



TUGAS AKHIR – MO 184804

**ANALISA PERUBAHAN GARIS PANTAI DI KOTA SURABAYA
MENGGUNAKAN ONE-LINE MODEL**

FEBRIAN PUTRA YUDHA

NRP : 04311240000102

Dosen Pembimbing :

Suntoyo, S.T.,M.Eng., Ph.D.

Dr. Ir. Wahyudi, M.Sc.

**JURUSAN TEKNIK KELAUTAN
FAKULTAS TEKNIK KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA
2020**



TUGAS AKHIR – MO 184804

Analysis of Shoreline Change at Surabaya Using One-line Model

FEBRIAN PUTRA YUDHA

NRP : 04311240000102

Supervisor :

Suntoyo, S.T.,M.Eng., Ph.D.

Dr. Ir. Wahyudi, M.Sc.

**Department of Ocean Engineering
Faculty of Marine Technology
Institute Technology of Tecth November
Surabaya
2020**

**ANALISA PERUBAHAN GARIS PANTAI DI KOTA SURABAYA MENGGUNAKAN
ONE-LINE MODEL**

TUGAS AKHIR

Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar Sarjana Teknik pada
Program Studi S-1 Departemen Teknik Kelautan Fakultas Teknologi Kelautan Institut
Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya

Oleh :

FEBRIAN PUTRA YUDHA

04311240000102

Disetujui oleh :

1. Suntoyo, S.T., M.Eng., Ph.D.

(Pembimbing I)

2. Dr. Ir. Wahyudi, M.Sc.

(Pembimbing II)

3. Prof. Ir. W. Agoes Pratikto, M.Sc., Ph.D.

(Penguji I)

4. R. Haryo Dwito A., S.T., M.Eng., Ph.D.

(Penguji II)

5. Sholihin, S.T., M.T.

(Penguji III)

SURABAYA, JANUARI 2020

Analisa Perubahan Garis Pantai di Kota Surabaya Menggunakan One-line Model

Nama : Febrian Putra Yudha

NRP : 4311240000102

Jurusan : Teknik Kelautan FTK - ITS

Dosen Pembimbing : Suntoyo, S.T., M.Eng., Ph.D

Dr. Ir. Wahyudi, M.Sc.

ABSTRAK

Kota Surabaya memiliki wilayah pantai yang strategis sebagai ibu kota Provinsi Jawa timur sehingga banyak pembangunan yang di lakukan maupun masih direncanakan untuk wilayah pesisirnya sehingga berpengaruh terhadap ekosistem di area pesisir dan berdampak pada morfologi pantai.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perubahan garis pantai, sehingga kita dapat menganalisa garis pantai kedepanya sehingga kita dapat mengetahui bagaimana alternatif pengeloaan garis pantai Kota Surabaya Berubahnya garis pantai pada tiap sel, dan hamper di semua sel berubah di sebabkan oleh gelombang, dengan kemunduran garis pantai pada sel 201 dengan kemunduran sebedar 56.66m dan kemaajuan garis pantai terbesar papa sel 169 dengan nilai 56.6m. Secara umum tiap sel cenderum stabil kecuali pada sel 85-142 di karenakan tumbuhan bakau yang tumbuh lebat sehingga mempengaruhi perubahan garis pantai. Dengan luasan mangrove.

Kata Kunci : Perubahan Garis Pantai, One-line Model, Pengelolaan garis pantai, Citra Satelit

Analysis of Shoreline Change at Surabaya Using One-line Model

Name : Febrian Putra Yudha
REG : 4311240000102
Departement : Ocean Engineering FTK - ITS
Supervisor : Suntoyo S.T., M.Eng., Ph.D
Dr. Ir. Wahyudi, M.Sc.

ABSTRACT

The city of Surabaya has a strategic coastal area as the capital of the province of East Java so that much of the development is carried out and is still planned for the coastal area so that it affects the ecosystem in the coastal area and impacts on coastal morphology.

This study aims to determine the changes in the coastline, so that we can analyze the coastline in the future so that we can find out how to manage the coastline of Surabaya, this study begins with a study literature, data collection in the form of bathymetry, satellite maps, wind, tides, and sediments, which will then be processed using one-line model and then corrected using satellite image maps.

The shoreline changes in each cell, and almost all cells change due to waves, with a coastline retreat in cell 201 with a decline of 56.66m and the greatest coastline progress in cell 169 with a value of 56.6m. In general, each cell of the cenderum is stable except in cells 85-142 because of the thick growth of mangroves that affect changes in coastline. With mangrove area.

Keywords: Shoreline Change, One-line Model, Coastaline, Satellite Image

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT, karena atas rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan baik. Tugas Akhir ini merupakan salah satu mata kuliah wajib di Departemen Teknik Kelautan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Tugas Akhir ini membahas mengenai perubahan garis pantai di kota Surabaya sehingga kedepannya dapat diketahui perubahan apa saja yang terjadi baik erosi maupun sedimentasi. Serta tersajinya saran perbaikan untuk kedepannya.

Dalam pembuatan laporan Tugas Akhir ini, penulis telah berusaha semaksimal mungkin untuk memberikan yang terbaik. Tetapi penulis juga menyadari bahwa pada laporan ini masih terdapat kekurangan. Oleh karena itu, penulis sangat menghargai saran yang membangun untuk kesempurnaan laporan ini kedepannya. Harapan penulis semoga laporan Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat dan wawasan bagi para pembaca.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Surabaya, Januari 2020

Febrian Putra Yudha

UCAPAN TERIMA KASIH

Tugas Akhir ini dapat diselesaikan tidak luput dari bantuan, dorongan, dukungan dan doa dari berbagai pihak. Oleh karena itu pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan rasa terima kasih kepada:

1. Kedua orang tua penulis yang selalu mengerti, memberikan semangat, doa dan tidak pernah putus asa dengan penulis sehingga penulis mampu menyelesaikan perkuliahan dan Tugas Akhir ini dengan baik.
2. Bapak Suntoyo S.T., M.Eng., Ph.D dan Bapak Dr. Ir. Wahyudi, M.Sc. selaku dosen pembimbing Tugas Akhir ini yang telah berkenan membimbing penulis hingga Tugas Akhir ini selesai.
3. Lywanda S.T yang telah berkenan membantu penulis dalam penulisan Tugas Akhir ini.
4. Dr. Ir. Hasan Ikhwani, M.Sc., sebagai Kaprodi S1 dan Herman Pratikno, S.T., M.T., Sekprodi Departemen Teknik Kelautan yang telah memberikan kesempatan kepada penulis untuk menyelesaikan Tugas Akhir.
5. Keluarga besar Teater Tiyang Alit ITS yang telah menemani dan memberikan semangat kepada penulis selama pengerjaan Tugas Akhir ini
6. Seluruh Keluarga Besar Departemen Teknik Kelautan dan seluruh pihak yang telah membantu.

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	Error! Bookmark not defined.
ABSTRAK	IV
KATA PENGANTAR	VI
UCAPAN TERIMA KASIH.....	VII
BAB 1	1
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2. Rumusan masalah.....	3
1.3. Tujuan.....	3
1.4. Manfaat.....	4
1.5. Batasan penelitian.....	4
BAB 2	5
KAJIAN TEORI	5
2.1 Profil Pantai.....	5
2.2 Citra Satelit Lansat.....	6
2.3 Bathimetri.....	7
2.4 Angin.....	7
2.5 Fetch.....	8
2.6 Pembangkitan Gelombang Akibat Angin.....	9
2.6.1. Teori gelombang amplitudo kecil	11
2.6.2. Transformasi gelombang.....	13
2.7 Perkiraan Gelombang Dengan Periode Ulang (Analisis Frekuensi).....	14
2.8 Refraksi Gelombang.....	17
2.9 Difraksi Gelombang.....	19
2.10 Refleksi Gelombang	20
2.11 Pendangkalan Gelombang (<i>wave shoaling</i>).....	21
2.12 Gelombang Pecah	23
2.13 Pasang Surut	24
2.13.1. Pola Pasang Surut.....	26
2.14 Sebab-Sebab Terjadinya Erosi Pantai	28
2.15 Arus dekat pantai.....	29
2.16. Sedimen pantai	29
2.16.1. definisi dan karakteristik sedimen pantai.....	29

2.16.2. Transpor sedimen pantai	32
2.18. Transpor sedimen sejajar pantai	34
2.19. Imbangan sedimen pantai.....	34
2.20 One-line model.....	35
BAB 3	37
METODOLOGI	37
3.1 Pengumpulan Data	37
3.1.1 Pengolahan Data Citra Satelit	37
3.1.2. Arah dan Kecepatan angin	38
3.1.3. Pasang Surut.....	38
3.2. Analisa Data.....	39
3.2.1. Peramalan Gelombang	39
3.2.2. Analisa pasang surut	41
3.2.3. Analisa gelombang pecah	41
3.2.4. Arus dekat pantai.....	41
3.2.5 Analisa Butir sedimen	41
3.3 One-line model Perubahan garis pamtai	42
3.4 Analisa perubahan dan stabilitas garis pantai	42
PEMBAHASAN	44
4.1 Lokasi Penelitian	44
4.2. Citra Satelit	44
4.3 Analisa Data	47
4.3.1 Data Angin.....	47
4.4. Perhitungan fect efektif	49
4.5 Peramalan Gelombang di Laut Dalam	50
4.6 Analisa Periode Ulang Gelombang	52
4.7 Refraksi	53
4.8 Gelombang Pecah.....	53
4.9 Transpor Sedimen.....	53
4.10. On-line Model Perubahan Garis Pantai.....	55
BAB 5	65
KESIMPULAN	65
5.1. Kesimpulan.....	65
5.2. Saran	65
DAFTAR PUSTAKA	66
LAMPIRAN 1	68

LAMPIRAN 2	72
LAMPIRAN 3	75
LAMPIRAN 4	80

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Terminologi yang digunakan untuk menjelaskan zona dekat pantai dan profil pantai (CERC, 1984)	6
Gambar 2.2 sketsa definisi gelombang progresif (CEM, 2007).....	12
Gambar 2.3 Refraksi Gelombang lurus dan sejajar.....	18
Gambar 2.4 Difraksi Gelombang	20
Gambar 2.5. Macam Permukaan Air Laut yang Digunakan sebagai Datum Referensi.....	25
6Gambar 2.6 Garis pantai dibagi ke dalam sel yang memiliki lebar Δx dan panjang (y_i), i mengacu pada nomor dari sel.....	36
Gambar 2.7 Sedimen Transpor ke dalam dan keluar sel	36
Gambar 4.1. keunggulan tiap band pada Landsat 7	45
Gambar 4.2 Overlay Perubahan garis pantai tiap tahunnya(kuning (2012), hijau (2014), dan Merah(2016).....	47
Gambar 4.3 Grafik Pasang Surut di perairan Kota Surabaya	48
Gambar 4.4 perbandingan antara model 2016 dengan citra 2016.....	56
Gambar 4.5 luasan mangrove citra satelit 2016.....	56
Gambar 4.6 perbandingan antara model 2014 dengan citra 2014.....	57
Gambar 4.7 Persentase eror	58
Gambar 4.8 Perubahan Garis Pantai di Kecamatan Kenjeran	59
Gambar 4.10.Perubahan Garis Pantai Kecamatan Bulak	60
Gambar 4.11 Persentase Eror Perubahan Garis pantai Kecamatan Bulak	60
Gambar 4.12 Perubahan Garis Pantai Kecamatan Sukolilo	61
Gambar 4.13 Persentase eror di Kecamatan Sukolilo	62
Gambar 4.14 Perubahan garis pantai kecamatan rungkut dan gunung anyar 2016.....	62
Gambar 4.15 Gafik presentase eror perubahan garispantai kecamatan rungkut dan gunung anyar	63
Gambar 4.16 Luasan tanaman mangrove pada tahun 2012.....	63
Gambar 4.17 Gambar Luasan Mangrove pada tahun 2014	64
Gambar 4.18 Gamabr luasan mangrove pada tahun 2015	64

DAFTAR TABEL

Tabel 2.3 Koefisien Refraksi	21
Tabel 2.4 Sembilan Unsur-utama Pembangkit Pasut.....	27
Tabel 4.1 Kejadian angin di Surabaya tahun 2010-2012.....	48
Tabel 4.2 Presentase kejadian angin di Surabaya 2010-2012	48

Tabel 4.3 Data Perhitungan Fecth Efekt.....	49
Tabel 4.4 Konversi Angin ke Gelombang	51
Tabel 4.5 tinggi gelombang pada 2010.....	51
Tabel 4.6 tinggi gelombang pada 2011	51
Tabel 4.8 tinggi gelombang pada 2012.....	52

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Secara topografi, sebagian besar wilayah Kota Surabaya merupakan dataran rendah dengan ketinggian 3-6 meter di atas permukaan laut pada kemiringan kurang dari 3 persen. Jenis batuan yang ada terdiri dari 4 jenis yang pada dasarnya merupakan tanah liat atau unit-unit pasir. Sedangkan jenis tanah, sebagian besar berupa tanah alluvial, selebihnya tanah dengan kadar kapur yang tinggi (daerah perbukitan). Secara geografis, Kota Surabaya terletak di hilir sebuah Daerah Aliran Sungai (DAS) Brantas yang bermuara di Selat Madura. Beberapa sungai besar yang berasal dari hulu mengalir melintasi Kota Surabaya, yaitu Kali Surabaya, Kali Mas, Kali Jagir, dan Kali Lamong. (*Rencana Pembangunan Jangka Menengah Daerah (RPJMD) kota Surabaya, 2016*).

Tentu kita sudah tahu perairan pantai di kota Surabaya merupakan kawasan yang strategis dimana konversi kawasan pantai banyak terjadi. Tentu banyak faktor yang mempengaruhi terbentuknya lingkungan pantai dikarenakan adaptasi yang dilakukan secara alamiah, faktor yang memengaruhi diantaranya faktor alami yaitu gelombang, arus, kecepatan dan arah angin, aliran sungai, adanya vegetasi tanaman pantai (mangrove), dan aktivitas vulkanik dan tektonik; sedangkan faktor buatan adalah konversi kawasan pantai untuk berbagai kepentingan manusian seperti industri, pelabuhan, perikanan, dan pemukiman. (Siwi, 2008, as cited in Siswanto, 2010).

Keberadaan struktur bangunan maupun ekosistem (seperti terumbu karang maupun bakau), di duga berperanuh terhadap transport sediment. Ekosistem bakau yang ada hampir sebagian besar di Surabaya (luas 2.534 ha, terletak pada 70°16' 03" LS-1120° 50' 31" BT) relative penting dalam melindungi pantai dari serangan gelombang. Akibatnya, arus yang timbul akibat gelombang relatif kecil sehingga pengaruhnya terhadap transport sedimen menjadi berkurang. Transport sedimen pada ekosistem bakau dengan kondisi baik relatif rendah dibandingkan pantai dengan kondisi bakau rusak (Pratiwi, 2002).

Pesisir memiliki arti yang strategis karena merupakan wilayah interaksi/peralihan (interface) antara ekosistem darat dan laut yang memiliki sifat dan ciri yang unik, dan memiliki jasa-jasa lingkungan. Wilayah pesisir merupakan ekosistem transisi yang dipengaruhi daratan dan lautan, yang mencakup beberapa ekosistem, salah satunya adalah ekosistem hutan mangrove. Perubahan ini berpengaruh terhadap ekosistem yang ada di daerah pesisir dan pantai. Untuk itu, diperlukan penelitian tentang perubahan garis pantai yang terjadi sehingga dapat diketahui stabilitas pantai. Pendekatan numerik digunakan untuk analisa perubahan dan stabilitas pantai (Suntoyo, 1995). Pemodelan ini disesuaikan dengan kondisi di lapangan, dan selanjutnya hasil model divalidasi menggunakan citra Landsat. Pentingnya penelitian ini dilakukan sebagai langkah antisipasi meminimalkan tekanan dan untuk perencanaan pengembangan kawasan di perairan Surabaya.

Perubahan batimetri dan keberadaan penghalang mengakibatkan deformasi gelombang yang membuat dari laut dalam menuju pantai. Akibatnya, gelombang pecah di daerah pantai saat mencapai batas kelanciran maksimum antara gelombang dan dasar perairan, sehingga terbentuk arus (*longshore current* dan *rip current / cross-shore velocity*) yang menyebabkan transpor sedimen pantai. Gerak partikel air (aliran) di laut dalam akibat pengaruh gelombang jarang mencapai dasar laut; sebaliknya di laut dangkal, partikel air (aliran) di dekat dasar bergerak maju dan mundur secara periodik. Kecepatan aliran dasar naik dengan bertambahnya tinggi gelombang dan berkurangnya kedalaman, sehingga menarik sedimen dasar dan bergerak maju dan mundur sesuai gerakan air. Pertambahan kecepatan aliran di dekat dasar menyebabkan gerak pertikel sedimen semakin kuat dan pada batas tertentu menimbulkan transport massa sedimen, berupa transport sedimen dasar (*bed load transport*) atau transopr suspense (*suspended load transport*).

Data sekunder merupakan data yang diperoleh dari instansi terkait, seperti parameter angin, pasang surut, peta rupa bumi, peta bathimetri dan citra Landsat TM. Data angin tahun 2002-2018 dan pasang surut tahun 2002 dan tahun 2018 diperoleh dari Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika (BMKG) Stasiun Maritim Tanjung Perak Surabaya. Peta rupa bumi diperoleh dari Bakosurtanal,

peta bathimetri dari Dinas Hidroceanografi-TNI AL, dan citra Landsat tahun 2002 dan 2018. Data angin dikonversi menjadi properties gelombang menggunakan metode SMB (Komar, 1998; Triatmodjo, 1998; CEM, 2007) sebagai input utama untuk one-line model. Peta rupa bumi, peta batimetri dan citra Landsat TM diolah menggunakan software Arcview sebagai data dan kondisi awal garis pantai. Citra Landsat TM tahun 2002.

1.2. Rumusan masalah

Berdasarkan latar belakang, maka penelitian ini mencoba menjawab pertanyaan :

1. Bagaimana perubahan garis pantai Surabaya?
2. Bagaimana stabilitas garis pantai di sepanjang pantai Surabaya ?
3. Bagaimana pengaruh mangrove terhadap perubahan garis pantai di kota Surabaya ?

1.3. Tujuan

Penelitian ini bertujuan untuk:

1. Mengetahui perubahan garis pantai di kota Surabaya
2. Melakukan estimasi perubahan dan analisa stabilitas garis pantai di sepanjang pantai kota Surabaya
3. Menetukan alternatif pengelolaan garis pantai di kota Surabaya.

Manfaat penelitian ini adalah memberikan data dan informasi stabilitas pantai di kota Surabaya. Hasil penelitian di harapkan dapat dijadikan bahan rujukan dan pertimbangan dalam pengambilan kebijakan untuk mengatasi permasalahan perubahan garis pantai di kota Surabaya

1.4. Manfaat

Dari tugasakhri ini pada nantinya diharapkan mengetahui perubahan morfologi pantai kota Surabaya sehingga dapat mengetahui perubahan garis pantai kota Surabaya kedepanya, sehingga dapat di manfaatkan atau dikelola sedemikian rupa sehingga dapat di peroleh pencegahan kerusakan ekosistem pantai kota Surabaya mengingat pembangunan kota Surabaya yang pesat.

1.5. Batasan penelitian

Batasan penelitian meliputi:

1. Lokasi penelitian pada perairan pantai di kota Surabaya
Permodelan perubahan garis pantai menggunakan *one-line model*
2. Model divalidasi menggunakan citra landsat
3. Sumberpeta yang digunakan adalah batimetri dan citra satelit.

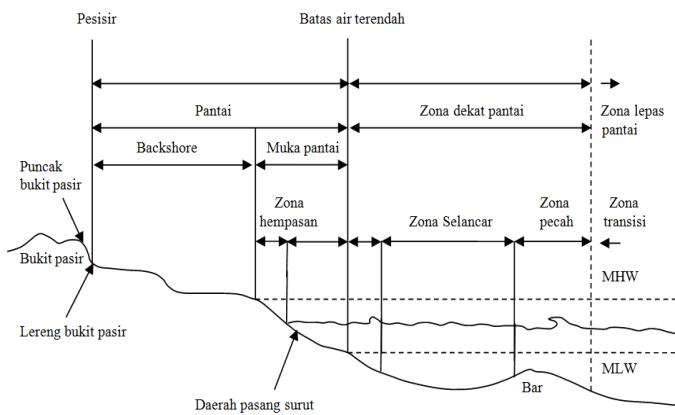
BAB 2

KAJIAN TEORI

2.1 Profil Pantai

Pesisir adalah daerah darat di tepi laut yang masih mendapat pengaruh laut seperti pasang surut, angin laut dan perembesan air laut. Pantai adalah daerah di tepi perairan yang dipengaruhi oleh air pasang tertinggi dan air surut terendah. Garis pantai adalah garis batas pertemuan antara daratan dan air laut, dimana posisinya tidak tetap dan dapat berubah sesuai dengan pasang surut air laut dan abrasi maupun akresi pantai yang terjadi (Triatmodjo, 1999 *as cited in* Ismail 2012).

Ditinjau dari profil pantai (Gambar 2.1), daerah ke arah pantai dari garis gelombang pecah dibagi menjadi tiga daerah yaitu *inshore*, *foreshore* dan *backshore*. Perbatasan antara *inshore* dan *foreshore* adalah batas pantai pada saat muka air terendah. Proses gelombang pecah di daerah *inshore* sering menyebabkan terjadinya *longshore bar*, yaitu gumpalan pasir yang memanjang dan kira-kira sejajar dengan garis pantai. *Foreshore* adalah daerah yang terbentang dari garis pantai pada saat muka air rendah sampai batas atas dari *uprush* (gelombang bergerak naik pada permukaan pantai) pada saat air pasang tinggi. Profil pantai di daerah ini memiliki kemiringan yang lebih curam dibandingkan profil di daerah *inshore* dan *backshore*. *Backshore* adalah daerah yang dibatasi oleh *foreshore* dan garis pantai yang terbentuk pada saat terjadi gelombang badi bersamaan dengan muka air tertinggi.



Gambar 2.1 Terminologi yang digunakan untuk menjelaskan zona dekat pantai dan profil pantai (CERC, 1984)

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

Pantai dapat terbentuk dari material dasar berupa lumpur, pasir atau kerikil (*gravel*). Kemiringan dasar pantai tergantung pada bentuk dan ukuran material dasar. Pantai lumpur mempunyai kemiringan yang sangat kecil hingga mencapai 1:5000. Kemiringan pantai berpasir berkisar antara 1:20 dan 1:50. Kemiringan pantai berpasir berkerikil dapat mencapai 1:4. Semakin kasar ukuran butiran sedimen, maka kemiringan pantai akan semakin curam. Pantai berlumpur banyak dijumpai dimana banyak terdapat sungai yang mengangkut sedimen tersuspensi bermuara di daerah tersebut dengan gelombang yang relatif kecil. Pantai utara Jawa sebagian besar merupakan pantai berlumpur (Ismail, 2012).

2.2 Citra Satelit Lansat

Landsat merupakan satelit berorbit polar yaitu satelit yang orbitnya melintasi kutub utara dan kutub selatan beberapa kali dalam sehari untuk tujuan observasi bumi, dengan ketinggian 900 km dan mempunyai kemampuan meliput bumi setiap 16 hari (resolusi temporal 16 hari). Resolusi spasial adalah tingkat kerincian atau kedetailan obyek yang terekam pada citra satelit, obyek tersebut

biasanya direpresentasikan dalam bentuk piksel. Resolusi spasial untuk *visible*, *near infrared* dan *mid infrared* (*band 1-5* dan *band 7*) adalah 30 meter, resolusi spasial untuk *band panchromatic* (*band 8*) adalah 15 meter dan resolusi spasial untuk *thermal infrared* (*band 6*) adalah 60 meter, sehingga *Band 5* pada Landsat 5 dan Landsat 7 memiliki resolusi spasial yang sama, yaitu 30 meter (Lywanda, 2019).

2.3 Bathimetri

Bathimetri merupakan kegiatan pengumpulan data kedalaman dasar laut dengan metode penginderaan atau rekaman dari permukaan dasar perairan, yang bertujuan menghasilkan relief dasar perairan, sehingga dapat tergambar susunan dari garis-garis kedalaman (kontur). Pemetaan kondisi dasar perairan tersebut dikonversikan dalam keadaan surut terendah atau LWS (*Low Water Surface*).

Alat untuk mengukur bathimetri yaitu *echo sounder*, pembacaan pada *echo sounder* sangat terpengaruh oleh muka air pasang surut dan gelombang. Level air pasang surut diantisipasi dengan melakukan pencatatan pasang surut pada saat pemetaan dilakukan, tetapi pengaruh gelombang tidak dapat diantisipasi jadi bila gelombang tinggi pemetaan harus dihentikan.

Garis-garis kontur peta laut digambar untuk tiap interval -0.5 sampai -1.0 m LWS. Adanya berbagai benda yang menghalangi atau berbahaya di dasar laut juga perlu ditandai.

2.4 Angin

Angin adalah udara yang bergerak akibat adanya perbedaan tekanan, yaitu dari daerah dengan tekanan udara tinggi ke daerah dengan tekanan udara rendah. Perbedaan tekanan ini terjadi akibat adanya perbedaan temperatur angin merupakan parameter lingkungan sebagai penggerak aliran dalam skala besar yang terdapat di atmosfer dan luautan. Arus dan gelombangdi hasilkan oleh angin, beserta deretan bukit-bukit pasir di daerah pantai yang penting bagi perlindungan pantai (Komar, 1998).

