

**ANALISIS PERUBAHAN GARIS PANTAI DI WILAYAH KECAMATAN JENU  
TUBAN**

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

**UNIVERSITAS BRAWIJAYA**

Oleh:

**SHABRINA OKTAVIANI**

**NIM. 105080601111004**



**FAKULTAS PERIKANAN DAN ILMU KELAUTAN  
UNIVERSITAS BRAWIJAYA**

**MALANG**

**2014**

**ANALISIS PERUBAHAN GARIS PANTAI DI WILAYAH KECAMATAN JENU  
TUBAN**

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

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

**Oleh:**

**SHABRINA OKTAVIANI  
NIM. 105080601111004**



**FAKULTAS PERIKANAN DAN ILMU KELAUTAN  
UNIVERSITAS BRAWIJAYA**

**MALANG**

**2014**

**ANALISIS PERUBAHAN GARIS PANTAI DI WILAYAH KECAMATAN JENU  
TUBAN**

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

Oleh:

**SHABRINA OKTAVIANI  
NIM. 105080601111004**

Telah dipertahankan di depan penguji  
pada tanggal 08 Juli 2014  
dan dinyatakan telah memenuhi syarat

**Dosen Pembimbing I**

**Ir. Bambang Semedi, M.Sc, Ph.D**  
NIP. 19621220 198803 1 004  
Tanggal :

**Dosen Pembimbing II**

**Nurin Hidayati, ST, M.Sc**  
NIP. 19781102 200501 2 002  
Tanggal :

**Dosen Penguji I**

**Ir. Aida Sartimbul, M.Sc, Ph.D**  
NIP. 19680901 199403 2 001  
Tanggal :

**Dosen Penguji II**

**M. Arif Zainul Fuad, S.Kel, M.Sc**  
NIP. 19801005 200501 1 002  
Tanggal :

**Mengetahui,  
Ketua Jurusan**

**Dr. Ir. Daduk Setyohadi, MP**  
NIP. 19630608 198703 1 003  
Tanggal :



## PERNYATAAN ORISINALITAS

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

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



Malang, 5 Juni 2014

Penulis

Shabrina Oktaviani

NIM. 105080601111004

## UCAPAN TERIMAKASIH

Alhamdulillah segala puji bagi Allah Subhanahu wa Ta'ala yang telah mengkaruniakan berkah dan karunia-Nya sehingga atas izin-Nya penulis dapat menyelesaikan Skripsi yang berjudul "Analisis Perubahan Garis Pantai di Wilayah Kecamatan Jenu Tuban".

Penulis menyadari bahwa terselesaikannya Skripsi ini tak lepas dari campur tangan berbagai pihak. Untuk itulah penulis ingin berterimakasih sebesar-besarnya kepada :

1. **Prof. Dr. Ir. Diana Arfiati, MS.**, Dekan Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Brawijaya, Malang,
2. **Dr. Ir. Daduk Setyohadi, MP.**, selaku Ketua Jurusan Pemanfaatan Sumberdaya Perikanan dan Kelautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Brawijaya, Malang,
3. **Ir. Bambang Semedi, M.Sc., Ph.D.**, selaku Dosen Pembimbing I yang memberi bimbingan, pengarahan, dan masukan selama penyusunan proposal dan laporan, dan sebagai Ketua Program Studi Ilmu Kelautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Brawijaya, Malang.
4. **Nurin Hidayati, S.T., M.Sc.**, selaku Dosen Pembimbing II yang selalu memberi bimbingan, pengarahan, dan semangat selama penyusunan proposal dan laporan dengan penuh kesabaran,
5. **Bapak Mansyur**, selaku Ketua Mangrove Center Tuban yang telah memberikan izin dan nasihat untuk penulis. Penulis haturkan terimakasih banyak.
6. Cinta dan dukungan berupa moril maupun materil dari kedua orang tua penulis terkasih. Terima kasih atas segala yang telah dilakukan demi penulis, dan terimakasih atas setiap cinta yang terpancar serta doa dan

restu yang selalu mengiringi tiap langkah penulis. Terimakasih kepada Papa **Sjahroel Samad** dan Mama **Khasrina** yang senantiasa memberikan kasih sayang sepanjang masa sehingga penulis bisa sampai ke titik ini.

7. Teruntuk Kakak tersayang, **Mira Syafitri**, penulis ucapkan terimakasih untuk segala doa, dukungan, dan semangat yang diberikan selama penulis menyelesaikan Skripsi ini.
8. Terimakasih untuk **keluarga besar** yang selalu mendoakan, mendukung, dan menyemangati agar Skripsi ini cepat selesai.
9. Kepada “Solmet” terbaik yang penulis kenal sejak kecil, **Ima, Feggy, Yanyan**, penulis ucapkan terimakasih atas lecutan semangat yang tidak henti kalian berikan.
10. Teruntuk sahabat-sahabat HOC yang selalu bersama dan memberi semangat setiap penulis mengalami kebosanan dan kebuntuan, **Dita, Inez, Maria, April, Caesar, Novan, Gama, Nico, Andri, Otto, Dedey, Teddy**. Semoga kita kelak sukses dan bisa merealisasikan apa yang menjadi khayalan kita selama ini.
11. Terimakasih banyak untuk **Yoyok, Andini, Heru, Rivo, Bagus, Caesar, Maria, Siwi** yang telah membantu dan dengan sabar menemani penulis melaksanakan penelitian lapang. **Resti** dan **Agung**, terimakasih untuk ilmu yang kalian berikan, semoga amalan ilmu itu tidak akan pernah putus.
12. Teman-teman seperjuangan **MARCOPOLO**, terimakasih banyak sudah menjadi keluarga kedua, rumah yang nyaman bagi para perantau seperti penulis. Kakak-kakak tingkat Ilmu Kelautan 2008 dan 2009, khususnya **Kak Fajar** dan **Kak Elvani**, terimakasih telah memberikan masukan dan arahan dalam pengerjaan Skripsi ini.

13. Untuk sahabat terbaik selama pengerjaan Skripsi, penulis ucapkan terimakasih atas segala dukungan, semangat, masukan, kesabaran, doa, bantuan, terimakasih banyak, **Manggala Bimasakti**.

