

**ANALISIS PERUBAHAN GARIS PANTAI DI PANTAI CACALAN,
BANYUWANGI, JAWA TIMUR DENGAN METODE NUMERIK**

SKRIPSI

OLEH:

KAMAY SAIFUDIN SAIKHUN

155080600111009



**PROGAM STUDI ILMU KELAUTAN
JURUSAN PEMANFAATAN SUMBERDAYA PERIKANAN DAN KELAUTAN
FAKULTAS PERIKANAN DAN ILMU KELAUTAN
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
MALANG
2019**

**ANALISIS PERUBAHAN GARIS PANTAI DI PANTAI CACALAN,
BANYUWANGI, JAWA TIMUR DENGAN METODE NUMERIK**

SKRIPSI

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

OLEH:

KAMAY SAIFUDIN SAIKHUN

155080600111009



**PROGAM STUDI ILMU KELAUTAN
JURUSAN PEMANFAATAN SUMBERDAYA PERIKANAN DAN KELAUTAN
FAKULTAS PERIKANAN DAN ILMU KELAUTAN
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
MALANG
2019**

LEMBAR PENGESAHAN

SKRIPSI

ANALISIS PERUBAHAN GARIS PANTAI DI PANTAI CACALAN,
BANYUWANGI, JAWA TIMUR DENGAN METODE NUMERIK

Oleh:

KAMAY SAIFUDIN SAIKHUN
NIM. 155080600111009

Telah dipertahankan di depan penguji pada Tanggal 27 Juni 2019 dan
dinyatakan memenuhi syarat

Dosen Pembimbing 1

Menyetujui,

Dosen Pembimbing 2



Nurin Hidayati, S.T., M.Sc.
NIP. 19781102 200502 2 001
Tanggal. 18 JUL 2019

Dhira Khurniawan S. S.Kel., M.Sc.
NIP. 20120186 0115 1 001
Tanggal. 18 JUL 2019

Mengetahui,

Ketua Jurusan Pemanfaatan Sumberdaya
Perikanan dan Kelautan



Dr. Endang Abu Bakar Sambah, S.Pi., M.T.

NIP. 19780717 200502 1 004

Tanggal: 18 JUL 2019



IDENTITAS TIM PENGUJI

Judul : Analisis Perubahan Garis Pantai di Pantai Cacalan,
Banyuwangi, Jawa Timur dengan Metode Numerik

Nama : Kamay Saifudin Saikhun

NIM : 155080600111009

Progam Studi : Ilmu Kelautan

PENGUJI PEMBIMBING:

Pembimbing 1 : Nurin Hidayati, S.T., M.Sc

Pembimbing 2 : Dhira Khurniawan Saputra, S.Kel., M.Sc.

PENGUJI BUKAN PEMBIMBING:

Penguji 1 : Andik Isdianto, S.T., M.T.

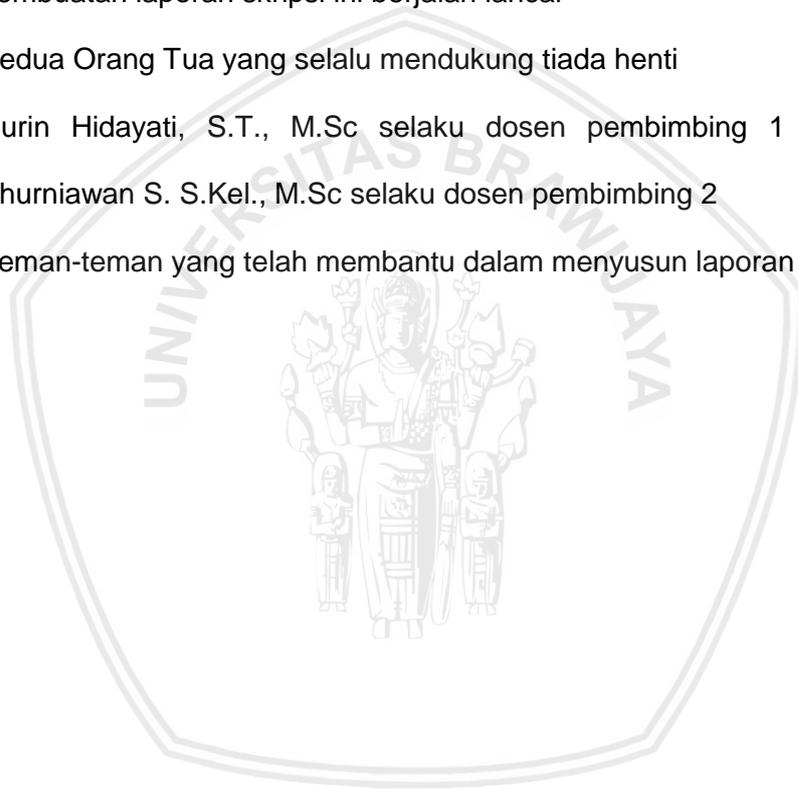
Penguji 2 : M. Arif As'adi, S.Kel., M.Sc



UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada pihak yang telah terkait dan memantu dalam pembuatan laporan skripsi ini hingga selesai antara lain:

1. Allah SWT atas Rahmat dan Rezeki yang telah diberikan sehingga pembuatan laporan skripsi ini berjalan lancar
2. Kedua Orang Tua yang selalu mendukung tiada henti
3. Nurin Hidayati, S.T., M.Sc selaku dosen pembimbing 1 dan Dhira Khurniawan S. S.Kel., M.Sc selaku dosen pembimbing 2
4. Teman-teman yang telah membantu dalam menyusun laporan skripsi ini



RINGKASAN

Kamay Saifudin Saikhun. Analisis Perubahan Garis Pantai di Pantai Cacalan, Banyuwangi, Jawa Timur dengan Metode Numerik (dibawah bimbingan **Nurin Hidayati, S.T., M.Sc. dan Dhira Khurniawan Saputra, S.Kel., M.Sc.**)

Pantai Cacalan merupakan salah satu destinasi wisata yang ada di Kabupaten Banyuwangi. Pantai Cacalan memang tidak sepopuler pantai lain yang ada di Banyuwangi. Pantai Cacalan memiliki garis pantai memanjang sekitar 1,2 km. Pantai Cacalan memiliki hamparan pasir hitam ke abu-abuan dan memiliki ombak yang relatif kecil. Garis pantai adalah daerah perbatasan antara daratan dan lautan. Garis pantai merupakan daerah yang masih dipengaruhi oleh pasang surut, baik pasang tertinggi dan surut terendah. Ada dua macam perubahan garis pantai yang pertama garis pantai mengalami kemunduran hal ini biasanya disebut dengan abrasi. Sedangkan apabila garis pantai semakin menjorok kelautan disebut dengan sedimentasi.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perubahan garis pantai dan karakteristik sedimen yang ada di Pantai Cacalan, Banyuwangi. Penelitian Analisis Perubahan Pantai di Pantai Cacalan, Banyuwangi akan menggunakan metode numerik dengan rumus CERC (*Coastal Engineering Research Center*). Ada dua data yang akan digunakan dalam penelitian ini yang pertama ialah data primer berupa tracking garis pantai, mengukur kemiringan pantai, pengambilan sedimen dan pengambilan data gelombang. Sedangkan data sekunder didapatkan dari pengambilan citra garis pantai yang terdahulu oleh Google Earth dan data pasang surut dari PT. Pelabuhan Indonesia III Tanjung Wangi.

Perubahan garis pantai di Pantai Cacalan, Banyuwangi yang telah dilakukan dari dua metode yang berbeda yaitu melalui citra satelit dan perhitungan numerik dengan rumus CERC. Perubahan garis pantai Cacalan pada tahun 2011 sampai 2014 terjadi abrasi dengan nilai perubahan sebesar -5,58 meter atau -1,86 meter per tahun, begitu juga pada tahun 2014 sampai 2018 Pantai Cacalan mengalami abrasi dengan nilai perubahan sebesar -12,22 meter atau -3,05 meter per tahun. Sedangkan selama tahun 2011 sampai 2018 terjadi abrasi dengan nilai perubahan sebesar -18,11 atau -2,59 meter per tahun. Hasil perhitungan numerik dengan rumus CERC garis pantai Cacalan mengalami abrasi pada 1 tahun mendatang dengan nilai -2.25 meter pertahun.

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan yang Maha Esa yang telah memberikan Rahmat dan Karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan Skripsi dengan lancar. Shalawat serta salam juga selalu tercurahkan kepada Nabi Muhammad SAW. Penulis berharap laporan ini dapat bermanfaat dan memberikan informasi kepada pembaca tentang Perubahan Garis Pantai di Pantai Cacalan, Banyuwangi, Jawa Timur.

Laporan ini berjudul tentang Analisis Perubahan Garis Pantai di Pantai Cacalan, Banyuwangi, Jawa Timur dengan Metode Numerik yang didalamnya berisikan tentang pentingnya mempelajari perubahan garis pantai bagi lingkungan pesisir dan karakteristik sedimen di daerah tersebut.

Malang, 8 Mei 2019

Penulis

DAFTAR ISI

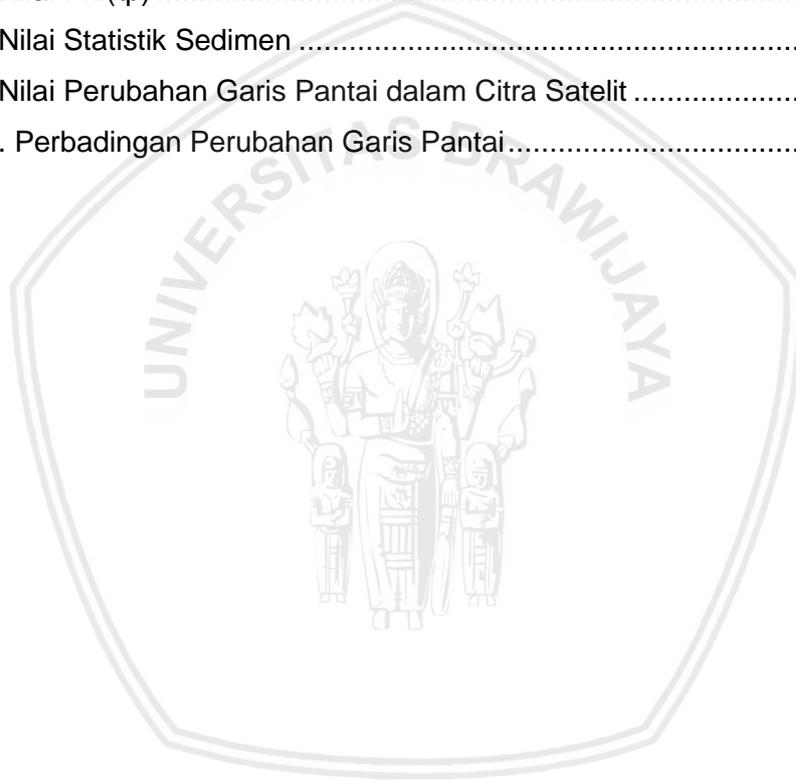
UCAPAN TERIMA KASIH.....	i
RINGKASAN.....	ii
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	iv
DAFTAR TABEL	vi
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR LAMPIRAN	viii
1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan	3
1.4 Kegunaan.....	4
2. TINJUAN PUSTAKA	5
2.1 Pengetian Pantai	5
2.2 Perubahan Garis Pantai	6
2.3 Faktor Hidrografis.....	6
2.3.1 Gelombang Laut	7
2.3.2 Pasang Surut	10
2.4 Sedimen.....	11
2.5 Analisis Granulometri	12
2.6 Statistik Sedimen.....	13
2.6.1 <i>Mean</i> (Rata-rata)	13
2.6.2 <i>Sorting</i> (Sortasi).....	13
2.6.3 <i>Skewness</i> (Kecondongan)	14
2.6.4 <i>Kurtosis</i> (Keruncingan)	15
2.7 Rumus CERC (<i>Coastal Engineering Research Center</i>).....	16
3. METODE PENELITIAN	18
3.1 Waktu dan Lokasi Penelitian	18
3.2 Alat dan Bahan Penelitian	19
3.3 Pengambilan data	20



3.3.1 <i>Tracking</i> garis pantai.....	20
3.3.2 Pengukuran Kemiringan Pantai.....	20
3.3.3 Pengukuran Gelombang	21
3.3.4 Pengambilan Sampel Sedimen	21
3.4 Pengolahan Data.....	22
3.4.1 Pengolahan Data Sedimen	23
3.4.2 Perhitungan Numerik Perubahan Garis Pantai.....	23
3.5 Analisa Data.....	25
3.6 Prosedur Penelitian	26
4. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	28
4.1 Gambaran Umum di Pantai Cacalan, Banyuwangi.....	28
4.2 Keadaan Hidrooseanografi di Pantai Cacalan, Banyuwangi.....	29
4.2.1 Gelombang	29
4.2.2 Pasang Surut.....	30
4.3 Karakteristik Sedimen	31
4.3.1 Penentuan Jenis dan Ukuran Butir Sedimen.....	31
4.3.2 Analisis Statistik Sedimen	34
4.4 Perubahan Garis Pantai dari Analisa Peta Citra Satelit	37
4.5 Prediksi Perubahan Garis Pantai dengan Rumus CERC.....	40
4.6 Perbandingan Perubahan Garis Pantai dengan CERC dan Citra Satelit	43
4.7 Pembahasan.....	44
5. KESIMPULAN DAN SARAN.....	47
5.1 Kesimpulan	47
5.2 Saran	48
DAFTAR PUSTAKA.....	49
LAMPIRAN.....	51

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Klasifikasi <i>Sorting</i>	14
Tabel 2. Klasifikasi Nilai <i>Skewness</i>	15
Tabel 3. Alat yang digunakan dalam penelitian.....	19
Tabel 4. Bahan yang digunakan dalam penelitian.....	19
Tabel 5. Nilai Tinggi Gelombang di Pantai Cacalan	30
Tabel 6. Presentase Ukuran Butir Sedimen	33
Tabel 7. Nilai Phi(ϕ)	34
Tabel 8. Nilai Statistik Sedimen	35
Tabel 9. Nilai Perubahan Garis Pantai dalam Citra Satelit	40
Tabel 10. Perbandingan Perubahan Garis Pantai.....	44



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Macam-macam gelombang pecah	8
Gambar 2. Grafik Ketinggian Gelombang Pecah	9
Gambar 3. Grafik Kedalaman Gelombang Pecah	9
Gambar 4. Peta Lokasi Penelitian.....	18
Gambar 5. Peta Lokasi Pengambilan Data Gelombang	21
Gambar 6. Lokasi Pengambilan Sampel Sedimen	22
Gambar 7. Sudut Datang Gelombang	24
Gambar 8. Alur Penelitian.....	27
Gambar 9. Kondisi Pantai Cacalan	28
Gambar 10. Grafik Pasang Surut Bulan April 2019	31
Gambar 11. Citra Perubahan Garis Pantai Tahun 2011 – 2014	38
Gambar 12. Perubahan Garis Pantai Tahun 2014 – 2018	39
Gambar 13. Perubahan Garis Pantai Tahun 2011 – 2018	39
Gambar 14. Prediksi Garis Pantai Selama 5 Tahun	41
Gambar 15. Prediksi Garis Pantai Selama 10 Tahun	42
Gambar 16. Prediksi Garis Pantai Selama 15 Tahun	43
Gambar 17.Keadaan Pantai Wilayah Selatan	44
Gambar 18. Garis Pantai Cacalan Bagian Selatan	45
Gambar 19. Keadaan Pantai Wilayah Utara	45
Gambar 20. Garis Pantai Cacalan Wilayah Utara	46

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Dokumentasi Lapang	51
Lampiran 2. Dokumentasi Laboratorium	52
Lampiran 3. Perhitungan Nillai Phi	53
Lampiran 4. Nilai Tinggi Gelmbang di Pantai Cacalan	59
Lampiran 5. Perhitungan Prediksi Perubahan Garis Pantai	61



1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kabupaten Banyuwangi sangat terkenal akan budaya dan destinasi wisatanya. Kabupaten Banyuwangi merupakan salah satu kabupaten yang berpartisipasi dalam menumbuhkan ekonomi lokal dari industri pariwisatanya. Pengaruh industri pariwisata sangatlah besar seperti adanya lapangan pekerjaan bagi masyarakat sekitar, hingga menyumbangkan devisa bagi negara. Pariwisata yang ada di Banyuwangi mempunyai daya tarik yang beragam dari kalangan wisatawan. Banyuwangi memiliki bentangan alam mulai dari gunung, hutan, taman nasional, hingga pantai. Banyaknya keberagaman budaya dan potensi sumberdaya alam membuat pengembangan sektor pariwisata lebih mudah.

Pantai Cacalan merupakan salah satu destinasi wisata yang ada di Kabupaten Banyuwangi. Pantai Cacalan memang tidak sepopuler pantai lain yang ada di Banyuwangi. Sebenarnya pantai ini sudah lama dikenal oleh masyarakat Banyuwangi, akan tetapi sarana yang kurang dan belum dikembangkan secara serius. Hal ini membuat pantai Cacalan tidak sepopuler seperti pantai yang lain. Pantai Cacalan memiliki garis pantai memanjang sekitar 1,2 km. Pantai Cacalan memiliki hamparan pasir hitam ke abu-abuan dan memiliki ombak yang relatif kecil.

Pantai merupakan daerah batasan antara daratan dan lautan dan masih dipengaruhi oleh pasang tertinggi dan surut terendah (Mulyabakti *et al.*, 2016). Ada beberapa macam tipe pantai yaitu pantai berbatu, pantai berpasir dan pantai berlumpur. Garis pantai adalah daerah perbatasan antara daratan dan lautan. Garis pantai merupakan daerah yang masih dipengaruhi oleh pasang surut, baik

pasang tertinggi dan surut terendah. Perubahan garis pantai akan mempengaruhi kegiatan masyarakat yang dilakukan di kawasan pesisir tersebut (Putra *et al.*, 2015). Ada dua macam perubahan garis pantai yang pertama garis pantai mengalami kemunduran hal ini biasanya disebut dengan abrasi. Sedangkan apabila garis pantai semakin menjorok kelautan disebut dengan sedimentasi. Pantai yang mengalami abrasi biasanya memiliki gelombang dan arus yang sangat tinggi dan kuat, sedangkan pantai yang mengalami sedimentasi adalah pantai yang letaknya berada di dekat sungai dan memiliki ombak relatif kecil.

Ukuran butir sedimen sangatlah menentukan terjadinya perubahan garis pantai, selain itu faktor hidrografi seperti gelombang, dan pasang surut sangat mempengaruhi terjadinya perubahan garis pantai (Yulius *et al.*, 2017). Berdasarkan ukuran butirnya sedimen dibagi menjadi empat jenis yaitu *Gravel* (Batu), *Sand* (Kerikil), *Silt* (Lanau) dan *Clay* (Lempung). Asal mula sedimen akan sangat mempengaruhi sedimen yang ada di tempat tersebut. Terdapat empat macam sedimen berdasarkan asal mulanya yaitu Lithogenous, Biogenous, Cosmogenous dan Hydrogenius (Hidayati, 2017).

Penelitian Analisis Perubahan Pantai di Pantai Cacalan, Banyuwangi akan menggunakan rumus CERC (*Coastal Engineering Research Center*). Ada dua data yang akan digunakan dalam penelitian ini yang pertama ialah data primer berupa *tracking* garis pantai, mengukur kemiringan pantai, pengambilan sedimen dan pengambilan data gelombang. Sedangkan data sekunder didapatkan dari pengambilan citra garis pantai yang terdahulu oleh Google Earth dan data pasang surut dari PT. Pelabuhan Indonesia III Tanjung Wangi.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dari penelitian tentang Analisis Perubahan Garis Pantai di Pantai Cacalan, Banyuwangi adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana kondisi hidro oseanografi yang ada di Pantai Cacalan, Banyuwangi?
2. Bagaimana karakteristik sedimen yang ada di Pantai Cacalan, Banyuwangi?
3. Bagaimana perubahan garis pantai Cacalan, Banyuwangi jika dihitung dengan data citra satelit?
4. Bagaimana perubahan garis pantai Cacalan, Banyuwangi jika dihitung dengan rumus CERC (*Coastal Engineering Research Center*)?