Kecepatan angin dapat menimbulkan tegangan pada permukaan laut sehingga terbentuk riak gelombang kecil di atas permukaan air dimana kecepatan angin sebanding dengan riak yang terjadi sampai dengan terbentuknya gelombang, semakin lama dan kuat angin berhembus maka gelombang yang terbentuk semakin besar (Komar, 1998).

Pengukuran dilakukan dengan menggunakan anemometer yang dipasang 10 meter diatas permukaan perairan dan recordernya di pasang di darat. Pengamatan dilakukan selama sepanjang tahun dengan penggantian kertas grafik dan asesoris lainnya tiap 1 bulan.

Data tersebut pada umumnya dipilah berdasarkan statistik distribusi kecepatan dan arah angin serta presentasenya, atau lebih dikenal dengan istilah wind rose dengan periode bulanan, tahunan atau beberapa tahun pencatatannya. Dengan diagram wind rose ini maka karakteristik angin dapat dibaca dengan tepat dan cepat. Data angin ini, nantinya dipakai untuk menentukan bangkitan gelombang yang berpengaruh dalam perencanaan *breakwater*.

2.5 Fetch

Dalam tinjauan pembangkitan gelombang di laut, fetch dibatasi oleh bentuk daratan yang mengelilingi laut. Di daerah pembentukan gelombang, gelombang tidak hanya dibangkitkan dalam arah yang sama dengan arah angin tetapi juga dalam berbagai sudut terhadap arah angin. Fetch rata-rata efektif diberikan oleh persamaan berikut (CEM, 2002)

$$F_{\text{eff}} = \frac{\sum X_i \cos \alpha_i}{\sum \cos \alpha_i} \quad (2.1)$$

dengan :

F_{eff} = fetch effektif

X_i = panjang garis fetch

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

2.6 Pembangkitan Gelombang Akibat Angin

Pembangkitan gelombang menurut (Bird, 1994) dimana Gerakan pada permukaan air akibat tiupan angin di atasnya dan juga akibat gerakan tektonik dan gaya grafitasi (Carter, 1988) ada 3 faktor yang membentuk karakteristik gelombang (Davis, 1993) yaitu : durasi angin, kecepatan angin, *fetch* (jarak yang ditempuh angin dari arah pembangkit gelombang atau daerah pembangkitan gelombang).

Pada teknik pantai gelombang yang di bangkitkan oleh angin dan pasang surut sangat berperan penting dikarenakan menimbulkan energi yang berperan dalam proses pembentukan pantai, arus, dan transport sedimen dalam arah tegak lurus dan sepanjang pantai, serta menyebabkan gaya-gaya yang bekerja pada banguan pantai, gelombang merupakan faktor utama dalam penentuan geometri pantai.

Metode peramalan gelombang yang akan dipakai menggunakan metode yang diberikan dalam “*Shore Protection Manual*” (Coastal Engineering Research Centre, US Army Corp of Engineering), edisi 1984.

Disamping itu juga dilakukan *Stability Correction* terhadap perbedaan temperatur udara dan air

$$U = R_T R_L (U_{10})_L \quad (2.2)$$

dimana:

R_T = koreksi akibat adanya perbedaan antara temperatur udara dan air

R_L = koreksi terhadap pencatatan angin yang dilakukan di darat

$(U_{10})_L$ = kecepatan angin pada ketinggian 10 m diatas tanah

R_L dihitung dengan rumus

$$R_L = \frac{U_w}{U_L} \quad (2.3)$$

dimana:

R_L = koreksi terhadap pencatatan angin yang dilakukan di darat

U_w = kecepatan angin di ukur di darat dekat laut

U_L = kecepatan angin di ukur di darat

Dalam peramalan gelombang maka kecepatan angin tersebut harus diubah ke dalam Wind Stress Faktor, U_A , dengan menggunakan formulasi pada persamaan berikut ini:

$$U_A = 0.71 \cdot U^{1.23} \quad (2.4)$$

dimana:

U = U_w , kecepatan angin (m/second)

U_A = wind stress factor

Tinggi gelombang signifikan (H_s), periode signifikan (T_s) didapatkan dengan cara memasukkan nilai *wind stress factor*, U_A , panjang fetch effektif (F_{eff}) pada grafik SPM(Shore Protection Manual) atau dengan memasukkan nilai-nilai tersebut kedalam formulasi persamaan forecasting gelombang laut dalam berikut ini yang merupakan formulasi pendekatan dari grafik menurut SPM, 1984 vol. 1 sebagai berikut:

$$H_s = 5.112 \times 10^{-4} U_A F^{1/2} \quad (2.5)$$

$$T_o = 6.238 \times 10^{-2} \times (U_A \times F)^{0.33} \quad (2.6)$$

$$t = 3.2115 \times \left(\frac{F^2}{U_A} \right)^{1/3} \quad (2.7)$$

$$H_s = 1.42 \times H_{rms} \quad (2.8)$$

$$H_{rms} = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N H_i^2} \quad (2.9)$$

$$H_{avg} = \sum \frac{H_0}{N} \quad (2.10)$$

$$T_{avg} = \sum \frac{T_0}{N} \quad (2.11)$$

Dimana:

H_0 = tinggi gelombang laut dalam (m)

T_0 = periode gelombang laut dalam (s)

t = durasi gelombang

U_A = faktor tegangan angin
 R_L = hubungan U_L dan U_w (kecepatan angin di darat dan laut)

H_{rms} = H root mean square (m)
 H_s = tinggi gelombang signifikan (m)
 H_{avg} = tinggi gelombang laut dalam rata-rata (m)
 T_{avg} = periode gelombang laut dalam rata-rata (s)

2.6.1. Teori gelombang amplitudo kecil

Kompleksitas bentuk gelombang di alam sulit di gambarkan secara matematis (CEM, 2007) akibat perambatan gelombang yang tidak linier, tiga dimensi dan bentuknya acak. Teori gelombang yang ada hanya menggambarkan bentuk gelombang yang sederhana dan merupakan pendekatan gelombang alam.

Teori gelombang amplitudo kecil pertama kali ditemukan oleh Airy (1894) (CEM 2007 ; Soresen 2006). Teori ini berdasarkan gelombang sinusoidal (Kamphuis, 2000) persamaan gelombang sinusoidal pada permukaan di tulis :

$$\eta = a \cos(kx - \omega t) = a \cos\left(\frac{2\pi x}{L} - \frac{2\pi t}{T}\right) \quad (2.12)$$

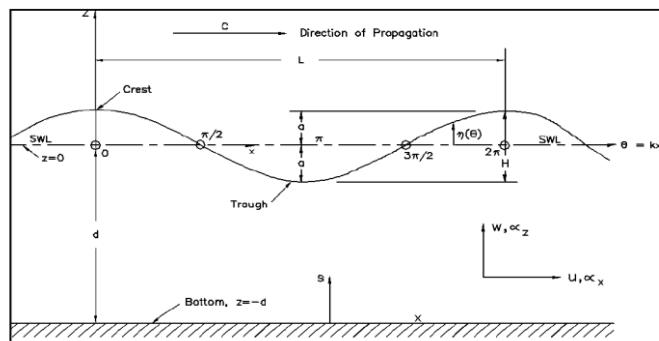
dengan : a = amplitudo gelombang (m)
 x = jarak dalam arah propagasi gelombang (m)
 t = waktu (detik)
 k = konstanta / bilangan gelombang
 ω = frekuensi anguler gelombang
 L = panjang gelombang (m)
 T = periode gelombang (d)

$$\text{dengan : } k = \frac{2\pi}{L} \quad \omega = \frac{2\pi}{T} \quad (2.13)$$

Kecuraman gelombang sebagai perbandingan dari tunggi dan panjang gelombang sebagai akibat tidak semua kondisi gelombang di lapangan memiliki nilai tinggi

dan panjang gelombang yang sama (Kamphuis, 2000). Teori ini di gunakan untuk menurunkan persamaan gelombang dengan mengasumsikan :

- A. Zat cair homogen dan tidak temampatkan, sehingga rapat massa konstan
- B. Tegangan permukaan di abaikan
- C. Tekanan pada permukaan air seragam dan konstan
- D. Zat cair adalah ideal, sehingga berlaku aliran rotasi
- E. Dasar laut horizontal, tetap dan impermeabel sehingga kecepatan vertikal di dasar = 0
- F. Amplitudo gelombang kecil terhadap panjang gelombang dan kedalaman air
- G. Gerak gelombang berbentuk silinder dan tegak lurus arah penjalaran gelombang sehingga gelombang adalah 2 dimensi.



Gambar 2.2 sketsa definisi gelombang progresif (CEM, 2007)

Gelombang pada sistem koordinat x-y, menjalar pada sumbu x(horizontal) (Gambar 2.4.1) , d jarak antar muka air rata-rata dan dasar laut (kedalaman laut); $\eta(x,t)$ fluktuasi muka air yang diam; H tinggi gelombang ($2a$); L panjang gelombang (jarak antara antara 2 puncak gelombang berurutan); T perioide gelombang (interval waktu yang di butuhkan air untuk kembali pada kedudukan sebelumnya); C kecepatan gelombang (L/T); k bilangan gelombang ($2\pi/L$); σ frekuensi gelombang ($2\pi/T$)

2.6.2. Transformasi gelombang

Perbandingan kedalaman (d) terhadap panjang gelombang (L) dinamakan kedalamaan relatif dengan nilai batas sebagai fungsi tanh ($2d/L$) menjadi dasar dalam klasifikasi gelombang.

Tabel : 2.1 klasifikasi gelombang berdasarkan nilai kedalaman relatif (d/L) (Sorensen, 2006)

d/L	Batas nilai kd ($2\pi d/L$)	$\tanh(2\pi d/L)$	Tipe gelombang
>0.5	$>\pi$	1	<i>Depth water</i>
$0.05 < d/L < 0.05$	$0.25 - \pi$	$\tanh(2\pi d/L)$	<i>trasisional</i>
<0.05	<0.25	$(2\pi d/L)$	<i>Shallow water</i>

Gelombang menjalar menuju perairan pantai akan mengalami perubahan ketinggian gelombang akibat pendangkalan (wave shoaling), refraksi, difraksi atau proses refraksi /pantulan sebelum akhirnya gelombang tersebut pecah (wave breaking). Jika suatu muka barisan gelombang datang membentuk sudut kemiringan terhadap pantai yang mempunyai kemiringan dasar dengan kontur kedalaman sejajar pantai, maka muka gelombang akan berubah arah dan cenderung menjadi sejajar dengan garis pantai atau mengalami pembiasaan (refraksi). Arah perambatan perlahan berubah dengan berkurangnya kedalaman (soaling), sehingga muka gelombang cenderung sejajar dengan kedalaman. Bila pantai landai, kemungkinan gelombang tidak pecah tapi mengalami pemantulan gelombang (refleksi). Arah perambatan dapat berubah dan mengalami defraksi, ketika gelombang melewati perairan dengan kedalaman air yang konstan dan terhalang oleh bangunan laut; sehingga terjadi penyebaran energi. Refraksi dan penfangkalan gelombang (wave shoaling) menentukan ketinggian gelombang pada kedalaman tertentu serta distribusi energi gelombang sepanjang pantai. Perubahan arah gelombang hasil refraksi akan menghasilkan daerah ebergi gelombang konvergen (pemasatan) atau divergen (penyebaran) yang berpengaruh terhadap struktur pantai (CERC, 1984).

2.7 Perkiraan Gelombang Dengan Periode Ulang (Analisis Frekuensi)

Frekuensi gelombang-gelombang besar merupakan faktor yang mempengaruhi perencanaan bangunan pantai. Untuk menetapkan gelombang dengan periode ulang tertentu dibutuhkan data gelombang dalam jangka waktu pengukuran cukup panjang(beberapa tahun).

Data tersebut bisa berupa data pengukuran gelombang atau data gelombang hasil prediksi (peramalan) berdasarkan data angin. Dari setiap tahun pencatatan dapat ditentukan gelombang representatif, seperti H_s , H_{10} , H_1 , H_{maks} dan sebagainya.

Berdasarkan data representatif untuk beberapa tahun pengamatan dapat diperkirakan gelombang yang diharapkan disamai atau dilampaui satu kali dalam T tahun, dan gelombang tersebut dikenal dengan gelombang periode ulang T tahun atau gelombang T tahunan. Misalkan apabila $T = 50$, gelombang yang diperkirakan adalah gelombang 50 tahunan atau gelombang dengan periode ulang 50 tahun, artinya bahwa gelombang tersebut diharapkan disamai atau dilampaui rata-rata sekali dalam 50 tahun.

Hal ini berarti bahwa gelombang 50 tahunan hanya akan terjadi satu kali dalam setiap periode 50 tahun yang berurutan; melainkan diperkirakan bahwa gelombang tersebut jika dilampaui k kali dalam periode panjang M tahun akan mempunyai nilai k/M yang kira – kira sama dengan $1/50$.

Terdapat dua metode untuk memprediksi gelombang dengan periode ulang tertentu, yaitu distribusi Gumbell (fisher-Tippett type I) dan distribusi Weibull (CERC, 1992). Dalam metode ini prediksi dilakukan untuk memperkirakan tinggi gelombang signifikan dengan berbagai periode ulang.

Kedua distribusi tersebut mempunyai bentuk berikut ini:

1. Distribusi Fisher-Tippett Type I

$$P(H_s \leq \hat{H}_s) = e^{-e^{\left(\frac{\hat{H}_s - B}{A}\right)}} \quad (2.14)$$

2. Distribusi Weibull

$$P(H_s \leq \hat{H}_s) = 1 - e^{-e^{\left(\frac{\hat{H}_s - B}{A}\right)}} \quad (2.15)$$

Dengan $P(H_s \leq \hat{H}_s)$: probabilitas bahwa \hat{H} tidak dilampaui

H : tinggi gelombang representatif

\hat{H} : tinggi gelombang dengan nilai tertentu

A : parameter skala

B : parameter lokasi

k : parameter bentuk (kolom pertama 2.3)

Data masukan disusun dalam urutan dari besar ke kecil. Selanjutnya probabilitas ditetapkan untuk setiap tinggi gelombang sebagai berikut:

1. Distribusi Fisher-Tippett Type I

$$P(H_s \leq \hat{H}_s) = 1 - \frac{m - 0.44}{N_T + 0.12} \quad (2.16)$$

2. Distribusi Weibull

$$P(H_s \leq \hat{H}_s) = 1 - \frac{m - 0.2 - \frac{0.27}{\sqrt{\kappa}}}{N_T + 0.2 + \frac{0.23}{\sqrt{\kappa}}} \quad (2.17)$$

Dengan $P(H_s \leq \hat{H}_s)$: probabilitas dari tinggi gelombang representatif ke m yang tidak dilampaui

H_{sm} : tinggi gelombang urutan ke m

m : nomor urut tinggi gelombang signifikan = 1, 2, 3.....N

N_T : jumlah kejadian gelombang selama pencatatan (bisa lebih dari gelombang representatif)

Hitungan didasarkan pada analisis regresi linear dari hubungan berikut:

$$H_m = \hat{A} y_m + \hat{B} \quad (2.18)$$

Dimana y_m diberikan dalam bentuk:

Untuk distribusi Fisher-Tippett tipe I :

$$y_m = -\ln\{-\ln F(H_s \leq H_{sm})\} \quad (2.19)$$

Untuk distribusi Weibull :

$$y_m = [-\ln\{1 - F(H_s \leq H_{sm})\}]^{1/\kappa} \quad (2.20)$$

Dengan \hat{A} dan \hat{B} adalah perkiraan dari parameter skala dan lokal yang diperoleh dari analisis regresi linear.

Tinggi gelombang signifikan untuk berbagai periode ulang dihitung dari fungsi distribusi probabilitas dengan rumus berikut

$$H_{sr} = \hat{A} y_r + \hat{B} \quad (2.21)$$

Dimana y_r diberikan dalam bentuk berikut:

Untuk distribusi Fisher-Tippett tipe I:

$$y_m = -\ln\left\{-\ln F\left(1 - \frac{1}{LT_r}\right)\right\} \quad (2.22)$$

Untuk distribusi Weibull :

$$y_m = [\ln\{LT_r\}] \quad (2.23)$$

Dimana:

H_{sm} : tinggi gelombang signifikan dengan periode ulang Tr

Tr : periode ulang (tahun)

K : panjang data (tahun)

L : rerata jumlah kejadian per tahun

$$= \frac{N_T}{K}$$

Standart deviasi dari pendekatan yang dilakukan oleh Gumbell (1958) dan Goda (1988) (dalam CERC, 1992). Persamaan dari standart deviasi yang dinormalkan dihitung adalah:

$$\sigma_{nr} = \frac{1}{\sqrt{N}} [1 + \alpha(y_r - c + \varepsilon \ln \nu)^2]^{1/2} \quad (2.24)$$

Dengan:

σ_{nr} : standart deviasi yang dinormalkan dari tinggi gelombang signifikan dengan periode ulang T_r

N : jumlah data tinggi data gelombang signifikan.

$$\alpha = \alpha_1 e^{\alpha_2 N^{-1/3} + \kappa \sqrt{-\ln \nu}} \quad (2.25)$$

$\alpha_1, \alpha_2, \kappa, \nu$ koefisien empiris yang diberikan oleh tabel 2.2

$$\nu = \frac{N}{N_T} \quad (2.26)$$

2.8 Refraksi Gelombang

Tabel 2.2 Koefisien empiris

Distribusi	α_1	α_2	k	c	ε
FT-1	0.64	9	0.93	0	1.33
Weibull ($k = 0.75$)	1.65	11.4	-0.63	0	1.15
Weibull ($k = 1.0$)	1.92	11.4	0	0.3	0.9
Weibull ($k = 1.4$)	2.05	11.4	0.69	0.4	0.72
Weibull ($k = 2.0$)	2.24	11.4	1.34	0.5	0.54

Refraksi akan dapat menentukan tinggi gelombang di suatu tempat berdasarkan karakteristik gelombang datang. Refraksi mempunyai pengaruh yang cukup besar terhadap tinggi dan arah gelombang serta distribusi energi gelombang di sepanjang pantai.

Perubahan arah gelombang karena refraksi tersebut menghasilkan konvergensi (pengucupan) atau divergensi (penyebaran) energi gelombang dan mempengaruhi energi gelombang yang terjadi di suatu tempat di daerah pantai.

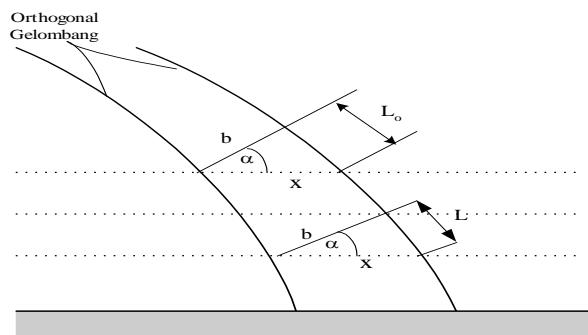
Anggapan-anggapan yang digunakan dalam studi refraksi adalah sebagai berikut ini.

- Energi gelombang antara dua ortogonal adalah konstan.
- Arah penjalaran gelombang tegak lurus pada puncak gelombang, yaitu dalam arah ortogonal gelombang.
- Cepat rambat gelombang yang mempunyai periode tertentu di suatu tempat hanya tergantung pada kedalaman di tempat tersebut.
- Perubahan topografi dasar adalah berangsur-angsur.
- Gelombang mempunyai puncak yang panjang, periode konstan, amplitudo kecil dan monokromatik.
- Pengaruh arus, angin dan refleksi dari pantai dan perubahan topografi dasar laut diabaikan.

Gelombang berjalan dengan panjang gelombang pada laut dalam L_o , mendekati pantai dengan puncak orientasi pada laut dalam yang paralel dengan lokasi garis pantai rata-rata

Kontur dasar kedalaman diberikan untuk panjang gelombang laut dalam sebagai porsi dari puncak gelombang memasuki jenis dimana $d/L_o < 0,5$; panjang gelombang dan penurunan sehingga diberikan pada persamaan:

$$\frac{d}{L} \tanh\left(\frac{2\pi d}{L}\right) = \frac{d}{L_o} \quad (2.26)$$



Gambar 2.3 Refraksi Gelombang lurus dan sejajar

Studi refraksi dilakukan secara analitis dengan anggapan bahwa kontur dasar laut yang dilintasi oleh setiap garis ortogonal gelombang untuk berbagai arah gelombang (angin) adalah sejajar. Studi refraksi ini berdasarkan pada persamaan berikut :

$$\operatorname{Sinh} \alpha_1 = \frac{C_1}{C_0} \operatorname{Sinh} \alpha_0 \quad (2.27)$$

dimana :

α_1 = Sudut datang gelombang di perairan pantai

α_2 = Sudut datang gelombang di laut dalam

C_1 = Cepat rambat gelombang di daerah pantai

C_2 = Cepat rambat gelombang di laut dalam

Dengan menggunakan perumusan diatas, maka sudut datang gelombang pada setiap kedalaman di daerah pantai dapat dihitung apabila arah gelombang laut diketahui. Koefisien refraksi (Kr) dapat dihitung dengan persamaan 2.8.

$$Kr = \sqrt{\frac{\operatorname{Cos} \alpha_0}{\operatorname{Cos} \alpha_1}} \quad (2.28)$$

Selanjutnya tinggi gelombang pada kedalaman tertentu dapat dihitung dengan menggunakan formulasi pada persamaan berikut ini :

$$H = Ksh.Kr.H_0 \quad (2.29)$$

dimana :

H = Tinggi gelombang dititik yang ditinjau

H_0 = Tinggi gelombang di laut dalam

Ksh= Koefisien shoaling

Kr = Koefisien refraksi

L_0 = Panjang gelombang di laut dalam

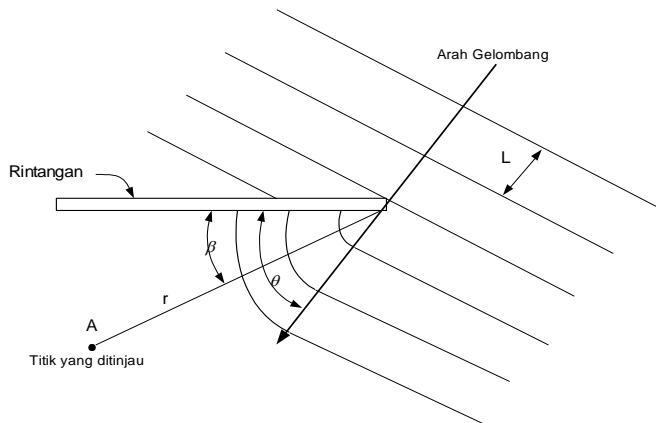
2.9 Difraksi Gelombang

Apabila gelombang datang terhalang oleh suatu rintangan, maka gelombang tersebut akan membelok di sekitar ujung rintangan dan masuk di daerah terlindung di belakangnya. Difraksi terjadi ketika terdapat perbedaan energi gelombang yang tajam di sepanjang puncak gelombang. Transfer energi ke daerah terlindung menyebabkan terbentuknya gelombang di daerah tersebut,

meskipun tidak sebesar gelombang di luar daerah terlindung. Garis puncak gelombang di belakang rintangan membelok dan mempunyai bentuk busur lingkaran dengan pusatnya pada ujung rintangan.

Tinggi gelombang di suatu tempat di daerah terlindung tergantung pada jarak titik tersebut terhadap ujung rintangan r , sudut antar rintangan dan garis yang menghubungkan titik tersebut dengan ujung rintangan β , dan sudut antara arah penjalanan gelombang dan rintangan θ , dan perbandingan antara tinggi gelombang di titik yang terletak di daerah terlindung dan tinggi gelombang datang (r/L) disebut koefisien difraksi K_D .

$$H_A = K_D \cdot H_P \quad (2.30)$$



Gambar 2.4 Difraksi Gelombang

2.10 Refleksi Gelombang

Gelombang yang mengenai atau membentur suatu bangunan akan dipantulkan sebagian atau seluruhnya. Refleksi gelombang di dalam pelabuhan akan menyebabkan ketidaktenangan di dalam perairan pelabuhan. Fluktuasi muka air ini akan menyebabkan gerakan kapal yang ditambat, dan dapat menimbulkan tegangan yang besar pada tali penambat. Sutau bangunan yang mempunyai sisi miring dan terbuat dari tumpukan batu akan bisa menyerap energi gelombang lebih banyak dibanding dengan bangunan tegak dan masif.