14. Terakhir penulis hendak menyapa nama yang tidak bisa disebutkan satu persatu, terimakasih untuk doa yang senantiasa mengalir tanpa sepengetahuan penulis.

Harapan penulis, semoga Skripsi ini dapat memberikan manfaat sebesar-besarnya untuk pembaca guna membina generasi muda yang lebih berkualitas dan berdaya saing. Aamiin ya rabbal alamiin.

Malang, Juli 2014

Penulis



## RINGKASAN

**SHABRINA OKTAVIANI.** Analisis Perubahan Garis Pantai di Wilayah Kecamatan Jenu Tuban (dibawah bimbingan **Bambang Semedi** dan **Nurin Hidayati**).

---

Perubahan garis pantai memiliki karakteristik yang berbeda-beda bergantung pada faktor hidro-oseanografi yang terjadi di lokasi. Perbedaan faktor hidro-oseanografi yang terjadi dapat menyebabkan terjadinya perubahan garis pantai baik berupa abrasi pantai maupun akresi pantai. Selain oleh faktor hidro-oseanografi (alami), perubahan garis pantai juga dipengaruhi oleh faktor antropogenik akibat aktivitas manusia. Pantai Jenu, Tuban terletak di daerah pesisir utara pulau Jawa. Penduduknya sangat bergantung dengan kegiatan di daerah pesisir seperti halnya tambak, hutan mangrove, area permukiman dan pertanian. Berdasarkan pengamatan sementara, Pantai Jenu mengalami perubahan secara fisik sehingga diperlukan informasi mengenai perubahan garis pantai yang terjadi di sana.

Tujuan penelitian ini antara lain untuk mengetahui perubahan garis pantai di Pantai Jenu, Tuban dengan menggunakan sistem penginderaan jauh, mengetahui prediksi perubahan garis pantai di Pantai Jenu, Tuban dengan menggunakan perhitungan numerik, serta menganalisis abrasi dan akresi yang terjadi di Pantai Jenu, Tuban.

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode deskriptif analitik, yaitu dengan mendeskripsikan suatu gambar dari hasil pengolahan data. Pengolahan data citra satelit dilakukan dengan cara digitasi dan pengukuran jarak antar titik pada peta. Pengolahan data sedimen dilakukan dengan cara menghitung volume sedimen yang tertangkap dalam *sediment trap* kemudian melakukan analisis laboratorium untuk menentukan ukuran butir dan jenis sedimen. Pengolahan data *tracking* garis pantai sebagai data garis pantai awal dilakukan dengan perhitungan numerik dalam Microsoft Excel 2007 untuk mengetahui akresi dan abrasi yang terjadi di Pantai Jenu, Tuban.

Dari pengolahan data citra satelit tahun 2005-2010 didapatkan hasil bahwa garis pantai Jenu mengalami erosi atau kemunduran di setiap stasiun dikarenakan keadaan gelombang yang arahnya tegak lurus atau sejajar garis pantai, tahun 2010-2014 Pantai Jenu mengalami sedimentasi dikarenakan pada stasiun A, B, dan C terdapat *seawall* untuk mencegah erosi pantai, sedangkan pada stasiun D, E, dan F terdapat tanaman mangrove, kemudian tahun 2005-2014 Pantai Jenu mengalami sedimentasi, dan untuk pengolahan data numerik menggunakan rumus CERC didapatkan hasil bahwa garis pantai Jenu mengalami erosi atau kemunduran di setiap stasiun. Hal ini disebabkan oleh keadaan gelombang yang tegak lurus atau sejajar pantai akan menggerus pantai dan membawa sedimen ke daerah yang memiliki kondisi hidro-oseanografi yang lebih tenang seperti di muara sungai.

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT, karena atas segala limpahan rahmat serta karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan Laporan Skripsi dengan judul “Analisis Perubahan Garis Pantai di Wilayah Kecamatan Jenu Tuban”.

Penelitian Skripsi merupakan mata kuliah wajib yang harus dilakukan setiap mahasiswa Jurusan Pemanfaatan Sumberdaya Perikanan dan Kelautan Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Brawijaya Malang. Laporan ini dibuat dalam rangka memenuhi syarat bahwa penulis telah melalui mata kuliah wajib Skripsi. Dalam laporan ini akan dijelaskan perubahan garis pantai secara berkala selama 5 tahun dan 10 tahun dengan menggunakan perhitungan numerik.

Penulis menyadari bahwa laporan ini masih jauh dari sempurna dan apabila dalam laporan Skripsi ini banyak terdapat kesalahan penulisan, penulis mohon maaf yang sebesar-besarnya. Kritik dan saran yang membangun masih banyak diperlukan untuk perbaikan laporan ini. Semoga laporan ini dapat bermanfaat bagi pembaca. Amin.

Malang, 8 Juli 2014

Penulis

## DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN .....	i
PERNYATAAN ORISINALITAS.....	ii
UCAPAN TERIMAKASIH.....	iii
RINGKASAN .....	vi
KATA PENGANTAR .....	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR .....	x
DAFTAR TABEL .....	xii
DAFTAR LAMPIRAN .....	xiii
1. PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	3
1.3 Kerangka Pemikiran.....	3
1.4 Tujuan.....	4
1.5 Manfaat Penelitian.....	4
1.6 Tempat/Waktu Jadwal Pelaksanaan.....	4
2. TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Pengertian Pantai dan Pesisir.....	5
2.2 Perubahan Garis Pantai.....	5
2.3 Faktor-faktor Penyebab Terjadinya Perubahan Garis Pantai .....	6
2.3.1 Gelombang Laut.....	7
2.3.2 Refraksi Gelombang .....	11
2.3.3 Kemiringan Lereng.....	12
2.3.4 Klasifikasi Sedimen Berdasarkan Sumber Sedimen.....	13
2.3.5 Transpor Sedimen Pantai .....	13
2.3.5.1 Angkutan Sedimen Sepanjang Pantai (Qs).....	16
2.4 Model Perubahan Garis Pantai.....	17
3. METODOLOGI PENELITIAN .....	20
3.1 Waktu dan Lokasi.....	20
3.2 Alat Penelitian.....	22
3.2.1 Alat Lapang .....	22
3.2.2 Alat Laboratorium.....	22