1.3 Tujuan

Adapun tujuan dari penelitian tentang Analisis Perubahan Garis Pantai di Pantai Cacalan, Banyuwangi adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui keadaan hidro oseanografi yang ada di Pantai Cacalan, Banyuwangi
2. Mengetahui karakteristik sedimen yang ada di Pantai Cacalan, Banyuwangi
3. Mengetahui perubahan garis pantai di Pantai Cacalan, Banyuwangi berdasarkan data citra satelit
4. Mengetahui perubahan garis pantai di Pantai Cacalan, Banyuwangi menggunakan rumus CERC (*Coastal Engineering Research Center*)

1.4 Kegunaan

Adapun kegunaan dari penelitian tentang Analisis Perubahan Garis Pantai di Pantai Cacalan, Banyuwangi adalah untuk memberikan informasi perubahan garis pantai kepada pihak pengelola ataupun pemerintah yang ada di Pantai Cacalan, Banyuwangi. Serta semoga dengan adanya penelitian ini dapat dilaksanakan pembangunan pelindung pantai. Adanya perubahan garis pantai akan sangat mempengaruhi luas pantai mengingat pantai ini memiliki potensi yang cukup besar dalam menarik wisatawan.



2. TINJUAN PUSTAKA

2.1 Pengetian Pantai

Pantai merupakan daerah perbatasan antara daratan dan laut, dan masih dipengaruhi oleh pasang tertinggi dan surut terendah (Mulyabakti *et al.*, 2016). Indonesia merupakan negara kepulauan sehingga memiliki banyak pantai. Pantai-pantai yang ada di negara Indonesia memiliki potensi sumber daya yang besar. Pantai merupakan daerah pesisir yang sangat dinamis, hal ini diakibatkan adanya pengaruh terus menerus baik dari wilayah daratan maupun laut sehingga dapat berubah sewaktu-waktu (Putra *et al.*, 2015). Adanya kegiatan pemanfaatan daerah di tepi pantai ini menimbulkan banyak masalah di daerah pantai. Salah satu contoh dinamika yang terjadi adalah kemunduran garis pantai yang disebabkan tingginya gelombang dan membuat berkurangnya daerah pemukiman yang ada di tepi pantai.

Ditinjau dari tipe pantai pantai dibagi menjadi tiga tipe yaitu pantai berbatu, pantai berpasir dan pantai berlumpur (Hidayati, 2017). Pantai berbatu ialah pantai yang tersusun dari batu induk yang keras seperti batuan beku. Pantai berpasir ialah pantai yang tersusun dari endapan sedimen yang ukurannya lebih kecil. Pantai berlumpur ialah pantai yang tersusun oleh endapan sedimen yang sangat halus biasanya berada didekat aliran sungai. Tipe pantai berlumpur dan pantai berpasir adalah pantai yang sangat rawan terjadinya perubahan pantai. Hal ini disebabkan karena butir sedimen dari lumpur dan pasir sangat mudah terbawa arus. Faktor dari ukuran butir sedimen juga penting dalam perubahan pantai yang terjadi.

2.2 Perubahan Garis Pantai

Daerah yang membatasi daratan dan lautan disebut dengan garis pantai. Perubahan garis pantai sendiri diartikan sebagai perubahan batas wilayah daratan dan lautan (Hidayati, 2017). Perubahan garis pantai dapat dijadikan acuan terhadap kondisi pantai mengalami abrasi atau sedimentasi. Apabila suatu pantai mengalami kemunduran garis pantai dapat diartikan bahwa pantai tersebut mengalami peristiwa abrasi. Sedangkan apabila garis pantai semakin maju dapat diartikan sebagai sedimentasi. Salah satu cara untuk mengetahui perubahan garis pantai melalui citra satelit dengan cara mendigitasi garis pantai dari tahun ke tahun dan dilakukan *overlay*. Selanjutnya dianalisis perubahan garis pantai yang terjadi dari tahun ke tahun.

Adanya perubahan garis pantai dapat mempengaruhi kegiatan yang ada di wilayah pantai tersebut. Jika daerah pantai tersebut mengalami abrasi maka daerah tersebut akan kehilangan wilayah dan megancam kegiatan yang ada di daerah tersebut. Perubahan garis pantai terjadi akibat faktor fisik dan faktor antropogenik yang berdampak besar terhadap lingkungan (Putra *et al.*, 2015). Contoh faktor fisik yang mempengaruhi perubahan garis pantai adalah peristiwa pasang surut, sedimen yang terbawa arus sungai, gelombang air laut dan arus laut. Sedangkan faktor antropogenik adalah faktor yang diakibatkan oleh masukan bahan dari manusia yang menyebabkan kerusakan lingkungan.

2.3 Faktor Hidrografis

Peristiwa perubahan garis pantai sangat dipengaruhi oleh faktor hidrografi. Faktor hidrografis yang dapat mempengaruhi perubahan garis pantai adalah pasang surut dan gelombang. Gelombang laut memiliki peranan yang cukup tinggi terhadap terbentuknya geometri dan komposisi penyusun pantai. Gelombang yang tinggi mempunyai energi yang cukup untuk membawa butiran

sedimen yang berukuran kecil ke laut sehingga menyebabkan kemunduran garis pantai. Sedangkan arus yang disebabkan oleh pasang surut juga dapat mempengaruhi keadaan pantai.

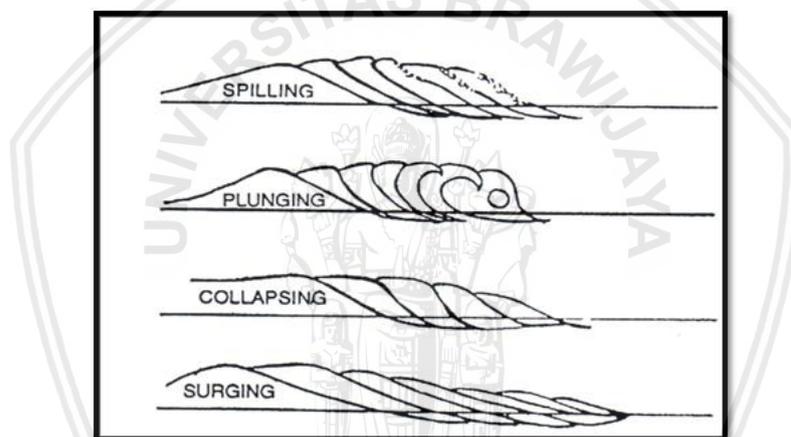
2.3.1 Gelombang Laut

Gelombang laut ialah bentuk permukaan air laut berupa lembah dan bukit oleh gerakan ayun yang diakibatkan oleh hembusan angin, gerakan kapal, longsor bawah air dan erupsi gunung api (Sumihi *et al.*, 2017). Gelombang laut memiliki beberapa dimensi diantaranya tinggi gelombang, periode gelombang, cepat rambat gelombang dan panjang gelombang. Secara umum tinggi gelombang laut pada dekat pantai dan tengah laut akan berbeda. Hal ini dikarenakan adanya perbedaan panjang pembangkit gelombang laut yang menyebabkan daerah tengah laut gelombang relatif tinggi (Yulius *et al.*, 2017).

Pada siang hari kondisi gelombang relatif tinggi terlebih pada saat musim angin barat dan angin timur. Hal ini disebabkan oleh angin yang bertiup dominan ke daratan pada siang hari (angin laut) yang menyebabkan gelombang laut pada siang hari relatif tinggi. Apabila pada suatu pesisir mengalami fenomena gelombang laut yang tinggi dapat menyebabkan kerusakan pada pantai tersebut. Gelombang laut yang tinggi dapat membawa sedimen kecil seperti pasir dan lumpur sehingga terjadi kemunduran garis pantai. Kemunduran garis pantai tersebut akan berdampak pada kegiatan yang ada diwilayah tersebut.

Gelombang akan mengalami perubahan ketika menuju daerah pantai yang diakibatkan oleh banyak faktor, salah satu faktor tersebut ialah berkurangnya kedalaman perairan. Bentuk-bentuk perubahan gelombang ketika menuju perairan pantai adalah pendangkalan gelombang, refraksi gelombang, difraksi gelombang, refleksi gelombang dan gelombang pecah.

Pendangkalan gelombang (*Shoaling*) merupakan proses berkurangnya tinggi gelombang diakibatkan oleh berkurangnya kedalaman. Refraksi gelombang merupakan proses berkurangnya ketinggian gelombang diakibatkan oleh perubahan arah puncak gelombang. Difraksi gelombang merupakan proses berpindahnya energi gelombang ke daerah yang dilindungi oleh suatu pulau, bangunan pantai atau batu karang yang ada di tepi pantai. Refleksi gelombang adalah dipantulkannya energi gelombang datang karena membentur suatu pulau atau rintangan. Gelombang pecah merupakan peristiwa pecahnya gelombang karena perbedaan kemiringan dasar laut.

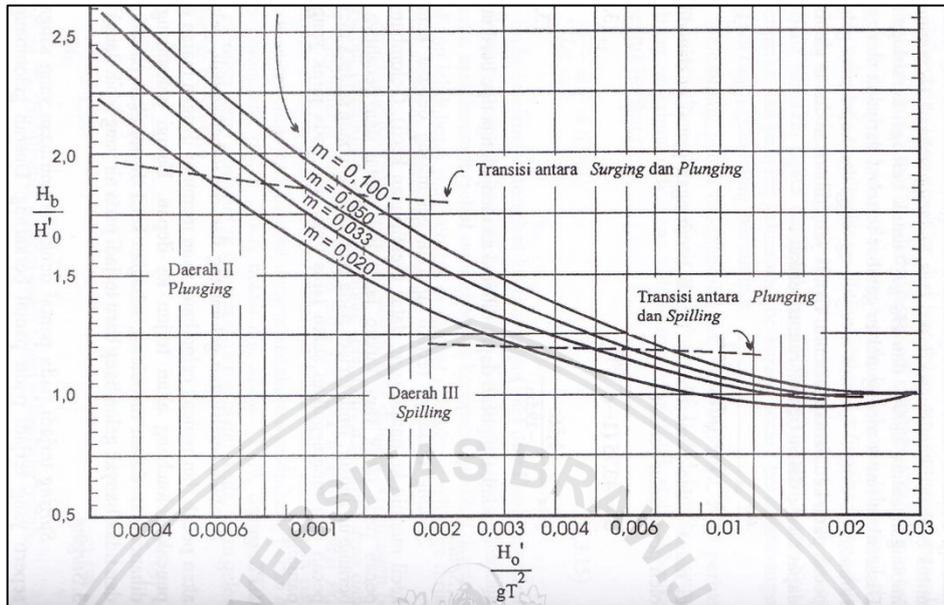


(Sumber: Hidayati, 2017)

Gambar 1. Macam-macam gelombang pecah

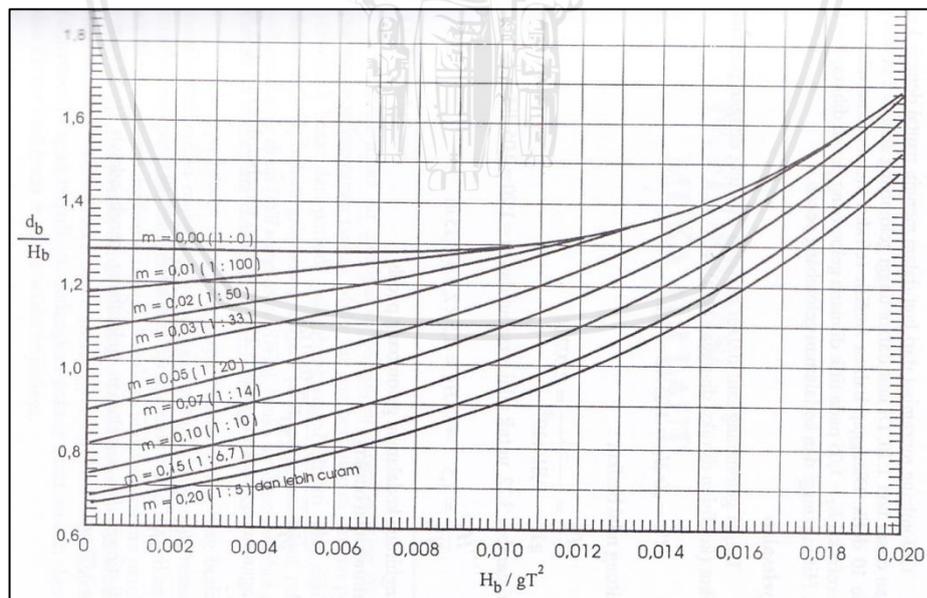
Gelombang pecah dapat lebih tinggi atau lebih rendah daripada gelombang datang tergantung kepada kemiringan pantai. Gelombang pecah dibagi menjadi 4 macam (Gambar 1) yaitu: *Spilling*, *Plunging*, *Surging* dan *Collapsing*. *Spilling* terjadi ketika kemiringan suatu pantai sangat kecil. *Plunging* terjadi pada saat puncak gelombang datang memutar dan massa air akan jatuh didepan. *Surging* terjadi sama seperti *Plunging* akan tetapi massa air tidak sampai jatuh ke depan. *Collapsing* hampir sama dengan *Plunging* akan tetapi puncak gelombang

pecahnya menggulung. Penentuan tinggi dan kedalaman gelombang pecah dapat dilihat melalui grafik pada Gambar 2 dan Gambar 3.



(Sumber: Hidayati, 2017)

Gambar 2. Grafik Ketinggian Gelombang Pecah



(Sumber: Hidayati, 2017)

Gambar 3. Grafik Kedalaman Gelombang Pecah

2.3.2 Pasang Surut

Pasang surut merupakan peristiwa yang terjadi di wilayah pesisir pantai. Pengertian dari pasang surut ialah gerakan naik turunnya permukaan air laut secara periodik yang dipengaruhi gravitasi oleh benda langit (Yulius *et al.*, 2017). Benda langit yang dapat mempengaruhi pasang surut adalah matahari dan bulan. Pasang surut dibedakan menjadi dua yaitu pasang surut purnama dan pasang perbani. Pasang surut purnama adalah pasang surut pada keadaan tertinggi disebabkan bumi, bulan dan matahari berada pada satu garis lurus. Pasang surut perbani ialah pasang surut dengan ketinggian paling rendah, hal ini disebabkan bumi, bulan dan matahari berada tegak lurus.

Penelitian ini menggunakan data pasang surut melalui pengukuran dilapang dan dihitung dengan menggunakan metode *admiralty*. Metode *admiralty* adalah metode perhitungan pasang surut yang didasarkan kepada amplitudo yang dihitung setiap 1 jam selama 15 piamtan (Suhaemi *et al.*, 2018). Metode ini dikenal pada abad ke-20 dan didasarkan kepada konstanta formzahl yang ada di pasang surut seperti Q_1 , P_1 , O_1 , K_1 , N_2 , K_2 , S_2 , M_2 (Bachmid *et al.*, 2018). Dengan menggunakan konstanta tersebut dapat menentukan tipe pasang surut yang terjadi. Berikut merupakan rumus yang digunakan untuk mencari nilai formzahl:

$$F = \frac{K_1 + O_1}{M_2 + S_2}$$

Dimana:

K_1 = Unsur pasut tunggal yang diakibatkan gaya tarik matahari

O_1 = Unsur pasut tunggal yang diakibatkan gaya tarik bulan

M_2 = Unsur pasut ganda yang diakibatkan gaya tarik bulan

S_2 = Unsur pasut ganda yang diakibatkan gaya tarik matahari

Tipe pasang surut dibedakan empat tipe yaitu pasang surut harian ganda ($F < \frac{1}{4}$), pasang surut harian tunggal ($F > 3$), pasang surut campuran condong ke harian ganda ($\frac{1}{4} < F < 1\frac{1}{2}$) dan pasang surut campuran condong ke harian tunggal ($1\frac{1}{2} < F < 3$). Data pasang surut sangat penting bagi bidang perikanan, seperti sirkulasi air tambak laut, penentuan kedalaman kolam pelabuhan, penelitian biota laut, serta keselamatan alur pelayaran (Hidayati, 2017). Peristiwa pasang surut akan mempengaruhi garis pantai, pada saat pasang air laut akan membawa material kecil dari laut dan mengendap pada daerah pantai. Sedangkan pada saat surut air laut akan mengikis daerah pesisir dan membawa material sedimen ke arah laut.

2.4 Sedimen

Sedimen merupakan hasil pecahan material yang berasal dari mineral, batuan yang melayang di perairan. Pada umumnya ukuran butir dari sedimen dapat dibagi menjadi empat kategori yaitu lempung (*clay*), lanau (*silt*), pasir (*sand*) dan kerikil (*gravel*). Mekanisme distribusi sedimen dapat dipengaruhi oleh faktor oseanografi seperti arus dan gelombang (Triapriyasen *et al.*, 2016). Karakteristik sebaran sedimen sangat dipengaruhi oleh asal mula sebaran sedimen yang ada ditempat tersebut. Asal mula sedimen dibagi menjadi empat yaitu biogenous, lithogenous, cosmogenous dan hydrogenous.

Hal mendasar yang sangat mempengaruhi transportasi dan pengendapan sedimen adalah ukuran diameter sedimen. Kegiatan menganalisis ukuran butir sedimen sangat penting guna mencari petunjuk tentang dari mana asal sedimen tersebut, transportasi serta kondisi pengendapannya. Menurut Wentworth (1992), ukuran butir sedimen diklasifikasikan berdasarkan ukuran diameter sedimen ada empat yaitu batu (lebih besar 64 mm), kerikil (antara 2 sampai 64 mm), pasir (0,05 sampai 2 mm) dan lumpur (kurang dari 0,06 mm). Semakin kecil ukuran

butir sedimen yang ada di wilayah pantai maka akan lebih mudah terbawa oleh arus sehingga menyebabkan abrasi pantai sehingga luas pantai akan berkurang dan mengganggu kegiatan yang dilakukan pada daerah tersebut.

2.5 Analisis Granulometri

Granulometri merupakan kegiatan analisis ukuran butir sedimen diperairan guna untuk mengetahui proses transportasi dan pengendapan (Iqbal *et al.* 2017). Ada beberapa parameter yang digunakan dalam analisis statistik granulometri yaitu nilai ukuran butir, nilai skewness, nilai sortasi dan nilai kurtosis. Nilai sortasi merupakan nilai hasil perhitungan yang menunjukkan karakteristik dari keragaman sedimen. Nilai skewness merupakan hasil dari perhitungan nilai penyimpangan distribusi ukuran butir sedimen. Nilai kurtosis merupakan hasil dari perhitungan nilai dominan dari distribusi material butir sedimen.

Sebelum dilakukan analisis granulometri terlebih dahulu dilakukan proses pengayakan sampel sedimen yang telah dikeringkan. Proses pengayakan ini dilakukan pada alat *Shieve Shaker* dan terdapat saringan bertingkat. Setiap ayakan yang terdapat pada *Shieve Shaker* terdapat angka yang menunjukkan diameter butir yang telah lolos ayakan (Hidayati, 2017). Terdapat delapan ayakan dan satu pan dalam *Shieve Shaker*. Ayakan pertama disebut Sieve nomer empat dengan diameter ayakan 4,75 mm, ayakan kedua disebut Sieve nomer 10 dengan diameter ayakan 2 mm, ayakan ketiga disebut Sieve nomer 20 dengan diameter ayakan 0,85 mm, ayakan keempat disebut Sieve 30 dengan diameter ayakan 0,6 mm. Ayakan kelima disebut Sieve 40 dengan diameter ayakan 0,425 mm, ayakan nomer enam disebut Sieve 60 dengan ayakan berdiameter 0,25 mm, ayakan nomer tujuh disebut Sieve nomer 100 dengan diameter ayakan 0,15 mm, dan ayakan nomer delapan disebut Sieve nomer 200

dengan diameter ayakan 0,075 mm, terakhir adalah pan yang dapat menampung sedimen dengan ukuran butir sedimen berdiameter 0,036 mm.

2.6 Statistik Sedimen

Perhitungan analisis sedimen dibagi menjadi empat macam parameter. Keempat parameter tersebut ialah *Mean* (rata-rata), *Sorting* (sortasi), *Skewness* (Kecondongan) dan *Kurtosis* (keruncingan). Berikut merupakan rumus yang digunakan dalam perhitungan statistik sedimen.