Besar kemampuan benda memantulkan gelombang diberikan oleh koefisien refleksi :

$$X = \frac{H_r}{H_i} \quad (2.31)$$

dimana:

H_r = tinggi gelombang refleksi

H_i = tinggi gelombang datang

Adapun koefisien refleksi diberikan pada tabel di bawah ini :

Tabel 2.3 Koefisien Refraksi

No.	Tipe bangunan	X
1.	Dinding vertikal dengan puncak di atas air	0.7 -1.0
2.	Dinding vertikal dengan puncak terendam	0.5 – 0.7
3.	Tumpukan batu sisi miring	0.3 – 0.6
4.	Tumpukan blok beton	0.3 – 0.5
5.	Bangunan vertikal dengan peredam energi (berlubang)	0.05 -0.2

2.11 Pendangkalan Gelombang (*wave shoaling*)

Apabila gelombang menuju perairan dangkal, maka terjadi perubahan karakteristik gelombang yang meliputi perubahan tinggi, panjang dan kecepatan gelombang akibat gesekan dengan dasar laut (CERC, 1984) Proses pendangkalan gelombang (shoaling) adalah proses berkurangnya tinggi gelombang akibat perubahan kedalaman. Perubahan tinggi dan panjang gelombang di analisa dengan asumsi energi gelombang konstan sehingga kehilangan energi di abaikan. Besar kehilangan energi fluks di tulis :

$$P_o = \frac{1}{2} E_o C_o \quad (2.32)$$

Pada laut dangkal, energy fluks gelombang untuk tiap lebar crest ditulis:

$$P = ECg = nEC \quad (2.33)$$

Asumsi energy konstan, maka $P_o = P$, maka

$$\frac{1}{2} E_o C_o = nEC \quad (2.34)$$

Dimana $E_o = \frac{g H_o^2}{8}$ dan $E = \frac{g H^2}{8}$, maka

$$\frac{\frac{1}{2} \frac{C_o g H_0^2}{8}}{8} = \frac{n C g H^2}{8} \rightarrow \left(\frac{H}{H_0}\right)^2 = \left(\frac{1}{2}\right) \left(\frac{1}{n}\right) \left(\frac{C_o}{C}\right) \rightarrow \left(\frac{H}{H_0}\right)^2 = \sqrt{\frac{C_o}{2nC}} \quad (2.35)$$

$$n = \frac{1}{2} = \left| 1 + \frac{\frac{4\pi d}{L}}{\sinh \left[\frac{4\pi d}{L} \right]} \right|$$

$$\frac{C}{C_o} = \tan h \left[\frac{2\pi d}{L} \right] \quad (2.36)$$

Besar koefisien pendangkalan (Shoaling) dihitung menggunakan persamaan

$$: Ksh = \sqrt{\frac{1}{\operatorname{Tanh}\left(\frac{2\pi d}{L}\right) \cdot \left(1 + \frac{\frac{4\pi d}{L}}{\operatorname{Sinh}\left(\frac{4\pi d}{L}\right)}\right)}} \quad (2.37)$$

dimana:

d = Kedalaman air (m)

L = Panjang gelombang (m)

Ksh = Koefisien shoaling'

g = percepatan gravitasi (m/s^2)

C = cepat rambat gelombang (m/s^2)

C_1 = cepat rambat gelombang di daerah pantai (m/s^2)

C_0 = cepat rambat gelombang di laut dalam (m/s^2)

H = tinggi gelombang dari titik yang di tinjau (m)

H_0 = tinggi gelombang di laut dalam (m)

Perubahan kedalaman yang terjadi selama perambatan gelombang menyebabkan perubahan karakteristik gelombang (refraksi). Asumsi yang digunakan dalam kajian refraksi secara analitis adalah kontur dasar laut yang dilintasi oleh setiap garis ortogonal gelombang untuk berbagai arah gelombang (angin) adalah sejajar, berdasarkan persamaan :

$$\sin \varphi_1 = \frac{C_1}{C_o} \sin \varphi_0 \quad (2.38)$$

Sudut gelombang pada tiap kedalaman di daerah pantai dapat dihitung menggunakan perumusan di atas apabila arah gelombang laut dalam di ketahui.

Koeffisien refraksi dihitung dengan persamaan:

$$Kr = \sqrt{\frac{\cos \alpha_0}{\cos \alpha_1}} \quad (2.39)$$

Dengan : α_1 = sudut datang gelombang di perairan pantai

α_0 = sudut datang gelombang di laut dalam

Kr = koeffisien refraksi

2.12 Gelombang Pecah

Gelombang yang menjalar dari laut menuju pantai akan mengalami perubahan bentuk karena adanya perubahan kedalaman laut (kontur). Pengaruh kedalaman laut mulai terasa pada kedalaman lebih kecil dari setengah kali panjang gelombang. Di laut dalam, profil gelombang adalah gelombang semakin tajam dan lembah gelombang semakin mendatar. Selain itu kecepatan dan panjang gelombang berkurang secara berangsur-angsur sementara tinggi gelombang bertambah.

Gelombang pecah dipengaruhi oleh kemiringan, yaitu perbandingan antara tinggi gelombang dan panjang gelombang. Apabila gelombang bergerak menuju laut dangkal, kemiringan batas tergantung pada kedalaman relatif d/L dan kemiringan dasar laut. Gelombang laut dalam yang bergerak menuju pantai akan bertambah kemiringannya sampai akhirnya tidak stabil dan pecah pada kedalaman tertentu, yang disebut dengan kedalaman gelombang pecah d_b . Tinggi gelombang pecah diberi notasi H_b . Munk 1949 dalam CERC 1984, memberikan rumus untuk menentukan tinggi dan kedalaman gelombang pecah sebagai berikut:

$$\frac{H_b}{H_0} = \frac{1}{3.3 \left[\frac{H_0}{L_0} \right]^{\frac{1}{3}}} ; d_b = 1.28 H_b \quad (2.40)$$

dimana:

H_b = Tinggi gelombang pecah

H_0 = Tinggi gelombang di laut dalam

L_0 = Panjang gelombang di laut dalam

d_b = Kedalaman gelombang pecah

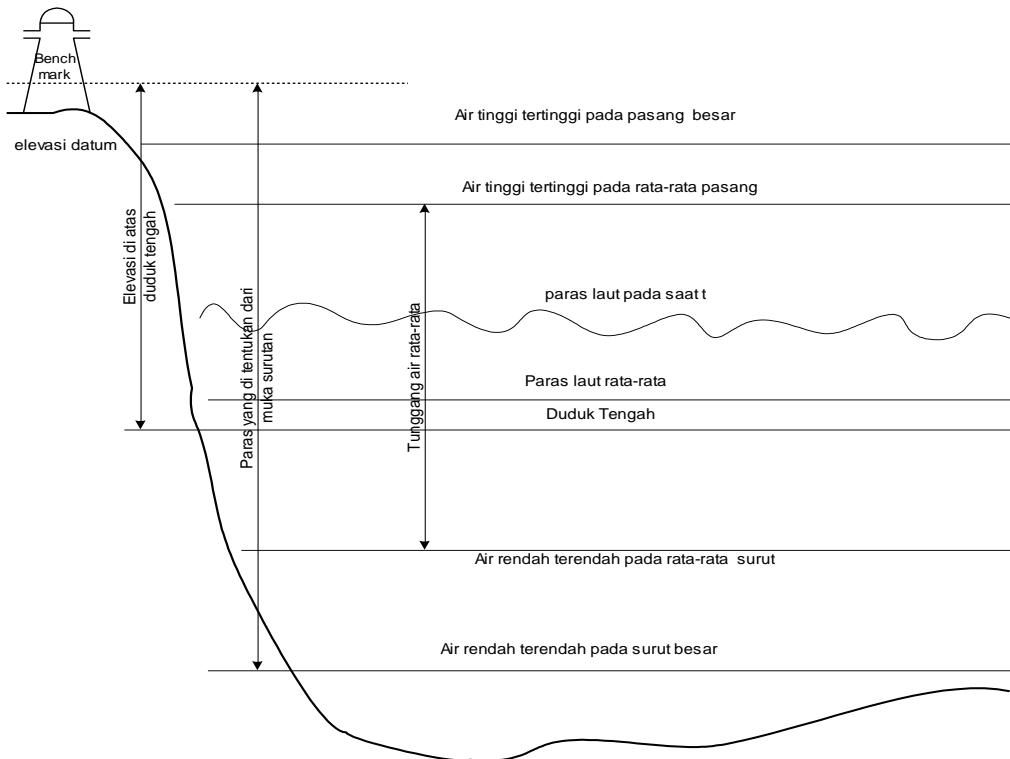
2.13 Pasang Surut

Pasang surut merupakan perubahan gerak relatif dari materi planet, bintang dan benda-benda angkasa lainnya yang diakibatkan oleh aksi gravitasi benda-benda di luar materi itu berada. Dalam konteks oseanografi, pasut adalah perubahan gerak relatif laut akibat gaya gravitasi benda-benda angkasa, khususnya bulan dan matahari.

Gerakan pasang surut pada tempat-tempat tertentu tidak hanya tergantung pada gaya tarik bulan dan matahari saja, tetapi juga ditentukan oleh gaya friksi; rotasi bumi (gaya coriolis); resonansi gelombang yang disebabkan oleh bentuk, luas, kedalaman, topografi bawah air serta hubungan perairan tersebut dengan laut di sekitarnya (lautan terbuka atau laut bebas dengan laut tertutup/laut terisolir).

Selain itu, terdapat faktor-faktor non-astronomi yang mempengaruhi pasut, seperti tekanan atmosfer, angin, densitas air laut, penguapan dan curah hujan. Pasang surut ini erat hubungannya dengan siklus perjalanan matahari dan bulan dalam keadaan relatifnya terhadap bumi (Sugiyono, 1990 *in* Kurniawan, 2000). Keadaan pasang surut di suatu tempat dilukiskan oleh konstanta harmonik. Sehingga yang dimaksud dengan analisis harmonik pasang surut adalah suatu cara untuk mengetahui sifat dan karakter pasang surut di suatu tempat dari hasil pengamatan pasang surut dalam kurun waktu tertentu

Akibat adanya fenomena pasang surut tersebut maka elevasi muka air laut selalu berubah secara periodik. Untuk itu diperlukan suatu elevasi yang dapat dijadikan sebagai pedoman di dalam perencanaan suatu pelabuhan. Beberapa elevasi tersebut adalah elevasi permukaan air tertinggi (HWS), elevasi muka air rata-rata (MSL), elevasi muka air terendah (LWS).



Gambar 2.5. Macam Permukaan Air Laut yang Digunakan sebagai Datum Referensi

Penentuan tinggi dan rendahnya pasang surut ditentukan dengan rumus-rumus sebagai berikut :

$$\text{MSL} = Z_0 + 1,1 (\text{M}_2 + \text{S}_2) \quad (2.41)$$

$$\text{DL} = \text{MSL} - Z_0 \quad (2.44)$$

$$\text{MHWL} = Z_0 + (\text{M}_2 + \text{S}_2) \quad (2.45)$$

$$\text{HHWL} = Z_0 + (\text{M}_2 + \text{S}_2) + (\text{O}_1 + \text{K}_1) \quad (2.46)$$

$$\text{MLWL} = Z_0 - (\text{M}_2 + \text{S}_2) \quad (2.47)$$

$$\text{LLWL} = Z_0 - (\text{M}_2 + \text{S}_2) - (\text{O}_1 + \text{K}_1) \quad (2.48)$$

$$\begin{aligned} \text{HAT} &= Z_0 + \square A_i \\ &= Z_0 + (\text{M}_2 + \text{S}_2 + \text{N}_2 + \text{P}_1 + \text{O}_1 + \text{K}_1) \end{aligned} \quad (2.49)$$

$$\text{LAT} = Z_0 - (\text{M}_2 + \text{S}_2 + \text{N}_2 + \text{P}_1 + \text{O}_1 + \text{K}_1) \quad (2.50)$$

dimana :

MSL = Muka air laut rerata (*mean sea level*), adalah muka air rerata antara muka air tinggi rerata dan muka air rendah rerata. Elevasi ini digunakan sebagai referensi untuk elevasi di daratan

MHWL = Muka air tinggi rerata (*mean high water level*), adalah rerata dari muka air tinggi selama periode 19 tahun

HHWL = Muka air tinggi tertinggi (*highest high water level*), adalah air tertinggi pada saat pasang surut purnama atau bulan mati

MLWL = Muka air rendah rerata (*mean low water level*), adalah rerata dari muka air rendah selama periode 19 tahun

LLWL = Air rendah terendah (*lowest low water level*), adalah air terendah pada saat pasang surut purnama atau bulan mati.

DL = Datum level

HAT = Tinggi pasang surut

LAT = Rendah pasang surut

2.13.1. Pola Pasang Surut

Pola pasang surut ditinjau dari 2 segi yaitu :

a. *Pola satu fase* pasang surut terdiri 1 kejadian pasang dan satu kejadian surut. Pada jarak bulan yang paling dekat dengan bumi akan menimbulkan posisi air pasang.

b. *Pola Harian* adalah perbedaan dalam pola siklus dan panjang waktu terjadinya pasang surut dalam satu hari. Hal ini terjadi akibat rotasi bumi pada sumbunya dan akibat gaya tarik bumi dan bulan seakan menyelimuti dalam bentuk oval, selanjutnya pada daerah dengan garis terdekat dengan bulan akan mengalami *pasang surut diurnal*. *Diurnal* adalah terjadi 1 kali pasang dan surut dalam sehari sehingga dalam satu periode berlangsung sekitar 12 jam 50 menit disebut sebagai *panjang harian tunggal*. Sedang *Semi Diurnal* bila terjadi 2 kali pasang dan 2 kali surut dalam sehari disebut *pasang harian ganda*. Apabila berdasar pengamatan jangka panjang terjadi campuran antara kejadian *diurnal* dengan *semi diurnal*

maka pada lokasi tersebut terdapat pola *pasang surut campuran (mixed)* baik dengan didominasi *semidiurnal* maupun *diurnal*.

Tabel 2.4 Sembilan Unsur-utama Pembangkit Pasut

Unsur	Periode (jam)	Kecepatan sudut ($^{\circ}/\text{jam}$)	Sifat dan disebabkan oleh
M ₂	12.42	28.9841	Harian ganda: bulan orbit lingkaran dan 'equatorial orbit'
S ₂	12.00	30.0000	Harian ganda: bulan orbit lingkaran dan 'equatorial orbit'
K ₂	11.97	30.0821	Harian ganda: deklinasi bulan dan deklinasi matahari
N ₂	12.66	28.4397	Harian ganda: orbit bulan yang eliptis
K ₁	23.93	15.0411	Harian ganda: deklinasi bulan dan deklinasi matahari
O ₁	25.82	13.9430	Harian ganda: deklinasi bulan
P ₁	24.07	14.9589	Harian ganda: deklinasi matahari
M ₄	6.21	57.9682	'quarter diurnal': perairan dangkal
MS ₄	6.20	58.9841	'quarter diurnal: perairan dangkal, interaksi M ₂ dan S ₂

Berbagai metode pengukuran pasut telah dikembangkan saat ini, seperti metode least square (Emery and Thomson, 1997) dan metode Admiralty. Pada tugas perancangan ini akan digunakan metode Admiralty.

Untuk mengetahui sifat-sifat perairan daerah studi, dilakukanlah pengamatan pasang surut sebagai fenomena air laut yang dapat diamati sehari-hari. Hasil pengamatan ini dievaluasi dengan pendekatan harmonik air laut untuk mendapatkan konstanta harmonik berupa amplitudo (A) dan beda fase (g^0).

Kemudian dianalisa untuk mendapatkan tipe pasang surut, kedudukan air laut terendah dan tertinggi yang mungkin terjadi, besar *mean sea level* (S₀), umur pasang surut air laut, besar amplitudo dan beda fase setiap konstanta harmonik

pasang surut yang merupakan sifat-sifat dari suatu perairan. Termasuk juga komponen pasang surut yang terbesar dan terkecil, tunggang air rata-rata dan waktu pasang surut purnama.

2.14 Sebab-Sebab Terjadinya Erosi Pantai

a. Penurunan tanah

Penurunan tanah dapat terjadi karena pengambilan air tanah yang tidak terkendali, ataupun karena penambangan minyak dan bahan mineral lainnya.

b. Penggalian pasir

Salah satu sebab erosi pantai adalah penggalian pasir dan bahan mineral lainnya dari daerah pesisir dan pantai. Penggalian tersebut akan mengurangi cadangan pasir di daerah tersebut sehingga garis pantai dapat tererosi.

c. Interupsi angkutan sejajar pantai

Hal ini dapat terjadi karena pembuatan bangunan tegak lurus pantai. Bangunan tegak lurus tersebut dapat menahan laju angkutan sedimen dari daerah hulu, sehingga pada bagian hilir kekurangan sediment, akibatnya akan terjadi di bagian hulu terjadi akresi dan terjadi erosi di bagian hilir.

d. Pengurangan suplai sediment ke arah pantai

Suplai sediment ke arah pantai dapat terjadi karena aktivitas manusia di darat, seperti pembuatan bendungan dan pengaturan aliran sungai. Karena suplai sediment berkurang maka akan terjadi pengangkutan material pantai.

e. Pemusatan energi gelombang di pantai

Pembuatan bangunan pantai dapat menyebabkan terjadinya pemusatan energi gelombang di daerah tersebut, hal ini dapat menyebabkan erosi.

f. Perusakan pelindung alam

Pada umumnya pantai memiliki pelindung alami seperti tumbuhan dan cadangan pasir berupa dune. Perusakan ataupun pada pelindung alam tersebut dapat mengakibatkan daerah pantai terbuka terhadap gelombang, sehingga daerah yang terlindung tersebut tidak memiliki perlindungan terhadap gempuran ombak.

2.15 Arus dekat pantai

Penjalaran gelombang menuju pantai membawa energi dan momentum sesuai arah penjalaran gelombang. Transpor massa dan momentum menimbulkan arus di daerah dekata pantai. Daerah yang di lintasi gelombang meliputi *offshore zone*, *surf zone*, dan *swash zone*. Karakteristik gelombang di *surf zone* dan *swash zone* sangat penting dalam analisa proses pantai. Arus di *surf zone* dan *swash zone* sangat tergantung pada arah datang gelombang (CEM, 2007 ; CERC, 1984).

Aspek penting gelombang di dekat pantai adalah terbentuknya arus menyusuri pantai (*longshore current*) dan arus tegak lurus pantai (*rip current* atau *cross-shore velocity*) yang mempengaruhi pergerakan material sepanjang pantai. Refraksi gelombang menimbulkan arus pantai, di buktikan adanya daerah gelombang tunggi bergantian dengan daerah gelombang rendah, terutama pada relief lepas pantai dan garis pantai berlekuk serta gelombang datang memiliki puncak yang panjang. Arus di perairan pantai dapat di sebab kan oleh angin, aliran sungai ataupun pasang surut, akan tetapi lebih dominan aliran menyusur pantai.

2.16. Sedimen pantai

2.16.1. definisi dan karakteristik sedimen pantai

Sedimen merupakan sekumpulan rombakan material (batuan, dan bahan organik) yang mempunyai ukuran butir tertentu. Sedimen pantai berasal dari hasil erosi sungai, erosi tebing pantai, dan erosi batuan dasar laut, sebagian besar justru berasal dari sungai yang bermuara di sekitar pantai dan memberikan dampak yang relatif besar ($\pm 90\%$) terhadap transpor sedimen di pantai.sumber sedimen laut berasal dari angin, vulkanik, dan masukan dari sungai yang sebagian besar di hasilkan dari pelapukan batuan didarat. Sedimen, berdasarkan sumbernya (Barnes, 1969) dibedakan menjadi sedimen yang bersumber dari sungai yang jenisnya banyak mempengaruhi pembentukan pantai di sekitar muara sungai (disebut *sediment of inlet*) dan sedimen yang bersumber dari darat yang

terangkut ke laut oleh angin dan *drainase* atau penguraian sisa-sisa organisme (*pyroclastic sediment*). Sedimen berdasarkan Skala Wenworth-ukurannya diklasifikasikan menjadi lempung, lanau, pasir, kerikil, koral, cobble, dan batu.

Penggunaan unit phi (ϕ) dipakai untuk mempermudah klasifikasi jika sedimen mengandung ukuran kecil dalam jumlah besar, didasarkan pada logaritma negatif dua $\phi = -\log_2 d$ (d adalah diameter partikel (mm), tanda negatif digunakan agar partikel dengan diameter < 1 mm memiliki nilai phi positif). Konversi unit phi menjadi milimeter menggunakan persamaan $D = 2^{-\phi}$ (CEM, 2007).

Ukuran partikel menunjukkan (1) keberadaan partikel dari jenis yang berbeda, (2) daya tahan (resistensi) partikel terhadap partikel pelapukan (*whitering*) erosi atau abrasi, dan (3) proses pengangkutan dan pengendapan material, misalnya kemampuan angin atau air untuk memindahkan partikel. Ukuran partikel sangat penting dalam menentukan tingkat pengangkutan sedimen ukuran tertentu dan tempat sedimen tersebut terakumulasi di laut (Gross, 1993).

Parameter statistik ukuran butir rata-rata (*mean grain size*), standar deviasi, keruncingan, kurtosis (pengukuran tinggi rendahnya grafik distribusi frekuensi, terutama berkenaan dengan konsentrasi nilai yang mendekati rata-rata jika dibandingkan dengan distribusi normal) sering digunakan dalam menentukan lingkungan tersedimen dan rah transpor sedimen (Dean dan Dalrymple, 2004; folk, 1964; dyer 1986). Ukuran butir rata-rata dihitung dengan persamaan :

$$M_{d\phi} = \frac{(\phi_{84} + \phi_{16})}{2} \quad (2.51)$$

Atau

$$M_{d\phi} = \frac{(\phi_{84} + \phi_{50} + \phi_{16})}{3} \quad (2.52)$$

Besar butir rata-rata merupakan fungsi ukuran butir dari populasi sedimen dan nilai terbesar butir (50% halus dan sebalinya kasar). Standar deviasi adalah metode pemilihan keseragaman distribusi ukuran butir, type pengendapan,

karakteristik arus pengendapan, serta lamanya waktu pengendapan dari populasi sedimen.

Sortasi menunjukkan kisaran persen nilai ukuran butir. *sortasi* sempurna jika contoh sedimen mengandung ukuran butir yang sama memiliki kisaran nilai yang besar, di hitung menggunakan persamaan :

$$\sigma_0 = \frac{(\phi_{84} - \phi_{16})}{2} \quad (2.53)$$

Pasir pantai memiliki nilai distribusi $\sigma_0 \leq 0.5$ dikategorikan tersortasi baik $\sigma_0 \geq 1$ di kategorikan tersortasi jelek (Dean dan Dalrymple, 2004).

Skewness mencirikan dominasi ukuran butir populasi sedimen (simetri condong ke arah sedimen berbutir kasar atau condong kearah berbutir halus), sehingga dapat mengetahui dinamika sedimentasi (Folk, 1974). nilai *Skewness* positif menunjukan populasi sedimen codong berbutir halus. Sebaliknya *Skewness* negatif menunjukan populasi sedimen berbutir kasar. Besar nilai *Skewness* (Dean dan Dalrymple, 2004) di hitung dengan persamaan :

$$\alpha_0 = \frac{(M_{d0} - \phi_{50})}{\sigma_0} \quad (2.54)$$

Kurtosis (Dean dan Dalrymple, 2004) di hitung menggunakan persamaan

$$\beta_0 = \frac{(\phi_{16} - \phi_5) + (\phi_{95} - \phi_{84})}{2\sigma_0} \quad (2.55)$$

Dengan :

ϕ = diameter butir sedimen

M_{d0} = ukuran rata-rata sedimen

σ_0 = sortasi

α_0 = skewness

β_0 = kurtosis

Sedimen dengan ukuran lebih halus akan lebih mudah berpindah dan cenderum lebih cepat dari pada ukuran kasar. Fraksi halus terngkut dalam bentuk

suspensi dan fraksi kasar terangkut pada atau dekat dasar laut. Partikel yang lebih besar akan tenggelam lebih cepat dibandingkan yang berukuran kecil.

2.16.2. Transpor sedimen pantai

Gelombang, arus dan pasang surut berpengaruh terhadap transpor sedimen di daerah pantai, sedangkan suhu dan salinitas lebih berpengaruh pada kecepatan endap kohesive (Sorensen, 2006). Sedimen yang berasal dari dasar perairan dan mudah bergerak, memungkinkan sedimen tergerus oleh gelombang dan berpindah searah pergerakan arus. Secara umum, bentuk transpor sedimen di bedakan menjadi tipe *bedload*, *suspendedload*, dan *wash load* (Dean dan Dalrymple, 2004; Freds dan Deigaad, 1993).

Ada 2 tipe transpor sedimen di perairan pantai (CEM. 2007) yaitu transpor menuju dan meninggalkan pantai, mempunyai arah rata-rata tegak lurus garis pantai dan transpor sepanjang pantai, mempunyai arah rata-rata sejajar garis pantai. Sedimen di daerah pantai kemungkinan terdiri atas material dalam jumlah signifikan dan merupakan ukuran sedimen yang kembali ke daerah pantai. Sebaran sedimen di daerah pantai dipengaruhi 3 faktor utama yaitu : (1) sumber sedimen, (2) tingkat energi gelombang, dan (3) kemiringan pantai. Sebaran sedimen sepanjang profil pantai dihasilkan oleh fariasi tegak lurus pantai terhadap ukuran sedimen (Dean dan Dalrymple, 2004).