3.2.3	Software .....	22
3.2.4	Hardware.....	23
3.3	Metode Penelitian.....	23
3.4	Prosedur Pengambilan Data .....	24
3.5	Prosedur Kerja Penelitian .....	25
3.5.1	Pengolahan Data Citra Satelit .....	26
3.5.2	Pengambilan Data Garis Pantai .....	27
3.5.3	Pengukuran Kemiringan Pantai.....	28
3.5.4	Pengambilan Sedimen dan Uji Laboratorium.....	29
3.5.5	Skema Perhitungan Numerik Data <i>Tracking</i> Garis Pantai.....	30
4.	HASIL DAN PEMBAHASAN .....	32
4.1	Profil Lokasi Penelitian .....	32
4.2	Hasil Data Kemiringan Pantai .....	34
4.3	Hasil Pengambilan Data Sedimen dan Uji Laboratorium .....	38
4.4	Data Hidro-Oseanografi .....	40
4.4.1	Data Pasang Surut.....	41
4.4.2	Data Gelombang .....	42
4.5	Perubahan Garis Pantai Jenu Tahun 2005, 2010, dan 2014 Berdasarkan Pengolahan Citra Satelit .....	44
4.6	Hasil Perhitungan Numerik Perubahan Garis Pantai Jenu .....	50
4.7	Analisis Perubahan Garis Pantai dari Citra Satelit dan Perhitungan Numerik .....	59
5.	PENUTUP.....	62
5.1	Kesimpulan.....	62
5.2	Saran .....	62
	DAFTAR PUSTAKA.....	64
	LAMPIRAN.....	65

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Skema Kerangka Pemikiran .....	3
Gambar 2. Skala Beaufort .....	8
Gambar 3. Grafik Penentuan Tinggi Gelombang Pecah (Hb) .....	10
Gambar 4. Grafik Penentuan Kedalaman Gelombang Pecah (db) .....	10
Gambar 5. Klasifikasi Butir Sedimen Berdasarkan Skala Wentworth .....	15
Gambar 6. Segitiga Shepard .....	15
Gambar 7. Pembagian Pantai Menjadi Sejumlah Sel.....	17
Gambar 8. Hubungan $\alpha_0$ , $\alpha_i$ dan $\alpha_b$ .....	18
Gambar 9. Peta Lokasi Titik Pengambilan Data .....	21
Gambar 10. Diagram Alir Penelitian .....	26
Gambar 11. Diagram Alir Pengolahan Data Citra Satelit.....	27
Gambar 12. Diagram Alir Pengambilan Data <i>Tracking</i> Garis Pantai.....	28
Gambar 13. Pengukuran Kemiringan Pantai.....	29
Gambar 14. Diagram Alir Perhitungan Numerik.....	31
Gambar 15. Peta Administratif Desa Jenu .....	33
Gambar 16. Profil Kemiringan Pantai Stasiun A .....	35
Gambar 17. Profil Kemiringan Pantai Stasiun B .....	35
Gambar 18. Profil Kemiringan Pantai Stasiun C .....	36
Gambar 19. Profil Kemiringan Pantai Stasiun D .....	36
Gambar 20. Profil Kemiringan Pantai Stasiun E .....	37
Gambar 21. Profil Kemiringan Pantai Stasiun F.....	37
Gambar 22. Profil Kemiringan Pantai di Seluruh Stasiun .....	38
Gambar 23. Data Pasang Surut Pantai Jenu Bulan Maret 2014 .....	41
Gambar 24. <i>Windrose</i> Arah Gelombang Tahun 2012-2013 .....	43
Gambar 25. Peta Perubahan Garis Pantai Jenu, Tuban Tahun 2005 dan 2010	45
Gambar 26. Grafik Perubahan Garis Pantai Tahun 2005-2010 .....	46
Gambar 27. Peta Perubahan Garis Pantai Jenu, Tuban Tahun 2010 dan 2014	47
Gambar 28. Grafik Perubahan Garis Pantai Tahun 2010-2014 .....	48
Gambar 29. Peta Perubahan Garis Pantai Jenu, Tuban Tahun 2005 dan 2014	49
Gambar 30. Grafik Perubahan Garis Pantai Tahun 2005-2014 .....	50
Gambar 31. Grafik Perubahan Garis Pantai Selama 1 Tahun di Tiap Stasiun ...	51
Gambar 32. Grafik Perubahan Garis Pantai Jenu Selama 1 Tahun.....	52
Gambar 33. Grafik Perubahan Garis Pantai Selama 5 Tahun di Tiap Stasiun ...	53
Gambar 34. Grafik Perubahan Garis Pantai Jenu Selama 5 Tahun.....	54

