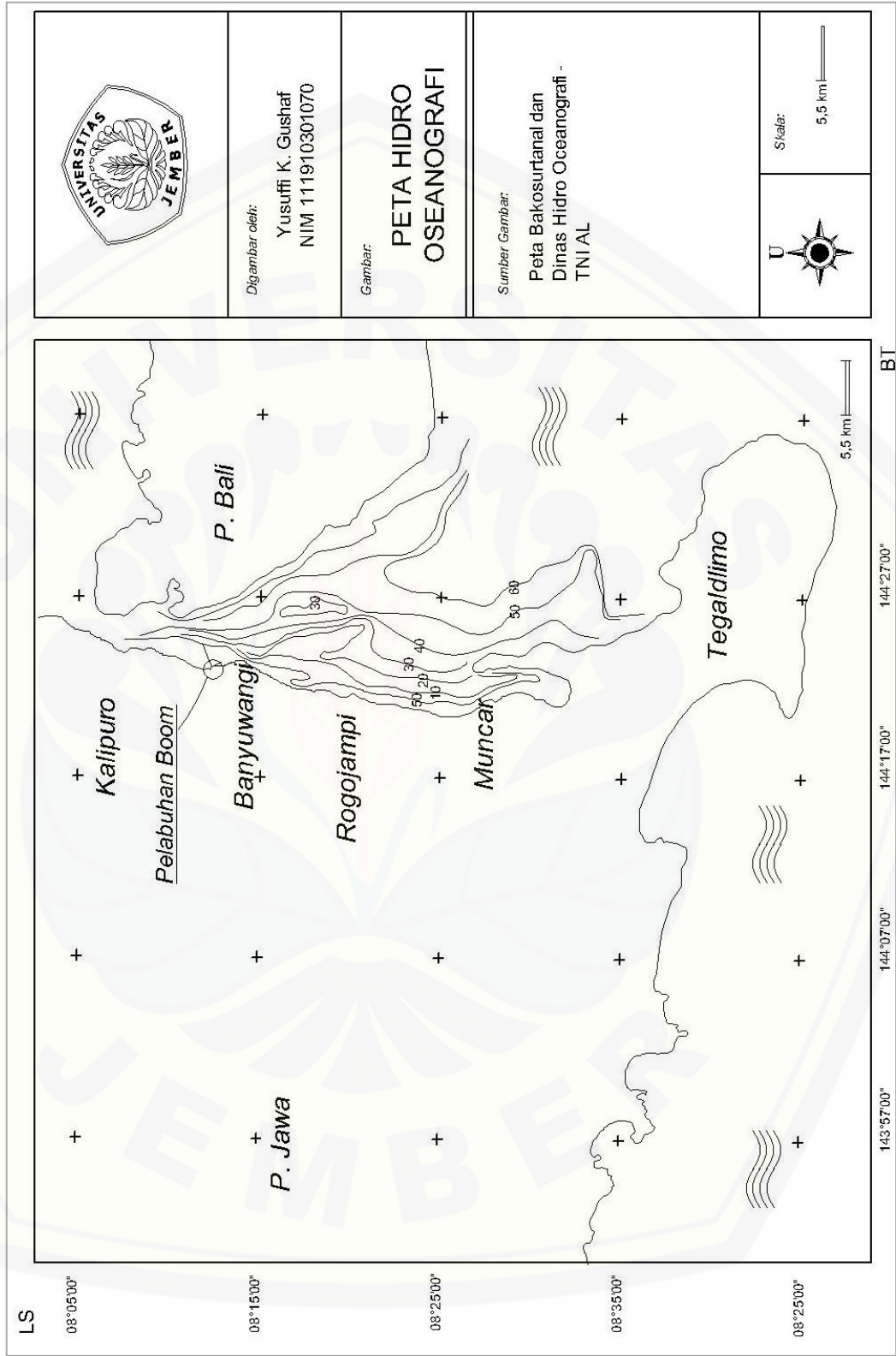
B.2. Rekapitulasi Arah dan Kecepatan Angin Bulanan Maksimum Berdasarkan Arah Datang Angin