2.6.1 Mean (Rata-rata)

Mean merupakan hasil dari perhitungan rata-rata diameter butir sedimen. Berikut merupakan rumus yang digunakan untuk menghitung rata-rata diameter butir sedimen.

$$\text{Mean} = \frac{\emptyset 16 + \emptyset 50 + \emptyset 84}{3}$$

2.6.2 Sorting (Sortasi)

Perhitungan *Sorting* menunjukkan nilai keseragaman dari ukuran butir sedimen. Perhitungan sortasi yang masuk kategori *well sorted* menunjukan penyebaran ukuran diameter sedimen yang sempit dan cenderung seragam. Sedangkan *poorly sorted* menunjukkan penyebaran ukuran diameter sedimen yang luas dan cenderung beragam. Rumus perhitungan dari *Sorting* adalah sebagai berikut.

$$\text{Sorting} = \frac{\emptyset 84 - \emptyset 16}{4} + \frac{\emptyset 95 - \emptyset 5}{6.6}$$

Berikut beberapa klasifikasi dari hasil perhitungan *sorting*. Terdapat tujuh klasifikasi diantaranya adalah Tabel 1.

Tabel 1. Klasifikasi *Sorting*

No.	Hasil Perhitungan	Klasifikasi
1.	< 3.5	<i>Very well sorted</i>
2.	0.35 – 0.50	<i>Well sorted</i>
3.	0.50 – 0.71	<i>Moderately well sorted</i>
4.	0.71 – 1.00	<i>Moderately sorted</i>
5.	1.00 – 2.00	<i>Poor sorted</i>
6.	2.00 – 4.00	<i>Very poor sorted</i>
7.	> 4.00	<i>Extremely poorly sorted</i>

(Sumber: Iqbal, 2017)

2.6.3 *Skewness* (Kecondongan)

Skewness atau kecondongan merupakan nilai yang menunjukkan tingkat kecondongan sedimen berbutir kasar atau berbutir halus. Kasar dan halus nya butir sedimen dapat ditentukan dengan hasil perhitungan *skewness*. Apabila hasil perhitungan bernilai positif maka butir sedimen akan condong ke berbutir halus, sedangkan apabila nilai hasil perhitungan bernilai negatif maka butir sedimen akan condong ke berbutir kasar. Berikut merupakan rumus untuk menghitung nilai *skewness*.

$$\text{Skewness} = \frac{\phi_{16} + \phi_{84} - (2\phi_{50})}{2(\phi_{84} - \phi_{16})} + \frac{\phi_5 + \phi_{95} - (2\phi_{50})}{2(\phi_{95} - \phi_5)}$$

Berikut merupakan beberapa klasifikasi dari perhitungan *skewness*. Terdapat lima kategori sebagai berikut tabel 2.

Tabel 2. Klasifikasi Nilai *Skewness*

No.	Hasil Perhitungan	Kategori	Keterangan
1.	(+0.3) – (+1.0)	<i>Very fine skewed</i>	Sangat condong ke partikel halus
2.	(+0.1) – (+0.3)	<i>Fine skewed</i>	Condong ke partikel halus
3.	(+0.1) – (-0.1)	<i>Symmetrical</i>	Simetris
4.	(-0.1) – (-0.3)	<i>Coarse skewed</i>	Condong ke partikel kasar
5.	(-0.3) – (-1.0)	<i>Very coarse skewed</i>	Sangat condong ke partikel kasar

(Sumber: Iqbal, 2017)

2.6.4 Kurtosis (Keruncingan)

Perhitungan *kurtosis* ini digunakan untuk mengetahui keruncingan atau kedataran distribusi terhadap distribusi normal. Apabila kurva runcing (> 1.00) disebut leptokurtic. Sedangkan apabila kurva mendatar (< 1.00) disebut platykurtic. *Kurtosis* dapat dihitung dengan cara membaca grafik *kurtosis*. Berikut merupakan rumus untuk menghitung nilai *kurtosis*.

$$\text{Kurtosis} = \frac{\sigma_{95} - \sigma_5}{2.44 (\sigma_{75} - \sigma_{25})}$$

Berikut merupakan beberapa klasifikasi dari perhitungan *kurtosis*. Terdapat enam kategori diantaranya adalah tabel 3.

No.	Nilai Perhitungan	Kategori
1.	< 0.67	<i>Very platykurtic</i>
2.	$0.67 - 0.90$	<i>Platykurtic</i>
3.	$0.90 - 1.11$	<i>Mesokurtic</i>
4.	$1.11 - 1.50$	<i>Leptokurtic</i>
5.	$1.50 - 3.00$	<i>Very leptokurtic</i>
6.	> 3.00	<i>Extremely leptokurtic</i>

(Sumber: Iqbal, 2017)

2.7 Rumus CERC (*Coastal Engineering Research Center*)

Transport sedimen pada pantai sebagian besar dipengaruhi oleh gelombang dan arus laut. Daerah yang dipengaruhi oleh transport sedimen adalah garis pantai sampai di luar daerah gelombang pecah. Transport sedimen yang terjadi di pantai dibedakan menjadi dua yaitu transport sedimen menuju pantai (*onshore transport*) dan meninggalkan pantai (*offshore transport*) secara tegak lurus dari pantai dan transport sedimen yang sejajar pantai (*longshore transport*) dengan arah sejajar garis pantai (Pakpahan, 2017). Ada beberapa rumus atau metode yang dapat digunakan dalam penentuan angkutan sedimen, salah satu rumus adalah CERC. Berikut merupakan rumus dari CERC.

$$Q_s = K \cdot P_1$$

$$Q_s = 0.401 \cdot \frac{\rho \cdot g}{8} H_b^2 \cdot C_b \cdot \sin \alpha_b \cdot \cos \alpha_b$$

Dimana :

Q_s = jumlah angkutan sedimen sepanjang pantai ($m^3/hari$)

P_1 = komponen fluks energi gelombang sepanjang pantai pada saat pecah ($Nm/d/m$)

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

H_b = tinggi gelombang pecah (m)

C_b = cepat rambat gelombang pecah (m/d) = $\sqrt{gd_b}$

α_b = sudut datang gelombang pecah

K = konstanta

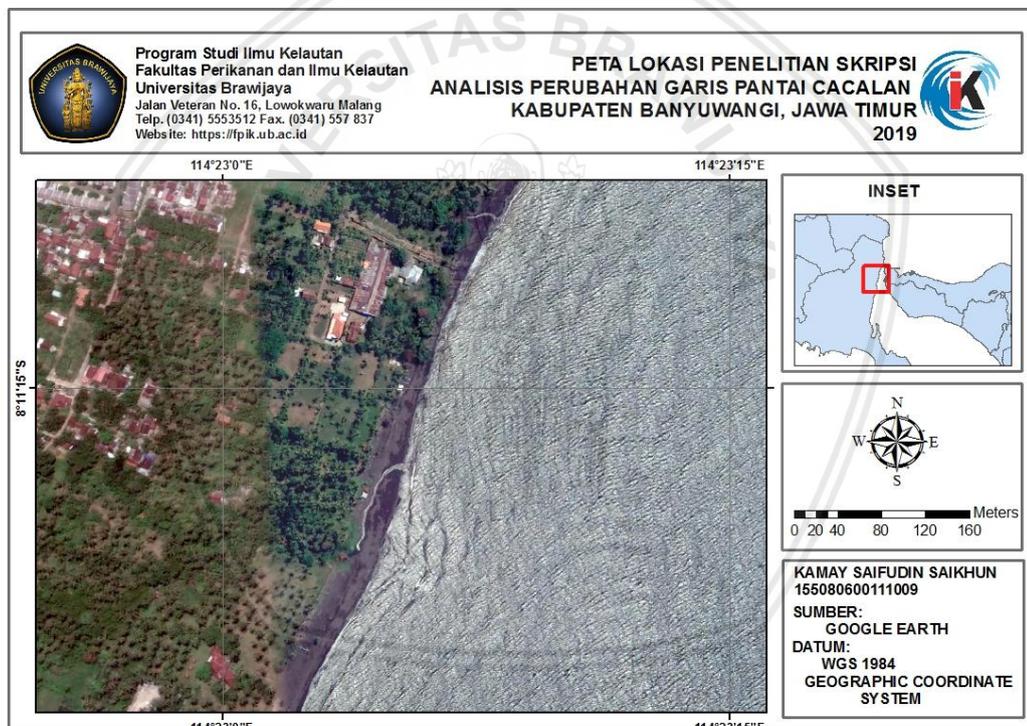
Rumus CERC adalah rumus yang sering digunakan dalam hal transport sedimen (Tawas *et al.*, 2016). Alasan kenapa rumus CERC sering digunakan adalah tidak memperhitungkan sifat sedimen dasar, parameter yang digunakan tidak banyak dan dapat digunakan dalam perhitungan transport sedimen di pantai yang sedimennya hampir seragam.



3. METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan April 2019. Pengambilan data akan dilakukan tanggal 1 April 2019 di Pantai Cacalan, Banyuwangi, Jawa Timur. Proses analisis sedimen akan dilakukan pada tanggal 8 sampai 16 April 2019 di Laboratorium Air dan Air Tanah Fakultas Teknik Perairan, Universitas Brawijaya. Peta pengambilan data lapangan dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Peta Lokasi Penelitian

3.2 Alat dan Bahan Penelitian

Berikut merupakan alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian di lapang maupun analisis di laboratorium dapat dilihat pada tabel 3 dan 4.

Tabel 3. Alat yang digunakan dalam penelitian

No.	Alat	Fungsi
1.	GPS	<i>Tracking</i> garis pantai di lokasi penelitian
2.	Sekop	Mengambil sampel sedimen
3.	Kamera	Mengambil dokumentasi
4.	Kompas	Mengetahui arah datang gelombang
5.	<i>Tide Staff</i>	Mengukur gelombang dan kedalaman perairan
6.	Meteran	Mengukur panjang pantai
7.	Oven	Mengeringkan sampel sedimen
8.	Kuas	Mengumpulkan sisa sedimen di pan
9.	<i>Shieve shaker</i>	Memisahkan sedimen sesuai ukuran
10.	Loyang	Tempat menaruh sedimen
11.	Timbangan Digital	Menghitung berat sampel sedimen
12.	Alat Tulis	Mencatat hasil pengukuran lapang

Tabel 4. Bahan yang digunakan dalam penelitian

No.	Bahan	Fungsi
1.	Kantong Plastik	Membawa sampel sedimen dari lapang
2.	Kertas Label	Memberi tanda pada sampel sedimen

3.3 Pengambilan data

Pengambilan data pada penelitian ini dilakukan dengan mengambil beberapa data yaitu *Tracking* garis pantai, kemiringan garis pantai, pengukuran gelombang, dan pengambilan sampel sedimen. Untuk pengambilan sampel sedimen dilakukan pada 16 stasiun dengan jarak 75 meter setiap stasiun. Sedangkan untuk pengambilan data gelombang dilakukan pada 4 stasiun dengan jarak antara stasiun adalah 300 meter. Hal ini dilakukan karena mempertimbangkan berapa lama perairan dalam keadaan surut. Semua pengambilan data harus dilakukan pada saat kondisi perairan yang sama untuk memperoleh data yang saling berhubungan.

3.3.1 *Tracking* garis pantai

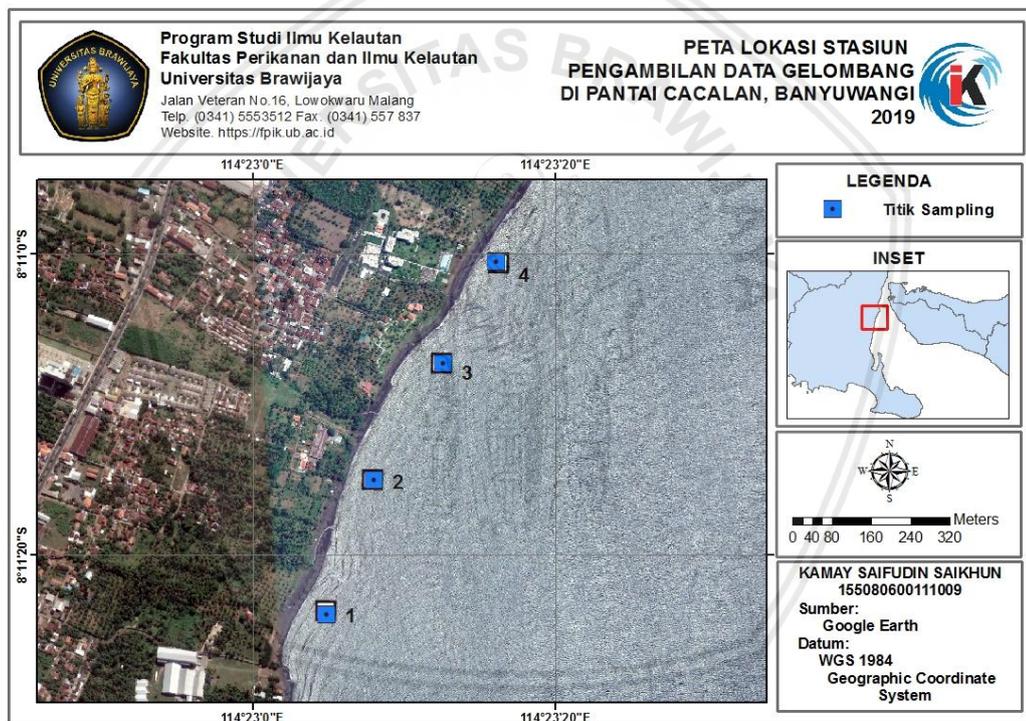
Tracking garis pantai dilakukan saat keadaan air laut pada surut terendah, dengan menggunakan alat GPS. GPS yang digunakan dalam pengambilan data adalah GPS Garmin etrex 10 dengan akurasi tiga meter. Jarak antara pasang tertinggi dan surut terendah adalah tujuh meter, dengan ketelitian GPS yang digunakan maka dapat disimpulkan bahwa saat pengambilan data *tracking* garis pantai titik koordinat yang diambil masih berada pada area surut. *Tracking* garis pantai dilakukan pada 40 titik dengan berjarak 30 meter, selanjutnya analisis untuk mengetahui letak garis pantai di lokasi penelitian.

3.3.2 Pengukuran Kemiringan Pantai

Pada perhitungan kemiringan pantai dilakukan di beberapa lokasi/stasiun. Cara menghitung kemiringan pantai adalah dengan menarik garis lurus ke arah laut sejauh 10-15 meter dari bibir pantai, hal ini dikarenakan pada lokasi penelitian tidak memungkinkan mengambil data pada daerah gelombang pecah. Catat kedalaman perairan tersebut kemudian hitung kemiringan pantai dengan rumus. Kemudian analisis kemiringan pantai pada setiap stasiun.

3.3.3 Pengukuran Gelombang

Perhitungan gelombang dilakukan pada sepanjang pantai dengan jarak setiap stasiun pengambilan data adalah 300 meter. Pengukuran gelombang dilakukan sebanyak 3-5 kali. Jarak waktu yang dibutuhkan pada waktu pengukuran gelombang selama 10 menit. Pengukuran ini dilakukan guna mendapatkan kecepatan dan periode gelombang pada setiap stasiun, selanjutnya akan dibandingkan dan dianalisis setiap stasiunnya. Berikut merupakan tempat pengambilan data gelombang ditunjukkan pada Gambar 5.

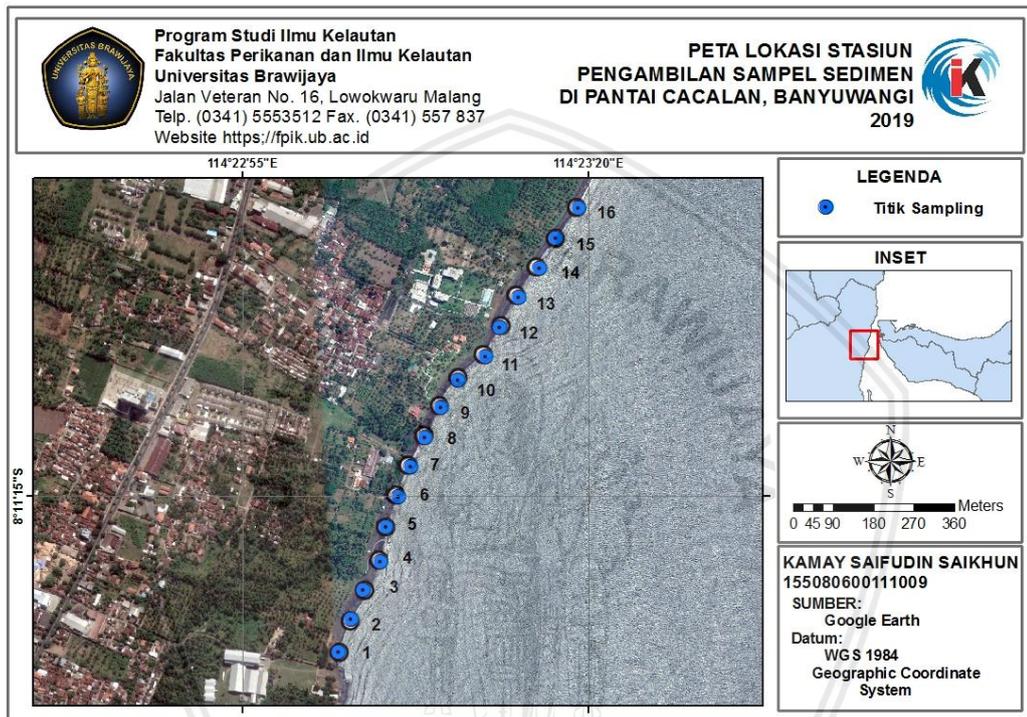


Gambar 5. Peta Lokasi Pengambilan Data Gelombang

3.3.4 Pengambilan Sampel Sedimen

Pengambilan sampel sedimen dilakukan disepanjang pantai dengan jarak setiap stasiun pengambilan adalah 75 meter. Alat yang digunakan dalam pengambilan sedimen ialah sekop, selanjutnya dimasukkan kedalam plastik. Tandai dengan kertas label pada setiap plastik sampel sedimen agar

memudahkan saat menganalisis di laboratorium. Analisis sedimen dilakukan bertujuan untuk memilah ukuran butir sedimen. Pengambilan sampel ini akan dilakukan pada beberapa lokasi/stasiun agar memperoleh jenis dan ukuran butir sedimen yang beragam. Berikut merupakan tempat dilakukan pengambilan sampel sedimen, ditunjukkan dengan Gambar 6.



Gambar 6. Lokasi Pengambilan Sampel Sedimen

3.4 Pengolahan Data

Pengolahan data yang dilakukan dalam penelitian ini adalah analisis pada sampel sedimen dan perhitungan numerik pada perubahan garis pantai. Analisis sedimen dilakukan pada laboratorium dengan menggunakan alat *Sieve shaker*. Sedangkan pada perhitungan numerik perubahan garis pantai dilakukan dengan rumus CERC.

3.4.1 Pengolahan Data Sedimen

Analisis sedimen dilakukan di laboratorium dengan menggunakan *Shieve Shaker*. Langkah pertama mengeringkan sedimen dengan cara dijemur dibawah sinar matahari sampai kering. Hal ini bertujuan untuk menghilangkan kadar air yang ada pada sedimen. Kemudian timbang berat total sedimen setiap stasiun yang telah kering. Langkah selanjutnya adalah pengayakan sedimen pada *Shieve Shaker* pada setiap stasiun. Meninmbang sampel yang telah diayak dan selanjutnya menghitung presentase ukuran butir sedimen sesuai dengan ketentuan *Wentworth* untuk mengetahui jenis sedimen.

3.4.2 Perhitungan Numerik Perubahan Garis Pantai

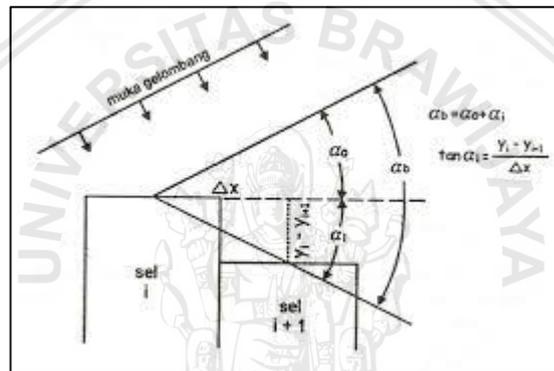
Perubahan garis pantai sering disebabkan karena gelombang yang menghantam wilayah pesisir secara terus menerus. Gelombang yang menghantam tersebut membawa butir sedimen dari pantai sehingga menyebabkan berubahnya garis pantai. Rumus CERC adalah salah satu metode yang dapat digunakan dalam perhitungan transport sedimen yang terjadi pada suatu wilayah pantai yang sedimennya hampir seragam. Berikut merupakan tahapan-tahapan yang dilakukan dalam perhitungan perubahan garis pantai:

1. Mempersiapkan data koordinat X dan Y garis pantai yang telah diperoleh dari pengukuran/*tracking* garis pantai di lapang.
2. Menghitung data gelombang di antaranya adalah sudut gelombang datang (α_0), tinggi gelombang pecah (H_b), kedalaman gelombang pecah (db).