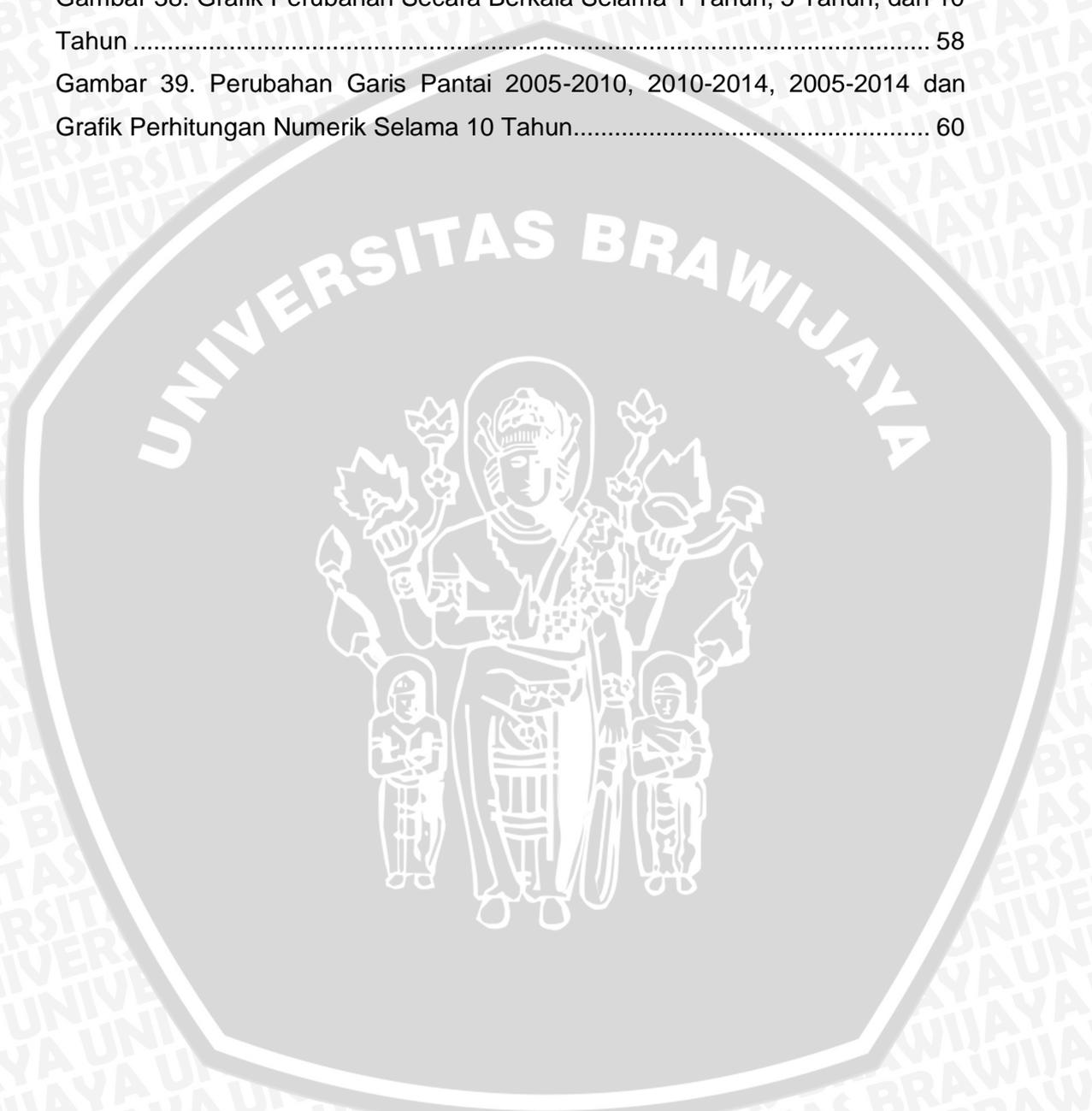
Gambar 35. Grafik Perubahan Garis Pantai Selama 10 Tahun di Setiap Stasiun ..... 55

Gambar 36. Grafik Perubahan Garis Pantai Jenu Selama 10 Tahun ..... 56

Gambar 37. Grafik Perubahan Garis Pantai Secara Berkala di Setiap Stasiun.. 57

Gambar 38. Grafik Perubahan Secara Berkala Selama 1 Tahun, 5 Tahun, dan 10 Tahun ..... 58

Gambar 39. Perubahan Garis Pantai 2005-2010, 2010-2014, 2005-2014 dan Grafik Perhitungan Numerik Selama 10 Tahun..... 60



**DAFTAR TABEL**

Tabel 1. Rumus Transpor Sedimen Sepanjang Pantai.....	16
Tabel 2. Profil Kemiringan Dasar Laut.....	34
Tabel 3. Hasil Uji Laboratorium Sampel Sedimen .....	39
Tabel 4. Hasil Pengukuran Volume Sedimen.....	40
Tabel 5. Data Gelombang Lokasi Penelitian .....	42
Tabel 6. Data Gelombang Pecah Lokasi Penelitian.....	42
Tabel 7. Hasil Pengukuran Jarak Rata-rata Perubahan Garis Pantai Pada Tahun 2005 dengan 2010 .....	46
Tabel 8. Hasil Pengukuran Rata-rata Jarak Perubahan Garis Pantai Pada Tahun 2010 dengan 2014 .....	48
Tabel 9. Hasil Pengukuran Rata-rata Jarak Perubahan Garis Pantai Pada Tahun 2005 dengan 2014 .....	50
Tabel 10. Nilai Rata-rata Jarak Perubahan Garis Pantai Selama 1 Tahun dengan Perhitungan Numerik .....	50
Tabel 11. Nilai Rata-rata Jarak Perubahan Garis Pantai Selama 5 Tahun dengan Perhitungan Numerik .....	52
Tabel 12. Nilai Rata-rata Jarak Perubahan Garis Pantai Selama 10 Tahun dengan Perhitungan Numerik.....	54
Tabel 13. Nilai Rata-rata Pengukuran Citra Satelit dan Perhitungan Numerik Setiap Stasiun .....	59



## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Hasil Perubahan Garis Pantai dengan Perhitungan Numerik .....	65
Lampiran 2. Hasil Pengukuran Citra Satelit 2005-2010 dan 2010-2014 .....	67
Lampiran 3. Dokumentasi Penelitian .....	68



## 1. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Perubahan garis pantai memiliki karakteristik yang berbeda-beda bergantung pada faktor hidro-oseanografi yang terjadi di lokasi. Perbedaan faktor hidro-oseanografi yang terjadi dapat menyebabkan terjadinya perubahan garis pantai baik berupa abrasi pantai maupun akresi pantai. Pengertian garis pantai, menurut Azhar dkk. (2012) adalah batas pertemuan antara bagian laut dan daratan pada saat terjadi air laut pasang tertinggi.

Sebesar 70% kota besar di dunia berada di daerah pantai karena pantai memiliki potensi yang luar biasa seperti daya tarik visual, permukiman, tambak, industri, pertanian, pelabuhan, dan pariwisata (Wahyudi dkk, 2009). Perubahan garis pantai juga bergantung dengan penggunaan lahan di lokasi tersebut.