No	Arah	Kec (Knot)	Kec (m/dtk)
1	B	14	7,2016
2	B	12	6,1728
3	BD	12	6,1728
4	BD	10	5,144
5	S	15	7,716
6	S	15	7,716
7	S	17	8,7448
8	S	12	6,1728
9	S	12	6,1728
10	S	12	6,1728
11	S	12	6,1728
12	S	12	6,1728
13	S	10	5,144
14	S	10	5,144
15	S	10	5,144
16	S	10	5,144
17	S	9	4,6296
18	S	10	5,144
19	S	15	7,716
20	S	9	4,6296
21	S	18	9,2592
22	S	16	8,2304
23	T	12	6,1728
24	T	12	6,1728
25	T	12	6,1728
26	T	12	6,1728
27	T	18	9,2592
28	TG	18	9,2592
29	TG	14	7,2016
30	TG	12	6,1728

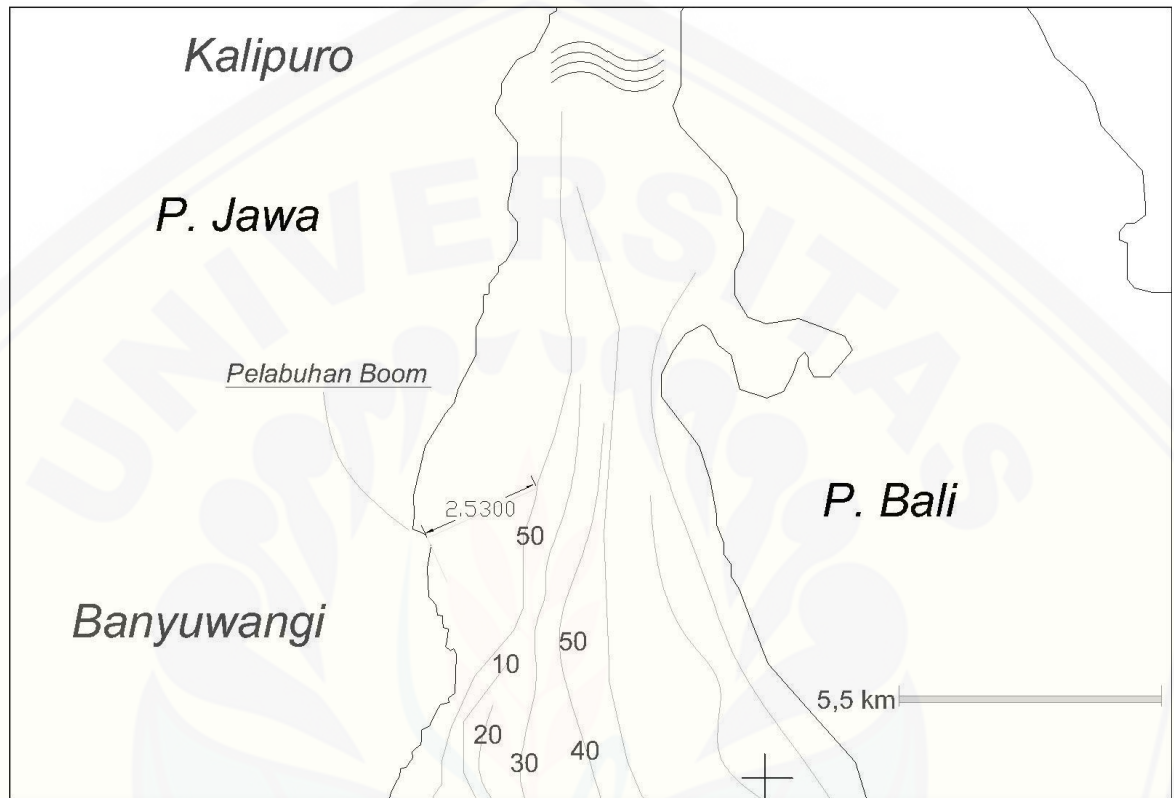
No	Arah	Kec (Knot)	Kec (m/dtk)
31	TL	21	10,8024
32	TL	18	9,2592
33	TL	13	6,6872
34	TL	15	7,716
35	TL	16	8,2304
36	TL	16	8,2304
37	TL	13	6,6872
38	TL	17	8,7448
39	TL	12	6,1728
40	TL	18	9,2592
41	TL	15	7,716
42	TL	15	7,716
43	TL	16	8,2304
44	TL	13	6,6872
45	TL	16	8,2304
46	TL	14	7,2016
47	TL	12	6,1728
48	TL	15	7,716
49	TL	17	8,7448
50	TL	14	7,2016
51	TL	20	10,288
52	TL	14	7,2016
53	TL	11	5,6584
54	TL	15	7,716
55	TL	14	7,2016
56	U	18	9,2592
57	U	20	10,288
58	U	18	9,2592
59	U	12	6,1728
60	U	17	8,7448