Awal pergerakan sedimen akibat pengaruh gelombang di representasikan oleh parameter Shild, hanya jika lebih besar dari parameter kritis Shild dalam bentuk persamaan:

$$\theta = \frac{u_*^2}{(s-1)g d} = \frac{\tau}{\rho(s-1)g d} \quad (2.56)$$

Diagram shield untuk arus dapat digunakan secara langsung untuk gelombang dengan menambahkan tekanan arus dasar sesuaia definisi (Liu, 2001) dalam persamaan:

$$\tau_{w,max} = \frac{1}{2} \rho f_w U_m^2 \quad (2.57)$$

Um kecepatan horizontal maksimum partikel air di dasar dimana:

$$U_m = \frac{\pi H}{T} \frac{1}{\sin h \left[\frac{\pi h}{L} \right]} \quad (2.58)$$

Dan f_w koefien friksi gelombang

$$f_w = \exp \left[5.5 \left(\frac{k_s}{A} \right)^{0.2} - 6.3 \right] \quad (2.59)$$

k_s = nilai kekasaran permukaan dasar laut

A = amplitudo osilasi partikel air di permukaan dasar laut

Dalam rekaya, kedalaman didekat pantai merupakan pendekatan terbaik sepanjang profil survey yang akurat. Jika data yang ada tidak memadai, metode analitik Hallermeier (1983) dalam Liu (2001) dapat di gunakan untuk estimasi kedalaman dengan persamaan:

$$\frac{h_c}{H_{s,0}} = 2.28 - 10.9 \frac{H_{s,0}}{L_{s,0}} \quad (2.60)$$

$H_{s,0}$ = tinggi gelombang signifikan pada kedalaman air melampaui 12jam/tahun

$L_{s,0}$ = panjang gelombang pada kedalaman air sebanding dengan periode gelombang signifikan

2.17. Transpor sedimen tegak lurus pantai

Model perubahan garis pantai di bangun berdasarkan profil periode panjang dan periode pendek, profil dalam periode pendek merupakan profil keseimbangan pantai, sebagai respom pantai terhadap perubahan harian kondisi gelombang sebagai asosiasi dengan badi dan perubahan iklim. Keseimbangan pofil pantai di tunjukan dengan bentuk pantai bervariasi sesuai kedalaman sebagai fungsi dari jarak dan amplitudo terhadap garis pantai, seperti persamaan (Brunn, (1954) dan Dean, (1977) dalam Siswanto, 2010).

$$h = A(x^{2/3}) \quad (2.61)$$

dengan

$(x^{2/3})$ = keseimbangan pantai

A = parameter bentuk dengan control klasifikasi profil mengikuti ketentuan:

- 1) $A = 0.41(d_{50})^{0.94}$ untuk $d_{50} < 0.4$
- 2) $A = 0.23(d_{50})^{0.32}$ untuk $0.4 \leq d_{50} < 10.3$
- 3) $A = 0.23(d_{50})^{0.28}$ untuk $10 \leq d_{50} < 40$
- 4) $A = 0.46(d_{50})^{0.11}$ untuk $40 \leq d_{50}$

2.18. Transpor sedimen sejajar pantai

Secara umum transpor sedimen sejajar pantai terjadi karena pengaruh gelombang dan arus sepanjang pantai, gelombang yang mendekat pada sudut tertentu akan maksimal pada sudut tertentu dan pecah karena kemiringan pantai akibat kedalaman, yang akan membangkitkan arus dekat pantai yang akan menentukan arah gerak sedimen pantai (Komar 1998), arus menyusur pantai merupakan penyebab efektif dari pergerakan sedimen pantai, arah sedimen pantai dapat diketahui dari perubahan garis pantai dalam periode yang lama.

Formula Bijker merupakan transpor sedimen yang sederhana yang mengkombinasikan gelombang dan arus serta dapat di terapkan untuk gelombang pecah (Bayram et al, 2001).

Ada 2 kemungkinan arah pergerakan transpor sedimen sejajar garis pantai, yaitu kanan (Q_{rt}), dan kiri (Q_{lt}) relatif terhadap pengamat yang berdiri menghadap ke laut, *net tranport rate*, Q_n ($Q_{rt} - Q_{lt}$) dan *gross transport rate* Q_g ($Q_{rt} + Q_{lt}$), keduanya perlu dibedakan pada lokasi tertentu. Arah distribusi tahunan energi gelombang dapat menyebabkan laju angkutan dominan bergerak dalam satu arah sehingga $Q_g > Q_n$. Energi tahunan juga terdistribusi dalam segala arah sehingga di duga sedimen akan terangkut ke segala arah dengan volum yang sama.

2.19. Imbangan sedimen pantai

Analisa ini bermanfaat untuk mengevaluasi sedimen pantai berdasarkan pada hukum kontinuitas atau kekekalan massa sedimen untuk pantai yang di tinjau.

Hasil analisa dipakai untuk memperkirakan erosi atau sedimentasi pantai. Konsep konservasi massa yang diaplikasikan untuk proses transpor sedimen pantai secara umum melalui 3 tahap

1. Teraduknya material kohesif dari dasar laut hingga tersuspensi atau lepasnya material non kohesif dari dasar laut
2. Perpindahan material secara horizontal
3. Pengendapan material sedimen

Ketiga tahapan tergantung pada gerakan fluida dan karakteristik sedimen terangkat jika jumlah inflow < outflow maka akan mengalami erosi dan sebaliknya jika inflow > outflow maka pantai akan mengalami sedimentasi.

Konsep satuan (sel) sedimen memerlukan pemahaman sumber sedimen (sediment source), akumulasi sedimen semntara, hilangnya sedimen, pergerakan sedimen, batas pergerakan sedimen dan proses-proses energi (gelombng), sel dan sub-sel dapat didefinisikan secara konsisten dengan mengidentifikasi ketidak kontinyuan di dalam laju dan arah sedimen sejajar pantai. Batas sel di bagi menjadi batas-batas tetap dan batas-batas sementara (dinamik) secara umum memiliki karakter yang luas dan stabilitas yang terbatas, berupa konvergensi *litoral drift*, ditandai adanya struktur bangunan atau kenampakan morfologi (Siswanto, 2010).

2.20 One-line model

Onw-line model merupakan salah satu model matematika yang dapat digunakan untuk simulasi garis pantai [10]. Profil *shoreline* diasumsikan akan selalu tetap selama proses simulasi one-line model berlangsung. Model ini membagi *shoreline* ke dalam pias atau sel. Di setiap pias akan dihitung *transport* sedimen baik yang masuk ataupun keluar.

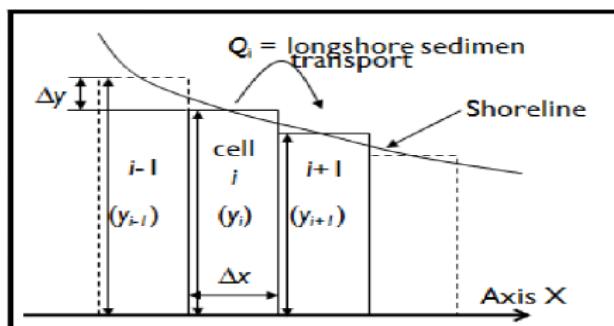
Adapun tahapan dalam pemodelan perubahan garis pantai dengan *ONE-LINE* Model adalah sebagai berikut.

1. Membentuk garis pantai awal.
2. Membagi garis pantai dalam sejumlah pias atau sel.
3. Menentukan berbagai sumber sedimen dan sedimen yang hilang pada seluruh sel.

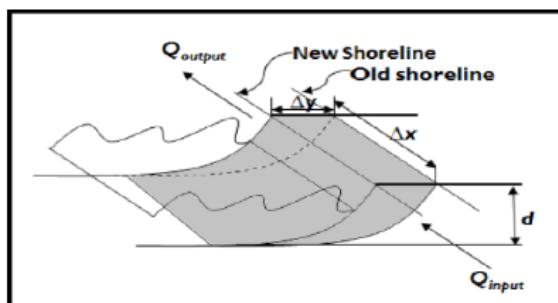
4. Menghitung debit *transport* sedimen pada setiap sel berdasarkan periode dan sudut datang gelombang.
5. Menghitung perubahan garis pantai pada tiap sel untuk setiap langkah waktu .

Volume tingkat transportasi sedimen yang menyebabkan garis pantai mengalami akresi dan erosi diukur dengan model garis pantai ini. Tahapan paling awal pemodelan ini adalah dengan membagi panjang garis pantai studi ke dalam pias/sel dengan lebar yang sama. Dalam model ini, lebar setiap pias/sel semakin kecil akan semakin baik. Lebar ideal yang dapat direncanakan adalah 20 m. Titik-titik persimpangan di setiap 20m dapat diperoleh. Titik-titik inilah merupakan lebar (x) dan panjang (y) yang digunakan sebagai *input* garis pantai awal untuk model garis pantai. Gambar 1 menjelaskan lebih detail tentang lebar sel (Δx) dan panjang y (i mewakili jumlah sel).

Pemodelan perubahan garis pantai yang akan dilakukan dengan *ONE-LINE* model ini dilakukan dengan memodifikasi model, prinsip perubahan ini dengan mengukur *rate* volume sedimen yang masuk dan keluar dari setiap sel.



Gambar 2.6 Garis pantai dibagi ke dalam sel yang memiliki lebar Δx dan panjang (y_i), i mengacu pada nomor dari sel



Gambar 2.7 Sedimen Transpor ke dalam dan keluar sel

BAB 3

METODOLOGI

3.1 Pengumpulan Data

3.1.1 Pengolahan Data Citra Satelit

Landsat merupakan satelit berorbit polar yaitu satelit yang orbitnya melintasi kutub utara dan kutub selatan beberapa kali dalam sehari untuk tujuan observasi bumi, dengan ketinggian 900 km dan mempunyai kemampuan meliput bumi setiap 16 hari (resolusi temporal 16 hari). Resolusi spasial adalah tingkat kerincian atau kedetailan obyek yang terekam pada citra satelit, obyek tersebut biasanya direpresentasikan dalam bentuk piksel. Resolusi spasial untuk *visible*, *near infrared* dan *mid infrared* (*band 1-5* dan *band 7*) adalah 30 meter, resolusi spasial untuk *band panchromatic* (*band 8*) adalah 15 meter dan resolusi spasial untuk thermal infrared (*band 6*) adalah 60 meter, sehingga *Band 5* pada Landsat 5 dan Landsat 7 memiliki resolusi spasial yang sama, yaitu 30 meter.

Berikut tahapan pengelolaan data citra satelit

1. Koreksi Geometri

Dalam menentukan waktu dan data yang benar maka di perlukan kondisi pasang surut yang sama maka dari itu di perlukan tau nilai MSL atau LWS sebagai patokan pengambilan data pada peta citralansat Suntoyo (2019) .

Koreksi geometri dilakukan referensi posisi dan sistem koordinat dengan Peta Rupabumi Indonesia yang dipublikasikan oleh Badan Koordinasi Survei dan Pemetaan Nasional (BAKOSURTANAL) Proyeksi yang digunakan di daerah penelitian adalah *Universal Transverse Mercator* (UTM) zona 48 *Southern Hemisphere* dengan datum

World Geographic System (WGS) 1984.

2. Komposit Citra dan Interpretasi Citra Satelit

Penyusunan komposit citra bertujuan untuk mempermudah dalam interpretasi citra. Citra Satelit Landsat merupakan citra multispectral. Fungsi multispektral dilakukan dengan memilih 3 band yaitu untuk membuat citra komposit warna

dengan memasukkan setiap band kedalam tiga buah filter yaitu *Red*, *Green*, dan *Blue* (RGB). Proses penajaman citra dilakukan dengan membuat paduan citra komposit untuk band 431 pada citra Landsat 7.

3. pemetaan garis pantai

Metode yang digunakan untuk perolehan peta garis pantai terdiri dari dua proses dasar, yakni proses *digitizing*, dan *overlay* (tumpeng susun).

- a. Proses *digitizing* dengan melakukan proses digitasi untuk memisahkan antara garis pantai, lautan dan daratan. Sehingga didapatkan layer garis pantai tahun 2002 dan tahun 2018 dari citra landsat ETM 7 perekaman tahun 2002 2006, 2009, 2013, 2015, dan 2018. Proses *overlay* merupakan proses dimana hasil digitasi garis pantai tahun 2002, 2006, 2009, 2013, 2015, dan 2018 ditumpang susunkan. Dengan begitu akan diperoleh hasil berupa perubahan garis pantai pada wilayah Teluk Banten. Hasil peta perubahan garis pantai ini merupakan interpretasi awal perubahan garis pantai untuk penentuan lokasi sampel.

3.1.2. Arah dan Kecepatan angin

Data arah dan kecepatan angin di peroleh dari Stasiun Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika. Data angin yang akan di gunakan 2002, 2006, 2009, 2013, 2015, 2018 yang akan di gunakan untuk presdiksi gelombang laut dalam. data ini akaa di gunakan untuk memprediksi gelombang laut dan pengaruhnya terhadap pembentukan arus dan transport sedimen di sekitaran pantai.

3.1.3. Pasang Surut

Data arah dan kecepatan angin di peroleh dari Stasiun Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika. data yang akan di gunakan yaitu tanggal 2 agustus 2006 sampai dengan 2 agustus 2018.

3.2. Analisa Data

3.2.1. Peramalan Gelombang

Setelah menganalisa data angina, yang di kelompokan tiap bulan untuk menentukan arah presentasenya dan kecepatan angin sesuai dengan periode pengamatan. Perhitungan durasi angina perkiraan dengan presentase arah pada selang kecepatan tertentu menggunakan persamaan t atau $d_h = e^{*}24$ jam, dengan e presentase kejadian perbulan. d_h (durasi angin).

Peramalan gelombang (Svredrup dan Munk, 1947; Bretscheneider, 1958) Menggunakan metode SMB (Svredrup Munk Bretscheneider) (CEM, 2007; Komar, 1998; CERC 1984) dengan tahapan sebagai berikut :

1. Pemisahan angina kuat (mampu membangkitkan gelombang ≥ 10 knot dan hanya berasal dari lautan) dan arahnya setiap bulan.
2. Untuk peramalan gelombang, berdasarkan data angin maksimum yang di ukur di darat, di koresi menjadi data angin laut.
 - a. Koreksi data angin pada ketinggian 10 m
 - b. Koreksi durasi angin
 - c. Berdasarkan nilai durasi angina dan panjang fetch, dilakukan koreksi angin darat ke laut
3. Menghitung panjang fetch efektif menggunakan peta RBI (Peta Rupabumi Indonesia (RBI) adalah peta topografi yang menampilkan sebagian unsur-unsur alam dan buatan manusia di wilayah NKRI) dengan persamaan dari *Shore Protection Manual* (CERC 1984) $F_{eff} = \frac{\sum X_i \cos \alpha}{\sum \cos \alpha}$ dimana F_{eff} adalah fetch efectif, X_i adalah panjang segmen yang di ukur dari titik observasi gelombang sampai dengan memotong garis pantai, α adalah sudut angina datang yang menggunakan sudut 5° sampai dengan 45° pada sisi kanan dan kiri arah angin metode ini berdasarkan asumsi :
 - a. Angin berhembus dari permukaan air melalui lintasan berupa garis lurus.
 - b. Angin berhembus dengan mentransfer energinya , arah angina menyebar dalam radius 45° pada sisi kanan dan kiri arah angina
 - c. Angin berhembus dengan mentransfer satu unit energi pada air dengan

ditambah satu energy yang di tentukan hargacosinus sudut antara jari-jari terhadap arah angin.

- d. Gelombang di serap secara sempurna di pantai.
4. Menentukan tinggi gelombang signifikan (H_s) dan periode gelombang signifikan (T_s) menggunakan grafik sesuai dengan perhitungan fetch efektif (F_{eff}) dan U_A factor tegangan angin.
 5. Analisa parameter gelombang akan di selesaikan dengan program refraksi gelombang (Komar, 1984) sesuai gelombang amplitude kecil. Penyederhanaan rumus gelombang dilakukan dengan klsifikasi gelombang bedasarkan kedalaman (Tabel 3.1)

Tabel 3.2.1 Persamaan parameter gelombang amplitude kecil (CEM, 2007)

Kedalaman relatif	Perairan dangkal $\frac{d}{L} < \frac{1}{25}$	Perairan transisi $\frac{1}{25} < \frac{d}{L} < \frac{1}{2}$	Perairan dalam $\frac{d}{L} > \frac{1}{2}$
Profil muka air	\geq	$\eta = \frac{H}{2} \cos \left(\frac{2\pi x}{L} - \frac{2\pi t}{T} \right)$	\leq
Kecepatan gelombang	$C = \frac{L}{T} = \sqrt{gd}$	$C = \frac{L}{T} = \frac{gT}{2\pi} \tanh \left(\frac{2\pi l}{L} \right)$	$C = C_o = \frac{L}{T} = \frac{gT}{2\pi}$
Panjang gelombang	$L = T \sqrt{gd} = CT$	$L = \frac{gd^2}{2\pi} \tanh \left(\frac{2\pi l}{L} \right)$	$L = L_0 = \frac{gd^2}{2\pi} C_0 T$
Kecepartan grup	$C_g = C = \sqrt{gd}$	$C_g = nC = \frac{1}{2} \left(1 + \frac{4\pi/L}{\sinh(\frac{4\pi}{L})} \right) C$	$C_g = \frac{1}{2} C = \frac{gt}{4\pi}$

3.2.2. Analisa pasang surut

Data yang akan di gunakan yaitu tanggal 2 agustus 2006 sampai dengan 2 agustus 2018, di analisa dengan menggunakan metode admiralty untuk memperoleh komponen pasang surut.\

3.2.3. Analisa gelombang pecah

Parameter yang akan digunakan adalah sudut datang gelombang (α_0), tinggi gelombang pecah (H_1), kecepatan gelombang (C_0), kecepatan grup gelombang (C_g), periode gelombang (T), dan kedalaman pearaiaran (d). diperlukan data kemiringan pantai pada segmen yang ditinjau untuk menentukan indeks gelombang pecah (Y_b) yang akan digunakan dalam perhitungan. Arah gelombang datang tak selalu tegak lurus dengan garis pantai, sehingga perlu di perhitungkan pengaruh transformasi gelombang utama (pengaruh *refraksi* dan *shoaling* akibat perubahan kedalaman). Pembuatan diagram refraksi menggunakan metode puncak gelombang (CEM, 2007). Penentuan besar sudut datang gelombang di perairan dalam disesuaikan dengan sudut datang angina permukaan.

Analisa transformasi gelombang dilakukan dengan menentukan gelombang laut dalam ekivalen pada kedalaman acuan (refrensi). Tinggi gelombang di hitung dengan cara persamaan (x) dengan koefisien shoaling dan refraksi yang dihitung dengan persamaan (x) dan (x).

3.2.4. Arus dekat pantai

Kecepatan arus didaerah panai di dasarkan pada arus permukaan yang di dapat dari BMKG stasiun maritim, yang diamana arus ini nantinya akan di olah guna memperoleh kecepatan dan arah dominan pada waktu tertentu. Arus yang timbul akibat gelombang pecah, yaitu arus yang menyusuri pantai, tdk di hitung dalam penelitian ini.

3.2.5 Analisa Butir sedimen

Analisa butir sesuai ASTM (*American Society for Testing and Material*) menggunakan metode *sieve net* untuk ukuran sedimen paasir dan metode pemetaan ukuran sedimen lempung, lanau yang klasifikasi menurut sekala

Wenworth. Prosedur analisa fisik sedimen menggunakan software *Grain Size Analys* dengan keluaran berupa parameter statistic sedimen (Gaussian distribution) meliputi ukuran partikel sedimen tersuspensi (D_{50} , D_{90}) (CEM, 2007; Komar, 1998), dan untuk menghitung kosentrasi sedimen tersusupensi menggunakan metode gravimetric (BSN, 2004).

3.3 One-line model Perubahan garis pantai

Sebagian besar model numerik untuk memperkirakan perubahan garis pantai dalam periode waktu yang lama (Dong, dan Huixin, 1999) dalam aplikasi teknik pantai. Model di bangun dan di kembangkan menggunakan Bahasa pemrograman Fortran oleh Suntoyo (1995). Input utama yang diperlukan adalah parameter gelombang pecah (tinggi, periode, dan sudut datang). Hasil yang didapat dari model ini dibandingkan dengan perhitungan dan analisa citra satelit.

Langkah permodelan di lakukan dengan penentuan bentuk garis pantai, di bagi dalam jumlah sel, menentukan sumber sedimen dan sedimen yang hilang pda sel, dan menghitung perubahan garis pantai, dalam periode waktu (Suntoyo, 1995)

Tahapan dalam permodelan dalam permodelan garis pantai adalah

1. Menentukan bentuk garis pantai awal ($Y_1, Y_2, Y_3, \dots, Y_n$)
2. Mebagi garis pantai menjadi beberapa sel (ΔX).
3. Menentukan sumber sedimen dan sedimen yang hilang pada seluruh sel (Q_e)
4. Menghitung perubahan garis pantai untuk setiap langkah waktu Δt .

Persamaan () menggambarkan garis pantai yang dapat diselesaikan secara numerik menggunakan metode beda hingga secara implisit. Penyelesaian dilakukan dengan membagi pantai menjadi beberapa sel, dan waktu dalam sejumlah langkah waktu. Pembagian menjadi beberapa sel bertujuan untuk mengubah bentuk persamaan diferensial pasial kedalam bentuk diskret pada sejumlah titik hitungan, dan selanjutnya di selsaikan secara numerik untuk mendapat posisi gari pantai.

3.4 Analisa perubahan dan stabilitas garis pantai

Perubahan garis pnati di analisa menggunakan indicator budget sedimen

untuk meng evaluasi besarnya transport sedimen dari energy yang bekerja pada areal tertentu (secara spasial) dari tepi pantai ke tepi laut (profil). Analisa budget sedimen pantai didasarkan pada hokum continuitas (kekekalan massa sedimen) sehingga diketahuo daerah pantai yang mengalami abrasi atau akresi dari aktifitas energy yg bekerja. Citra Lansat di koreksi terhadap perta batimetri dan pasang surut sebagai kondi sawal dan akhir dr garis pantai. sehingga pada nantinya diketahui perubahan garis pantai kedepanya agar kita dapat mengelola san melindungi lingkungan pesisir Kota Surabaya kedepanya.

BAB IV

PEMBAHASAN

4.1 Lokasi Penelitian

Perkembangan Kota Surabaya yang pesat membuat banyak pembangunan atau pengembangan di lingkungan pesisir sedangkan Surabaya sendiri memiliki ekosistem bakau yang ada hampir sebagian besar di Surabaya terletak di hutan mangrove Wonokromo (luas 2.534 ha, terletak pada 70° 16' 03" LS-1120 50' 31" BT) relative penting dalam melindungi pantai dari serangan gelombang.

Penelitian ini dilakukan pada koordinat 7,34 LS dan 112,82 BT di mulai dari jembatan Suromadu sampai dengan Perbatasan Sidoarjo-Surabaya, yang menarik dari Surabaya adalah luasan hutan yang makin bertambah namun juga tak luput dari pembangunan-pembangunan untuk industri di Kota Surabaya

Sehingga pada tiap tahunnya garis pantai Kota Surabaya selalu berubah-ubah

Terlihat pada perubahan garis pantai yang cukup besar pada tahun 2012 – 2016.

Daerah di sekitar Suramadu merupakan daerah dengan kepadatan penduduk yang memiliki bangunan dekat pantai dan padat sehingga mempengaruhi garis pantai karena tidak adanya buffer zone sehingga menurunkan daya dukung lingkungan.

4.2. Citra Satelit

Citra satelit Landsat 7 merupakan citra satelit bumi yang memiliki ETM (*Enhanced Thematic Mapper*) dan Scanner yang dapat membantu untuk pemotretan foto udara. Landsat 7 ini diluncurkan pada bulan April 1999. Kegunaan citra satelit Landsat 7 ini digunakan untuk pemetaan penutupan lahan, pemetaan geologi, serta pemetaan suhu permukaan laut. Berikut merupakan spesifikasi dan karakteristik beberapa kanal (band) yang dimiliki oleh Landsat 7:

a. DATA LANDSAT-7ETM			
Kanal	Panjang Gelombang (μm)	Resolusi Spasial (m)	Karakteristik
1 (biru)	0,45-0,51	30	Penetrasi maksimum pada air berguna untuk pemetaan batimetri perairan dangkal
2 (hijau)	0,52-0,60	30	Berfungsi untuk mengindera puncak pantulan vegetasi.
3 (merah)	0,63-0,69	30	Berfungsi untuk membedakan absorpsi klorofil dan tipe vegetasi.
4 (Inframerah dekat)	0,75-0,90	30	Untuk menentukan kandungan biomas, tipe vegetasi, pemetaan garis pantai.
5 (Infra-merah tengah I)	1,55-1,75	30	Menunjukkan kandungan kelembaban tanah dan kekonsentrasi tipe vegetasi.
6 (Infra-merah) thermal	10,4 – 12,5	30	Untuk mendeteksi gejala alas yang berhubungan dengan panas.
7 (Infra-merah tengah II.)	2,09-2,35	30	Rasio antara kanal 5 dan 7 untuk pemetaan perubahan batuan secara hidrotermal dan sensitif terhadap kandungan kelembaban vegetasi
8 (Pankromatik)	0,52-0,90	15	Bermanfaat untuk identifikasi obyek lebih detail.