Pantai memiliki dua tanggapan dinamis alami terhadap laut, yaitu: (1) Tanggapan terhadap kondisi gelombang normal dan (2) Tanggapan terhadap kondisi gelombang badai. Kondisi gelombang normal terjadi dalam waktu yang lama secara terus menerus, serta energi gelombang lebih mudah dihancurkan oleh mekanisme pertahanan alami pantai. Pada saat gelombang badai, energi yang dimiliki pun cukup besar sehingga sering kali pertahanan alami pantai tidak mampu menahan serangan gelombang dan pantai tererosi. Setelah gelombang badai reda pantai yang tererosi tersebut kembali pada bentuk semula seiring dengan pengaruh gelombang normal. Tetapi ada kalanya pantai yang tererosi tidak dapat kembali ke bentuk semula karena partikel sedimen pembentuk pantai telah terbawa ke tempat lain dan tidak kembali ke lokasi semula, dengan demikian pantai tersebut mengalami erosi (Triatmodjo, 2008).

Pada studi-studi terdahulu, salah satu contoh disebutkan Wahyudi dkk (2009), di wilayah pesisir Pantai Utara Jawa Timur dapat dikelompokkan menjadi

tiga kategori kerentanan terhadap kerusakan pantai, yaitu: Kerentanan Rendah ( $IKP < 25$ ), Kerentanan Tinggi ( $50 < IKP < 75$ ), dan Kerentanan Sangat Tinggi ( $IKP > 75$ ). Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan Wahyudi dkk (2009) daerah Tuban rata rata memiliki nilai  $IKP > 75$  sehingga dapat dikategorikan sebagai wilayah yang memiliki tingkat kerentanan sangat tinggi.

Kerusakan pantai telah terjadi di kawasan Pantai Utara Jawa. Hal ini akan berdampak terhadap terganggunya aktivitas sehari-hari masyarakat, sistem transportasi, serta industri dan perdagangan. Berdasarkan hal tersebut, maka perlu dilakukan langkah penanggulangan agar dampak negatif yang ditimbulkan oleh kerusakan pantai dapat diminimalisir. Pantai Jenu Tuban terletak di daerah pesisir utara Pulau Jawa. Penduduknya sangat bergantung dengan kegiatan di daerah pesisir seperti halnya tambak, hutan mangrove, area permukiman dan pertanian. Pantai Jenu dulu ditumbuhi oleh pohon kelapa, tetapi akibat kegiatan perburuan bajing pemakan buah kelapa yang dilakukan oleh manusia mengakibatkan bajing habis. Pada tahun 1979 terjadi wabah kwawung yang menyerang pohon kelapa hingga pohon kelapa tersebut habis. Setahun setelahnya, pesisir Pantai Jenu terkena libasan ombak hingga terjadi kerusakan tanah dan merusak infrastruktur di pinggir-pinggir jalan raya. Rehabilitasi terhadap lahan tersebut mulai dilakukan dengan menanam mangrove di pesisir Pantai Jenu (Kompasiana, 2012). Kerusakan tersebut menyebabkan terjadinya perubahan garis pantai di Pantai Jenu.

Perubahan garis pantai dapat diprediksi melalui pembuatan model matematika yang didasarkan pada imbalanced sedimen pantai pada daerah yang ditinjau (Azhar dkk., 2012). Triatmodjo (2008) mengemukakan, analisis imbalanced sedimen pantai digunakan untuk mengetahui sedimen yang masuk dan yang keluar dari suatu pantai. Dengan analisis ini dapat diperkirakan daerah pantai mengalami abrasi atau akresi (sedimentasi).

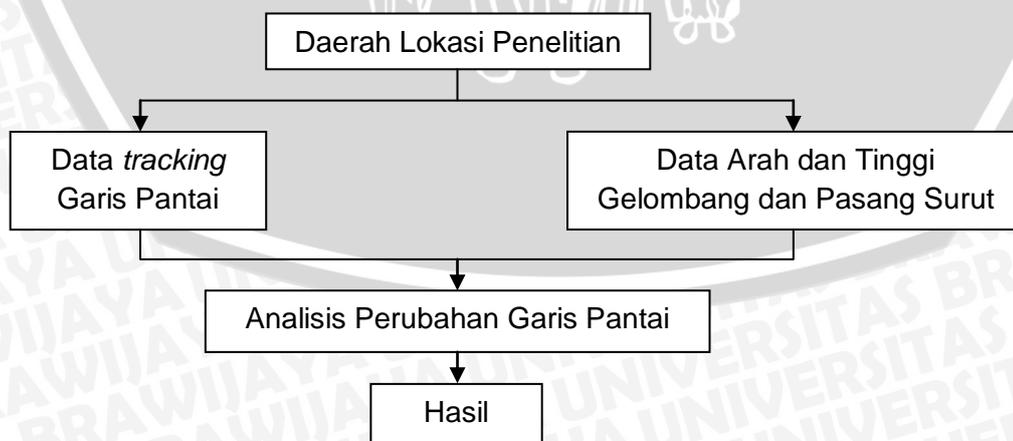
Penelitian ini bertujuan untuk menentukan pemodelan perubahan garis pantai yang dipengaruhi oleh gelombang yang terjadi selama beberapa tahun ke depan dengan menggunakan metode perhitungan numerik One-Line Model. Selanjutnya hasil pemodelan garis pantai tersebut dapat digunakan untuk menyusun langkah penanggulangan bencana pantai.

### 1.2 Rumusan Masalah

Kerusakan pantai yang terjadi telah menyebabkan berubahnya garis pantai di Pantai Jenu yang akan berdampak terhadap aktivitas masyarakat dan penggunaan lahan. Perubahan garis pantai yang terjadi di Pantai Jenu Tuban dapat diketahui dengan melakukan analisis menggunakan perhitungan numerik berdasarkan imbalanced sedimen pantai yang masuk dan keluar menggunakan rumus CERC. Rumus CERC hanya memperhitungkan komponen fluks energi gelombang dan jumlah angkutan sedimen, sehingga faktor lainnya diabaikan.