3. Selanjutnya menghitung cepat rambat gelombang (C_b) dengan persamaan sebagai berikut:

$$C_b = \sqrt{g \times d_b}$$

4. Sudut datang gelombang pecah (α_b) sangat mempengaruhi transport sedimen yang ada di sepanjang garis pantai. Profil pantai dapat mempengaruhi perubahan sudut datang gelombang pecah dari satu sel ke sel yang lainnya.



Gambar 7. Sudut Datang Gelombang

5. Garis pantai yang berbeda membentuk sudut α_i pada Gambar 7, antara sel i dan $i+1$ dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$\tan \alpha_i = \frac{y_i - y_{i+1}}{\Delta x}$$

6. Sedangkan untuk menghitung sudut gelombang pecah adalah dengan rumus sebagai berikut:

$$\tan \alpha_b = \frac{\tan \alpha_i + \tan \alpha_o}{1 + (\tan \alpha_i \cdot \tan \alpha_o)}$$

7. sedangkan untuk menghitung besarnya α_b adalah dengan rumus berikut:

$$\alpha_b = \arctan (\alpha_b)$$

8. Langkah selanjutnya adalah persamaan untuk memprediksi perubahan garis pantai dengan cara menghitung fluks energi gelombang. Berikut merupakan rumus transpor sedimen sepanjang pantai:

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

Dimana:

P_1 = Komponen fluks energi gelombang sepanjang pantai saat pecah (Nm/d/m)

ρ = rapat massa air laut (kg/m³)

H_b = Tinggi gelombang pecah (m)

C_b = Cepat Rambat Gelombang (m/s)

α_b = Sudut datang gelombang pecah

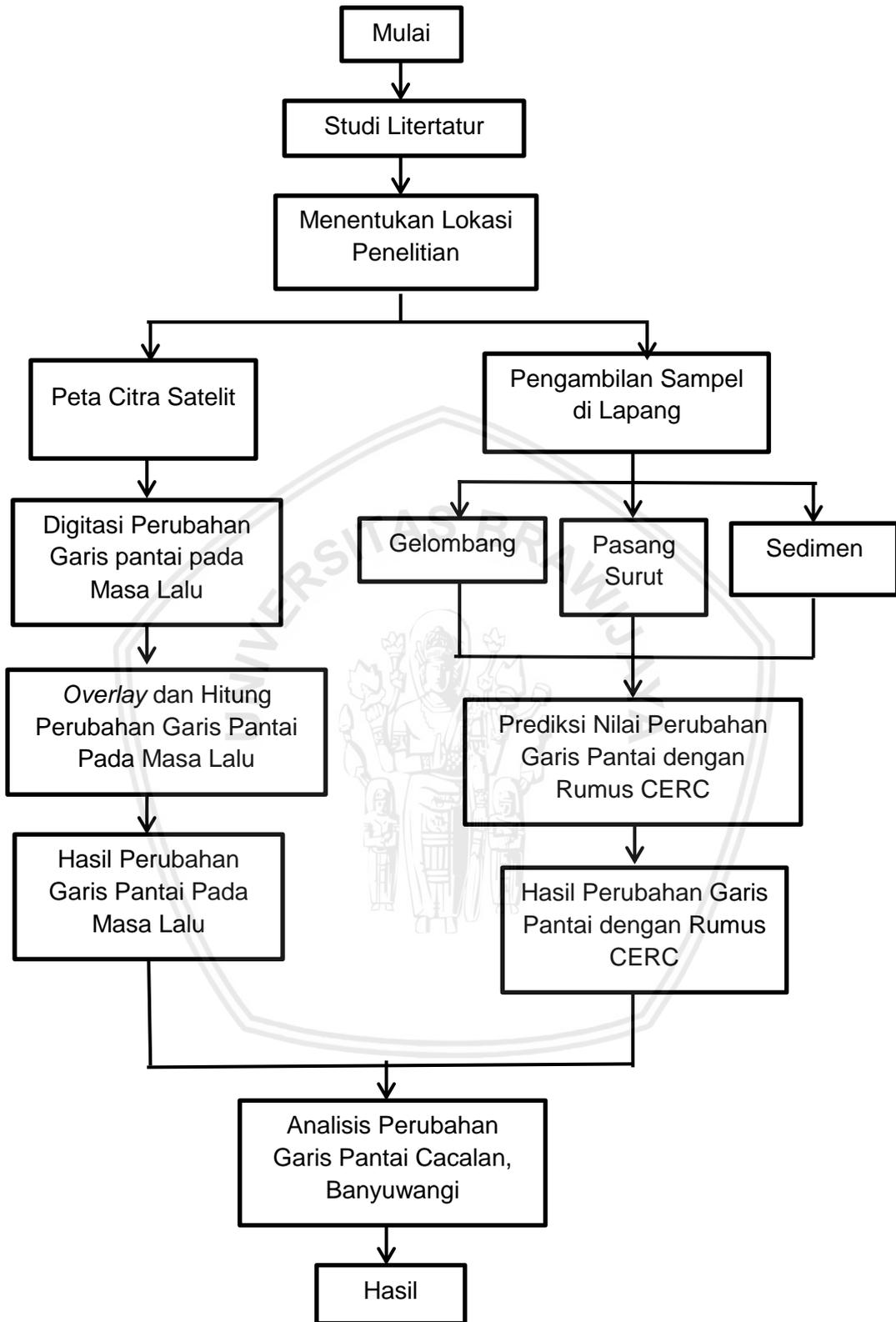
3.5 Analisa Data

Analisis perubahan garis pantai dilakukan menggunakan citra satelit *google earth*. Aplikasi *google earth* dapat memberikan citra garis pantai pada beberapa tahun kebelakang. Langkah pertama adalah lakukan digitasi pada citra beberapa tahun ke belakang, misalnya pada tahun 2011, 2014 dan 2018. Ada beberapa syarat dalam melihat citra garis pantai di *google earth*, salah satunya adalah melakukan pengamatan pada bulan yang sama. Contoh pada citra tahun 2011 di ambil pada saat muson barat maka citra pada tahun 2014 juga harus diambil pada bulan muson barat juga, begitu juga pada citra 2018 harus diambil pada musim muson barat.

Hal ini bertujuan untuk menghindari perubahan garis pantai yang berbeda setiap musimnya. Kemudian lakukan digitasi garis pantai pada ke tiga citra tersebut. Langkah selanjutnya *overlay* ketiga peta yang telah terdigitasi. Selanjutnya analisa garis pantai mengalami kemunduran atau kemajuan garis pantai. Selanjutnya mencari informasi tentang perubahan garis pantai yang sebenarnya terjadi pada lokasi penelitian.

3.6 Prosedur Penelitian

Penelitian Analisis Perubahan Garis Pantai di Pantai Cacalan, Banyuwangi memiliki beberapa tahapan. Pertama-tama perlu mencari beberapa informasi tentang lokasi penelitian ini, hal ini dilakukan untuk mencari permasalahan yang ada di lokasi yang akan dijadikan penelitian ini. Langkah selanjutnya membandingkan garis pantai dalam beberapa tahun kebelakang menggunakan citra satelit Google Earth. Hal ini bertujuan untuk mengetahui pantai mengalami kemajuan atau kemunduran pantai dalam beberapa tahun terakhir. Kemudian melakukan tracking garis pantai dengan cara mencatat koordinat garis pantai dengan alat GPS. Selain itu dilakukan pengukuran pasang surut, pengukuran gelombang dan pengambilan sampel sedimen yang ada disetiap stasiun. Sampel sedimen yang diperoleh selanjutnya akan dilakukan analisis di laboratorium guna mengetahui ukuran dan jenis sedimen pada lokasi penelitian dan dilakukan prediksi dengan rumus CERC. Berikut merupakan alur penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Alur Penelitian

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Gambaran Umum di Pantai Cacalan, Banyuwangi

Pantai Cacalan terletak di Desa Sukowidi, Kelurahan Klatak Kecamatan Kalipuro. Pantai ini dikelola oleh Pokdarwis (Kelompok Sadar Wisata) setempat. Pantai ini terletak di bagian barat Selat Bali dan menghadap ke arah timur sehingga dapat melihat Pulau Bali dari dekat. Bagian selatan Pantai Cacalan adalah Pantai Boom sedangkan bagian utara Pantai Cacalan adalah Pelabuhan Ketapang. Pantai Cacalan memiliki panjang pantai sekitar 1,2 km dengan lebar pantai rata-rata 20.7 meter.



Gambar 9. Kondisi Pantai Cacalan

Pasir yang ada di Pantai Cacalan merupakan pasir halus dan berwarna keabu-abuan Gambar 9. Pantai Cacalan sendiri memiliki gelombang yang tidak terlalu tinggi akan tetapi memiliki kecepatan arus yang tinggi. Vegetasi yang dapat ditemui adalah kelapa, katang-katang, lamtoro, cemara laut dan vegetasi pantai yang lainnya. Pantai Cacalan digunakan oleh Pokdarwis sebagai daerah wisata pantai seperti tempat berenang, bermain pasir atau wahana menaiki kuda di tepi pantai.

4.2 Keadaan Hidrooseanografi di Pantai Cacalan, Banyuwangi

Pengukuran kondisi hidrooseanografi oceanografi di Pantai Cacalan, Banyuwangi dilakukan pada saat kondisi pantai sedang surut pada pukul 09.00 WIB. Hidrooseanografi yang diukur dalam kondisi ini adalah gelombang dan pasang surut. Pengambilan data gelombang dilakukan selama 10 menit pada 4 stasiun dengan jarak 300 meter antar stasiun. Sedangkan data pasang surut diperoleh dari pengukuran dilapang dan diolah dengan metode *Admiralty*.

4.2.1 Gelombang

Hasil pengukuran gelombang yang dilakukan di Pantai Cacalan pada 4 stasiun dengan jarak 300 meter antar stasiun dengan waktu pengukuran selama 10 menit jarak titik pengukuran dengan bibir pantai adalah 10 meter, kemudian dihitung rata-rata tinggi gelombang untuk mengetahui tinggi gelombang signifikan yang ada pada stasiun. Gelombang signifikan adalah tinggi rata-rata dari 33% nilai gelombang tertinggi (Triatmodjo, 1999). Setelah mendapatkan tinggi gelombang signifikan dilakukan perhitungan gelombang pecah dengan cara melihat grafik ketinggian gelombang pecah dan kedalaman gelombang pecah.

Pada keempat lokasi stasiun diperoleh hasil pada stasiun 1, 2, 3 dan 4 adalah 0,22 m; 0,21 m; 0,16 m; 0,14 m. Sehingga diperoleh hasil tinggi gelombang pecah pada stasiun 1, 2, 3, dan 4 adalah 0,59 m; 0,57 m; 0,43 m; dan 0,38 m. Arah datang gelombang dari ke empat stasiun adalah 115°. Daerah barat dari Selat Bali sangat dipengaruhi oleh energi angin dari arah selatan yang menyebabkan energi gelombang relatif tinggi dan berfluktuasi, hal ini dikarenakan daerah barat Selat Bali pantainya menghadap kearah selatan sehingga proses perubahan garis pantai di Selat Bali bagian barat sangat dipengaruhi oleh angin dari selatan (Setiady *et al.*, 2010). Berikut merupakan nilai tinggi gelombang yang Pantai Cacalan (Tabel 5).

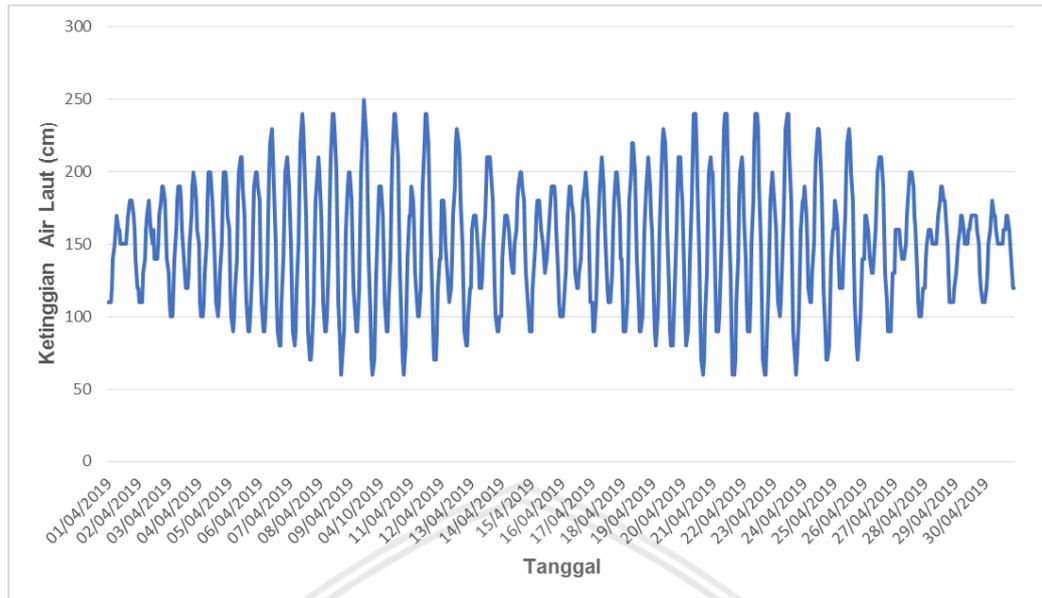
Tabel 5. Nilai Tinggi Gelombang di Pantai Cacalan

Nilai Tinggi Gelombang (m) di Pantai Cacalan		
Stasiun	Tinggi Gelombang (m)	Arah Datang Gelombang
1	0,22	115°
2	0,21	115°
3	0,16	115°
4	0,14	115°

4.2.2 Pasang Surut

Pasang surut merupakan gerakan naik turunnya air laut secara periodik karena dipengaruhi oleh gaya gravitasi bumi, bulan dan matahari. Residual energi yang disebabkan oleh pasang surut sangat mempengaruhi penyebaran material yang ada di daerah estuari (Berlianty, 2011). Selat Bali memiliki arus residual pasang surut yang sangat unik yaitu pada saat pasang tertinggi dan mendekati surut (*ebb water*), arus pasang surut akan mengarah ke arah utara. Ketika surut terendah dan mendekati pasang (*flood water*), arus pasang surut akan mengarah ke arah selatan. Selain itu, kecepatan arus residual dari pasang surut ini akan memiliki kecepatan yang lebih tinggi saat bulan perbani dari pada saat bulan purnama.

Ada beberapa macam tipe pasang surut, hal ini dipengaruhi oleh berapa kali pasang dan berapa kali surut setiap harinya. Data pasang surut diperoleh dari pengukuran lapang dan dilakukan perhitungan dengan metode *Admiralty*. Berikut merupakan grafik pasang surut yang terjadi di pantai Cacalan, Banyuwangi pada bulan April 2019 (Gambar 10). Grafik menunjukkan bahwa perairan Pantai Cacalan, Banyuwangi mengalami pasang surut campuran condong ke harian ganda yaitu dalam sehari terjadi pasang 2 kali dan surut 2 kali dengan ketinggian yang berbeda.



(Sumber Data: Pelindo III, Tanjung Wangi)

Gambar 10. Grafik Pasang Surut Bulan April 2019

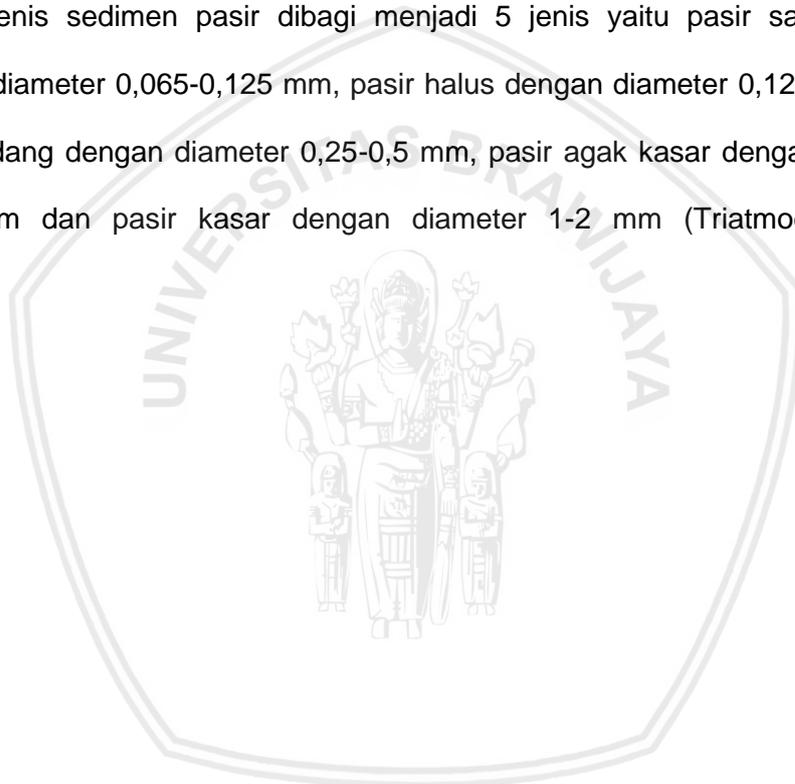
4.3 Karakteristik Sedimen

Setelah dilakukan kegiatan pengambilan sampel sedimen di lapang pada tanggal 1 April 2019 selanjutnya dilakukan kegiatan analisis sampel sedimen di laboratorium pada tanggal 8 sampai 16 April 2019. Hasil analisis sedimen terdiri dari penentuan jenis dan ukuran butir sedimen serta nilai statistik sedimen. Penentuan jenis ukur sedimen menggunakan skala *Wentworth* dan nilai statistik yang dihitung adalah *mean*, *sorting*, *skewness* dan *kurtosis*.

4.3.1 Penentuan Jenis dan Ukuran Butir Sedimen

Sedimen yang diperoleh dari 16 stasiun di Pantai Cacalan, Banyuwangi selanjutnya dilakukan analisis untuk mengetahui jenis dan ukuran butir sedimen. Analisis sedimen dilakukan di Laboratorium Tanah dan Air Tanah Universitas Brawijaya, kegiatan yang dilakukan selama di laboratorium adalah pengeringan dan pengayakan sampel setiap stasiun. Hasil analisis ukuran butir dan jenis sedimen dari Pantai Cacalan dapat dilihat pada Tabel 6.

Analisis klasifikasi jenis dan ukuran butir sedimen dilakukan dengan acuan dari skala *Wentworth*. Hasil yang didapatkan dari analisis sedimen di Pantai Cacalan adalah sebagian besar adalah pasir halus dengan nilai rata-rata 55,08%. Stasiun yang di dominasi oleh pasir halus ialah stasiun 1-4 dan stasiun 6-15, sedangkan pada stasiun 5 dan 16 didominasi oleh pasir kasar. Sedimen yang terdapat pada pantai dapat digolongkan menjadi beberapa jenis menurut ukuran butir sedimennya, seperti batu, cobble, koral, kerikil, pasir, lumpur dan lanau. Jenis sedimen pasir dibagi menjadi 5 jenis yaitu pasir sangat halus dengan diameter 0,065-0,125 mm, pasir halus dengan diameter 0,125-0,25 mm, pasir sedang dengan diameter 0,25-0,5 mm, pasir agak kasar dengan diameter 0,5-1 mm dan pasir kasar dengan diameter 1-2 mm (Triatmodjo, 1999).