Gambar 4.1. keunggulan tiap band pada Landsat 7

Pada penelitian ini di gunakan data citra landsat 7 pada tahun 2012, 2014, 2016 , yang pada awalnya pada pengambilan gambar citra memiliki waktu dan tanggal yang berbeda suai dengan satelit melintas pada daerah itu sehingga memiliki ketinggian pasang surut yang berbeda-beda sehingga harus menyesuaikan dengan MSL (*Mean Sea Level*) dengan nilai MSL= !,8 m

	M2	S2	N2	K2	K1	O1	P1	M
A (cm)	59	29	16	5	45	27	14	-
g(°)	41	30	69	29	64	100	41	-

Dengan menggunakan rumus Formzahl (F)

$$F = (K1 + O1) / (M2 + S2)$$

$$F = 0,818$$

Dari rumus Formzahl diatas maka dapat diketahui tipe pasang surut daerah surabaya

- *Muka surutan*

- *MLWL dan LLWL*

Z0-

$$Z0= 180 \text{ cm}$$

$$MLWL = (M2+S2)$$

$$= 1,800 \text{ m}$$

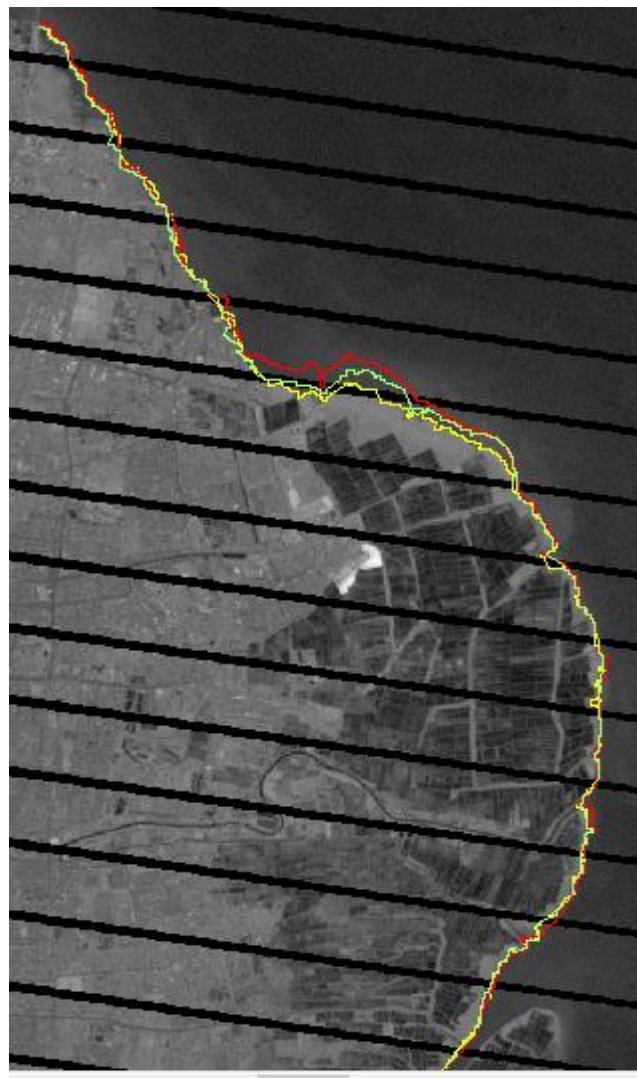
$$= 92 \text{ cm}$$

- *Tinggi muka air laut rata-rata (MSL)*

$$= 0,920 \text{ m}$$

MSL		LLWL	Z0-(M2+S2)-
=	Z0	=	(O1+K1)
=	180 cm	=	20 cm
=	1,8 m	=	0,200 m
- HWL dan			
HHWL	- HAT (<i>Tinggi pasang surut</i>)		
MHWL		HWL	
=	Z0 + (M2+S2)		Z0 + ΔA_i
=	268 cm	=	Z0 + (M2 + S2 + N2 + P1 + O1 + K1)
=	2,680 m	=	370 cm
HHWL	Z0+(M2+S2)+(O1+K1)		
=	340cm	=	3.7m
- LAT (<i>Rendah Pasang Surut</i>)			
LWL = Z0 - ΔA_i			
	Z0 -(M2 + S2 + N2		
=	+ P1 + O1 + K1)		
=	-10,0 cm		
=	-0,1 m		

Kemudian dilakukan penggerjaan perubahan garis pantai dengan menggunakan data citra satelit dengan menggunakan ArcGis pada tahun 2012,2014, dan 2016 kemudian dilakukan overlay sehingga di ketahui perbedaan perubahan garis pantaiya seperti yang terlihat pada gambar di bawah.



Gambar 4.2 Overlay Perubahan garis pantai tiap tahunnya(kuning (2012), hijau (2014), dan Merah(2016)

4.3 Analisa Data

4.3.1 Data Angin

Dengan bantuan *software* WR- plot,data Angin periode tahun 2010-2012 di olah, data angina nantinya di kelompokan ke beberapa arah, kecepatan, dan frekuemsimya sehingga di peroleh angina berhembus dari arah tenggara 28.9 % dan timur 17.3% sebagai angina dominan (selengkapnya lihat pada lampiran).

Tabel 4.1 Kejadian angin di Surabaya tahun 2010-2012

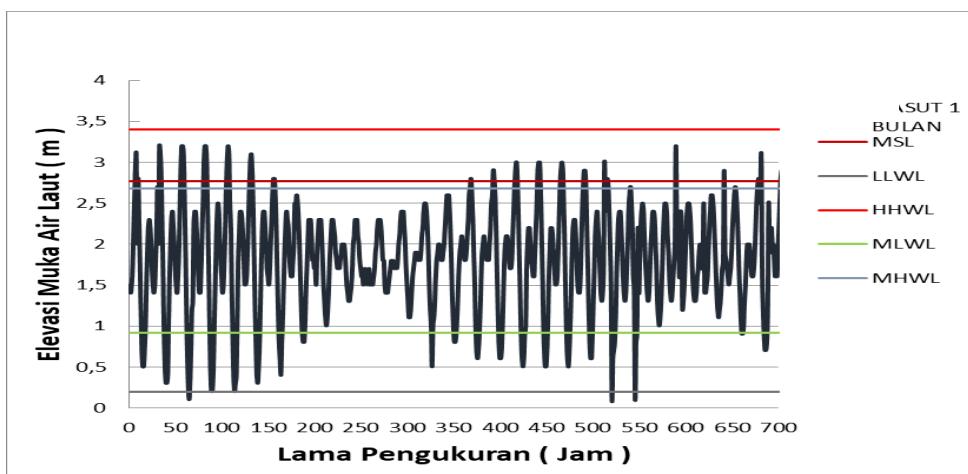
	Directions / Wind Classes (Knots)	0,97 - 4,08	4,08 - 7,00	7,00 - 11,08	11,08 - 17,11	17,11 - 21,58	$\geq 21,58$	Total
1	337,5 - 22,5	204	83	8	0	0	0	295
2	22,5 - 67,5	212	120	7	0	0	0	339
3	67,5 - 112,5	563	827	706	80	0	0	2176
4	112,5 - 157,5	960	1902	1230	43	0	0	4135
5	157,5 - 202,5	911	1188	235	4	0	0	2338
6	202,5 - 247,5	844	710	147	2	0	0	1703
7	247,5 - 292,5	612	905	463	112	0	0	2092
8	292,5 - 337,5	267	400	462	169	14	0	1312
	Sub-Total	4573	6135	3258	410	14	0	14390
	Calm							243
	Missing/Incomplete							1
	Total							14634

Tabel 4.2 Presentase kejadian angin di Surabaya 2010-2012

	Directions / Wind Classes (Knots)	0,97 - 4,08	4,08 - 7,00	7,00 - 11,08	11,08 - 17,11	17,11 - 21,58	$\geq 21,58$	Total
1	337,5 - 22,5	0,01394	0,00567	0,00055	0,00000	0,00000	0,00000	0,02016
2	22,5 - 67,5	0,01449	0,00820	0,00048	0,00000	0,00000	0,00000	0,02317
3	67,5 - 112,5	0,03847	0,05651	0,04824	0,00547	0,00000	0,00000	0,14869
4	112,5 - 157,5	0,06560	0,12997	0,08405	0,00294	0,00000	0,00000	0,28256
5	157,5 - 202,5	0,06225	0,08118	0,01606	0,00027	0,00000	0,00000	0,15976
6	202,5 - 247,5	0,05767	0,04852	0,01005	0,00014	0,00000	0,00000	0,11637
7	247,5 - 292,5	0,04182	0,06184	0,03164	0,00765	0,00000	0,00000	0,14295
8	292,5 - 337,5	0,01825	0,02733	0,03157	0,01155	0,00096	0,00000	0,08965
	Sub-Total	0,31249	0,41923	0,22263	0,02802	0,00096	0,00000	0,98333
	Calm							0,01661
	Missing/Incomplete							0,00007
	Total							1,00

4.3.2 Data Pasang Surut

Hasil pengeloaan data pasang surut dari DIHIDROS AL, data pasang surut di Kota Surabaya menunjukan type pasang surut harian ganda,dengan nilai Formhzal pada kisaran $0,25 < F \leq 1,5$,dengan MSL (*Mean Sea Level*) 1.8m



Gambar 4.3 Grafik Pasang Surut di perairan Kota Surabaya

Pasang surut merupakan komponen penting dalam dinamika pantai yang menghasilkan arus dan perpindahan sedimen, pasang surut sangat berpengaruh pada daerah yang memiliki energy gelombang relative kecil atau lemah.

4.4. Perhitungan fect efektif

Langkah-langkah untuk menghitung besarnya fetch effektif adalah sebagai berikut :

1. Mengukur panjang jari-jari fetch berdasarkan gambar peta lokasi yang ada dan menghitung panjang segmen fetch (X_i dalam km).
2. Menghitung besarnya fetch effektif

Di dalam tinjauan pembangkitan gelombang di laut, fetch di batasi oleh bentuk daratan yang mengelilingi laut. Di dareah pembentukan gelombang tidak hanya dibangkitkan dalam arah yang sama dengan arah angin tetapi juga dalam berbagai sudut terhadap arah angin. Hasil perhitungan panjang fetch effektif dalam berbagai arah dapat dilihat dalam tabel berikut ini.

$$F_{\text{eff}} = \frac{\sum x_i \cos \alpha}{\sum \cos \alpha}$$

Tabel 4.3 Data Perhitungan Fecth Efekt

ANGIN ARAH timur				ANGIN ARAH tenggara			
a	cos a	X_i (km)	$X_i \cos a$	a	cos a	X_i (km)	$X_i \cos a$
42	0.74	18.8	13.97	42	0.74	1000	743.14
36	0.81	20.2	16.34	36	0.81	1000	809.02
30	0.87	22.35	19.36	30	0.87	146.15	126.57
24	0.91	25.6	23.39	24	0.91	127.55	116.52
18	0.95	29.85	28.39	18	0.95	1009.35	959.95
12	0.98	36.3	35.51	12	0.98	88.35	86.42
6	0.99	42.8	42.57	6	0.99	82.35	81.90
0	1.00	80	80.00	0	1.00	80.1	80.10
6	0.99	1000	994.52	6	0.99	66.65	66.28
12	0.98	1000	978.15	12	0.98	59.9	58.59
18	0.95	140.9	134.00	18	0.95	46.1	43.84
24	0.91	124.8	114.01	24	0.91	42.75	39.05
30	0.87	97.1	84.09	30	0.87	38.8	33.60
36	0.81	84.75	68.56	36	0.81	38	30.74
42	0.74	82.55	61.35	42	0.74	31.7	23.56
Σ	13.51		2694.20	Σ	13.51		3299.30
F_{eff} =	199.41 km	=	199409.31 m	F_{eff} =	244.19 km	=	244194.90 m

4.5 Peramalan Gelombang di Laut Dalam

Setelah Mengetahui besarnya F_{eff} dan kecepatan angin, maka kita dapat melakukan peramalan tinggi dan periode gelombang yang terjadi di laut dalam. nilai H_s mengacu pada data Gelombang H1/3 pada tiap tahunnya di gunakan nilai dengan frekuensi paling banyak.

Tinggi dan periode gelombang dapat dihitung berdasarkan formula menurut SPM (Shore Protection Manual), 1984 vol.1 sebagai berikut :

$$H_o = 5,112 \times 10^{-4} \times U_A \times F^{0.5} \quad 4.1$$

$$H_I = 1,42 \times H_{rms} \quad 4.2$$

$$R_L = \frac{U_W}{U_L} \quad 4.3$$

$$U_A = 0,71 \times U_W^{1.23} \quad 4.4$$

$$T_0 = 6,238 \times 10^{-2} \times (U_A \times F)^{0.33}$$

$$H_{rms} = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N H_i^2} \quad 4.5$$

$$t = 3,2115 \times \left(\frac{F^2}{U_A}\right)^{13} \quad 4.6$$

dimana :

H_o = tinggi gelombang laut dalam (m)

T_0 = periode gelombang laut dalam (s)

t = durasi gelombang

U_A = faktor tegangan angin

R_L = hubungan UL dan UW (kecepatan angin di darat dan laut)

H_{rms} = H root mean square (m)

H_s = tinggi gelombang signifikan (m)

H_{avg} = tinggi gelombang laut dalam rata-rata (m)

T_{avg} = periode gelombang laut dalam rata-rata (s)

U_w = kecepatan angin diatas permukaan laut (m)

U_L = kecepatan angin diatas daratan (m)

1 knot = 0,515 m/s

Tabel 4.4 Konversi Angin ke Gelombang

Perhitungan Periode dan Tinggi Gelombang arah Utara untuk Tahun 2010-2012									
U _L knots	U _L m / s	R _t	R _L	U _w m / s	U _A m / s	90 °			
						F eff (m)	H ₀ (m)	T ₀ (s)	
4	2.06	1.00	1.50	3.09	2.84		0.65	4.94	
7	3.61	1.00	1.4	5.05	5.20		1.19	6.03	
11	5.67	1.00	1.20	6.80	7.50	199409.31	1.71	6.80	
17	8.76	1.00	1.10	9.63	11.51		2.63	7.84	
21	10.82	1.00	1.00	10.82	13.28		3.03	8.21	
							Σ	9.21	33.82

Tabel 4.5 tinggi gelombang pada 2010

90		H ₀ 1/3(m)	= 1.42 x Hrms	
n	n x H ₀ ² (m)	Hrms	H ₀ 1/3(m)	n x T ₀ ² (s)
88	37.09			4073.46
4	5.64			245.66
4	11.73			269.92
0	0.00	0.75	1.07	0.00
0	0.00			0.00
0	0.00			0.00
96	54.45			4589.04
Hrms	0.75		Trms	6.91
			T ₀ 1/3 (s)	9.82

$$H_{avg} = 1.69 \text{ m}$$

$$T_{avg} = 5.85 \text{ s}$$

$$H_s = 1.07 \text{ m}$$

Tabel 4.6 tinggi gelombang pada 2011

90		H ₀ 1/3(m)	= 1.42 x Hrms	
n	n x H ₀ ² (m)	Hrms	H ₀ 1/3(m)	n x T ₀ ² (s)
184	28.60			3231.23
0	0.00			0.00
0	0.00			0.00
0	0.00	0.39	0.56	0.00
0	0.00			0.00
0	0.00			0.00
184	28.60			3231.23
Hrms	0.39		Trms	4.19
			T ₀ 1/3 (s)	5.95

$$H_{avg} = 1.69 \text{ m}$$

$$T_{avg} = 5.85 \text{ s}$$

$$H_s = 0.56 \text{ m}$$

Tabel 4.7 tinggi gelombang pada 2012

Perhitungan Periode dan Tinggi Gelombang arah Barat Laut untuk Tahun 2012									
				h					
U _L	U _L	R _t	R _L	U _w	U _A	135 °			
knots	m / s			m / s	m / s	F eff (m)	H ₀ (m)	T ₀ (s)	
4	2.06	1.00	1.30	2.68	2.38		0.60	4.98	
7	3.61	1.00	1.2	4.33	4.30		1.09	6.05	
11	5.67	1.00	1.10	6.23	6.74	244194.90	1.70	7.02	
17	8.76	1.00	1.00	8.76	10.24		2.59	8.06	
21	10.82	1.00	0.90	9.73	11.66		2.95	8.41	
0	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	
							Σ	8.92	34.54

Tabel 4.8 tinggi gelombang pada 2012

135		H ₀ 1/3(m)	= 1.42 x Hrms	
n	n x H ₀ ² (m)	Hrms	H ₀ 1/3(m)	n x T ₀ ² (s)
77	27.95			3796.37
6	7.09			389.85
4	11.59			283.25
0	0.00	0.73	1.04	0.00
0	0.00			0.00
0	0.00			0.00
87	46.63			4469.47
Hrms	0.73		Trms	7.17
			T ₀ 1/3 (s)	10.18

$$H_{avg} = 1.87 \text{ m}$$

$$T_{avg} = 6.25 \text{ s}$$

$$H_s = 1.04 \text{ m}$$

Tabel 4.9 Perbandingan data gelombang

data gelombang(m)	data hasil model (m)
0.93	1.02
0.38	0.56
0.82	1.04

4.6 Analisa Periode Ulang Gelombang

Dengan konsep statistik maka dilakukan perkiraan tinggi gelombang Maksud yang ingin dicapai ialah untuk memperkirakan kemungkinan paling kritis dari perancangan yang dilakukan utamanya pada perubahan garis pantai. Hasil

Prediksi gelombang dengan periode ulang berdasarkan distribusi Weibull dapat di lihat pada lampiran 2

4.7 Refraksi

Umumnya pada perhitungan untuk menentukan kejadian refraksi dan shoaling lebih diakibatkan oleh perbedaan kontur kedalaman jika dipandang gelombang datang dari kedalaman yang lebih dalam dari referensi, maka untuk refraksi, dimana adalah proses pembelokan akibat crest dan kotur sementara shoaling lebih pada perubahan ketinggian dari gelombang. Antara koefisien refraksi (K_r) dan Koefesien Shoaling (K_s) saling berkaitan yang dapat dilihat pada tabel LL 1 (Teknik Pantai; Triatmodjo) atau dalam bentuk grafik K_r vs K_s pada SPM. Tinggi gelombang yang dibuat referensi adalah H_s 50 tahunan setinggi 1.762 m dari timur dan 2.148 m dari tenggara (Lebih lengkapnya perhitungan ada di lampiran 3)

4.8 Gelombang Pecah

Gelombang pecah dipengaruhi oleh kemiringan, yaitu perbandingan antara tinggi gelombang dan panjang gelombang. Apabila gelombang bergerak menuju laut dangkal, kemiringan batas tergantung pada kedalaman relatif d/L dan kemiringan dasar laut. Gelombang laut dalam yang bergerak menuju pantai akan bertambah kemiringannya sampai akhirnya tidak stabil dan pecah pada kedalaman tertentu.

4.9 Transpor Sedimen

Dengan melakukan perhitungan sedimentasi yang terjadi dengan memasukkan nilai hitungan yang diperoleh dari perhitungan bab sebelumnya maka dapat diperkirakan transport massa sediman sepanjang pantai dengan pendekatan secara numerik. dengan adanya perpindahan/trasportsediment maka menyebabkan perubahan garis pantai yang disebabkan adanya pola arus (long shore current) atau karena gelombang yang membawa sediment menuju atau meninggalkan pantai. Proses ini dapat dikanali sebagai proses sedimantasi, jika ada penambahan massa sediment dalam garis pantai atau terjadi erosi jika ada pengurangan massa sediment dalam garis pantai

5 Perhitungan transport sendimen sangat penting untuk mengetahui transport sendimen dominan dari arah mana. Untuk menghitung transport sendimen (Q_s) digunakan metode CERC dengan rumus sebagai berikut

$$6 Q_s = 0,401 \cdot P_1 \quad 4.7$$

Dimana :

$$P_1 = \frac{\rho \cdot g}{8} \cdot H_b^2 \cdot C_b \cdot \sin \alpha_b \cdot \cos \alpha_b \quad 4.8$$

7 Hasil perhitungan transport sendimen dapat dilihat pada tabel berikut ini dimana sebelumnya dilakukan pembuatan pias yang diambil datu jarak referensi pada sepanjang pantai sesuai dengan tinjauan kedalaman (bathimetry) yang ingin dihitung. dalam kasus ini dilakukan pemodelan numerik pada kedalaman 0m pada posisi MSL berdasarkan peta LPI tahun 1993 untuk pantai probolinggo

Dengan menggunakan metode CERC didapat sebuah rumus :

$$Q_s = 0,401 \cdot P_1 \quad 4.9$$

Dimana :

$$P_1 = \frac{\rho \cdot g}{8} \cdot H_b^2 \cdot C_b \cdot \sin \alpha_b \cdot \cos \alpha_b \quad 4.10$$

Q_s = Angkutan sendimen sepanjang pantai (m³/hari)

P_1 = Komponen fluks energi gelombang sepanjang pantai pada saat pecah (Nm/s)

H_b = Kedalaman gelombang pecah

C_b = Kecepatan gelombang pecah

α_b = Sudut datang gelombang pecah

ρ = Massa jenis air laut

g = Percepatan gravitasi bumi

Tabel 4.10 Tabel sedimen transpor

Arah	Kondis	$\rho g / 8$	H_b	H_b^2	C_b	α_b	$\sin \alpha_b$	$\cos \alpha_b$	P_1	Q_s (m ³ /hari)	Q_s (m ³ /tahun)
90°	Normal	1.257	1.702	2.898	4.634	25.000	0.423	0.906	6.466	2.593	8340.56
135°	Normal	1.257	3.026	9.158	6.082	33.000	0.545	0.839	31.980	12.824	41254.126

Jadi dari perhitungan diperoleh trasnport sediment per harinya mencapai 2.593m^3 dan 12.824 m^3 tiap harinya.

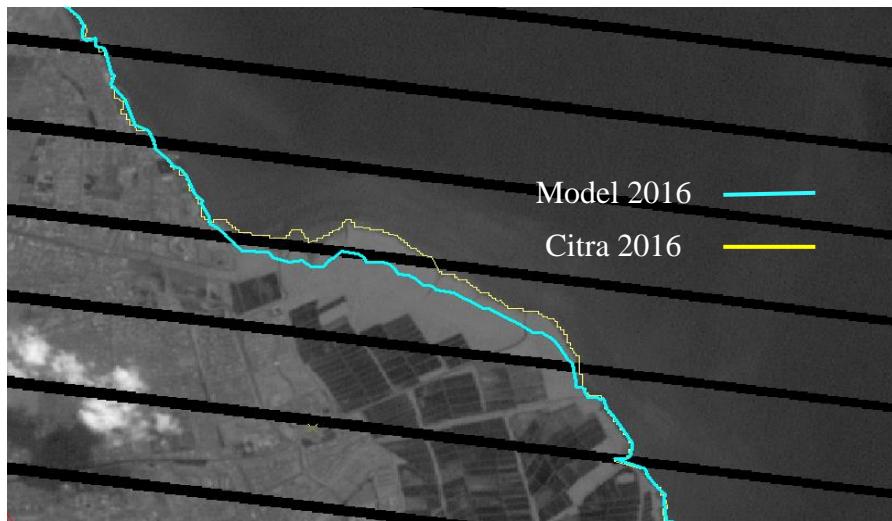
4.10. On-line Model Perubahan Garis Pantai

Perhitungan garis pantai menggunakan program perhitungan garis pantai metode Komar (CERC, 1984) menggunakan program Microsoft Excel, Asumsi yang di gunakan dalam permodelan ini adalah :

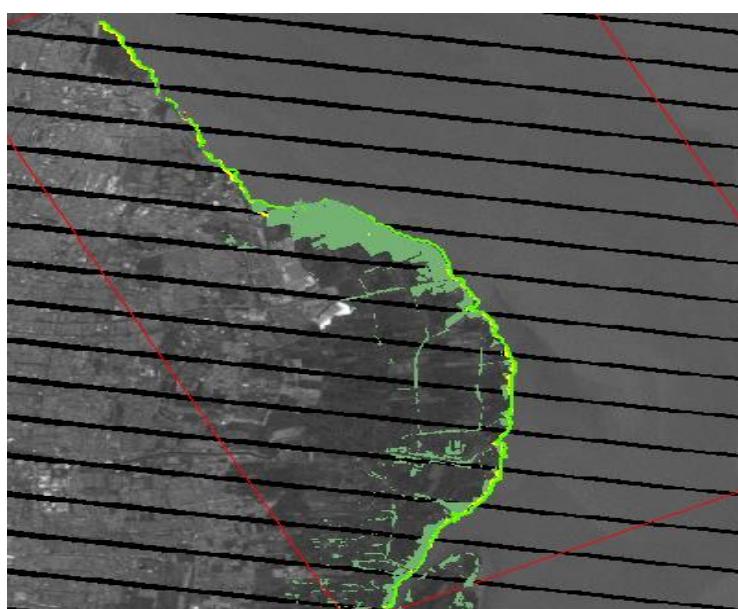
1. Properti gelombang, angina di gunakan arah dominan timur dan tenggara
2. Data gelombang pecah dan kedalaman gelombang pecah di ambil dari hasil analisa refraksi dan shoaling
3. Kontur kedalaman diasumsikan pararel sudut 60 derajat, terhadap arah mata angina tenggara
4. Banyaknya sel 247 sel dan tiap sel memiliki jarak 60m, Garis pantai yang membentang antara Jembatan Suramadu sampai dengan batas Kota Surabaya dengan Sidoarjo.

Property gelombang merupakan data penting untuk menjamin akurasi model yang dihasilkan, karena merupakan data yang utama, karean model ini hanya menekankan pengaruh gelombang terhadap perubahan garis pantai, dan pengaruh yang lain juga berpengaruh adalah kemiringan pantai, dan yang terakhir adalah koordinat yang didapat dari Citra Landsat.