### 1.3 Kerangka Pemikiran

Kerangka pemikiran dari penelitian ini dapat dilihat pada diagram alir berikut ini :



Gambar 1. Skema Kerangka Pemikiran

#### 1.4 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui perubahan garis pantai di Pantai Jenu, Tuban tahun 2005-2010, 2010-2014, dan 2005-2014 dengan menggunakan analisis citra satelit.
2. Mengetahui prediksi perubahan garis pantai menggunakan perhitungan numerik selama 5 tahun dan 10 tahun di Pantai Jenu, Tuban.
3. Mengetahui penyebab erosi dan sedimentasi yang terjadi di Pantai Jenu, Tuban.

#### 1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah sebagai sumber informasi tentang kondisi dan perkembangan wilayah Pantai Jenu Tuban. Selain itu juga dapat digunakan sebagai referensi penelitian selanjutnya guna pemanfaatan pengembangan daerah pesisir, serta penanggulangan abrasi dan akresi yang terjadi di pantai tersebut agar tidak mengganggu aktivitas masyarakat pesisir seperti tambak, pertanian, perkebunan, dan kawasan hutan mangrove.

#### 1.6 Tempat/Waktu Jadwal Pelaksanaan

Pembuatan proposal penelitian mulai dilakukan pada bulan Februari 2014 kemudian untuk pengambilan data sedimen, kemiringan pantai, dan *tracking* garis pantai awal dilaksanakan di Pantai Jenu, Tuban, Jawa Timur, pada tanggal 29 Maret 2014 & 23 April 2014. Pengolahan data sedimen dilakukan di Laboratorium Tanah dan Air Tanah, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya pada Tanggal 6 Mei 2014. Penyusunan laporan dilakukan pada bulan April – Juni 2014.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Pengertian Pantai dan Pesisir

Pantai dalam bahasa Indonesia terbagi dalam dua istilah, yaitu pesisir (*coast*) dan pantai (*shore*). 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. Daerah daratan adalah daerah yang terletak di atas dan di bawah permukaan daratan dimulai dari batas garis pasang tertinggi. Daerah lautan adalah daerah yang terletak di atas dan di bawah permukaan laut di mulai dari sisi laut pada garis surut terendah, termasuk dasar laut dan bagian bumi di bawahnya. Garis pantai adalah garis batas pertemuan antara daratan dan air laut, di mana posisinya tidak tetap dan dapat berpindah sesuai dengan pasang surut air laut dan erosi pantai yang terjadi (Triatmodjo, 2008).

Sutikno (1993) berpendapat *dalam* Wibowo (2011), garis pantai adalah garis pertemuan antara air laut dengan daratan yang kedudukannya berubah-ubah sesuai dengan kedudukan pada saat pasang-surut, pengaruh gelombang dan arus laut.

### 2.2 Perubahan Garis Pantai

Garis pantai umumnya mengalami perubahan dari waktu ke waktu seiring dengan perubahan alam dengan adanya aktivitas gelombang normal, pasang surut, arus laut, serta sedimentasi di daerah delta sungai. Perubahan garis pantai juga terjadi akibat gangguan ekosistem pantai seperti pembuatan tanggul dan kanal serta bangunan-bangunan yang ada di sekitar pantai. Hutan mangrove yang beralih fungsi menjadi pertambakan, hunian, industri, dan daerah reklamasi pun turut menjadi penyebab perubahan garis pantai.

Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi Kelautan (2009) menyebutkan bahwa pada dasarnya daratan dan sedimen pesisir dinamis bergerak menurut dimensi ruang dan waktu. Gelombang pecah, arus pasang surut, sungai, tumbuhan pesisir dan aktivitas manusia merupakan faktor yang menimbulkan perubahan, tergantung pada beberapa faktor seperti jenis sedimen, morfologi dan kondisi geologi pantainya. Perubahan garis pantai umumnya disebabkan oleh faktor alam dan faktor manusia.

### 2.3 Faktor-faktor Penyebab Terjadinya Perubahan Garis Pantai

Peta perubahan garis pantai menunjukkan adanya kaitan antara faktor alam dan tingkah laku manusia setempat sebagai penyebab terjadinya perubahan garis pantai (erosi dan akresi). Sebagai contoh, di pantai Eretan sifat dataran pantai masih muda dan belum seimbang, terlihat dari bentuk garis pantainya. Kondisi lahan sudah mengalami erosi mendekati jalan raya Jakarta-Cirebon sejauh tinggal beberapa puluh meter saja dari badan jalan raya. Begitu juga dengan pantai wisata Tirtamaya yang memiliki kondisi tegak lurus terhadap kedatangan angin dan gelombang laut, sehingga banyak bangunan pantai yang hilang, juga perlindungan pantai yang ada juga mulai terkikis air laut. Hutan bakau sebagai perlindungan pantai menghilang oleh terpaan gelombang. Perusakan perlindungan pantai alami akibat penebangan pohon bakau untuk pembukaan lahan baru sebagai kawasan pertambakan ikan/udang. Pembukaan lahan ini dilakukan karena tuntutan pengembangan usaha dalam rangka pemenuhan kebutuhan hidup manusia. Faktor terakhir yaitu pembuatan perlindungan pantai seperti pembuatan *jetty*, pemecah gelombang, pembangunan pelabuhan di kawasan industri perminyakan Balongan turut menyumbang perubahan keseimbangan transportasi sedimen sejajar pantai (Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi Kelautan, 2009).

Menurut Ongkosongo (1982), faktor penyebab perubahan garis pantai dibagi menjadi 2 macam, yaitu:

1. Alami, meliputi: gelombang laut, arus laut, angin, sedimentasi, topografi pesisir, pasang surut, litologi, perubahan muka air laut, tektonik, proses biologi.
2. Manusia, meliputi: penggalian, penimbunan, penambangan, reklamasi lahan, perlindungan pantai, merusakkan vegetasi pesisir, pertambahan.

### 2.3.1 Gelombang Laut

Gelombang di laut dibedakan menjadi beberapa macam tergantung faktor pembangkitnya, yaitu: (1) Gelombang angin yang dibangkitkan oleh tiupan angin di permukaan laut, (2) Gelombang pasang surut dibangkitkan oleh gaya tarik menarik benda-benda langit terutama matahari dan bulan terhadap bumi, (3) Gelombang tsunami terjadi karena letusan gunung berapi atau gempa di laut, (4) Gelombang yang dibangkitkan oleh gerakan kapal, dan sebagainya.