Tabel 6. Presentase Ukuran Butir Sedimen

Stasiun	Berat Sedimen (gr)	Presentase (%) Ukuran Butir Sedimen Pantai Cacalan					
		Kerikil > 2 mm	Pasir Sangat Kasar 1-2 mm	Pasir Kasar 0,5-1 mm	Pasir Sedang 0,25-0,5 mm	Pasir Halus 0,125-0,25 mm	Pasir Sangat Halus 0,125-0,062 mm
1	962	0,21	2,29	17,46	18,30	54,47	7,28
2	992	0	1,4	14,7	19,6	58,5	5,8
3	1002	0,60	3,39	16,96	8,58	50,70	19,67
4	1002	0	0	0,8	4,79	84,83	9,59
5	894	1,79	20,58	34,68	13,20	24,38	5,37
6	1408	3,4	4,8	11,1	6,5	55,8	17,7
7	1264	0	0,32	1,43	1,90	65,35	31,01
8	1534	0	0	0,26	2,87	83,96	12,91
9	1144	0	0	1,39	5,24	71,50	21,85
10	1366	0	1,17	16,69	19,18	50,81	12,16
11	1520	0,65	2,89	10	8,68	63,95	13,81
12	1516	1,98	5,28	28,1	15,96	37,73	10,95
13	1432	0	0,56	4,33	10,06	72,35	12,71
14	1376	0,29	1,02	8,13	10,61	60,17	19,77
15	1772	1,47	4,06	22,13	25,51	34,76	12,08
16	1808	5,09	14,93	49,23	12,50	11,95	6,30
Rata-rata		0,97	3,92	14,84	11,47	55,08	13,69

4.3.2 Analisis Statistik Sedimen

Analisis statistik sedimen dilakukan untuk menentukan nilai *mean*, *sortasi*, *skewness* dan *kurtosis*. Sebelum menghitung keempat nilai diatas dilakukan perhitungan nilai phi (ϕ). Nilai phi adalah ukuran besaran sedimen yang terdiri dari ϕ_5 , ϕ_{16} , ϕ_{25} , ϕ_{50} , ϕ_{75} , ϕ_{84} , ϕ_{95} . Berikut merupakan hasil perhitungan dari nilai phi pada 16 stasiun Tabel 7.

Tabel 7. Nilai Phi(ϕ)

Stasiun	Nilai Phi (ϕ)						
	ϕ_5	ϕ_{16}	ϕ_{25}	ϕ_{50}	ϕ_{75}	ϕ_{84}	ϕ_{95}
1	2	1,8	1,7	1,4	0,9	0,6	-0,2
2	2	1,8	1,7	1,4	1	0,7	0,2
3	3	2,1	1,9	1,5	1	0,5	-0,9
4	2,1	2	1,9	1,6	1,4	1,3	1,2
5	1,9	1,5	1	-0,9	-1,1	-1,7	-2
6	2,7	2,1	1,9	1,6	1,2	0,5	-1,6
7	2,7	2	1,8	1,5	1,1	0,7	0,2
8	2,5	2	1,9	1,4	0,9	0,5	-0,5
9	2,2	1,9	1,7	1,4	0,9	0,7	0,2
10	2,4	1,9	1,8	1,4	1	0,7	0,2
11	2,6	1,9	1,8	1,6	1,3	0,9	-0,4
12	2,4	1,9	1,7	1,2	0,5	0,1	-1,4
13	2,4	1,9	1,8	1,6	1,4	1,3	0,7
14	2,7	2,1	1,9	1,6	1,3	1,1	0,4
15	2,4	2,9	2,7	1,1	0,7	0,4	-1
16	2	1,1	0,6	-0,4	-1,4	-1,8	-2,1

Tabel 8. Nilai Statistik Sedimen

Stasiun	Mean		Sortasi		Skewness		Kurtosis	
	Nilai	Klasifikasi	Nilai	Klasifikasi	Nilai	Klasifikasi	Nilai	Klasifikasi
1	1,27	Pasir Halus	-0,63	<i>Very well sorted</i>	0,39	<i>Fine skewed</i>	1,13	<i>Leptokurtic</i>
2	1,3	Pasir Halus	-0,55	<i>Very well sorted</i>	0,3	<i>Fine skewed</i>	1,05	<i>Leptokurtic</i>
3	1,37	Pasir Halus	-0,99	<i>Very well sorted</i>	0,24	<i>Fine skewed</i>	1,78	<i>Leptokurtic</i>
4	1,63	Pasir Halus	-0,31	<i>Very well sorted</i>	-0,13	<i>Symmetrical</i>	0,74	<i>Platykurtic</i>
5	0,37	Pasir Kasar	-1,39	<i>Very well sorted</i>	-0,47	<i>Very Coarse skewed</i>	0,76	<i>Platykurtic</i>
6	1,4	Pasir Halus	-1,05	<i>Very well sorted</i>	0,43	<i>Fine skewed</i>	2,25	<i>Very Leptokurtic</i>
7	1,4	Pasir Halus	-0,7	<i>Very well sorted</i>	0,14	<i>Fine skewed</i>	1,46	<i>Leptokurtic</i>
8	1,3	Pasir Halus	-0,83	<i>Very well sorted</i>	0,3	<i>Fine skewed</i>	0,77	<i>Platykurtic</i>
9	1,33	Pasir Halus	-0,6	<i>Very well sorted</i>	0,18	<i>Fine skewed</i>	1,02	<i>Mesokurtic</i>
10	1,33	Pasir Halus	-0,63	<i>Very well sorted</i>	0,13	<i>Fine skewed</i>	1,13	<i>Leptokurtic</i>
11	1,47	Pasir Halus	-0,25	<i>Very well sorted</i>	0,37	<i>Fine skewed</i>	2,46	<i>Very Leptokurtic</i>
12	1,07	Pasir Halus	-1,03	<i>Very well sorted</i>	0,3	<i>Fine skewed</i>	1,07	<i>Mesokurtic</i>
13	1,6	Pasir Halus	0,32	<i>Very well sorted</i>	0,03	<i>Symmetrical</i>	1,74	<i>Very Leptokurtic</i>
14	1,6	Pasir Halus	-0,6	<i>Very well sorted</i>	0,02	<i>Symmetrical</i>	1,57	<i>Very Leptokurtic</i>
15	1,74	Pasir Halus	-1,14	<i>Very well sorted</i>	-0,1	<i>Symmetrical</i>	0,7	<i>Platykurtic</i>
16	0,36	Pasir Kasar	-1,35	<i>Very well sorted</i>	-0,1	<i>Coarse skewed</i>	0,84	<i>Platykurtic</i>

Tabel 8 menunjukkan nilai statistik sedimen yang ada di Pantai Cacalan, Banyuwangi. Nilai mean yang didapatkan dari stasiun 1 sampai stasiun 16 cukup beragam. Stasiun 1, 2, 3, 4, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, dan 15 menunjukkan nilai phi (ϕ) antara 1,07-1,74 yang menunjukkan bahwa pada stasiun tersebut memiliki karakteristik pasir halus. Stasiun 5 dan 16 memiliki nilai mean yang rendah yaitu 0,37 dan 0,36; yang menunjukkan bahwa karakteristik sedimen pada stasiun tersebut adalah pasir kasar.

Hasil perhitungan sortasi pada 16 stasiun pengambilan sedimen memiliki nilai yang tidak berbeda terlalu jauh antara -1,35 sampai 0,32 termasuk kategori *Very well sorted*. Hal ini menunjukkan bahwa sedimen di Pantai Cacalan memiliki rentang ukuran partikel yang sempit atau cenderung seragam dan bergradasi jelek. Sedimen yang memiliki nilai sortasi yang seragam (*Very well sorted*) dapat dikatakan sedimen tersebut dalam kondisi yang sangat tersortir dan berukuran terbatas, sedangkan ukuran yang lainnya telah tersingkir oleh kekuatan mekanisme seperti ombak dan arus. Sedangkan kategori *Poorly sorted* kekuatan mekanismenya kurang kuat sehingga banyak ukuran partikel sedimen yang bercampur menjadi satu (Satriadi, 2012).

Hasil perhitungan *skewness* pada 16 stasiun pengambilan sedimen memiliki nilai yang cukup beragam antara -0,47 sampai 0,43. Pada stasiun 1, 2, 3, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12 memiliki nilai antara 0,3 sampai 1 yang menunjukkan *Fine Skewed* yaitu sedimen pada stasiun tersebut condong ke arah partikel halus. Pada stasiun 4, 13, 14, dan 15 memiliki nilai antara -1 sampai 1 yang menunjukkan *Symmetrical* yaitu sedimen pada stasiun tersebut simetris pada rata-rata distribusi. Pada stasiun 5 memiliki nilai -0,47 yang menunjukkan kategori *Very Coarse skewed* yaitu sedimen pada stasiun tersebut condong ke arah partikel sangat kasar. Pada stasiun 16 memiliki nilai -0,1 yang

menunjukkan kategori *Coarse skewed* yaitu sedimen pada stasiun tersebut condong kearah partikel kasar. Perhitungan *skewness* dilakukan untuk mengetahui partikel sedimen lebih condong kearah kasar atau halus (Purnawan *et al.*, 2015). Apabila hasil perhitungan *skewness* semakin negatif maka partikel sedimen condong kearah partikel kasar, sebaliknya apabila hasil perhitungan bernilai positif maka partikel sedimen condong kearah partikel halus.

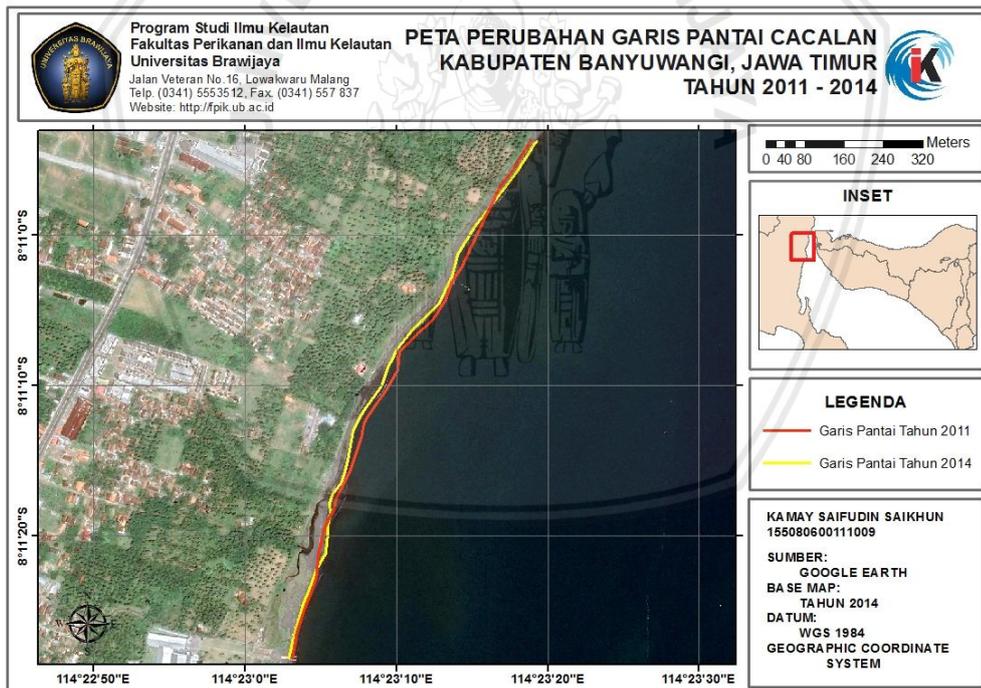
Hasil perhitungan kurtosis dari 16 stasiun pengambilan sedimen memiliki nilai yang bervariasi mulai dari 0,7 sampai 2,46. Stasiun 6, 11, 13, 14 memiliki nilai 1,5 sampai 3 termasuk kedalam kategori *Very Leptokurtic* yang menunjukkan distribusi sedimen sangat runcing. Stasiun 1, 2, 3, 7, 10 memiliki nilai 1,11 sampai 1,5 termasuk kedalam kategori *Leptokurtic* yang menunjukkan keruncingan distribusi sedimen terhadap distribusi normal. Stasiun 9 dan 12 memiliki nilai antara 0,9 sampai 1,11 yang termasuk kategori *Mesokurtic* yang menunjukkan distribusi sedimen normal. Stasiun 4, 5, 8, 15 dan 16 memiliki nilai antara 0,67 sampai 0,9 yang termasuk kedalam kategori *Platykurtic* yang menunjukkan kedataran distribusi sedimen terhadap distribusi normal.

4.4 Perubahan Garis Pantai dari Analisa Peta Citra Satelit

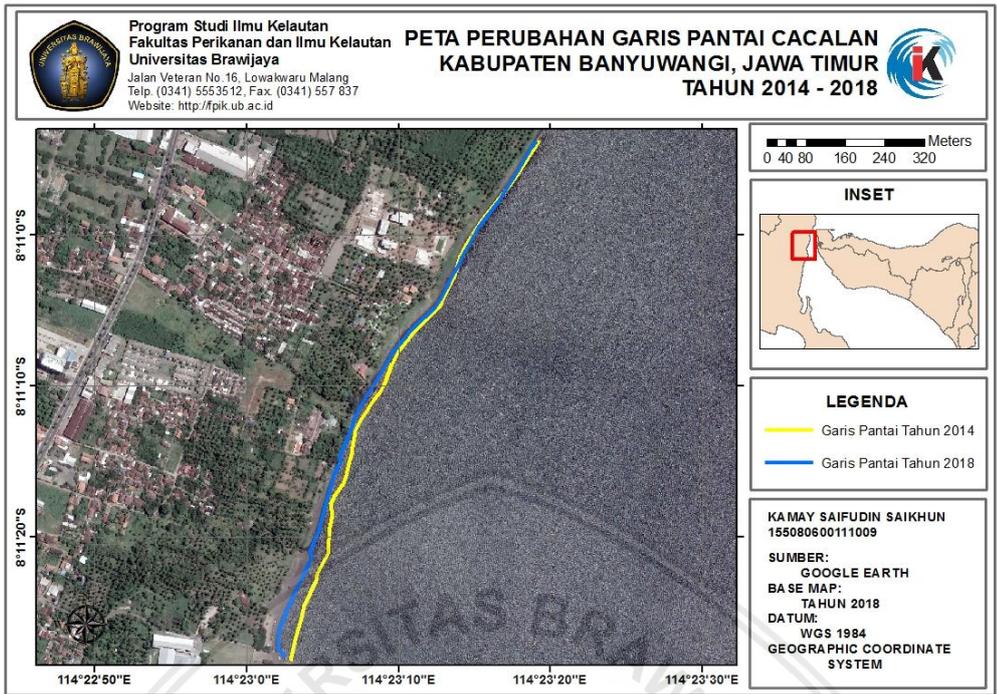
Peta perubahan garis pantai yang diperoleh dari citra satelit menunjukkan adanya perubahan garis pantai berupa abrasi atau kemunduran garis pantai. Perhitungan ini dilakukan dengan cara mencari rata-rata dari jarak perubahan garis pantai setiap tahun. Titik ini ditentukan dengan jarak antar titik sepanjang 75 meter, sehingga menjadi 16 titik sampling. Pengambilan citra didasarkan pada musim yang sama yaitu musim peralihan satu pada bulan maret dan pada saat keadaan perairan di Pantai Cacalan surut sehingga dapat dipastikan bahwa pengambilan citra satelit dilakukan di Pantai Cacalan pada waktu dan keadaan yang sama. Pengambilan citra tahun 2011 dilakukan pada tanggal 29 Maret 2011

pukul 11.05 WIB. Pengambilan citra tahun 2014 dilakukan pada tanggal 18 Maret 2014 pukul 13.18 WIB. Pengambilan citra tahun 2018 dilakukan pada tanggal 21 Maret tahun 2018 pukul 11.21 WIB.

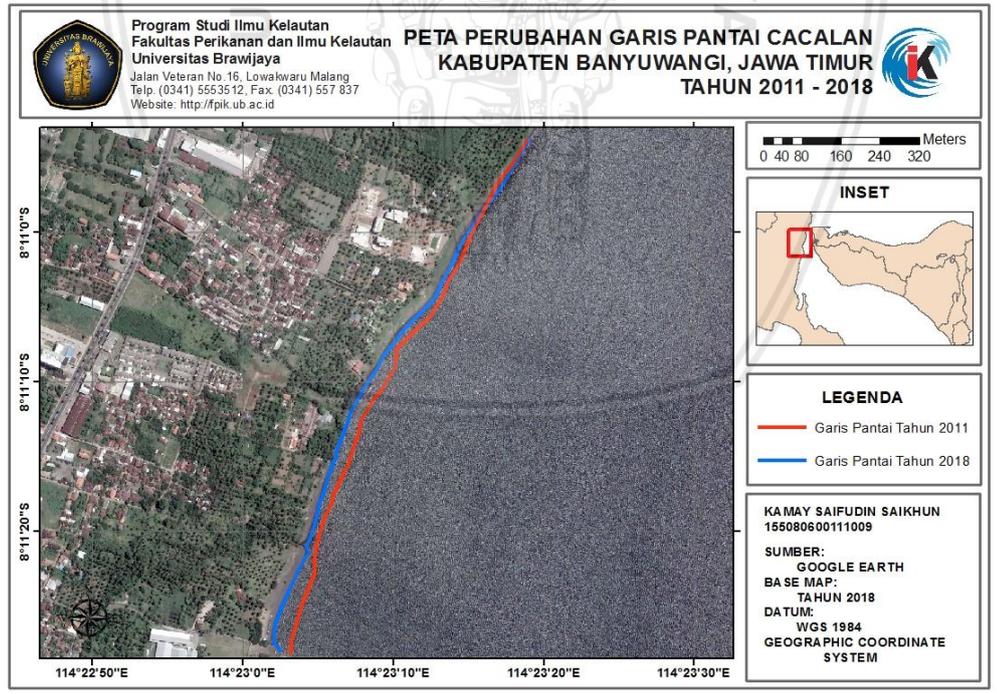
Hasil dari perhitungan didapatkan nilai perubahan garis pantai pada tahun 2011 sampai 2014 (Gambar 11) terjadi abrasi dengan nilai sebesar -5,58 meter atau -1,86 meter per tahun. Tahun 2014 sampai 2018 (Gambar 12) terjadi abrasi dengan nilai sebesar -12,22 meter atau -3,05 meter per tahun. Sedangkan pada tahun 2011 sampai 2018 (Gambar 13) Pantai Cacalan mengalami abrasi dengan nilai sebesar -18,11 meter atau -2,59 meter pertahun nilai perubahan tiap titik dapat dilihat dibawah (Tabel 9).