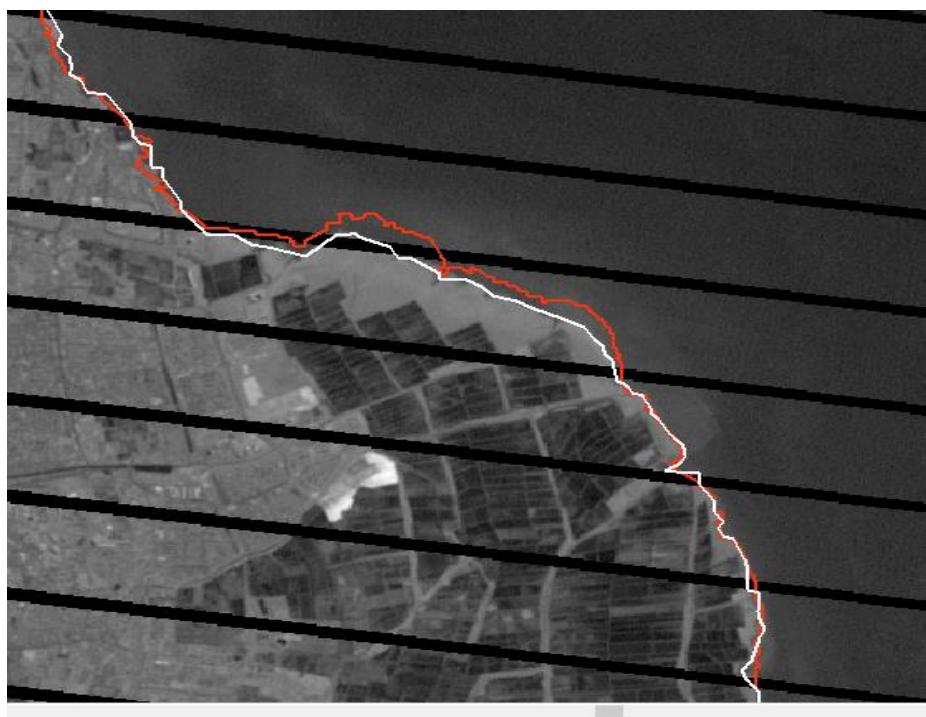
Dari perhitungan perubahan garis pantai menggunakan one-line model yang berjumlah 247 sel yang tiap selnya berjarak 60m, dari data perubahan garis pantai berdasarkan model 2016 di bandingkan dengan citra lansat 2016 memiliki perbedaan yang menonjol pada sel 100-141 dengan perbedaan tertinngi mencapai 1km, setelah di lihat dan ditinjau ternyata adanya mangrove di wilayah tersebut dan perkembangannya juga dapat di lihat pada tahun 2014 juga, melalui citra satelit dapat dilihat dengan mendeteksi warna dari klorofil dapat di lihat pada gambar berikut



Gambar 4.4 perbandingan antara model 2016 dengan citra 2016



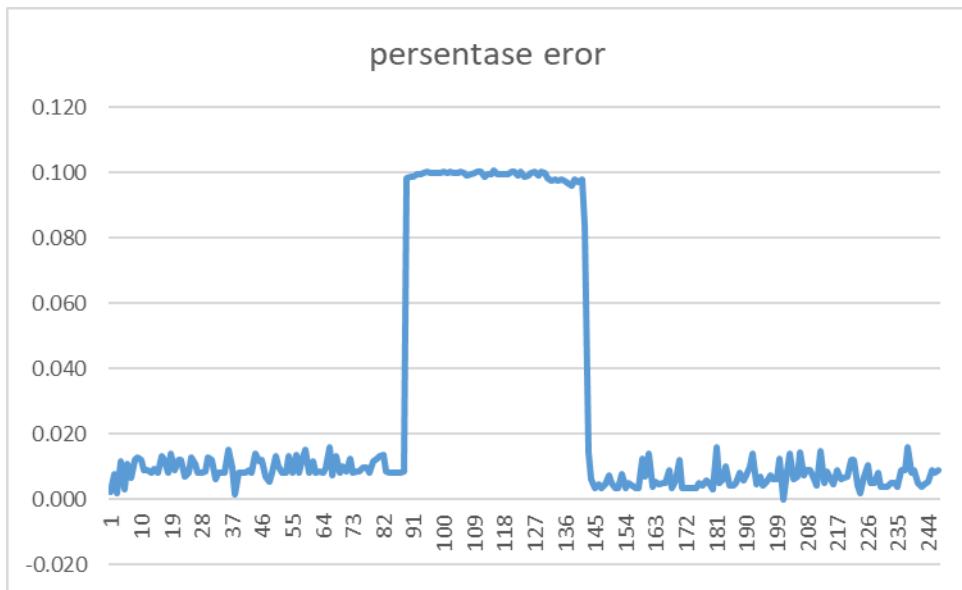
Gambar 4.5 luasan mangrove citra satelit 2016



Gambar 4.6 perbandingan antara model 2014 dengan citra 2014

Jika sel 85-142 di abaikan, dapat di asumsikan dari semua sel hamper tidak ada perubahan yang terjadi di sepanjang sel lokasi penelitian, delta y menunjukan pergeseran letak titiksetiap sel, dengan kemunduran tertinggi terletak pada sel 201 dan 245 sebesar -11.333 m dengan angkutan sedimen per tahun sebesar 433m^3 dan terkecil 11.329 m pada sel 169 dengan angkutan sedimen pertahun sebesar 433m^3 , dan perubahan pantai pada 10-20 tahun mendatang relatif stabil sesuai dengan citra, jika hanya di tinjau dari angina, gelombang, pasang surut, dan sedimen, tidak mencakup pembangunan baru atau pertumbuhan mangrove dan kerusakan buatan manusia.

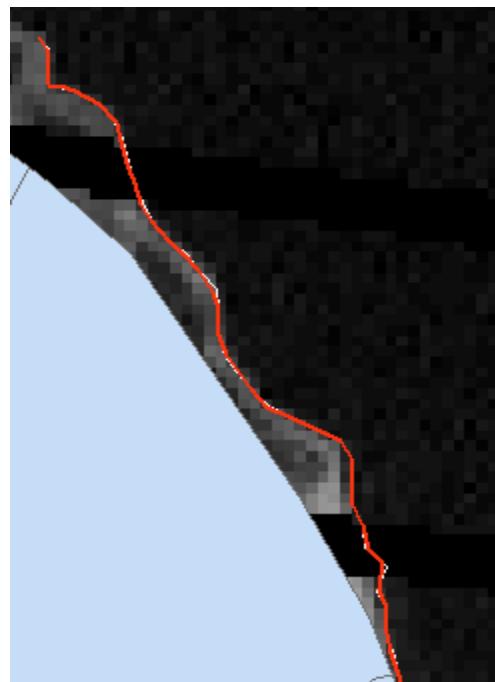
Berikut perubahan garis pantai di kota Surabaya berdasarkan tiap kecamatan yang terletak atau mempunyai bibir pantai dimana kecamatan yang memiliki garsi pantai meliputi kecamatan Kenjeran, Kecamatan Bulak, Kecamatan Mulyorejo, Kecamatan Sukolilo, Kecamatan Rungkut dan Gunung mas dimana persentase eror di pantai Surabaya terlihat pada gambar di bawah ini



Gambar 4.7 Persentase eror

Dimana nilai tertinggi eror pada tiap selnya terletak pada sel 89-141 dengan rata-rata nilai eror sebesar 90% di karenakan adanya pertumbuhan vegetasi mangrove yang pesat di daerah tersebut dan juga di pengaruhi banyaknya sungai di daerah tersebut sehingga daerah tersebut masuk dalam batasan masalah karena pertumbuhan vegetasi mangrove yang pesat sehingga sangat berpengaruh terhadap perubahan garis pantai, jika sel 100-141 di abaikan maka nilai eror tertinggi adalah 16%.

Pada kecamatan Kenjeran yang terdapat dalam sel 1-35 dimana perubahan garis pantai berdasarkan model 2016 dengan citra 2016 relative stabil dengan persentase eror sebesar 14% pada sel 14 , di karenakan pada kecamatan kenjeran ada beberapa bangunan pantai penahan gelombang terutama selepas jembatan Suromadu berikut gambar perubahan garis pantai di kecamatan Kenjeran



Gambar 4.8 Perubahan Garis Pantai di Kecamatan Kenjeran

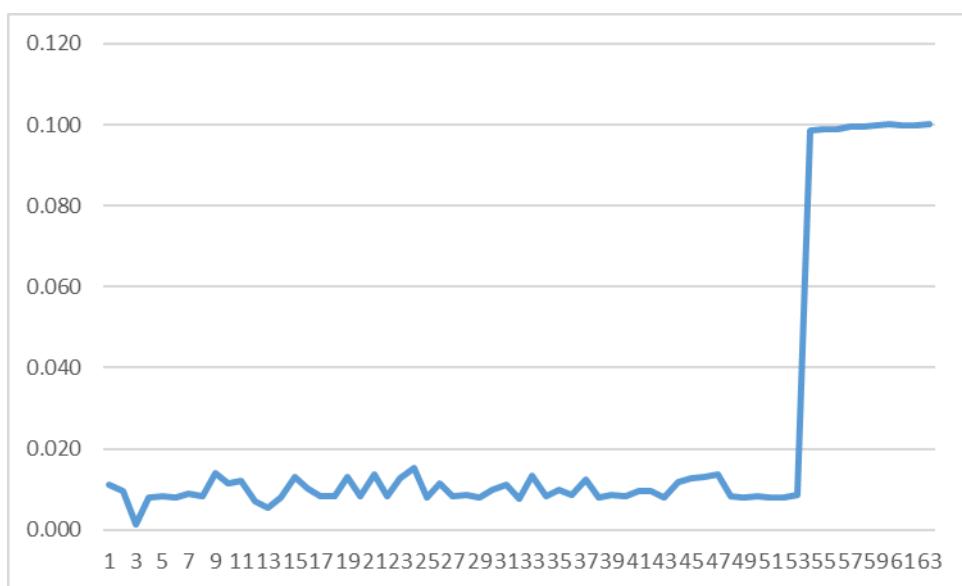


Gambar 4.9 Persentase eror kecamatan kenjeran

Pada kecamatan Bulak di ketahui nilai eror tertinggi terdapat pada sel 89-97 dengan persentase eror mencapai 90% namun saat di tinjau lebih lanjut terdapat kerpatan vegetasi mangrove yang cukup pesat sehingga sangat berpengaruh terhadap perubahan garis pantai dan pada data ini kerapatan atau laju pertumbuhan tanaman mangrove tidak di hitung, pada sel 35-88 mengalami eror tertinggi sebesar 15% pada sel 59 di duga adanya bangunan pantai dan taman hiburan di daerah tersebut sehingga berpengaruh terhadap perubahan garis pantainya, berikut gambar dan persentase eror pantai kecamatan bulak

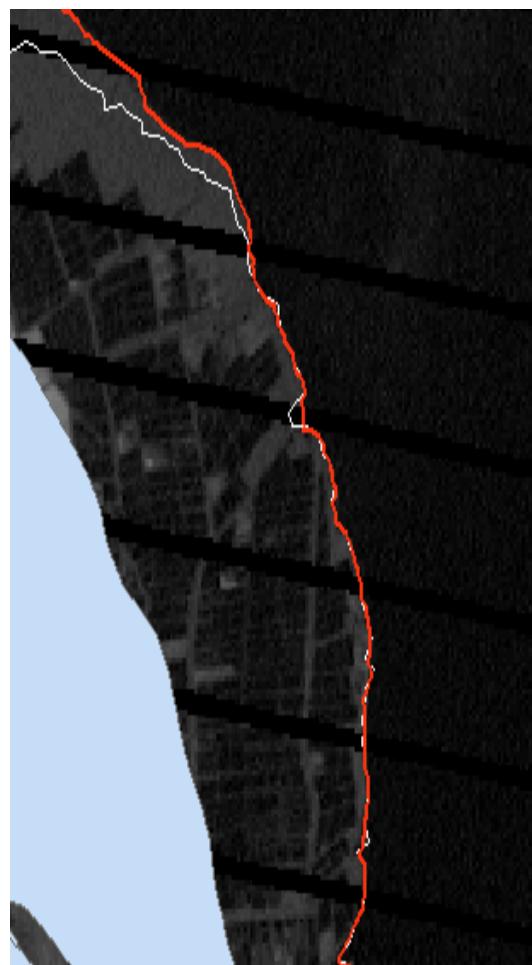


Gambar 4.10. Perubahan Garis Pantai Kecamatan Bulak

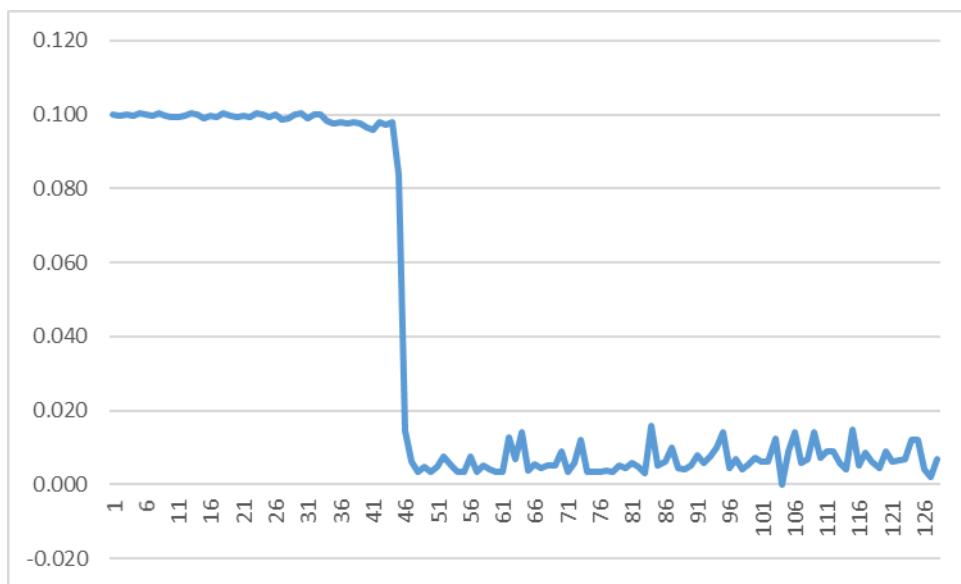


Gambar 4.11 Persentase Eror Perubahan Garis pantai Kecamatan Bulak

Pada Kecamatan Sukolilo yang terletak pada sel 97- 225 pada kecamatan Sukolilo terdapat eror tertinggi yg terdapat pada sel 95-142, dikarena pertumbuhan vegetasi mangrove yang pesat dimana pada salah satu selnya nilai Δy mencapai 900m dalam penelitian ini tidak memasukan percepatan pertumbuhan vegetasi mangrove dan juga banyak faktor yang mempengaruhi seperti reboisasi dan pembukaan tempat wisata hutan mangrove sehingga tidak memungkiri adanya penanaman tanaman mangrove di wilayah tersebut sehingga perlu adanya analisa lebih lanjut untuk laju pertumbuhan vegetasi di kawasan pesisir terutama mangrove, jika sel 97-142 tidak di hitung maka eror tertinggi sebesar 16% berikut gambar garis pantai kecamatan sukolio beserta persentase eror tiap perubahannya

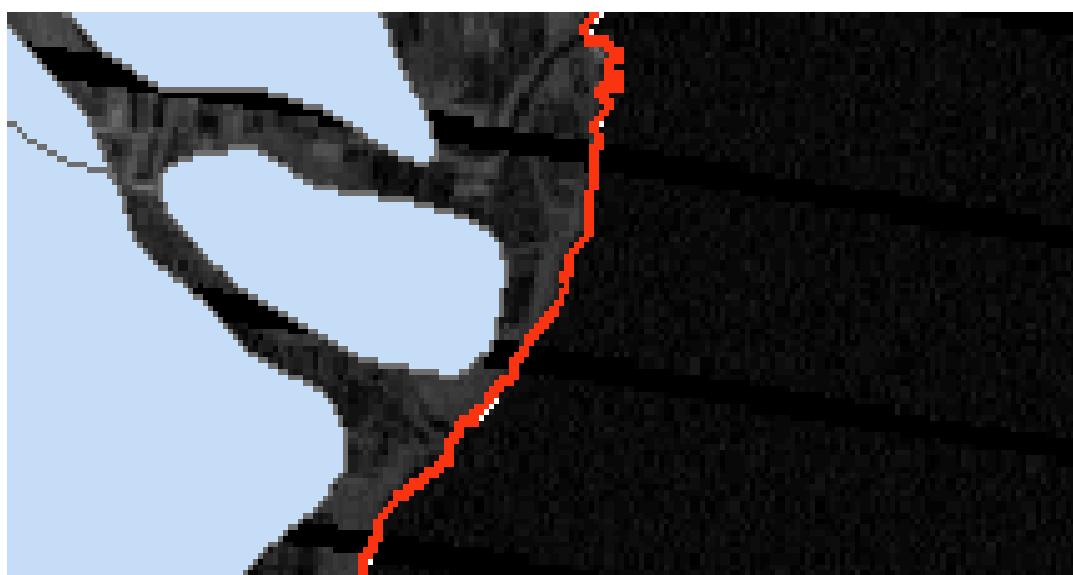


Gambar 4.12 Perubahan Garis Pantai Kecamatan Sukolilo



Gambar 4.13 Persentase eror di Kecamatan Sukolilo

Pada kecamatan Rungkut dan Gunung anyar pada sel 225-247 perubahan garis pantai pada kedua kecamaytan ini cukup stabil dengan eror maksimal sebesar 10.5% pada sel 226 , dengan rata-rata eror pada nilai 6-8% pada semua selnya, di duga karena kontur batimetri sejajar pantai yang berpengaruh pada gelombang brikut gambar perubahan garis pantai 2016 dan persentase erornya

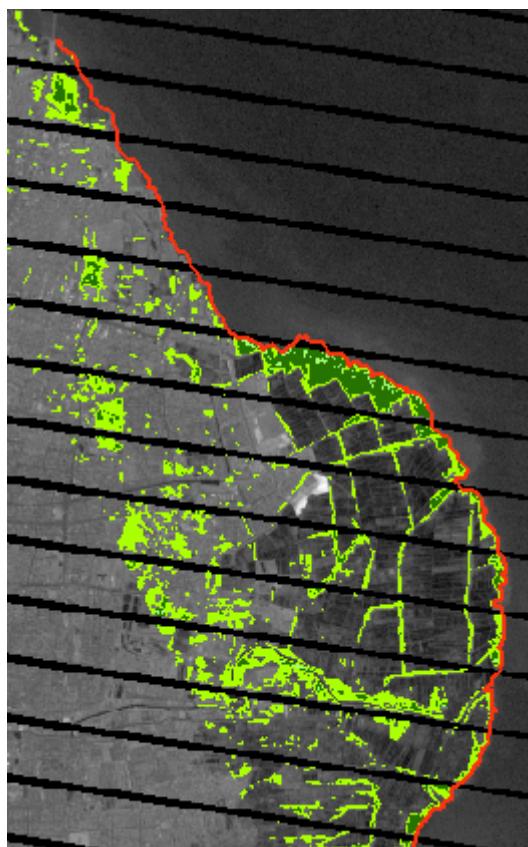


Gambar 4.14 Perubahan garis pantai kecamapatan rungkut dan gunung anyar
2016

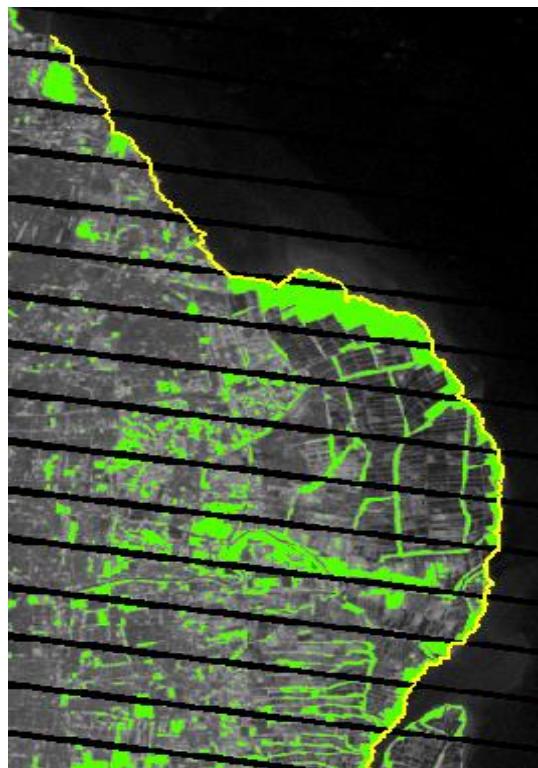


Gambar 4.15 Gafik presentase eror perubahan garispantai kecamatan rungkut dan gunung anyar

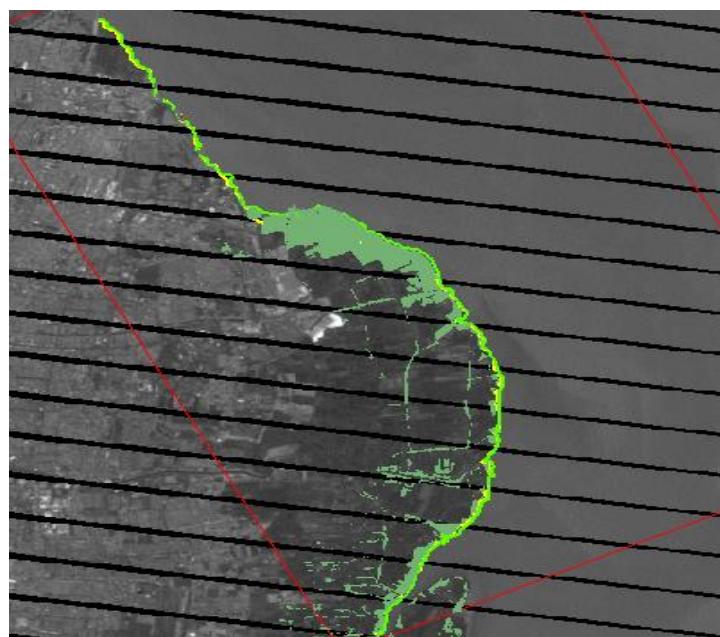
Tanaman mangrove sangat berpengaruh dalam analisa perubahan garis pantai ini, sehingga pada nantinya perlu dilakukan perhitungan perubahannya tanaman mangrove pada tiap tahunnya secara numerik sehingga didapatkan hasil yang lebih akurat lagi berikut gambar perubahan atau kerapatan vegetasi mangrove pada tahun 2012, 2014, dan, 2016



Gambar 4.16 Luasan tanaman mangrove pada tahun 2012



Gambar 4.17 Gambar Luasan Mangrove pada tahun 2014



Gambar 4.18 Gamabr luasan mangrove pada tahun 2015

BAB 5

KESIMPULAN

5.1. Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat di ambil dari penelitian ini yaitu:

1. Berubahnya garis pantai pada tiap sel, dan hampir semua berubah di sebabkan oleh gelombang, dengan kemunduran garis pantai pada sel 201 yang terletak di Kecamatan Sukolilo dengan kemunduran sebedar 56.66m dan kemaajuan garis pantai terbesar pada sel 169 dengan nilai 56.6m yang juga terletak di Kecamatan Sukolilo.
2. Secara umum tiap sel cenderum stabil kecuali pada sel 100-142 yang terletak pada Kecamatan Sukolilo di karenakan tumbuhan bakau yang tumbuh lebat sehingga mempengaruhi perubahan garis pantai. Dengan luasan mangrove pada 2016 103408 m^2
3. Penanaman bakau sangat efisien sekaligus ramah lingkungan untuk melindungi pantai dari erosi, sekaligus meningkatkan nilai ekosistem pantai

5.2. Saran

Berdaraskan penelitian ini sebaiknya dilakukan penelitian yang lebih mendasar, seperti pengaruh tanaman bakau terhadap perubahan garis pantai, beserta laju kerapatan, dan pertumbuhan tanaman bakau tiap tahunnya sehingga didapat data yang lebih valid lagi, sehingga pengelolaan garispantai ke depannya lebih baik lagi.