Skala Beaufort (Gambar 2) adalah ukuran empiris untuk menentukan kecepatan angin yang berada di darat maupun di laut. Skala ini ditemukan oleh Sir Francis Beaufort pada tahun 1805. Beaufort mengukur kecepatan angin dan menggambarkan pengaruhnya pada kecepatan kapal dan gelombang air laut. Gelombang yang dibangkitkan oleh angin dapat diketahui tinggi gelombang dan periode gelombangnya dengan menggunakan skala Beaufort.

Table 2.1 Beaufort Scale Of Wind And Sea State<sup>1)</sup>

Beaufort Wind Force	Wind Speed (knots) <sup>2)</sup>	Description of Wind	Description of Sea	Approx H <sub>s</sub> (m)	Approx T (sec)
0	0-1	Calm	Sea is like a mirror.	0	1
1	1-3	Light airs	Ripples are formed.	0.025	2
2	4-6	Light breeze	Small wavelets. Still short but more pronounced; crests have a glassy appearance, but do not break	0.1	3
3	7-10	Gentle breeze	Large wavelets. Crests begin to break. Perhaps scattered white caps.	0.4	4
4	11-17	Moderate breeze	Small waves, becoming larger. Fairly frequent white capping.	1	5
5	17-21	Fresh breeze	Moderate waves, taking a more pronounced long form. Many white caps are formed (chance of some spray).	2	6
6	22-27	Strong breeze	Large waves begin to form. The white foam crests are more extensive everywhere (probably some spray).	4	8
7	28-33	Moderate gale	Sea heaps up and white foam from breaking waves begins to be blown in streaks along the direction of the wind (spindrift).	7	10
8	34-40	Fresh gale	Moderately high waves of greater length. Edges of crests break into spindrift. The foam is blown in well-marked streaks along the direction of the wind. Spray affects visibility.	11	13
9	41-47	Strong gale	High waves. Dense streaks of foam along the direction of the wind. Sea begins to roll. Visibility is affected.	18	16
10	48-55	Whole gale <sup>3)</sup>	Very high waves with long overhanging crests. The resulting foam is in great patches and is blown in dense white streaks along the direction of the wind. On the whole, the surface of the sea takes a white appearance. The rolling of the sea becomes heavy and shocklike. Visibility is affected.	25	18
11	56-63	Storm <sup>3)</sup>	Exceptionally high waves (small and medium sized ships might for a long time be lost to view behind the waves). The sea is completely covered with long white patches of foam lying along the direction of the wind. Visibility is affected.	35 <sup>4)</sup>	20 <sup>4)</sup>
12	64-71	Hurricane <sup>3)</sup>	Air filled with foam and spray. Sea completely white with driving spray; visibility very seriously affected.	40 <sup>4)</sup>	22 <sup>4)</sup>
Fully developed sea - unlimited fetch and duration. 1 knot $\cong$ 1.8 km/hr $\cong$ 0.5 m/s Required durations and fetches are seldom attained to generate fully developed sea. Really only a 30-40 m deep interface between sea and air					

Gambar 2. Skala Beaufort, (sumber: Kamphuis, 2000)

Proses dinamis pantai sangat dipengaruhi oleh *littoral transport*, yang didefinisikan sebagai gerak sedimen di daerah dekat pantai (*nearshore zone*) oleh gelombang dan arus. Pada saat gelombang pecah sedimen di dasar pantai

terangkat (tererosi) yang selanjutnya terangkut oleh dua macam gaya penggerak, yaitu komponen energi gelombang dalam arah sepanjang pantai dan arus sepanjang pantai yang dibangkitkan oleh gelombang pecah. Arah transpor sepanjang pantai sesuai dengan arah gelombang datang dan sudut antara puncak gelombang dan garis pantai. Oleh karena arah datang gelombang selalu berubah maka arah transpor juga berubah dari musim ke musim, hari ke hari, atau dari jam ke jam (Triatmodjo, 2008).

Triatmodjo (2008), berpendapat bahwa perbandingan antara tinggi dan panjang gelombang mempengaruhi gelombang pecah. Kemiringan yang melebihi batas maksimum menyebabkan kecepatan partikel di puncak gelombang lebih besar jika dibandingkan dengan cepat rambat gelombang, sehingga menimbulkan ketidak stabilan dan pecah pada gelombang. Untuk menghitung tinggi gelombang pecah ( $H_b$ ) dan kedalaman gelombang pecah ( $db$ ) dapat menggunakan rumus 2.1 berikut:

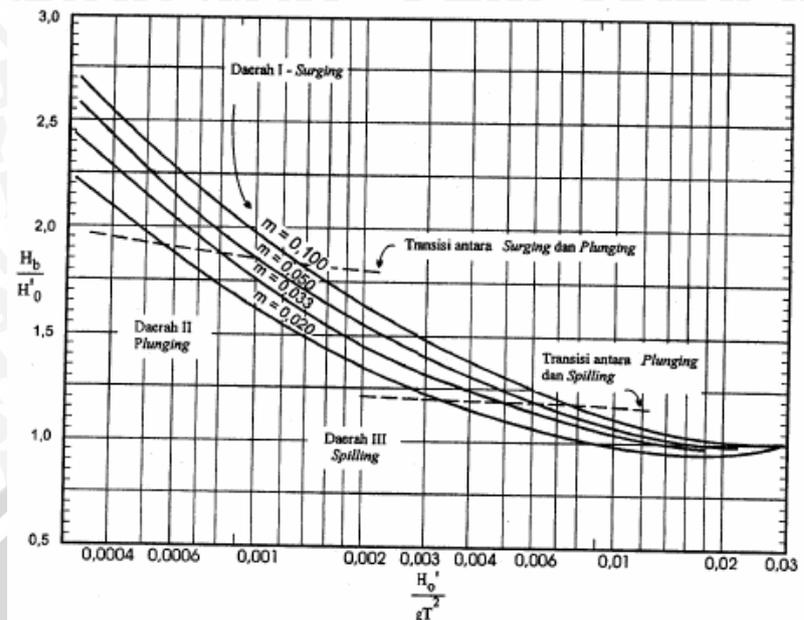
$$\frac{db}{H_b} = \frac{1}{b - \left(\frac{aH_b}{gT^2}\right)} \dots\dots\dots(2.1)$$