Gambar 11. Citra Perubahan Garis Pantai Tahun 2011 – 2014



Gambar 12. Perubahan Garis Pantai Tahun 2014 – 2018



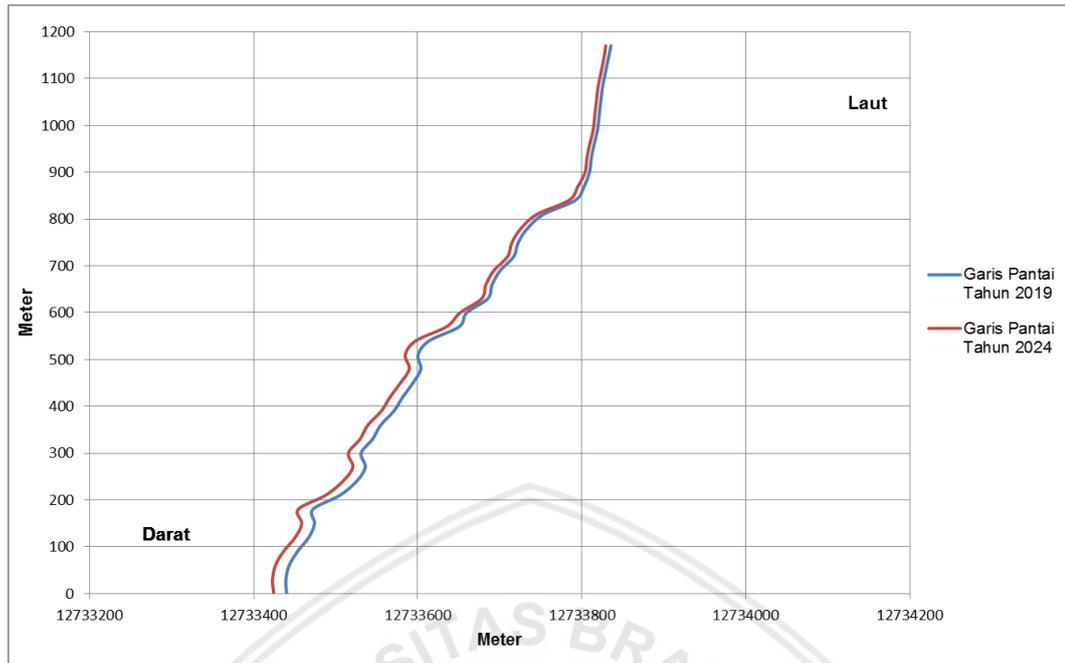
Gambar 13. Perubahan Garis Pantai Tahun 2011 – 2018

Tabel 9. Nilai Perubahan Garis Pantai dalam Citra Satelit

Nilai Perubahan Garis Pantai (m) di Pantai Cacalan dalam Citra Satelit			
Stasiun	Tahun 2011-2014	Tahun 2014-2018	Tahun 2011-2018
1	-4,46	-35,65	-38,82
2	-6,48	-28,98	-35,66
3	4,74	-23,18	-22,89
4	7,38	-22,42	-14,06
5	-9,93	-11,95	-22,89
6	-11,35	-19,21	-29,97
7	-16,71	-10,54	-27,39
8	-12,96	-17,33	-29,79
9	-17,5	-9,86	-28,18
10	-12,16	-6,08	-18,42
11	-7,96	-6,27	-14,67
12	-8,57	-3,12	-12,61
13	-13,28	4,39	-9,14
14	2	2,28	2
15	8,48	-1,5	7,91
16	9,43	-6,09	4,75
Rata-rata	-5,58	-12,22	-18,11
Rata-rata pertahun	-1,86	-3,05	-2,59

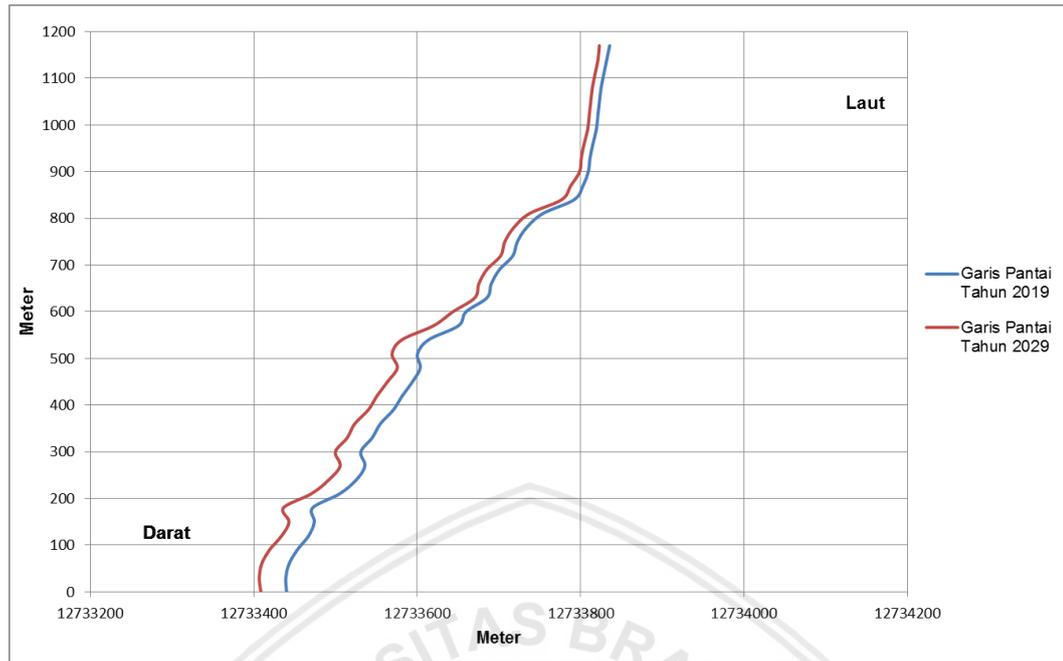
4.5 Prediksi Perubahan Garis Pantai dengan Rumus CERC

Perhitungan numerik perubahan garis pantai merupakan perhitungan yang dilakukan untuk memprediksi perubahan garis pantai dalam beberapa tahun yang akan datang. Perhitungan numerik yang dilakukan dengan rumus CERC, karena rumus ini sangat cocok digunakan pada pantai yang memiliki ukuran sedimen yang tidak berbeda jauh. Perhitungan numerik ini didasarkan pada pengaruh dari tinggi gelombang pecah yang terjadi di pantai tersebut.



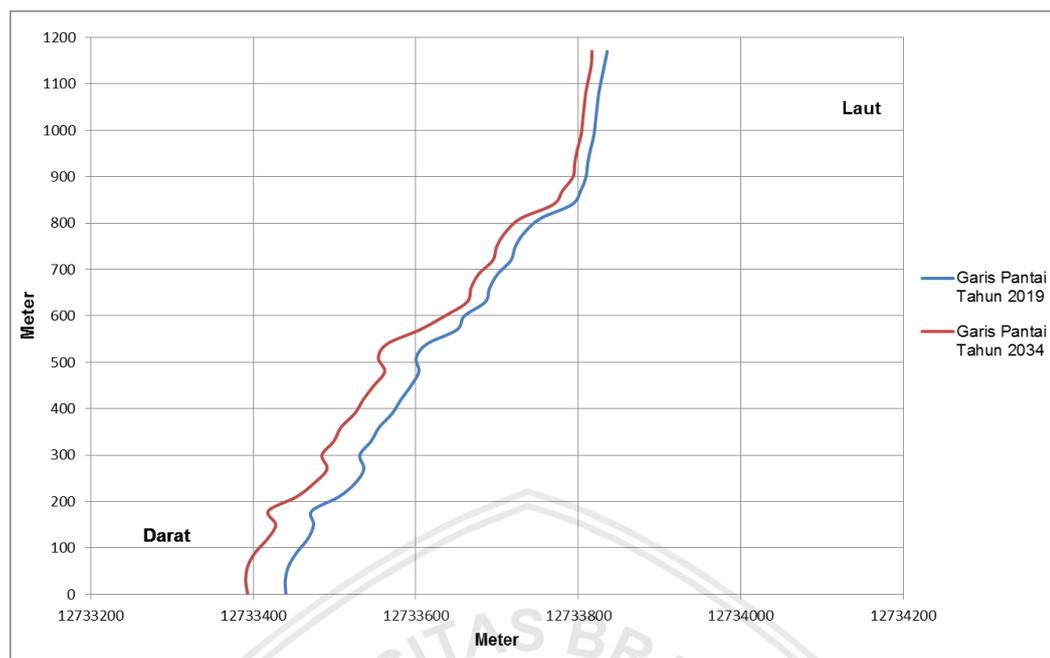
Gambar 14. Prediksi Garis Pantai Selama 5 Tahun

Pada Gambar 16 merupakan prediksi perubahan garis pantai Cacalan, Banyuwangi selama 5 tahun yang akan datang. Garis Pantai Cacalan di prediksi akan mengalami kemunduran. Hasil dari perhitungan numerik dengan rumus CERC menunjukkan nilai kemunduran Pantai Cacalan, Banyuwangi adalah -11,25 meter atau sebesar -2,25 meter per tahun. Daerah yang mengalami abrasi tertinggi memiliki nilai sebesar -17,82 meter dan daerah yang mengalami abrasi terendah memiliki nilai sebesar -5,3 meter.



Gambar 15. Prediksi Garis Pantai Selama 10 Tahun

Pada Gambar 17 merupakan prediksi perubahan garis Pantai Cacalan, Banyuwangi selama 10 tahun yang akan datang. Garis Pantai Cacalan akan diprediksi akan mengalami abrasi. Hasil dari perhitungan numerik Pantai Cacalan didapatkan nilai rata-rata -22,5 meter atau sebesar -2,2 meter per tahunnya. Daerah yang mengalami abrasi tertinggi memiliki nilai sebesar -35,64 meter dan daerah yang mengalami abrasi terendah memiliki nilai sebesar -10,59 meter.



Gambar 16. Prediksi Garis Pantai Selama 15 Tahun

Pada Gambar 18 merupakan prediksi perubahan garis pantai di Pantai Cacalan, Banyuwangi yang akan terjadi pada 15 tahun mendatang. Garis pantai Cacalan akan mengalami abrasi. Hasil dari perhitungan numerik yang telah dilakukan didapatkan hasil perubahan garis pantai sebesar -33,73 meter atau -2,2 meter per tahun. Daerah yang mengalami abrasi tertinggi memiliki nilai sebesar -53,45 sedangkan daerah yang mengalami abrasi terendah memiliki nilai sebesar -15,89 meter.

4.6 Perbandingan Perubahan Garis Pantai dengan CERC dan Citra Satelit

Perubahan garis pantai di Pantai Cacalan, Banyuwangi yang telah dilakukan dari dua metode yang berbeda yaitu melalui citra satelit dan perhitungan numerik dengan rumus CERC. Perubahan garis pantai Cacalan pada tahun 2011 sampai 2014 terjadi abrasi dengan nilai perubahan sebesar -5,58 meter atau -1,86 meter per tahun, begitu juga pada tahun 2014 sampai 2018 Pantai Cacalan mengalami abrasi dengan nilai perubahan sebesar -12,22 meter atau -3,05 meter per tahun. Sedangkan selama tahun 2011 sampai 2018

terjadi abrasi dengan nilai perubahan sebesar -18,11 atau -2,59 meter per tahun. Hasil perhitungan numerik dengan rumus CERC garis pantai Cacalan mengalami abrasi pada 1 tahun mendatang dengan nilai -2,25 meter pertahun. Sedangkan pada 5, 10 dan 15 tahun yang akan datang garis pantai Cacalan abrasi dengan nilai berturut-turut sebesar -11,25 meter; -22,5 meter dan -33,73 meter. Berikut merupakan tabel perbandingan nilai perubahan garis pantai dengan citra satelit dan prediksi perubahan garis pantai dengan rumus CERC (Tabel 10).

Tabel 10. Perbandingan Perubahan Garis Pantai

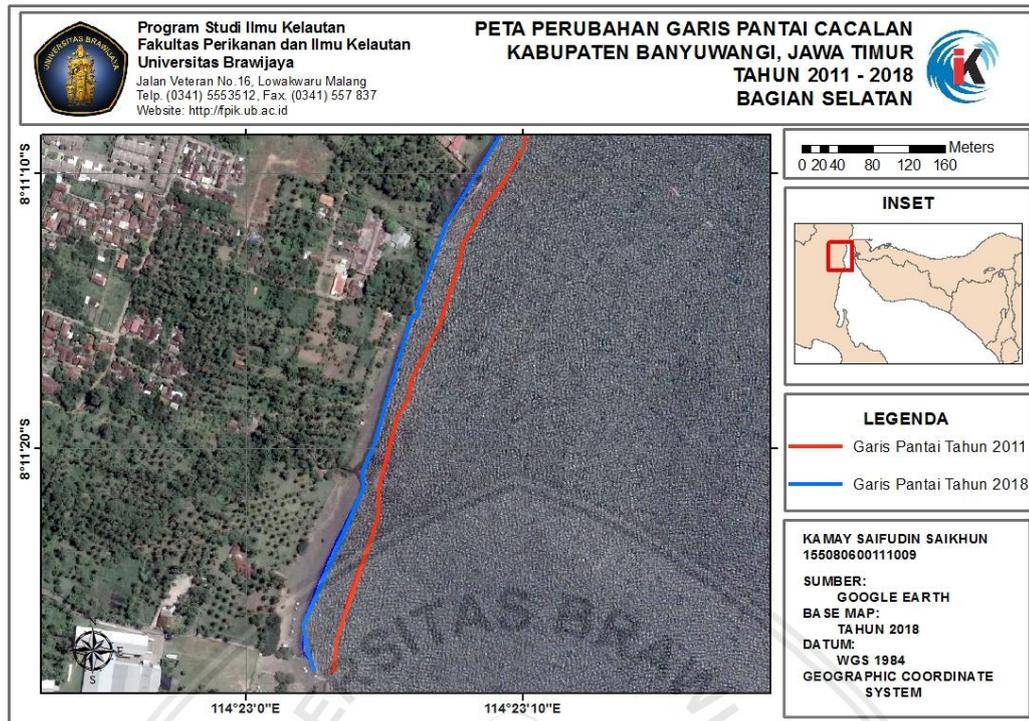
Nilai Rata-rata meter pertahun (Analisa Citra Satelit)			Nilai Rata-rata meter pertahun (Analisis CERC)
2011 – 2014	2014 – 2018	2011 – 2018	2019 – 2029
(-) 1,86	(-) 3,05	(-) 2,59	(-) 2,25

4.7 Pembahasan

Hasil prediksi perubahan garis pantai dengan rumus CERC didapatkan hasil bahwa Pantai Cacalan mengalami kemunduran garis pantai, dengan nilai -2,25 meter pertahun. Gambar 18 merupakan citra wilayah pantai Cacalan bagian selatan, dari gambar tersebut dapat dilihat bahwa garis pantai Cacalan mengalami abrasi hal ini dikarenakan tidak ada penghalang atau bangunan pelindung pantai di wilayah tersebut (Gambar. 17).



Gambar 17.Keadaan Pantai Wilayah Selatan

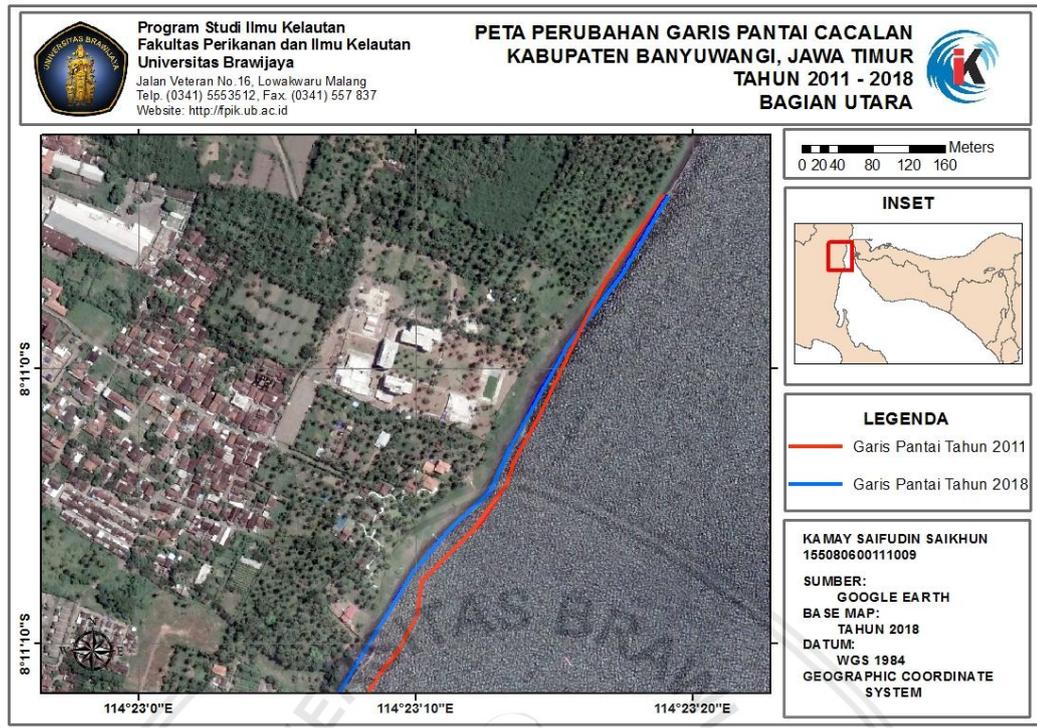


Gambar 18. Garis Pantai Cacalan Bagian Selatan

Gambar 20 merupakan citra Pantai Cacalan bagian utara mengalami perubahan garis pantai secara abrasi dan sebagian terjadi erosi, hal ini dikarenakan pada wilayah utara Pantai Cacalan terdapat sungai kecil (Gambar 19) dan ada bangunan berupa batu akan tetapi telah rusak, sehingga dapat disimpulkan bahwa di tempat ini memiliki nilai gelombang yang lebih kecil.



Gambar 19. Keadaan Pantai Wilayah Utara



Gambar 20. Garis Pantai Cacalan Wilayah Utara

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian Perubahan Garis Pantai di Pantai Cacalan Banyuwangi didapatkan kesimpulan sebagai berikut.

1. Hasil dari perhitungan faktor hidrooseanografi yang dilakukan di Pantai Cacalan, Banyuwangi yaitu berupa gelombang dan pasang surut didapatkan nilai gelombang pada stasiun 1, 2, 3, dan 4 adalah 0,22 m; 0,21 m; 0,16 m; dan 0,14 m sedangkan pasang surut yang terjadi di Pantai Cacalan adalah tipe campuran condong ke harian ganda yaitu dalam satu hari terjadi 2 kali pasang dan 2 kali surut dengan ketinggian yang berbeda.
2. Karakteristik sedimen yang ada di Pantai Cacalan didominasi oleh pasir halus dengan nilai rata-rata 55,08%. Pasir halus memiliki diameter antara 0,125 mm sampai 0,25 mm. Sedangkan hasil statistik sedimen di Pantai Cacalan diperoleh nilai mean antara 0,13 sampai 1,74. Untuk nilai sortasi termasuk kedalam kategori *very well sorted*. Nilai skewness sebagian besar termasuk kategori *fine skewed*, Sedangkan Nilai kurtosis sebagian besar pada kategori *leptokurtic*.
3. Garis pantai di Pantai Cacalan mengalami perubahan selama 2011 sampai 2018 dilihat dari citra satelit didapatkan hasil dari perubahan garis pantai berupa abrasi dan sedimentasi. Pada tahun 2011 sampai 2014 Pantai Cacalan mengalami abrasi dengan nilai perubahan sebesar -5,58 meter atau -1,86 meter pertahun. Sedangkan pada tahun 2014 sampai 2018 Pantai Cacalan mengalami abrasi dengan nilai perubahan sebesar -12,22 meter atau -3,05 meter pertahun.

4. Garis pantai di Pantai Cacalan diprediksi akan mengalami perubahan pada masa yang akan datang. Prediksi numerik dengan rumus CERC merupakan salah satu cara untuk memprediksi perubahan garis pantai pada masa yang akan datang. Hasil dari perhitungan numerik perubahan garis pantai didapatkan bahwa selama 15 tahun kedepan sebagian besar wilayah yang ada di Pantai Cacalan akan mengalami abrasi dengan nilai -33,73 meter atau -2,25 meter per tahun.

5.2 Saran

Saran dari penulis untuk penelitian selanjutnya yaitu menambah dan mencari faktor-faktor lain yang dapat mempengaruhi perubahan garis pantai di Pantai Cacalan, Banyuwangi. Selain itu, pada saat pengambilan data dilapang usahakan memperhatikan keadaan musim, sehingga tidak mengganggu pengambilan data sedimen, gelombang, dan *tracking* garis pantai. Mempersiapkan alat dan bahan yang akan digunakan untuk penelitian baik dilapang maupun dilaboratorium.