DAFTAR PUSTAKA

- Andrianto, Suntoyo, (2012), “Analisa Perubahan Garis Pantai di Pesisir Gresik Akibat Kenaikan Muka Air Laut”, Surabaya, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
- Awaliah, Sakkah, Hamzah, (2010), “Model Perubahan Garis Pantai Menggunakan One-line Model (Studi Kasus : Pantai Mangarabombang – Pantai Galesong Selatan, Kabupagten Talakar)”, Makasar, Universitas Hassanudin.
- Bird, F.C.E., (1984), *Coast: An Introduction to Coastal Geomorphology, 3rd edition*, Basil Blackwell Inc. New York.
- [CEM] (2007)Coastal Engineering Manual, Part I-VI. Washington, U.S. Army Coastal Engineering Research Center.
- [CERC] (1984), Coastal Engineering Research Center., *Shore Protection Manual Volume I*, Fourth Edition, Washington: U.S. Army Coastal Engineering Research Center.
- [CHL] Coastal and Hydrology Laboratory, (2002), Coastal Engineering Manual, Part I-VI. Washington DC : Department of Army. U.S. Army Corp of Engineers.
- Davis, R. A. Jr., (1993), “An Introduce to Sedimentology and Stratigraphy Depositional System”, New York: Prentice Hall-Englewood Cliff.
- Darma, Dirgayusa, Purnanditya, (2004), Prediksi Perubahan Pantai Nusa Dua Menggunakan One-line Model, Bali, Universitas Udayana.
- Dean, Dalrymple, (2004), *Coastal Process with engineering Application*. Cambridge University Press.
- Imawati, Pradnyawati, (2018), “Aplikasi Perubahan Garis Pantai Menggunakan One-line Model”, Denpasar, STMIK Denpasar.
- Ismail, (2012), “Dinamika Perubahan Garis Pantai Pekalongan dan Batang, Jawa Tengah”, Bogor, Institut Pertanian Bogor.
- Komar, P.D., (1984), *Shoreline Changes and CERC Handbook*, New Jersey, Prentice Hall Inc.
- Komar, P.D., (1984), *Beach Processes and Sedimentation*, New Jersey, Prentice Hall Inc.
- Liu, Z., (2001), “Sediment Transport. Laboratoriet for Hydraulik og Havnebygning. Institute for Vand, Jord og Miljøteknik. Aalborg Universitet.
- Kusumawati, Pratikto, Subardjo, (2014) “Studi Perubahan Garis Pantai di Teluk Banten Menggunakan Citra Satelit Landsat Multitemporal”, Semarang, Universitas Diponegoro.
- Pratikto, W. A., Haryo D. A., Suntoyo, (1997b), Perencanaan Faasilitas Pantai dan Laut, LPTP, Yogyakarta.
- Pratikto, W.A., Suntoyo, Imam R, Sudarto, Suroso, (1997a), Kajian pengamanan dan perlindungan pantai Candi Dasa, Laporan penelitian, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

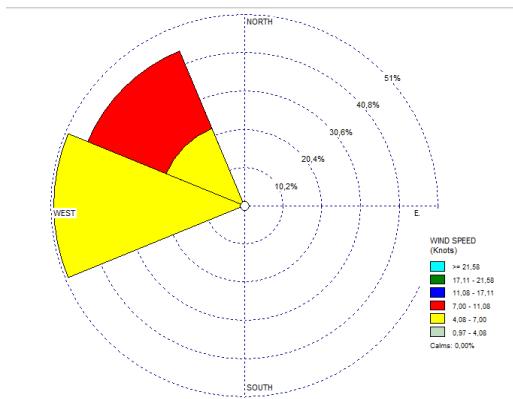
- Pratiwi, A. (2002), “Pengaruh Kawasan Bakau Terhadap Laju Sedimentasi di Desa Tengket, Kabupaten Bangkalan”, Tesis Magister, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
- Siwi, (2008), “Analisa Stabilitas Garis Pantai Eretan Indramayu Berdasarkan Pengaruh Gelombang, Tesis Magister, Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Siswanto, (2010), “Analisa Stabilitas Garis Pantai di Kabupaten Bangkalan”, Tesis Magister, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
- Suntoyo, (1995), “Kajian Pengamanan Dan Perlindungan Pantai Candi Dasa Bali, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
- Suniada, (2015), “Deteksi Perubahan Garis Pantai di Kabupaten Jembrana Bali Dengan Menggunakan Teknologi Pengindraan Jauh”, Bali, Balai Penelitian dan Observasi Laut.

LAMPIRAN 1

Wr-Plot datan angina 2010

	Directions / Wind Classes (Knots)	0,97 - 4,08	4,08 - 7,00	7,00 - 11,08	11,08 - 17,11	17,11 - 21,58	>= 21,58	Total
1	337,5 - 22,5	0	0	0	0	0	0	0
2	22,5 - 67,5	0	0	0	0	0	0	0
3	67,5 - 112,5	0	0	0	0	0	0	0
4	112,5 - 157,5	0	0	0	0	0	0	0
5	157,5 - 202,5	0	0	0	0	0	0	0
6	202,5 - 247,5	0	0	0	0	0	0	0
7	247,5 - 292,5	0	9	0	0	0	0	9
8	292,5 - 337,5	0	4	4	0	0	0	8
	Sub-Total	0	13	4	0	0	0	17
	Calm							0
	Missing/Incomplete							1
	Total							18

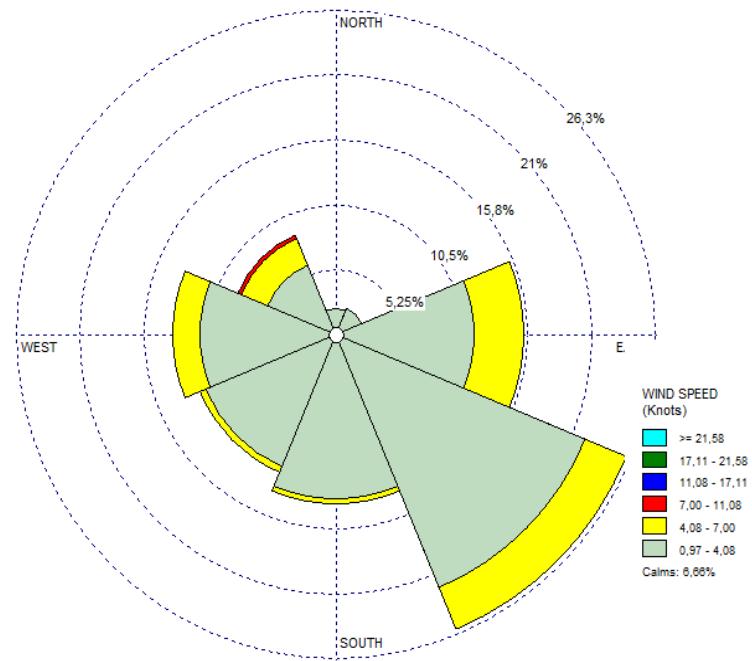
	Directions / Wind Classes (Knots)	0,97 - 4,08	4,08 - 7,00	7,00 - 11,08	11,08 - 17,11	17,11 - 21,58	>= 21,58	Total
1	337,5 - 22,5	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
2	22,5 - 67,5	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
3	67,5 - 112,5	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
4	112,5 - 157,5	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
5	157,5 - 202,5	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
6	202,5 - 247,5	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
7	247,5 - 292,5	0,00000	0,50000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,50000
8	292,5 - 337,5	0,00000	0,22222	0,22222	0,00000	0,00000	0,00000	0,44444
	Sub-Total	0,00000	0,72222	0,22222	0,00000	0,00000	0,00000	0,94444
	Calm							0,00000
	Missing/Incomplete							0,05556
	Total							1,00



Data Angin 2011

	Directions / Wind Classes (Knots)	0,97 - 4,08	4,08 - 7,00	7,00 - 11,08	11,08 - 17,11	17,11 - 21,58	>= 21,58	Total
1	337,5 - 22,5	184	0	0	0	0	0	184
2	22,5 - 67,5	200	4	0	0	0	0	204
3	67,5 - 112,5	997	350	0	0	0	0	1347
4	112,5 - 157,5	1934	319	0	0	0	0	2253
5	157,5 - 202,5	1164	36	0	0	0	0	1200
6	202,5 - 247,5	1016	37	0	0	0	0	1053
7	247,5 - 292,5	973	197	5	0	0	0	1175
8	292,5 - 337,5	532	205	23	0	0	0	760
	Sub-Total	7000	1148	28	0	0	0	8176
	Calms							583
	Missing/Incomplete							1
	Total							8760

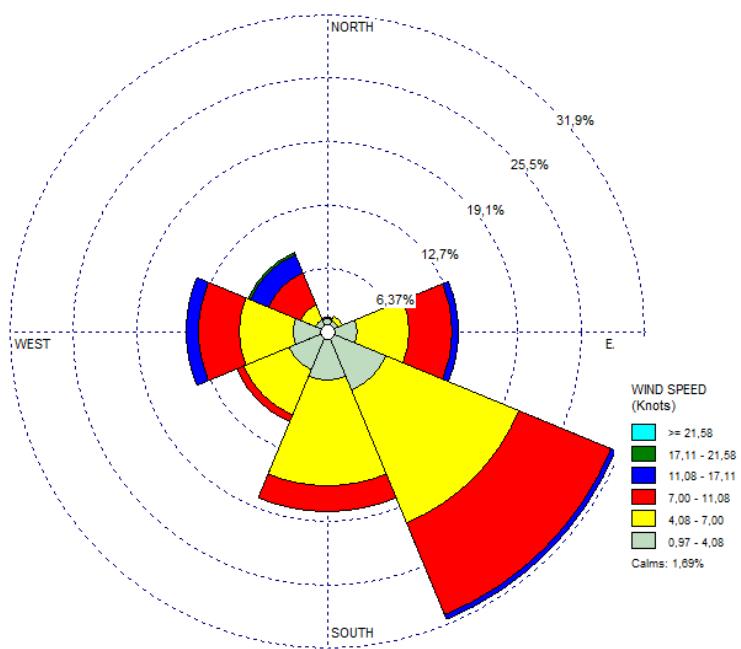
	Directions / Wind Classes (Knots)	0,97 - 4,08	4,08 - 7,00	7,00 - 11,08	11,08 - 17,11	17,11 - 21,58	>= 21,58	Total
1	337,5 - 22,5	0,02100	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,02100
2	22,5 - 67,5	0,02283	0,00046	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,02329
3	67,5 - 112,5	0,11381	0,03995	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,15377
4	112,5 - 157,5	0,22078	0,03642	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,25719
5	157,5 - 202,5	0,13288	0,00411	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,13699
6	202,5 - 247,5	0,11598	0,00422	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,12021
7	247,5 - 292,5	0,11107	0,02249	0,00057	0,00000	0,00000	0,00000	0,13413
8	292,5 - 337,5	0,06073	0,02340	0,00263	0,00000	0,00000	0,00000	0,08676
	Sub-Total	0,79909	0,13105	0,00320	0,00000	0,00000	0,00000	0,93333
	Calms							0,06655
	Missing/Incomplete							0,00011
	Total							1,00



Data angina 2012

	Directions / Wind Classes (Knots)	0,97 - 4,08	4,08 - 7,00	7,00 - 11,08	11,08 - 17,11	17,11 - 21,58	>= 21,58	Total
1	337,5 - 22,5	77	6	4	0	0	0	87
2	22,5 - 67,5	73	30	0	0	0	0	103
3	67,5 - 112,5	183	297	252	40	0	0	772
4	112,5 - 157,5	373	847	583	25	0	0	1828
5	157,5 - 202,5	287	620	150	3	0	0	1060
6	202,5 - 247,5	243	290	44	0	0	0	577
7	247,5 - 292,5	203	314	237	72	0	0	826
8	292,5 - 337,5	80	95	198	116	14	0	503
	Sub-Total	1519	2499	1468	256	14	0	5756
	Calms							99
	Missing/Incomplete							1
	Total							5856

	Directions / Wind Classes (Knots)	0,97 - 4,08	4,08 - 7,00	7,00 - 11,08	11,08 - 17,11	17,11 - 21,58	>= 21,58	Total
1	337,5 - 22,5	0,01315	0,00102	0,00068	0,00000	0,00000	0,00000	0,01486
2	22,5 - 67,5	0,01247	0,00512	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,01759
3	67,5 - 112,5	0,03125	0,05072	0,04303	0,00683	0,00000	0,00000	0,13183
4	112,5 - 157,5	0,06370	0,14464	0,09956	0,00427	0,00000	0,00000	0,31216
5	157,5 - 202,5	0,04901	0,10587	0,02561	0,00051	0,00000	0,00000	0,18101
6	202,5 - 247,5	0,04150	0,04952	0,00751	0,00000	0,00000	0,00000	0,09853
7	247,5 - 292,5	0,03467	0,05362	0,04047	0,01230	0,00000	0,00000	0,14105
8	292,5 - 337,5	0,01366	0,01622	0,03381	0,01981	0,00239	0,00000	0,08589
	Sub-Total	0,25939	0,42674	0,25068	0,04372	0,00239	0,00000	0,98292
	Calms							0,01691
	Missing/Incomplete							0,00017
	Total							1,00



LAMPIRAN 2

PERIODE ULANG (Metode Weibull ; k = 1,00)									
Prediksi gelombang dengan periode ulang berdasarkan distribusi Weibull dalam CERC (1992)									
UTARA									
m	H ₀ (m)	k	P	Y _m	H _{sm} x Y _m	Y _m ²	(H _{sm} - H _r) ²	H ^A _{sm}	H _{sm} - H ^A _{sm}
1	0.812	1.00	0.9176	2.496	2.028	6.229	0.7746	1.212	-0.399
2	1.292	1.00	0.7621	1.436	1.855	2.061	0.1603	1.546	-0.253
3	2.070	1.00	0.6065	0.933	1.930	0.870	0.1422	1.704	0.366
4	2.687	1.00	0.4510	0.600	1.611	0.360	0.9887	1.809	0.878
5	3.294	1.00	0.2955	0.350	1.154	0.123	2.5647	1.887	1.407
6									
	10.155		3.0327	5.814	8.578	9.643	4.6304		
			Σ1	Σ2	Σ3	Σ4	Σ5	Σ6	Σ7
N = 6	K = 5	a ₂ = 11.4					a ₁ = 1.92		e = 0.9
N _T = 6	K = 1.00	c = 0.3					K = 0		
A ^A = [((N x S4 - (S1 x S3)) / ((N x S5) - (S3 ²)))							H _r = H _{sm} (Avg) = S1/N		
= -0.3149]							= 1.692		

$$\begin{aligned}
 A^A &= \frac{[(N \times S4 - (S1 \times S3)) / ((N \times S5) - (S3^2))]}{= -0.8258} & H_r &= H_{sm}(Avg) = S1/N \\
 & & &= 1.370
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 B^A &= \frac{H_{sm}(Avg) - (A^A \times y_m(Avg))}{y_m(Avg) = S3/N} & y_m(Avg) &= S3/N \\
 &= \frac{2.1910}{= 0.994}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 a &= \frac{a_1 \times e^{a_2 \times N^A - 1.3 + k((- \ln v)^{0.5})}}{= 5.8257} & v &= \frac{N / N_T}{= 1}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 sH_s &= \frac{[(1/N-1) \times S(H_{sm} - H_r)^2]^{1/2}}{= 0.9096} & L &= \frac{N_T / K}{= 1}
 \end{aligned}$$

T _τ (tahun)	Y _τ (tahun)	H _{sτ} (m)	S _{sτ}	S _τ	H _{sτ} - 1.28 x S _τ (m)	H _{sτ} + 1.28 x S _τ (m)
5	0.358	1.885	0.412	0.397	1.377	2.393
10	0.497	1.841	0.452	0.435	1.284	2.398
15	0.578	1.816	0.492	0.473	1.210	2.421
20	0.636	1.797	0.525	0.506	1.150	2.445
25	0.680	1.783	0.554	0.533	1.101	2.466
30	0.717	1.772	0.579	0.557	1.059	2.485
50	0.819	1.740	0.654	0.630	0.934	2.546
75	0.900	1.714	0.718	0.691	0.829	2.599
100	0.957	1.696	0.766	0.737	0.753	2.639

Didapat tinggi gelombang untuk 25 tahun =	1.783	m
Didapat tinggi gelombang untuk 50 tahun =	1.740	m
Didapat tinggi gelombang untuk 75 tahun =	1.714	m
Didapat tinggi gelombang untuk 100 tahun =	1.696	m

TENGGARA									
m	H ₀ (m)	k	p	Y _n	H _{sm} x Y _n	Y _n ²	(H _{sm} - H _r) ²	H [^] _{sm}	H _{sm} - H [^] _{sm}
1	0.899	1.00	0.9176	2.496	2.244	6.229	2.5010	0.569	0.330
2	1.430	1.00	0.7621	1.436	2.053	2.061	1.1037	1.919	-0.489
3	2.290	1.00	0.6065	0.933	2.136	0.870	0.0362	2.559	-0.268
4	2.973	1.00	0.4510	0.600	1.783	0.360	0.2429	2.982	-0.009
5	3.645	1.00	0.2955	0.350	1.277	0.123	1.3565	3.300	0.345
6	3.645	1.00	0.1400	0.151	0.550	0.023	1.3565	3.554	0.091
	14.883			3.1726	5.965	10.042	9.666	6.5966	
	$\Sigma 1$			$\Sigma 2$	$\Sigma 3$	$\Sigma 4$	$\Sigma 5$	$\Sigma 6$	$\Sigma 7$
$N = 6$		$K = 6$		$a_2 = 11.4$			$a_1 = 1.92$		$e = 0.9$
$N_T = 6$		$k = 1.00$		$c = 0.3$			$k = 0$		

$$\begin{aligned}
 A^{\wedge} &= \frac{[(N \times S4) - (S1 \times S3)] / (N \times S5) - (S3^2)]}{K} & H_r &= \\
 &= -1.2726 & H_{sm}(\text{Avg}) &= S1/N \\
 && &= 2.480
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 B^{\wedge} &= H_{sm}(\text{Avg}) - (A^{\wedge} \times y_m(\text{Avg})) & y_m(\text{Avg}) &= S3/N \\
 &= 3.7456 & &= 0.994
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 a &= \frac{a_1 \times e^{a_2 \times N^{\wedge}-1.3 + k((-ln v)^{\wedge}0.5)}}{v} & v &= N / N_T \\
 &= 5.8257 & &= 1
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 sH_s &= \frac{[(1/N-1) \times S(H_{sm} - H_r)^2]^{1/2}}{L} & L &= N_T / K \\
 &= 1.1486 & &= 1
 \end{aligned}$$

T_r (tahun)	y_r (tahun)	H_{sr} (m)	s_{nr}	s_r	$H_{sr} - 1.28 \times s_r$ (m)	$H_{sr} + 1.28 \times s_r$ (m)
5	1.083	2.368	0.873	1.002	1.085	3.651
10	1.149	2.283	0.931	1.069	0.914	3.652
15	1.181	2.243	0.959	1.101	0.833	3.653
20	1.201	2.218	0.977	1.122	0.781	3.654
25	1.215	2.199	0.990	1.137	0.744	3.655
30	1.226	2.185	1.000	1.149	0.715	3.655
50	1.255	2.148	1.026	1.178	0.640	3.657
75	1.276	2.122	1.045	1.200	0.586	3.658
100	1.290	2.104	1.057	1.215	0.550	3.659
						Didapat tinggi gelombang untuk 25 tahun = 2.199 m
						Didapat tinggi gelombang untuk 50 tahun = 2.148 m
						Didapat tinggi gelombang untuk 75 tahun = 2.122 m
						Didapat tinggi gelombang untuk 100 tahun = 2.104 m

Formula :

$$y_m = [-\ln(1 - P)]^{1/k}$$

$$y_r = [\ln(L \times T_r)]^{1/k}$$

$$H^{\wedge}_{sr} = A^{\wedge} \times y_r + B^{\wedge}$$

$$H^{\wedge}_{sm} = A^{\wedge} \times y_m + B^{\wedge}$$

$$a = a_1 \times e^{a_2 \times N^{\wedge}-1.3 + k(-\ln v)^{0.5}}$$

$$s_{nr} = (1/N^{0.5}) \times [1 + a(y_r - c + e \times \ln(v))^2]^{0.5}$$

$$a_r = S_{nr} \times S_{H_s}$$

$$s = [(1/N-1) \times S(H_{sm} - H_r)^2]^{1/2}$$

KETERANGAN :

P : Probabilitas dari tinggi gelombang representatif ke m yang tidak dilampaui.

H_{sm} : Tinggi gelombang urutan ke m

m : Nomor urut tinggi gelombang signifikan

NT : Jumlah kejadian gelombang selama pencatatan

H_r : Tinggi gelombang signifikan dengan periode ulang T_r

T_r : Periode ulang (tahun)

Periode data

K : (tahun)

L : Rerata jumlah kejadian pertahun

Standart deviasi yang dinormalkan dari tinggi gelombang signifikan dengan periode ulang T_r

N : Jumlah data tinggi gelombang signifikan

s_r : Kesalahan standar dari tinggi gelombang signifikan dengan periode ulang T_r

S_{H_s} : Deviasi standar dari data tinggi gelombang signifikan

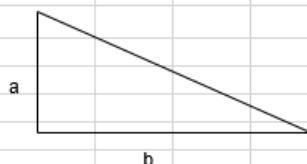
LAMPIRAN 3

Arah Datang Gelombang:timur																
Pias 1																
90°																
a o	Ho(m)	T(s)	Lo(m)	Co(m/s)	d (m)	d/Lo	d/L	L(m)	C(m/s)	sin a	a	cos a o	cos a	Kr	Ks	H'o(m)
25	2.120	5.850	53.389	9.126	6	0.112	0.150	40.000	6.838	0.317	18.460	0.906	0.949	0.977	1.095	2.269
24	2.269	5.850	40.000	6.838	5.5	0.138	0.173	31.737	5.425	0.323	18.827	0.914	0.946	0.982	0.999	2.227
24	2.227	5.850	31.737	5.425	5	0.158	0.190	26.316	4.498	0.337	19.710	0.914	0.941	0.985	0.998	2.189
69	2.189	5.850	26.316	4.498	4.5	0.171	0.201	22.410	3.831	0.795	52.658	0.358	0.607	0.769	0.994	1.673
81	1.673	5.850	22.410	3.831	4	0.178	0.207	19.361	3.310	0.853	58.572	0.156	0.521	0.548	0.988	0.905
72	0.905	5.850	19.361	3.310	3.5	0.181	0.209	16.746	2.863	0.823	55.348	0.309	0.569	0.737	0.913	0.609
31	0.609	5.850	16.746	2.863	3	0.179	0.208	14.458	2.471	0.445	26.401	0.857	0.896	0.978	0.913	0.544
48	0.544	5.850	14.458	2.471	2.5	0.173	0.203	12.346	2.110	0.635	39.389	0.669	0.773	0.930	0.976	0.494
23	0.494	5.850	12.346	2.110	2	0.162	0.193	10.347	1.769	0.327	19.115	0.921	0.945	0.987	0.245	0.119
49	0.119	5.850	10.347	1.769	1.5	0.145	0.179	8.375	1.432	0.611	37.655	0.656	0.792	0.910	0.930	0.101
22	0.101	5.850	8.375	1.432	1	0.119	0.157	6.357	1.087	0.284	16.520	0.927	0.959	0.983	0.914	0.091
24	0.091	5.850	6.357	1.087	0.5	0.079	0.122	4.088	0.699	0.262	15.163	0.914	0.965	0.973	0.991	0.088
18	0.088	5.850	4.088	0.699	0.2	0.049	0.028	7.143	1.221	0.540	32.677	0.951	0.842	1.063	0.931	0.087
Pias 2																
90°																
a o	Ho(m)	T(s)	Lo(m)	Co(m/s)	d (m)	d/Lo	d/L	L(m)	C(m/s)	sin a	a	cos a o	cos a	Kr	Ks	H'o(m)
36	2.120	5.850	53.389	9.126	6	0.112	0.150	40.000	6.838	0.440	26.128	0.809	0.898	0.949	1.095	2.204
70	2.204	5.850	40.000	6.838	5.5	0.138	0.173	31.737	5.425	0.746	48.208	0.342	0.666	0.716	0.999	1.577
30	1.577	5.850	31.737	5.425	5	0.158	0.190	26.316	4.498	0.415	24.494	0.866	0.910	0.976	0.998	1.535
70	1.535	5.850	26.316	4.498	4.5	0.171	0.201	22.410	3.831	0.800	53.153	0.342	0.600	0.755	0.994	1.153
20	1.153	5.850	22.410	3.831	4	0.178	0.207	19.361	3.310	0.295	17.187	0.940	0.955	0.992	0.988	1.129
51	1.129	5.850	19.361	3.310	3.5	0.181	0.209	16.746	2.863	0.672	42.237	0.629	0.740	0.922	0.913	0.951
50	0.951	5.850	16.746	2.863	3	0.179	0.208	14.458	2.471	0.661	41.403	0.643	0.750	0.926	0.913	0.803
13	0.803	5.850	14.458	2.471	2.5	0.173	0.203	12.346	2.110	0.192	11.075	0.974	0.981	0.996	0.976	0.781
74	0.781	5.850	12.346	2.110	2	0.162	0.193	10.347	1.769	0.806	53.669	0.276	0.592	0.682	0.245	0.130
62	0.130	5.850	10.347	1.769	1.5	0.145	0.179	8.375	1.432	0.715	45.620	0.469	0.699	0.819	0.930	0.099
46	0.099	5.850	8.375	1.432	1	0.119	0.157	6.357	1.087	0.546	33.094	0.695	0.838	0.911	0.914	0.083
3	0.083	5.850	6.357	1.087	0.5	0.079	0.122	4.088	0.699	0.034	1.929	0.999	0.999	1.000	0.991	0.082
33	0.082	5.850	4.088	0.699	0.2	0.049	0.028	7.143	1.221	0.952	72.094	0.839	0.307	1.652	0.931	0.126
Pias 3																
90°																
a o	Ho(m)	T(s)	Lo(m)	Co(m/s)	d (m)	d/Lo	d/L	L(m)	C(m/s)	sin a	a	cos a o	cos a	Kr	Ks	H'o(m)
39	2.120	5.850	53.389	9.126	6	0.112	0.150	40.000	6.838	0.472	28.132	0.777	0.882	0.939	1.095	2.179
35	2.179	5.850	40.000	6.838	5.5	0.138	0.173	31.737	5.425	0.455	27.071	0.819	0.890	0.959	0.999	2.088
38	2.088	5.850	31.737	5.425	5	0.158	0.190	26.316	4.498	0.510	30.697	0.788	0.860	0.957	0.998	1.995
80	1.995	5.850	26.316	4.498	4.5	0.171	0.201	22.410	3.831	0.839	56.998	0.174	0.545	0.565	0.994	1.120
61	1.120	5.850	22.410	3.831	4	0.178	0.207	19.361	3.310	0.756	49.079	0.485	0.655	0.860	0.988	0.952
68	0.952	5.850	19.361	3.310	3.5	0.181	0.209	16.746	2.863	0.802	53.319	0.375	0.597	0.792	0.913	0.688
20	0.688	5.850	16.746	2.863	3	0.179	0.208	14.458	2.471	0.295	17.174	0.940	0.955	0.992	0.913	0.623
41	0.623	5.850	14.458	2.471	2.5	0.173	0.203	12.346	2.110	0.560	34.071	0.755	0.828	0.955	0.976	0.580
30	0.580	5.850	12.346	2.110	2	0.162	0.193	10.347	1.769	0.419	24.774	0.866	0.908	0.977	0.245	0.139
28	0.139	5.850	10.347	1.769	1.5	0.145	0.179	8.375	1.432	0.380	22.335	0.883	0.925	0.977	0.930	0.126
4	0.126	5.850	8.375	1.432	1	0.119	0.157	6.357	1.087	0.053	3.035	0.998	0.999	0.999	0.914	0.115
18	0.115	5.850	6.357	1.087	0.5	0.079	0.122	4.088	0.699	0.199	11.462	0.951	0.980	0.985	0.991	0.112
33	0.112	5.850	4.088	0.699	0.2	0.049	0.028	7.143	1.221	0.952	72.094	0.839	0.307	1.652	0.931	0.173