LAMPIRAN C. PETA BATIMETRI DAN DETAIL PENGUKURAN KEMIRINGAN PANTAI

C.1. Peta Batimetri



C.2. Detail Pengukuran Kemiringan Pantai

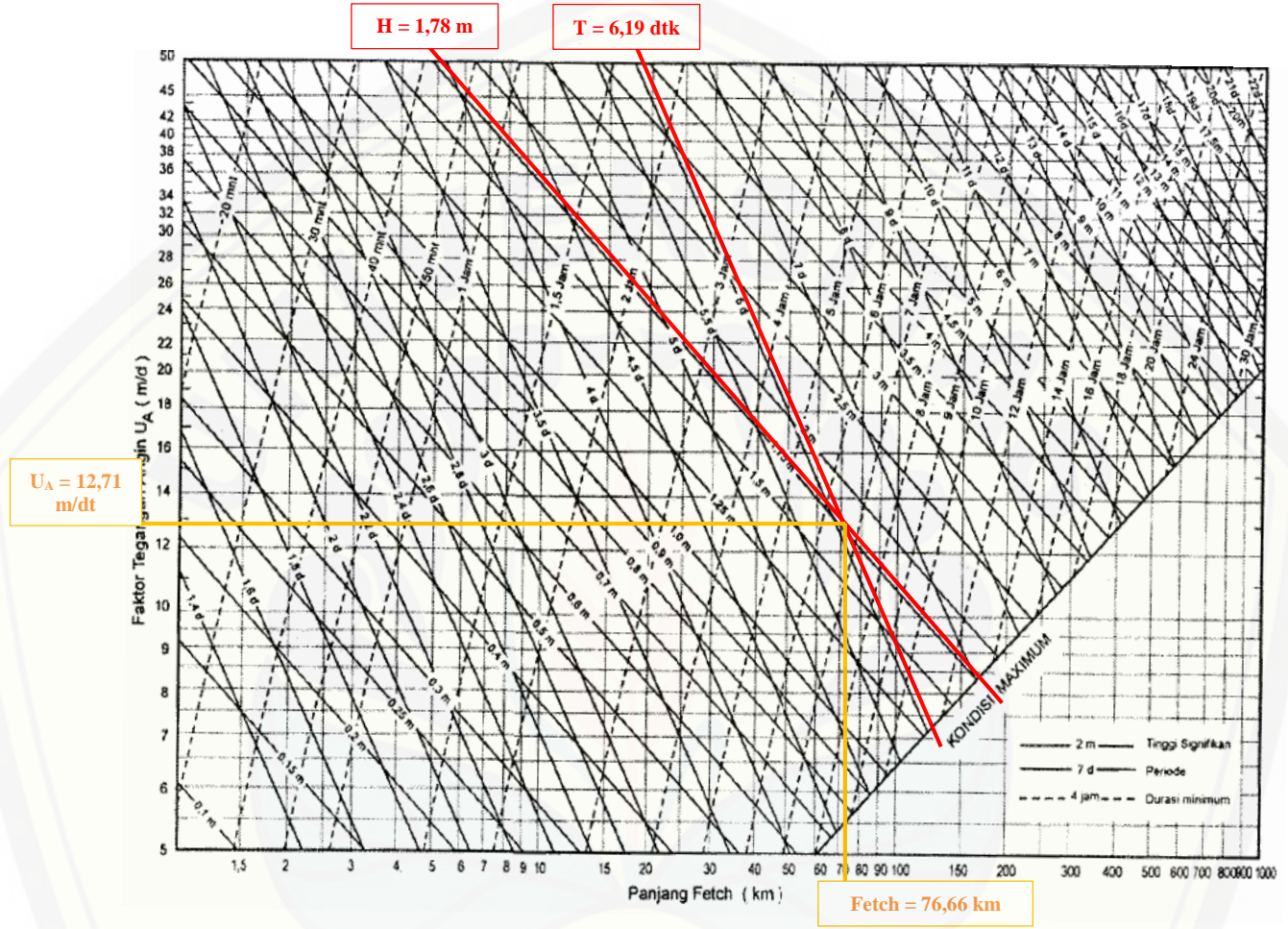


Pengukuran kemiringan dasar laut (m)