DAFTAR PUSTAKA

- Bachmid, Munifah., M.I. Jasin dan Jeffry D. Mamoto. 2018. Analisis Pasang Surut di Pantai Moint pada Daerah PLTU Amurang Kabupaten Minahasa Selatan. *Jurnal Sipil Statik* Vol. 6(4): 225-234 ISSN: 2337-6732
- Berlianty, Dessy. dan Tetsuo Yanagi. 2011. Tide and Tidal Current in The Bali Strait, Indonesia. *Marine Research Indonesia* Vol. 36(2): 25-26
- Hidayati, Nurin. 2017. *Dinamika Pantai*. Malang. UB Press
- Iqbal, Muhammad dan Harnani. 2017. Penentuan Lingkungan Pengendapan dan Mekanisme Transportasi Sedimen dengan Analisis Granulometri pada Formasi Seblat Cekungan Bengkulu, Daerah Merigi Kelindang, Kabupaten Bengkulu Tengah, Provinsi. *Prosiding Seminar Nasional Penelitian dan Pengabdian pada Masyarakat*. Hal. 301-306 ISBN: 978-602-61545-0-7
- Mulyabakti, Chandrika., M. Ihsan Jasin dan J.D. Mamoto. 2016. Analisis Karakteristik Gelombang dan Pasang Surut pada Daerah Pantai Paal Kecamatan Likupang Timur Kabupaten Minahasa Utara. *Jurnal Sipil Statik* Vol. 4(9): 585-594 ISSN: 2337-6732
- Pakpahan, Irnovia Berliana. 2017. Analisis Transpor Sedimen Menyusur Pantai dengan Menggunakan Metode Grafis pada Pelabuhan Perikanan Tanjung Adikarta. *Jurnal Maroso* Vol. 1(1): 7-14 ISSN: 0338-8420
- Purnawan, Syahrul., Haekal A. Haridhi, Ichsan Setiawan, dan Marwantim. 2015. Parameter Statistik Ukuran Butir pada Sedimen Berpasir di Muara Kuala Gigieng, Kabupaten Aceh Besar. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis* Vol 7(1): 15-21 ISSN: 2085-6695
- Putra, I Made Agus Wirahadi., Adhi Susanto dan Indah Soesanti. 2015. Pemodelan Perubahan Garis Pantai dengan Metode *End Point Rate* pada Citra Satelit Landsat. *Seminar Nasional Teknologi Informasi dan Multimedia* Vol. 3(1): 19-24 ISSN: 2302-3805
- Satriadi, Alfi. 2012. Studi Batimetri dan Jenis Sedimen Dasar Laut di Perairan Marina, Semarang, Jawa Tengah. *Jurnal Buletin Oseanografi Marina* Vol. 1(5): 53-62 ISSN: 2099-2607

- Setiady, D., N. Geurhaneu, dan E. Usman. 2010. Proses Sedimentasi dan Erosi Pengaruhnya terhadap Pelabuhan, Sepanjang Pantai Bagian Barat dan Bagian Timur, Selat Bali. *Jurnal Geologi Kelautan* Vol. 8(2): 85-94 ISSN: 2527-8851
- Suhaemi, Syafrudin Raharjo dan Marhan. 2018. Penentuan Tipe Pasang Surut Perairan pada Alur Pelayaran Manokwari dengan Menggunakan Metode Admiralty. *Jurnal Sumberdaya Akuatik Indopasifik* Vol. 2(1): 57-64 ISSN: 2550-0929
- Sumihi, Deastic., John S. Kekenusa., dan Nelson Nainggolan. 2017. Prediksi Tinggi Gelombang Laut di Perairan Laut Sulawesi Utara dengan Menggunakan Model *Vector Autoregressive* (VAR) *Jurnal D' Cartesian* Vol. 6(2): 73-79 ISSN: 2302-4224
- Tawas, Hansje J., Pingkan A.K. Pratisis. 2016. Pengaruh Besar Gelombang terhadap Kerusakan Garis Pantai. *Jurnal Tekno* Vol. 14(65): 65-70 ISSN: 0215-9617
- Triapriyasen, Ardiyan., Muslim dan Heny Suseno. 2016. Analisis Jenis Ukuran Butir Sedimen di Perairan Teluk Jakarta. *Jurnal Oseanografi* Vol. 5(3): 309-316
- Triatmodjo, Bambang. 1999. *Teknik Pantai*. Yogyakarta. Beta Offset
- Yulius., Aida Heriati., Eva Mustikasari dan Ranela Intan Zahara. 2016. Karakteristik Pasang Surut dan Gelombang di Perairan Teluk Saleh, Nusa Tenggara Barat. *Jurnal Segara* Vol. 13(1): 65-73 ISSN: 2461-1166

LAMPIRAN

Lampiran 1. Dokumentasi Lapangan



Kondisi Lapangan



Pengambilan Sampel Sedimen



Tacking Garis Pantai



Pengambilan Data Gelombang



Pengambilan Data Kemiringan

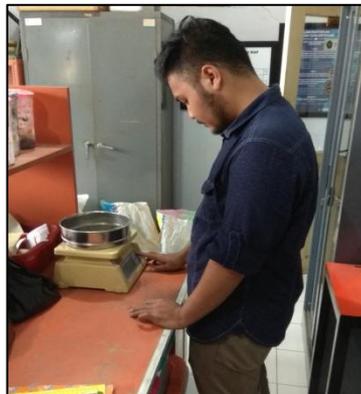


GPS untuk Tracking

Lampiran 2. Dokumentasi Laboratorium



Pengayakan Sampel Sedimen



Menimbang Sampel yang Terayak

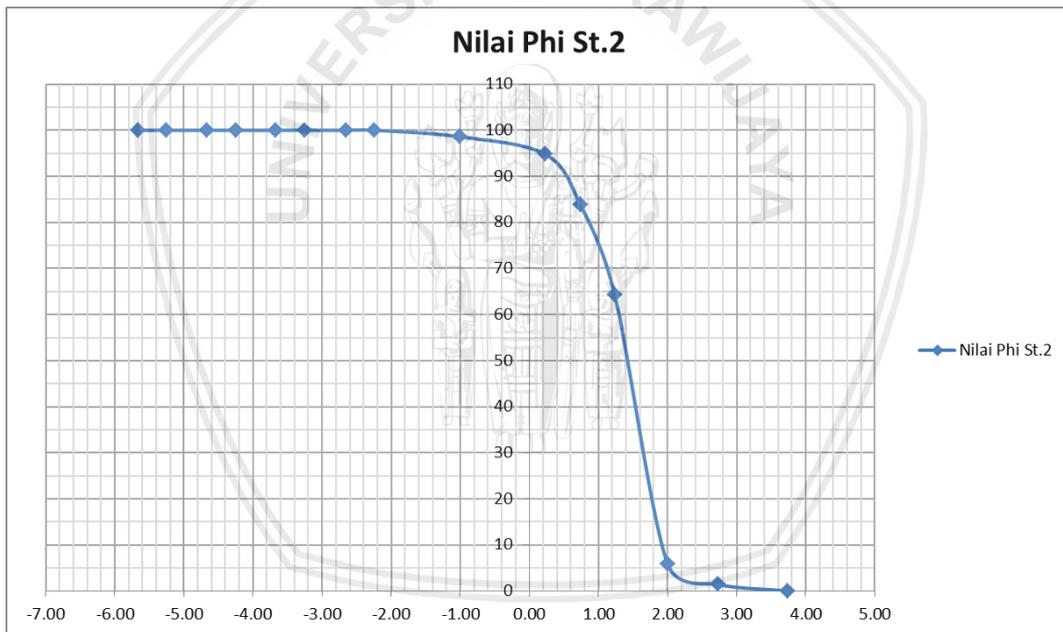
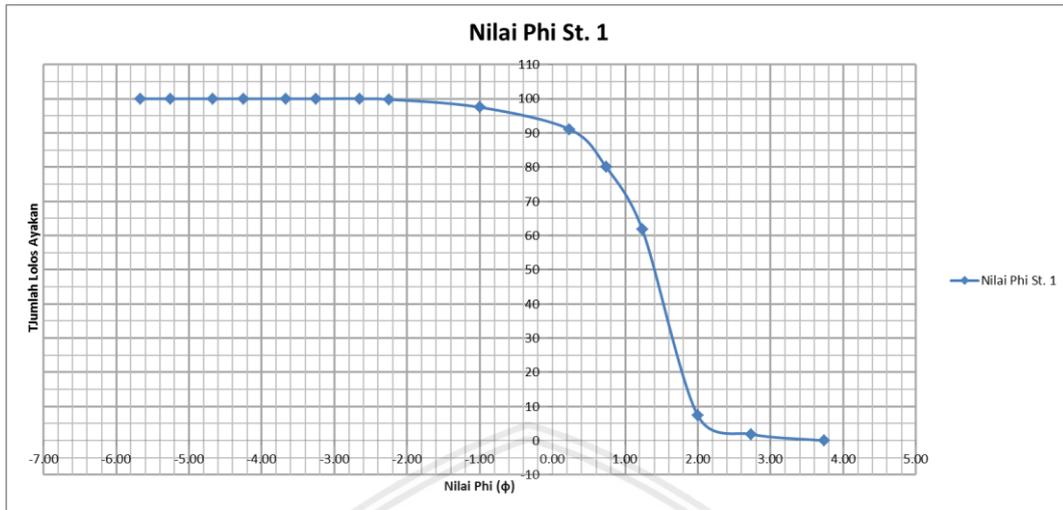


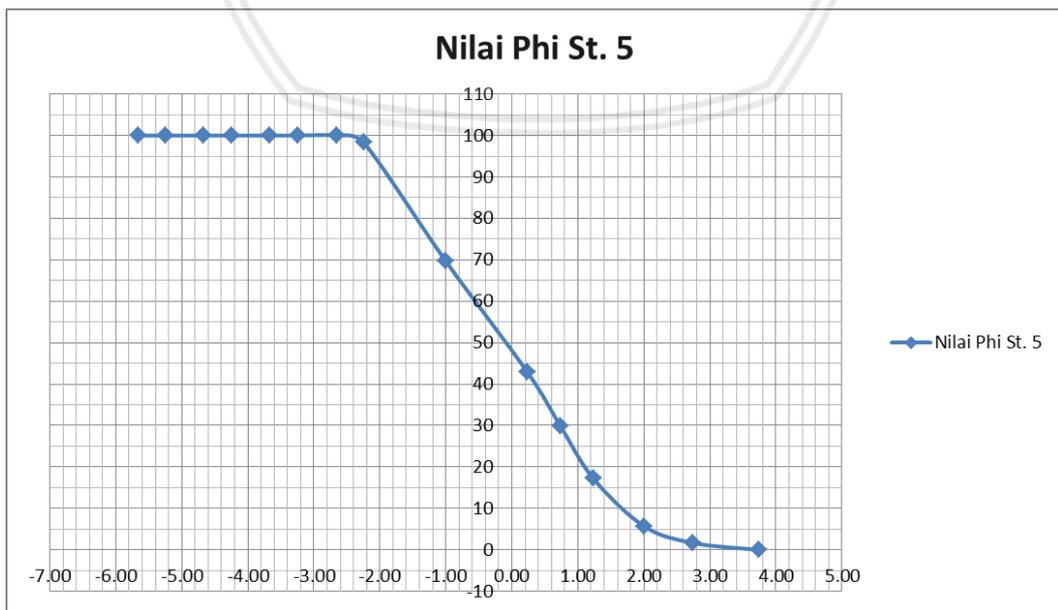
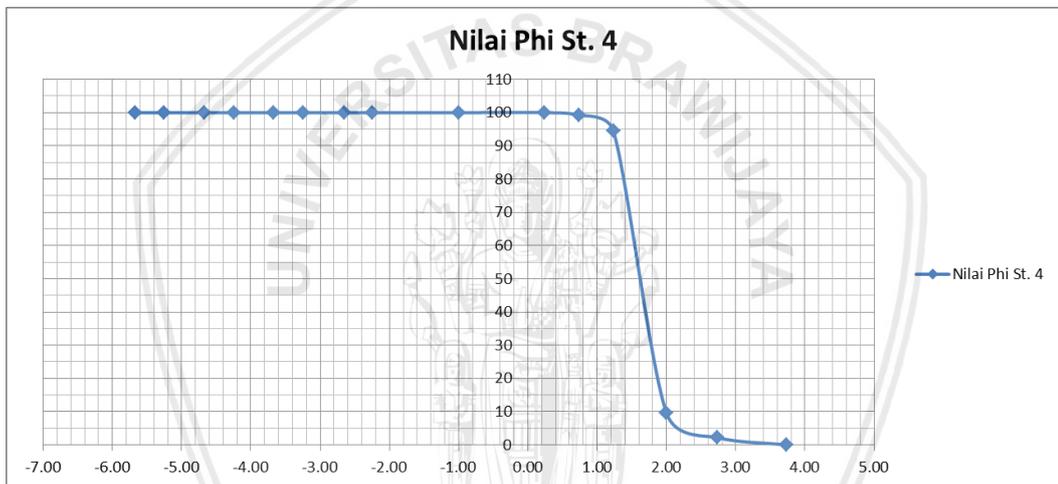
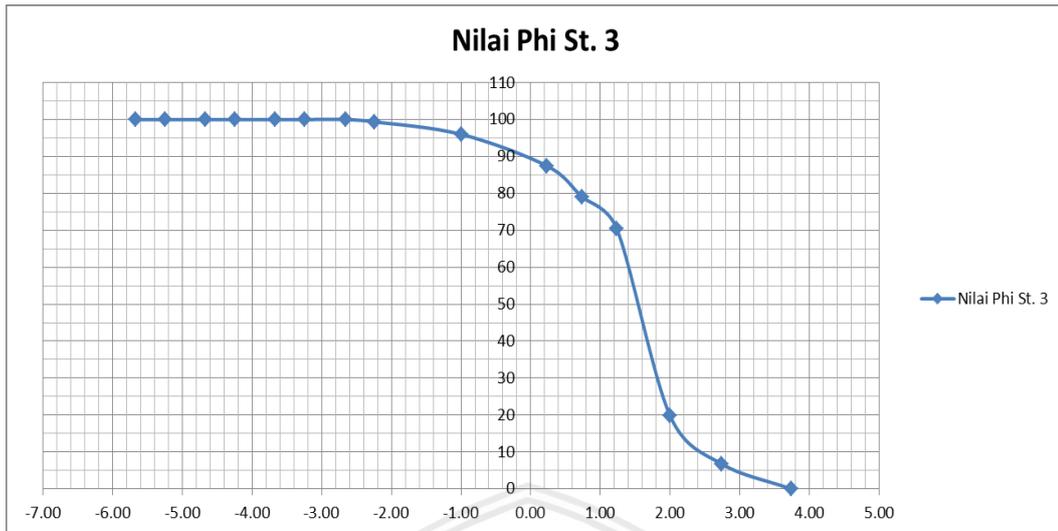
Perhitungan Berat Ayakan

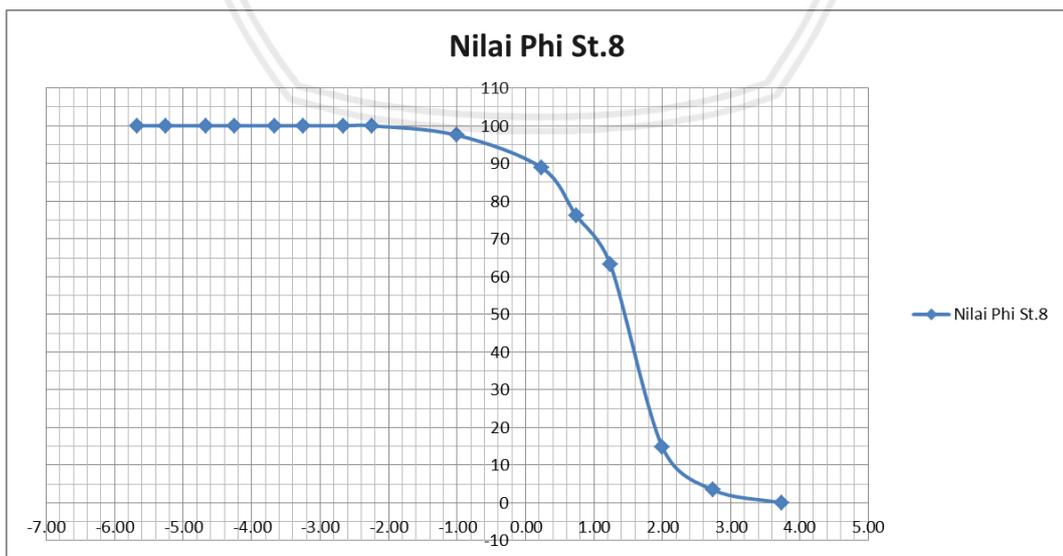
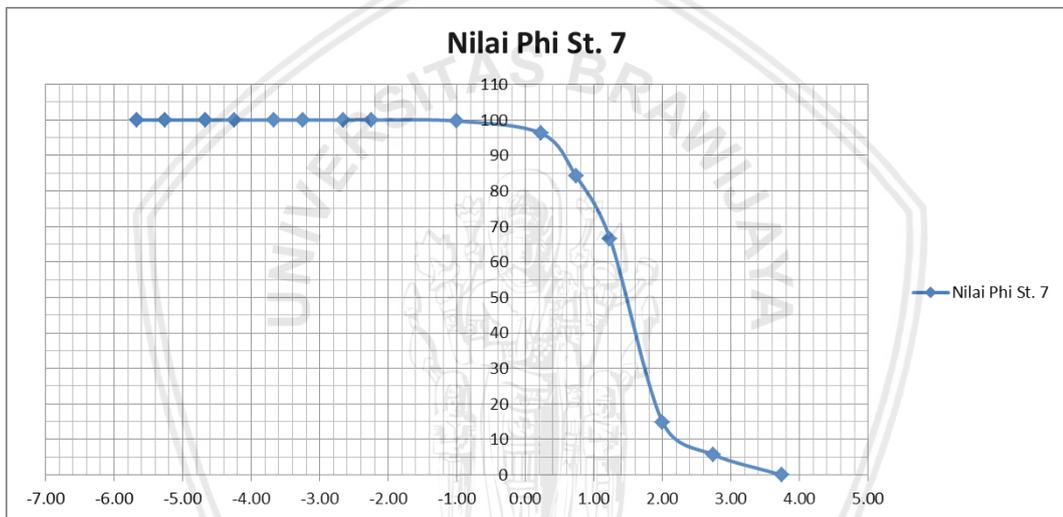
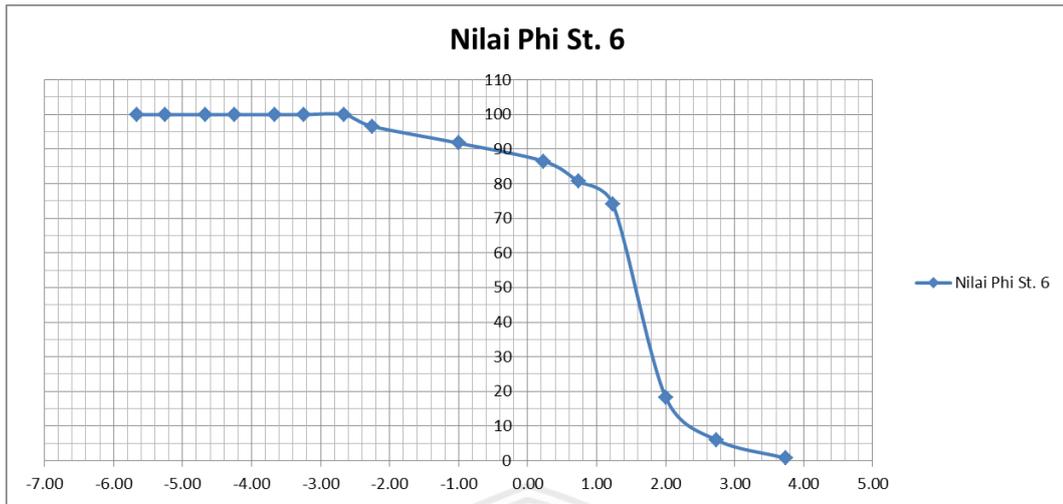