Data Refraksi		pias 1							
Arah	a_0	H_0	T	L_0	C_0	d (m)	$\cos a_0$	$\cos a$	$Ho' (m)$
90°	25.000	2.120	5.850	53.389	9.126	6.000	0.906	0.949	2.269

Dari peta Bathimetri Gresik dapat ditentukan kemiringan (slope) m :

Arah	m	a	b
90°	0.002	7.000	3400.000



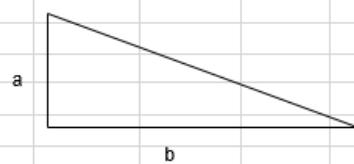
maka

Arah	$Ho'/(gT^2)$	m	Hb/Ho'	Hb	$Hb/(gT^2)$	a	b	db_{max}	db_{min}	C_b
90°	0.007	0.002	0.868	1.970	0.006	1.678	1.560	3.307	3.074	5.491

Data Refraksi		pias 1							
Arah	a_0	H_0	T	L_0	C_0	d (m)	$\cos a_0$	$\cos a$	$Ho' (m)$
135°	33.000	1.490	6.255	61.027	9.757	6.000	0.839	0.923	1.308

Dari peta Bathimetri Gresik dapat ditentukan kemiringan (slope) m :

Arah	m	a	b
135°	0.001	6.000	5311.000



maka

Arah	$Ho'/(gT^2)$	m	Hb/Ho'	Hb	$Hb/(gT^2)$	a	b	db_{max}	db_{min}	C_b
135°	0.003	0.00	1.510	1.975	0.005	0.929	1.560	1.835	3.081	5.498

LAMPIRAN 4

Perubahan garis pantai

4 tahun		2 tahun		15 tahun		20 tahun
Y akhir(m)	Dy ₀ (m)	Y akhir(m)	Dy ₀ (m)	Y akhir(m)	Dy ₀ (m)	Y akhir(m)
2284.136	-4.615	2288.752	-34.615	2258.752	-46.153	2247.214
2258.008	3.444	2254.564	25.829	2276.949	34.439	2285.559
2287.379	3.629	2283.749	27.221	2307.341	36.295	2316.415
2321.257	5.129	2316.129	38.465	2349.465	51.286	2362.286
2366.085	2.713	2363.373	20.346	2381.006	27.127	2387.787
2376.130	-3.315	2379.445	-24.864	2357.896	-33.151	2349.609
2355.426	0.198	2355.228	1.487	2356.517	1.982	2357.012
2351.313	-2.629	2353.941	-19.715	2336.855	-26.286	2330.284
2335.582	0.180	2335.402	1.350	2336.572	1.799	2337.021
2339.931	1.656	2338.276	12.417	2349.037	16.556	2353.176
2353.192	1.746	2351.446	13.094	2362.794	17.459	2367.159
2366.909	1.695	2365.215	12.710	2376.230	16.947	2380.467
2377.548	0.314	2377.234	2.355	2379.275	3.139	2380.059
2383.439	2.039	2381.399	15.296	2394.656	20.394	2399.754
2394.576	-0.522	2395.098	-3.914	2391.706	-5.218	2390.402
2384.256	-3.652	2387.908	-27.388	2364.172	-36.518	2355.042
2353.044	-3.703	2356.747	-27.771	2332.679	-37.028	2323.422
2328.681	-0.064	2328.746	-0.483	2328.327	-0.644	2328.166
2337.278	4.484	2332.794	33.631	2361.941	44.841	2373.151
2367.990	-0.440	2368.430	-3.298	2365.572	-4.398	2364.472
2375.417	4.984	2370.434	37.377	2402.827	49.836	2415.286
2424.191	5.666	2418.526	42.491	2455.351	56.655	2469.515
2482.012	4.736	2477.276	35.519	2508.059	47.358	2519.898
2516.781	0.190	2516.592	1.423	2517.825	1.897	2518.299
2510.782	-3.547	2514.329	-26.604	2491.272	-35.471	2482.405
2481.964	-2.937	2484.901	-22.029	2465.809	-29.372	2458.466
2463.001	-0.347	2463.347	-2.599	2461.095	-3.466	2460.228
2461.314	0.157	2461.157	1.178	2462.178	1.570	2462.570
2464.301	1.040	2463.260	7.802	2470.022	10.403	2472.623
2463.198	-3.578	2466.776	-26.836	2443.518	-35.782	2434.572
2433.201	-3.400	2436.600	-25.497	2414.503	-33.996	2406.004
2403.877	-3.782	2407.658	-28.362	2383.078	-37.816	2373.624
2380.410	0.720	2379.690	5.400	2384.370	7.200	2386.170
2384.310	-0.135	2384.445	-1.014	2383.566	-1.352	2383.228
2384.865	0.668	2384.198	5.007	2388.537	6.677	2390.207
2396.807	4.038	2392.768	30.288	2419.018	40.384	2429.114
2433.401	4.700	2428.700	35.253	2459.253	47.004	2471.004
2475.554	4.087	2471.467	30.654	2498.034	40.872	2508.252
2504.128	0.464	2503.664	3.481	2506.681	4.642	2507.842
2515.074	4.132	2510.942	30.989	2537.799	41.319	2548.129
2543.418	0.139	2543.279	1.043	2544.183	1.390	2544.530

2547.707	1.743	2545.963	13.075	2557.295	17.433	2561.653
2556.917	-0.551	2557.468	-4.134	2553.885	-5.512	2552.507
2561.293	3.782	2557.512	28.362	2582.092	37.816	2591.546
2579.849	-3.175	2583.025	-23.815	2562.385	-31.753	2554.447
2547.765	-6.028	2553.792	-45.207	2514.613	-60.276	2499.544
2503.348	6.419	2496.929	48.144	2538.654	64.191	2554.701
2591.672	-3.309	2594.981	-24.817	2573.473	-33.090	2565.200
2570.690	0.035	2570.655	0.261	2570.881	0.348	2570.968
2580.718	4.914	2575.804	36.855	2607.745	49.141	2620.031
2611.900	-2.685	2614.585	-20.136	2597.134	-26.849	2590.421
2593.837	-0.791	2594.629	-5.935	2589.485	-7.913	2587.507
2588.142	-0.554	2588.696	-4.154	2585.096	-5.539	2583.711
2577.671	-3.634	2581.306	-27.257	2557.683	-36.343	2548.597
2555.153	0.571	2554.582	4.284	2558.295	5.711	2559.722
2546.550	-5.953	2552.503	-44.649	2513.807	-59.532	2498.924
2493.037	0.789	2492.249	5.915	2497.375	7.887	2499.347
2490.503	-3.553	2494.056	-26.649	2470.960	-35.531	2462.078
2475.584	4.037	2471.547	30.276	2497.786	40.368	2507.878
2502.929	0.083	2502.845	0.626	2503.388	0.834	2503.596
2496.997	-3.207	2500.203	-24.050	2479.360	-32.066	2471.344
2478.491	0.880	2477.610	6.602	2483.332	8.803	2485.533
2480.559	-1.521	2482.079	-11.404	2472.196	-15.205	2468.395
2472.500	0.440	2472.060	3.298	2474.918	4.398	2476.018
2479.860	2.410	2477.450	18.074	2493.114	24.099	2499.139
2505.241	5.388	2499.853	40.408	2534.873	53.878	2548.343
2559.022	5.231	2553.791	39.232	2587.792	52.309	2600.869
2592.600	-3.650	2596.250	-27.374	2572.526	-36.498	2563.402
2569.846	0.518	2569.328	3.885	2572.695	5.180	2573.990
2567.797	-2.521	2570.319	-18.911	2553.929	-25.214	2547.626
2564.921	6.241	2558.681	46.804	2599.244	62.405	2614.845
2621.439	-4.426	2625.864	-33.193	2597.097	-44.257	2586.033
2590.640	0.090	2590.550	0.676	2591.136	0.901	2591.361
2594.213	1.527	2592.687	11.450	2602.610	15.267	2606.427
2601.088	-1.051	2602.139	-7.884	2595.306	-10.512	2592.678
2599.632	2.331	2597.301	17.481	2612.451	23.308	2618.278
2625.008	5.649	2619.359	42.369	2656.079	56.492	2670.202
2672.502	-0.264	2672.766	-1.979	2671.051	-2.638	2670.392
2664.504	-3.238	2667.742	-24.284	2646.696	-32.378	2638.602
2636.976	-3.512	2640.488	-26.338	2617.662	-35.118	2608.882
2621.583	3.631	2617.951	27.236	2641.556	36.314	2650.634
2637.746	-3.737	2641.483	-28.028	2617.192	-37.371	2607.849
2615.262	1.021	2614.241	7.657	2620.877	10.209	2623.429
2621.920	0.360	2621.560	2.701	2623.901	3.602	2624.802
2625.328	0.664	2624.664	4.979	2628.979	6.638	2630.638
2629.978	0.404	2629.574	3.029	2632.199	4.039	2633.209
2632.560	0.125	2632.435	0.937	2633.247	1.249	2633.559

2634.580	0.650	2633.930	4.873	2638.153	6.498	2639.778
2640.832	1.246	2639.586	9.344	2647.684	12.459	2650.799
2645.020	-1.545	2646.565	-11.589	2636.521	-15.452	2632.658
2638.855	1.462	2637.392	10.968	2646.898	14.625	2650.555
2654.511	3.536	2650.976	26.516	2673.956	35.355	2682.795
2683.582	3.111	2680.471	23.333	2700.693	31.111	2708.471
2714.332	5.601	2708.731	42.006	2745.136	56.008	2759.138
2774.284	6.437	2767.847	48.279	2809.689	64.372	2825.782
2871.712	5.086	2866.626	38.143	2899.683	50.858	2912.398
2919.006	4.243	2914.763	31.821	2942.341	42.429	2952.949
2960.212	6.036	2954.176	45.269	2993.409	60.358	3008.498
3016.502	-0.609	3017.111	-4.567	3013.153	-6.089	3011.631
3023.130	5.075	3018.055	38.063	3051.043	50.750	3063.730
3218.177	0.163	3218.013	1.226	3219.076	1.635	3219.485
3224.324	2.602	3221.722	19.517	3238.637	26.022	3245.142
3704.463	5.856	3698.606	43.923	3736.673	58.564	3751.314
3765.246	4.103	3761.143	30.773	3787.813	41.030	3798.070
3805.799	6.380	3799.420	47.846	3840.886	63.795	3856.835
3916.862	4.721	3912.141	35.406	3942.826	47.208	3954.628
3951.034	-0.022	3951.055	-0.161	3950.916	-0.215	3950.862
3950.864	-0.023	3950.887	-0.174	3950.736	-0.232	3950.678
3959.843	4.556	3955.286	34.172	3984.902	45.563	3996.293
4005.054	6.422	3998.632	48.165	4040.375	64.220	4056.430
4097.675	6.052	4091.622	45.394	4130.964	60.525	4146.095
4157.640	0.965	4156.675	7.239	4162.949	9.652	4165.362
4170.749	3.749	4166.999	28.121	4191.371	37.495	4200.745
4189.652	-2.864	4192.516	-21.479	4173.901	-28.639	4166.741
4183.124	5.607	4177.517	42.054	4213.964	56.072	4227.982
4352.203	4.552	4347.652	34.137	4377.237	45.517	4388.617
4392.292	3.886	4388.406	29.145	4413.665	38.860	4423.380
4427.585	4.737	4422.847	35.530	4453.640	47.374	4465.484
4453.905	-4.044	4457.949	-30.330	4431.663	-40.440	4421.553
4439.533	6.436	4433.096	48.273	4474.933	64.365	4491.025
4540.288	6.064	4534.224	45.479	4573.639	60.638	4588.798
4606.094	3.702	4602.392	27.764	4626.454	37.018	4635.708
4642.413	6.047	4636.367	45.349	4675.669	60.466	4690.786
4703.202	1.471	4701.731	11.033	4711.293	14.711	4714.971
4712.537	0.349	4712.189	2.615	4714.455	3.486	4715.326
4726.343	5.896	4720.446	44.222	4758.772	58.963	4773.513
4792.412	6.246	4786.166	46.846	4826.766	62.462	4842.382
4859.490	0.715	4858.775	5.362	4863.422	7.149	4865.209
4875.599	5.984	4869.614	44.884	4908.514	59.845	4923.475
4943.133	5.781	4937.351	43.360	4974.930	57.813	4989.383
4998.155	2.102	4996.052	15.768	5009.718	21.023	5014.973
5010.687	-0.027	5010.713	-0.200	5010.540	-0.266	5010.474
5012.710	1.089	5011.622	8.165	5018.698	10.886	5021.419

5018.289	-0.381	5018.669	-2.856	5016.194	-3.807	5015.243
5020.649	2.280	5018.370	17.097	5033.187	22.797	5038.887
5036.797	1.203	5035.593	9.025	5043.415	12.033	5046.423
5038.468	-2.676	5041.144	-20.069	5023.751	-26.759	5017.061
5017.096	-2.477	5019.573	-18.577	5003.473	-24.770	4997.280
4993.007	-4.517	4997.523	-33.874	4968.166	-45.165	4956.875
4963.744	1.337	4962.407	10.028	4971.098	13.371	4974.441
4980.035	4.233	4975.803	31.745	5003.315	42.327	5013.897
5009.893	0.412	5009.482	3.087	5012.157	4.116	5013.186
5022.091	4.911	5017.181	36.830	5049.100	49.106	5061.376
5066.331	3.866	5062.466	28.993	5087.593	38.657	5097.257
5091.034	-0.468	5091.502	-3.510	5088.460	-4.680	5087.290
5082.082	-3.124	5085.206	-23.428	5064.902	-31.238	5057.092
5063.691	0.625	5063.065	4.691	5067.131	6.255	5068.695
5073.591	3.141	5070.451	23.555	5090.865	31.406	5098.716
5101.927	4.283	5097.643	32.125	5125.485	42.833	5136.193
5124.906	-3.277	5128.183	-24.578	5106.882	-32.771	5098.689
5105.596	0.748	5104.848	5.610	5109.710	7.480	5111.580
5109.706	-0.112	5109.818	-0.840	5109.090	-1.120	5108.810
5117.674	4.307	5113.367	32.301	5141.361	43.068	5152.128
5149.852	1.206	5148.646	9.044	5156.484	12.059	5159.499
5150.229	-3.330	5153.560	-24.979	5131.911	-33.305	5123.585
5119.122	-4.944	5124.066	-37.080	5091.930	-49.440	5079.570
4913.662	-0.884	4914.546	-6.631	4908.799	-8.841	4906.589
4910.949	1.210	4909.740	9.072	4917.602	12.096	4920.626
4927.932	4.961	4922.971	37.206	4955.216	49.608	4967.618
4977.949	6.434	4971.514	48.258	5013.338	64.344	5029.424
5079.758	5.854	5073.904	43.906	5111.956	58.541	5126.591
5128.139	-2.070	5130.210	-15.528	5116.752	-20.703	5111.577
5122.914	3.577	5119.337	26.826	5142.586	35.768	5151.528
5140.326	-2.887	5143.213	-21.651	5124.449	-28.868	5117.232
5115.647	-3.386	5119.034	-25.398	5097.022	-33.865	5088.555
5100.626	3.318	5097.308	24.887	5118.877	33.182	5127.172
5108.956	-6.397	5115.353	-47.979	5073.771	-63.972	5057.778
5032.222	-0.049	5032.271	-0.368	5031.952	-0.491	5031.829
5024.524	-3.707	5028.232	-27.806	5004.133	-37.074	4994.865
5012.886	6.318	5006.568	47.386	5047.636	63.181	5063.431
5081.157	-0.737	5081.893	-5.524	5077.106	-7.366	5075.264
5078.371	0.740	5077.630	5.553	5082.443	7.404	5084.294
5082.670	0.005	5082.665	0.039	5082.699	0.051	5082.711
5085.734	1.517	5084.217	11.376	5094.076	15.168	5097.868
5092.507	-1.071	5093.579	-8.035	5086.615	-10.713	5083.937
5079.540	-3.365	5082.905	-25.239	5061.031	-33.651	5052.619
5052.600	-2.725	5055.325	-20.437	5037.613	-27.250	5030.800
5028.389	-3.726	5032.114	-27.943	5007.897	-37.257	4998.583
4997.576	-3.192	5000.768	-23.940	4980.020	-31.920	4972.040

4989.319	5.949	4983.369	44.620	5022.040	59.493	5036.913
5032.521	-5.889	5038.411	-44.171	5000.129	-58.894	4985.406
4987.174	4.027	4983.147	30.201	5009.321	40.268	5019.388
5007.378	-3.441	5010.819	-25.807	4988.453	-34.409	4979.851
4972.418	-6.436	4978.854	-48.270	4937.020	-64.359	4920.931
4890.526	1.653	4888.873	12.399	4899.619	16.532	4903.752
4900.133	-0.073	4900.207	-0.550	4899.730	-0.734	4899.546
4888.390	-5.660	4894.050	-42.450	4857.260	-56.600	4843.110
4739.906	4.050	4735.855	30.378	4762.183	40.504	4772.309
4760.784	-3.213	4763.997	-24.099	4743.111	-32.132	4735.078
4727.842	-6.312	4734.155	-47.342	4693.125	-63.123	4677.344
4606.519	-5.990	4612.510	-44.927	4573.573	-59.903	4558.597
4561.727	5.674	4556.054	42.552	4592.932	56.736	4607.116
4613.698	1.729	4611.969	12.966	4623.206	17.289	4627.529
4616.605	-3.658	4620.262	-27.432	4596.488	-36.576	4587.344
4592.696	-0.027	4592.723	-0.203	4592.547	-0.270	4592.480
4586.548	-2.996	4589.544	-22.470	4570.070	-29.960	4562.580
4560.163	-3.843	4564.007	-28.826	4539.024	-38.434	4529.416
4527.854	-3.433	4531.287	-25.747	4508.973	-34.329	4500.391
4498.924	-3.453	4502.377	-25.897	4479.933	-34.529	4471.301
4465.425	-5.657	4471.083	-42.430	4434.310	-56.574	4420.166
4408.504	-4.368	4412.872	-32.760	4384.480	-43.680	4373.560
4365.246	-6.437	4371.683	-48.279	4329.841	-64.372	4313.748
4287.980	4.905	4283.075	36.789	4314.959	49.051	4327.221
4317.882	-3.269	4321.151	-24.516	4299.904	-32.689	4291.731
4289.838	-3.651	4293.489	-27.381	4269.759	-36.508	4260.632
4255.196	-5.422	4260.618	-40.665	4225.375	-54.220	4211.820
4203.616	-3.847	4207.463	-28.854	4182.456	-38.471	4172.839
4165.266	-6.437	4171.703	-48.278	4129.862	-64.370	4113.770
4065.986	-6.437	4072.423	-48.278	4030.582	-64.370	4014.490
3966.936	-5.622	3972.558	-42.164	3936.016	-56.218	3921.962
3805.458	-1.221	3806.679	-9.157	3798.743	-12.209	3795.691
3811.010	6.340	3804.670	47.551	3845.881	63.402	3861.732
3876.950	-2.675	3879.625	-20.061	3862.239	-26.748	3855.552
3852.205	-4.167	3856.373	-31.256	3829.284	-41.675	3818.865
3816.916	-3.442	3820.358	-25.814	3797.986	-34.419	3789.381
3798.452	1.816	3796.636	13.622	3808.442	18.162	3812.982
3796.354	-6.433	3802.787	-48.247	3760.973	-64.330	3744.890
3698.852	-3.349	3702.201	-25.116	3680.434	-33.489	3672.061
3670.348	-3.571	3673.919	-26.782	3650.708	-35.709	3641.781
3639.831	-3.689	3643.521	-27.670	3619.540	-36.893	3610.317
3603.117	-6.296	3609.414	-47.223	3568.487	-62.964	3552.746
3525.311	-4.714	3530.026	-35.358	3499.382	-47.144	3487.596
3488.901	-1.134	3490.036	-8.507	3482.663	-11.343	3479.827
3469.943	-6.173	3476.117	-46.301	3435.989	-61.734	3420.556
3394.941	-6.310	3401.250	-47.322	3360.238	-63.096	3344.464

3275.783	-4.773	3280.557	-35.801	3249.529	-47.735	3237.595
3234.212	-3.369	3237.581	-25.269	3215.681	-33.692	3207.258
3200.278	-6.206	3206.484	-46.544	3166.146	-62.059	3150.631
3069.599	-5.906	3075.504	-44.293	3037.117	-59.057	3022.353
3006.350	-4.715	3011.065	-35.362	2980.418	-47.149	2968.631
2776.995	-4.652	2781.648	-34.893	2751.407	-46.524	2739.776
2548.530	-1.890	2550.420	-14.174	2538.136	-18.899	2533.411
2525.978	-5.661	2531.639	-42.458	2494.842	-56.610	2480.690
2357.785	-5.838	2363.622	-43.782	2325.678	-58.376	2311.084
2203.851	-4.435	2208.285	-33.260	2179.460	-44.347	2168.373
1949.511	-6.419	1955.931	-48.146	1914.204	-64.195	1898.155
1856.652	-6.424	1863.076	-48.179	1821.321	-64.239	1805.261
1763.295	-6.212	1769.508	-46.594	1729.126	-62.125	1713.595
1690.421	-4.410	1694.830	-33.072	1666.168	-44.096	1655.144
1650.493	-4.559	1655.051	-34.190	1625.420	-45.586	1614.024
1611.616	-3.242	1614.858	-24.315	1593.785	-32.420	1585.680
1579.998	-5.541	1585.539	-41.559	1549.521	-55.412	1535.668
1409.923	-2.933	1412.857	-22.001	1393.789	-29.335	1386.455
1384.627	-3.527	1388.153	-26.450	1365.230	-35.266	1356.414
1350.401	-5.724	1356.126	-42.933	1318.917	-57.245	1304.605
1287.956	-6.437	1294.393	-48.278	1252.552	-64.371	1236.459
1187.478	-6.421	1193.899	-48.156	1152.164	-64.208	1136.112
1094.905	-6.153	1101.057	-46.144	1061.066	-61.526	1045.684
958.949	-6.436	965.384	-48.267	923.553	-64.356	907.464
861.507	-6.245	867.752	-46.839	827.158	-62.452	811.545
733.089	-6.426	739.514	-48.193	697.747	-64.257	681.683
639.386	-6.172	645.558	-46.291	605.439	-61.722	590.008
525.011	3.595	521.415	26.966	544.786	35.954	553.774
543.805	-2.272	546.078	-17.042	531.308	-22.723	525.627

BIODATA PENULIS



Febrian Putra Yudha Lahir di Blora, 28 Februari 1994 dan merupakan anak pertama dari dua bersaudara. Pendidikan SD yang ditempuh di SDN Randuagung II Kebomas Gresik. Sedangkan SMP yang ditempuh di SMPSMP Muhammadiyah 12 GKB Gresik dan SMA yang ditempuh di SMA Muhammadiyah 1 Gresik Setelah lulus SMA, penulis melanjutkan pendidikannya di Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Penulis pernah mengikuti Unit Kegiatan Mahasiswa (UKM) Teater Tiyang Alit. Dalam Teater Tiyang Alit Penulis tergabung dalam Sie Keaktoran dan berfokus dalam penyutradaraan Teater dalam karya-karyanya dimana penulis berperan dalam Naskah Oleng, dan Pernah mensutradarai naskah diantaranya, Sang Mandor, Matinya Tukang Kritik, Pinangan,, Pemberontak dan Walikota, Tanpa Air, dan berbagai kegiatan kesenian yang lain misalnya Puisi, dan Musikalisasi Puisi,

Penulis juga memiliki hobi menggambar dan pernah mengikuti berbagai pameran, misalnya Doodleart Bandung, Doodleart Surabaya, Mengintip Gresik 1 dan 2, juga pernah 5 karya terbaik dalam Kurasi pameran yang diselenggarakan Sumbart, sekarang penulis sedang membangun sanggar INTRA Gresik, sebagai ruang berkarya di Kabupaten Gresik

Penulis juga pernah mengikuti beberapa pelatihan yaitu : Pelatihan Teater Oleh Lenon Machali Pelatihan Keaktoran di Sanggar KSB Jember, dan Pelatihan Pemahaman Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja Berdasarkan OHSAS 18001:2007. LKMM Pra TD dan LMM TD .