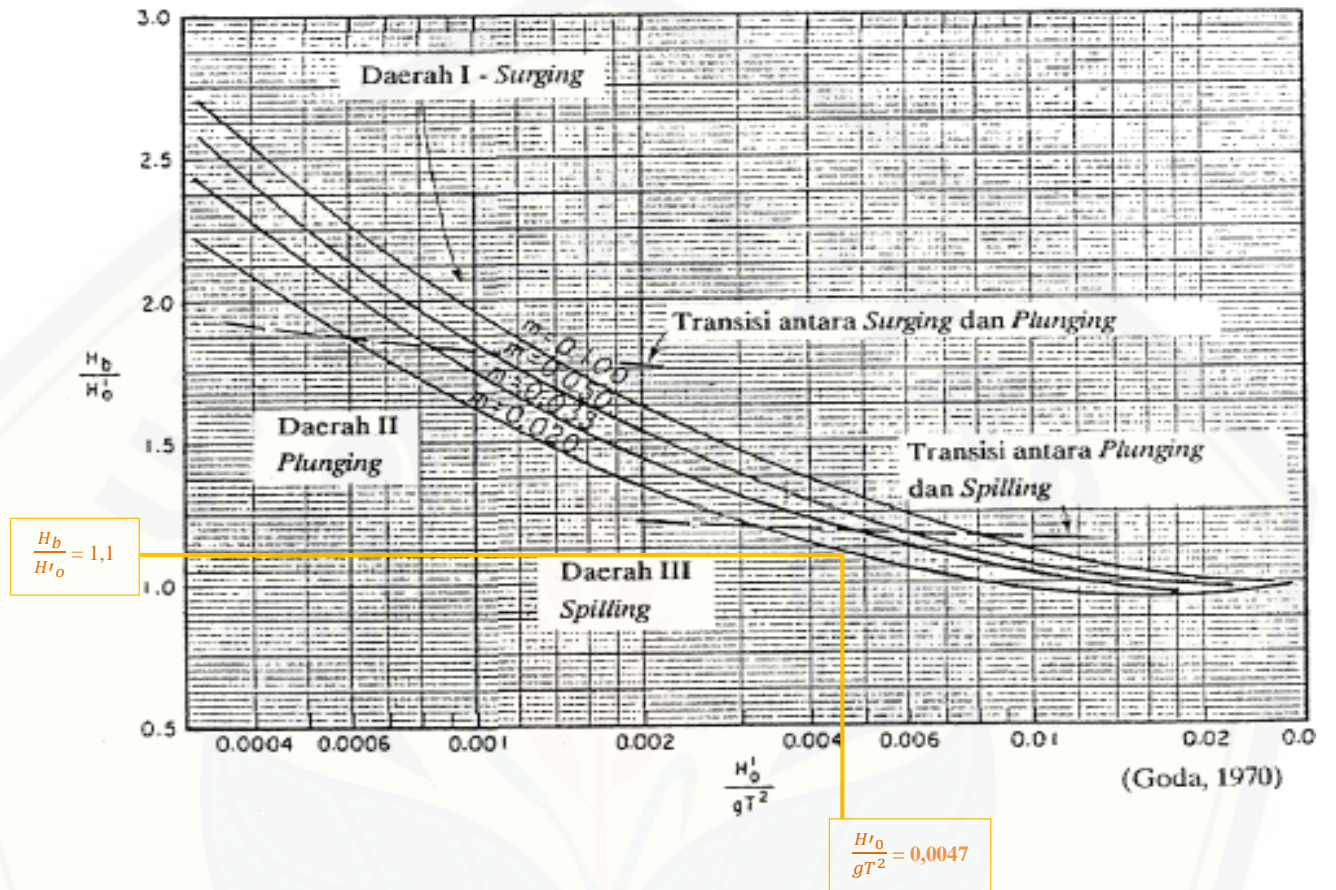
$$\begin{aligned}
 m &= 50:2530 \\
 &= 1:50,6 \\
 &= 1:50 \\
 &= 0,02
 \end{aligned}$$

LAMPIRAN D. DETAIL PENGOLAHAN PADA GRAFIK-GRAFIK

D1. Detail Peramalan Tinggi dan Periode Gelombang



D.2. Detail Grafik Penentuan Tinggi Gelombang Pecah



D.3. Detail Grafik Penentuan Kedalaman Gelombang Pecah