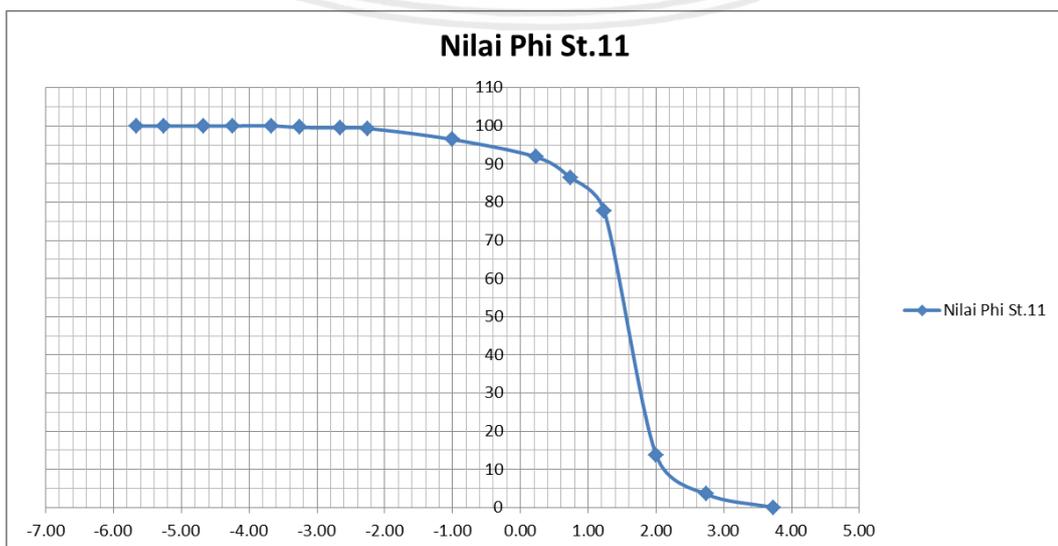
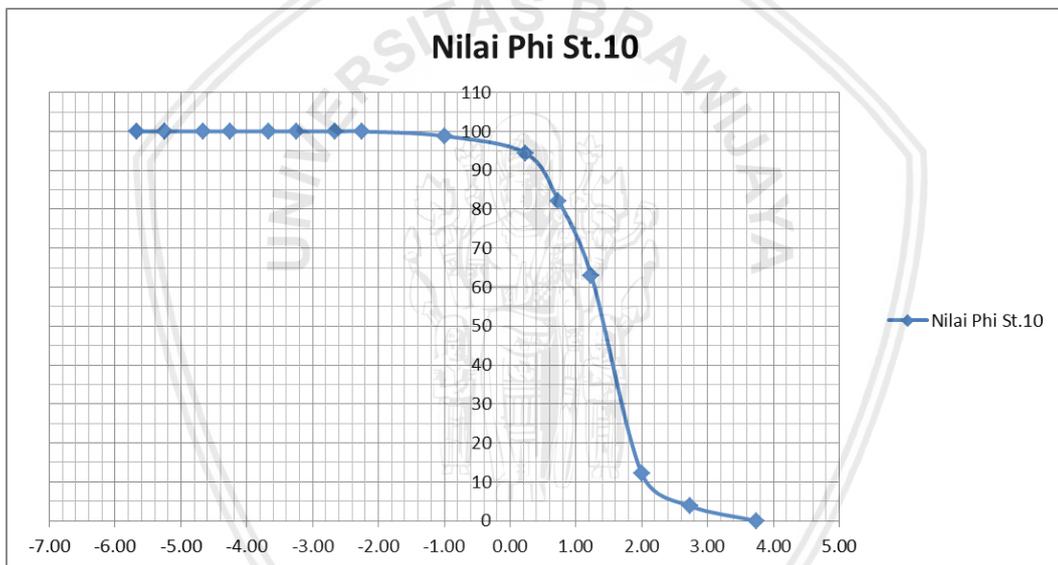
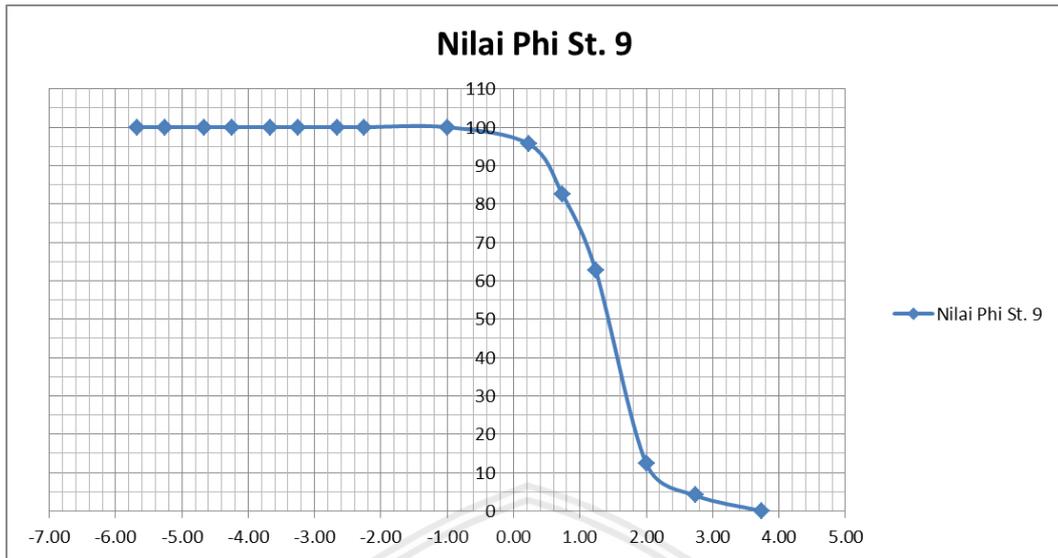
Sampel Setelah di Ayak

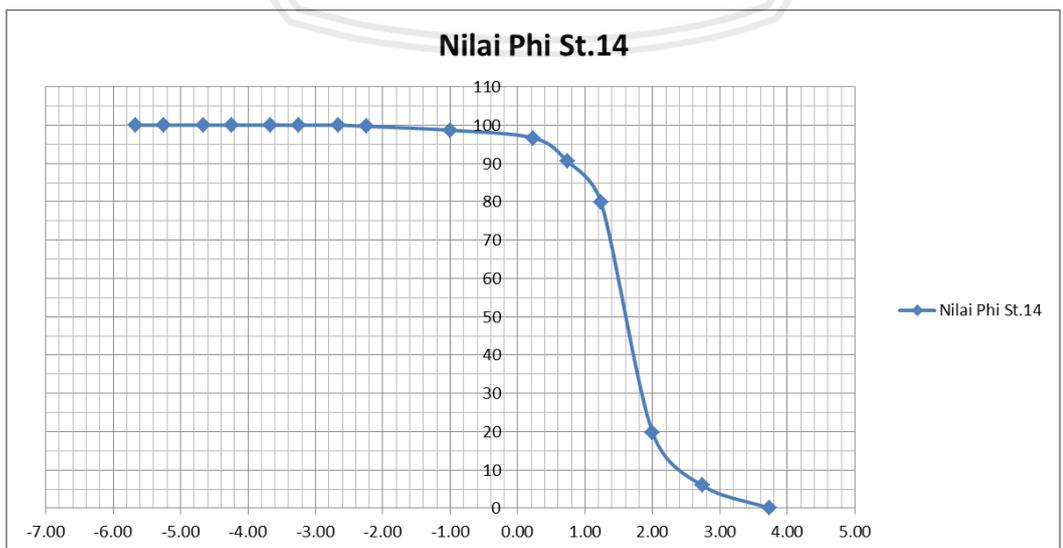
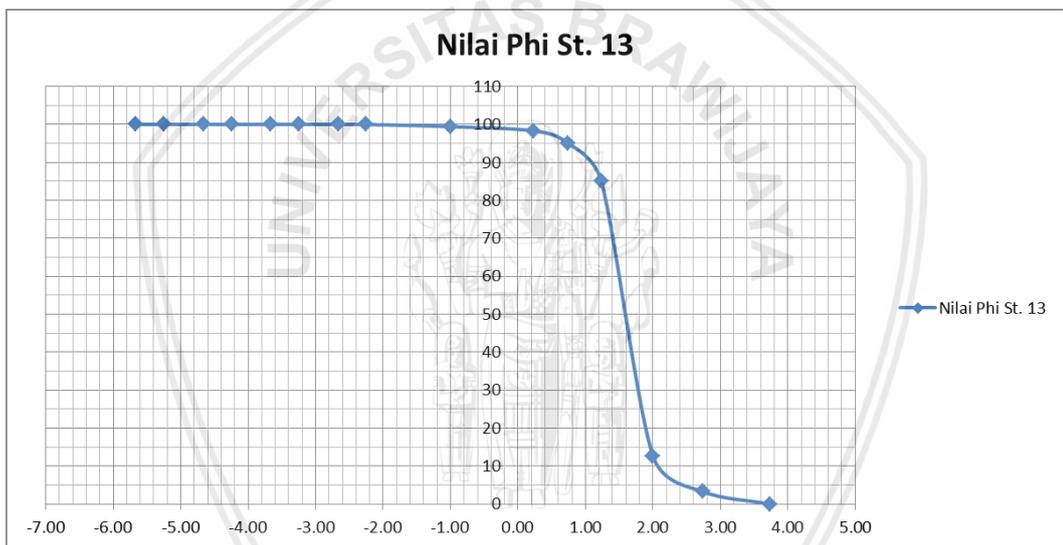
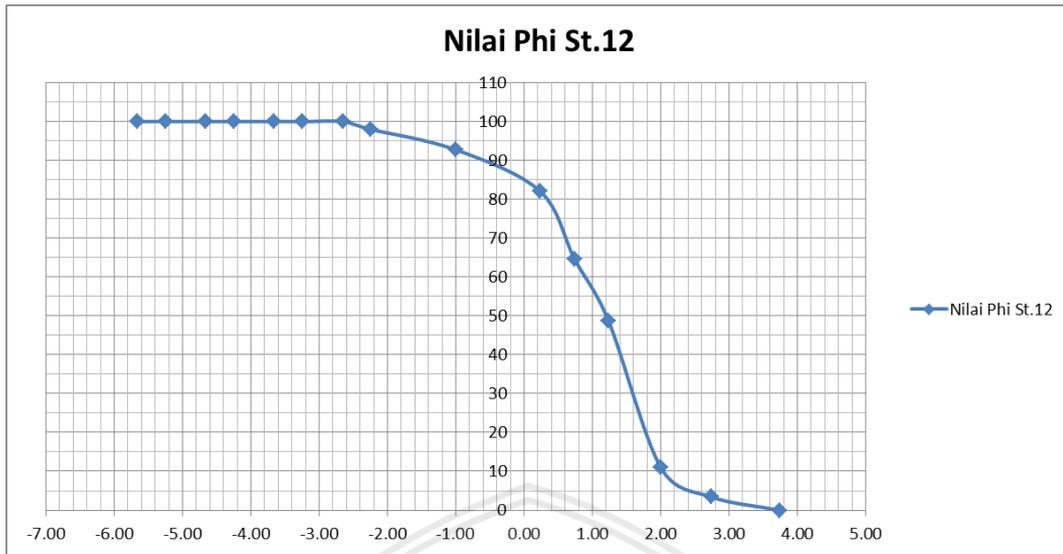
Lampiran 3. Perhitungan Nilai Phi

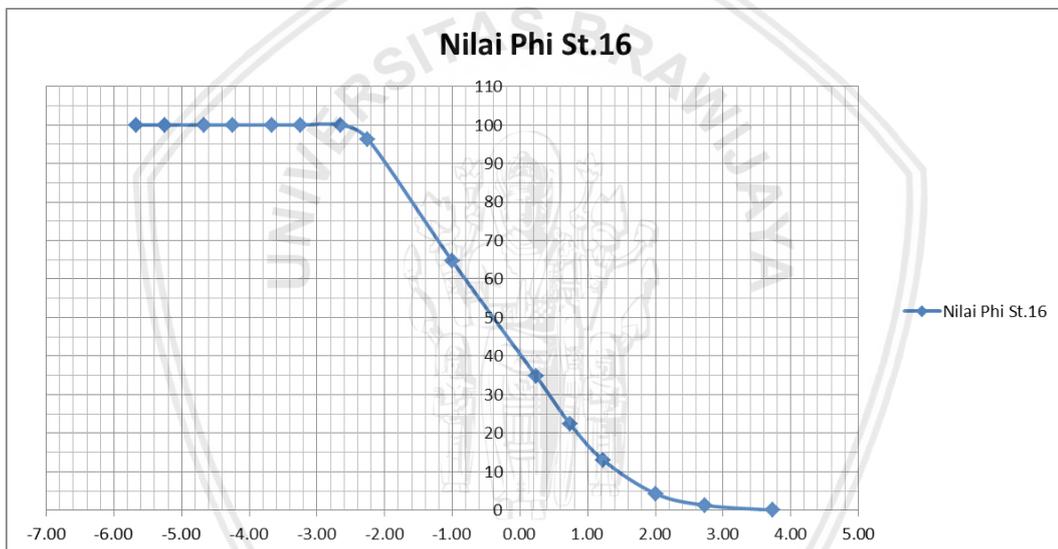
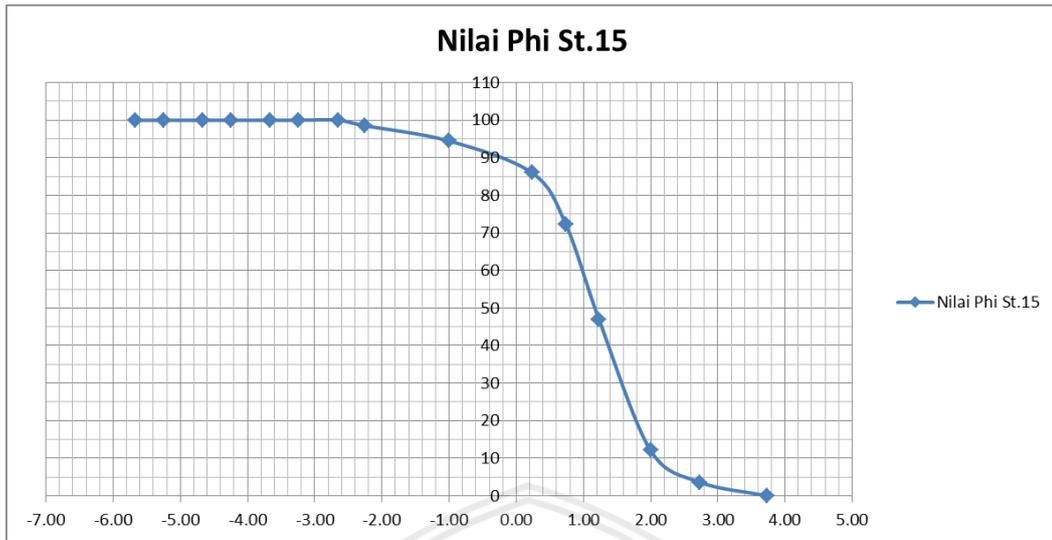












Lampiran 4. Nilai Tinggi Gelombang di Pantai Cacalan

Nilai Tinggi Gelombang (cm) di Pantai Cacalan, Banyuwangi			
Stasiun 1	Stasiun 2	Stasiun 3	Stasiun 4
29	50	23	19
29	31	22	18
27	24	20	17
27	23	20	15
24	22	18	15
23	20	18	15
21	20	17	15
21	19	16	14
20	19	15	14
20	17	14	14
19	17	13	14
19	15	13	14
18	15	13	13
18	15	13	12
18	15	12	12
17	15	12	12
17	15	12	12
17	15	11	12
16	14	11	12
16	14	11	12
15	13	11	12
15	13	11	12
15	12	10	12
15	12	10	12
15	11	10	12
14	11	10	11
13	10	10	11
13	10	10	10
12	10	9	10
12	10	9	10
12	10	9	10
12	10	9	10
12	10	9	10
12	9	8	9
11	9	8	9
11	9	8	9
10	9	8	8
10	9	8	8
10	8	8	8



Nilai Tinggi Gelombang (cm) di Pantai Cacalan, Banyuwangi			
Stasiun 1	Stasiun 2	Stasiun 3	Stasiun 4
9	8	7	8
9	8	7	8
9	8	7	8
9	8	6	7
8	7	6	7
8	7	6	7
8	6	6	7
7	6	5	6
6	6	4	6
6	4	4	5
4	4	4	3
4	3	4	1



Lampiran 5. Perhitungan Prediksi Perubahan Garis Pantai

No.	x (m)	Y _{awal} (m)	Tan α_i	Tan α_b	α_b	Sin α_b	Cos α_b	P ₁ (Ton m/s/m)	Q _s (m ³ /hr)	$\Delta Y_{(i)}$	Y _{akhir} (m)
1	0	12733440.19	0.03	1.90	62.21	0.88	0.47	0.50	72.56289	-3.14125	12733437.04536
2	30	12733439.28	-0.13	1.78	60.71	0.87	0.49	0.51	75.06858	-3.24972	12733436.02917
3	60	12733443.28	-0.34	1.68	59.17	0.86	0.51	0.53	77.41594	-3.35134	12733439.92755
4	90	12733453.34	-0.46	1.62	58.35	0.85	0.52	0.54	78.58154	-3.40180	12733449.93697
5	120	12733467.20	-0.23	1.73	59.91	0.87	0.50	0.52	76.31691	-3.30376	12733463.89790
6	150	12733474.20	0.07	1.93	62.64	0.89	0.46	0.49	71.81229	-3.10876	12733471.09291
7	180	12733472.04	-1.10	1.45	55.32	0.82	0.57	0.56	82.32286	-3.56376	12733468.48084
8	210	12733505.12	-0.68	1.55	57.14	0.84	0.54	0.55	80.18589	-3.47125	12733501.65319
9	240	12733525.53	-0.35	1.67	59.07	0.86	0.51	0.53	77.56589	-3.35783	12733522.17565
10	270	12733536.05	0.17	2.02	63.69	0.90	0.44	0.48	69.89407	-3.02572	12733533.02150
11	300	12733531.05	-0.47	1.62	58.33	0.85	0.53	0.49	71.77084	-3.10696	12733527.94026
12	330	12733545.01	-0.33	1.68	59.21	0.86	0.51	0.48	70.62949	-3.05755	12733541.95727
13	360	12733554.91	-0.54	1.60	57.91	0.85	0.53	0.49	72.28629	-3.12928	12733551.78084
14	390	12733570.99	-0.36	1.66	59.00	0.86	0.52	0.48	70.90841	-3.06963	12733567.92033
15	420	12733581.81	-0.41	1.64	58.66	0.85	0.52	0.49	71.34770	-3.08864	12733578.72429
16	450	12733594.18	-0.32	1.68	59.28	0.86	0.51	0.48	70.53382	-3.05341	12733591.12863
17	480	12733603.77	0.11	1.97	63.09	0.89	0.45	0.44	64.82443	-2.80625	12733600.96185
18	510	12733600.35	-0.46	1.62	58.38	0.85	0.52	0.49	71.70680	-3.10419	12733597.24998
19	540	12733614.07	-1.21	1.42	54.93	0.82	0.57	0.52	75.53818	-3.27005	12733610.80238
20	570	12733650.46	-0.31	1.69	59.36	0.86	0.51	0.48	70.43675	-3.04921	12733647.41229
21	600	12733659.74	-0.86	1.50	56.31	0.83	0.55	0.25	36.85623	-1.59551	12733658.14283
22	630	12733685.40	-0.18	1.76	60.36	0.87	0.49	0.23	34.32196	-1.48580	12733683.91844

No.	x (m)	Y _{awal} (m)	Tan α_i	Tan α_b	α_b	Sin α_b	Cos α_b	P ₁ (Ton m/s/m)	Q _s (m ³ /hr)	$\Delta Y_{(i)}$	Y _{akhir} (m)
23	660	12733690.66	-0.33	1.68	59.20	0.86	0.51	0.24	35.11889	-1.52030	12733689.14081
24	690	12733700.58	-0.55	1.59	57.84	0.85	0.53	0.25	35.98225	-1.55767	12733699.02622
25	720	12733717.05	-0.18	1.75	60.31	0.87	0.50	0.23	34.36081	-1.48748	12733715.55780
26	750	12733722.51	-0.38	1.66	58.89	0.86	0.52	0.24	35.32764	-1.52934	12733720.97733
27	780	12733733.84	-0.65	1.56	57.28	0.84	0.54	0.25	36.31606	-1.57212	12733732.27126
28	810	12733753.43	-1.29	1.41	54.67	0.82	0.58	0.26	37.67251	-1.63084	12733751.79860
29	840	12733792.09	-0.36	1.66	59.00	0.86	0.52	0.24	35.25336	-1.52612	12733790.56170
30	870	12733802.91	-0.21	1.74	60.05	0.87	0.50	0.24	34.54164	-1.49531	12733801.41549
31	900	12733809.35	-0.07	1.82	61.22	0.88	0.48	0.17	24.52175	-1.06155	12733808.29067
32	930	12733811.56	-0.12	1.79	60.85	0.87	0.49	0.17	24.72415	-1.07031	12733810.49396
33	960	12733815.07	-0.14	1.78	60.67	0.87	0.49	0.17	24.81843	-1.07439	12733813.99119
34	990	12733819.20	-0.06	1.83	61.32	0.88	0.48	0.17	24.46786	-1.05921	12733818.13856
35	1020	12733821.08	-0.06	1.83	61.31	0.88	0.48	0.17	24.47320	-1.05945	12733820.02119
36	1050	12733823.00	-0.07	1.83	61.28	0.88	0.48	0.17	24.49165	-1.06024	12733821.93564
37	1080	12733825.02	-0.11	1.80	60.88	0.87	0.49	0.17	24.70706	-1.06957	12733823.95380
38	1110	12733828.41	-0.12	1.79	60.83	0.87	0.49	0.17	24.73209	-1.07065	12733827.34179
39	1140	12733831.97	-0.12	1.79	60.84	0.87	0.49	0.17	24.72907	-1.07052	12733830.89559
40	1170	12733835.50	424461.18	1.00	45.00	0.71	0.71	0.20	29.05886	-1.25796	12733834.24186

$\Delta x =$	30 Meter	$g =$	9.8 m/s	Hb St.1 =	0,59 Meter	db St.1 =	0,77 Meter	Cb St.1 =	2,75 m/s
$\alpha_0 =$	115 Degree	$\rho =$	1.025 Kg/m ³	Hb St.2 =	0,57 Meter	db St.2 =	0,74 Meter	Cb St.2 =	2,69 m/s
Tan $\alpha_0 =$	-1			Hb St.3 =	0,43 Meter	db St.3 =	0,56 Meter	Cb St.3 =	2,35 m/s
Dt =	1 Tahun			Hb St.4 =	0,38 Meter	db St.4 =	0,49 Meter	Cb St.4 =	2,19 m/s