Dengan mengetahui periode gelombang ( $T$ ), tinggi gelombang ( $H_0$ ), koefisien refraksi gelombang ( $K_r$ ) dan perbandingan kemiringan ( $m$ ) maka dapat dihitung tinggi dan kedalaman gelombang pecah dengan menggunakan rumus 2.2 dan 2.3 berikut :

$$H'_0 = K_r H_0 \dots\dots\dots(2.2)$$

$$\text{Dimana, } H'_0/gT^2 \dots\dots\dots(2.3)$$

diperoleh dari perbandingan kedalaman gelombang ( $m$ ) berdasarkan pengukuran lapang dan rumus 2.3 untuk penentuan tinggi gelombang pecah (Gambar 3)



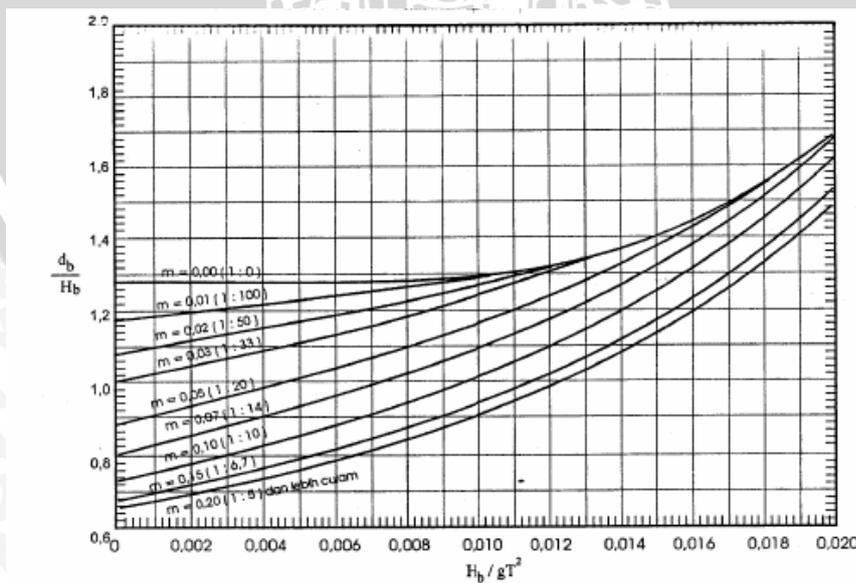
Gambar 3. Grafik Penentuan Tinggi Gelombang Pecah ( $H_b$ ), (sumber: Triatmodjo, 2008)

$$H_b/H_0 \dots\dots\dots (2.4)$$

Sehingga dapat ditentukan tinggi gelombang pecah ( $H_b$ ) dengan rumus (2.5) berikut :

$$H_b/gT^2 \dots\dots\dots (2.5)$$

Lihat Gambar 4



Gambar 4. Grafik Penentuan Kedalaman Gelombang Pecah ( $d_b$ ), (sumber: Triatmodjo, 2008)

Dihitung nilai kedalaman gelombang pecah (db) pada rumus 2.6 :

$$db/Hb \dots\dots\dots(2.6)$$

dihitung nilai cepat rambat gelombang pecah pada rumus 2.7 :

$$(Cb = \sqrt{g x db}) \dots\dots\dots(2.7)$$

### 2.3.2 Refraksi Gelombang

Siswanto dkk (2010) menjelaskan, kecepatan gelombang berkurang akibat perubahan kedalaman sehingga panjang gelombang juga akan berkurang. Variasi kecepatan gelombang yang terjadi di sepanjang puncak gelombang yang bergerak terhadap sudut kontur dasar laut menyebabkan gelombang di perairan lebih tinggi akan bergerak lebih cepat daripada gelombang di perairan dangkal. Karena variasi tersebut akan menyebabkan terjadinya penikungan arah perambatan gelombang, proses perubahan arah gerak puncak gelombang ini disebut sebagai refraksi.

Sorensen (2006) menyebutkan, kecepatan gelombang relatif terhadap dasar laut juga akan bergantung pada kemungkinan adanya arus laut. Jika deretan gelombang melintasi daerah di mana terdapat *gradient horizontal* pada kecepatan arus maka gelombang akan dibiaskan.

Rumus untuk mencari koefisien refraksi adalah :

$$Kr = \sqrt{\frac{B_0}{B}} = \sqrt{\frac{\cos \alpha_0}{\cos \alpha}} \dots\dots\dots(2.8).$$

Dimana :

Kr : Koefisien Refraksi

$\alpha_0$  : sudut antara garis puncak gelombang di laut dalam garis pantai

$\alpha$  : sudut antara garis puncak gelombang dan garis kontur dasar laut di titik yang ditinjau

### 2.3.3 Kemiringan Lereng

Triatmodjo (2008) menyatakan kemiringan dasar pantai tergantung pada bentuk dan ukuran material dasar. Pantai lumpur memiliki kemiringan sangat kecil sampai mencapai 1:5000. Kemiringan pantai pasir lebih besar berkisar antara 1:20 dan 1:50. Kemiringan pantai berkerikil bisa mencapai 1:4.

#### 1) Pantai berpasir

Pada umumnya profil pantai berpasir dibagi menjadi *backshore* dan *foreshore*. Batas antara kedua zona adalah puncak *berm* yaitu titik dari *runup* maksimum pada kondisi gelombang normal. *Runup* adalah naiknya gelombang pada permukaan miring. *Runup* gelombang mencapai batas antara pesisir dan pantai hanya selama terjadi gelombang badai. *Surf zone* terbentang dari titik di mana gelombang pertama kali pecah sampai titik *runup* di sekitar lokasi gelombang pecah. Di lokasi gelombang pecah terdapat *longshore bar*, yaitu gundukan pasir di dasar yang memanjang sepanjang pantai.

#### 2) Pantai berlumpur

Pantai berlumpur terjadi di daerah pantai di mana terdapat banyak muara sungai yang membawa sedimen suspensi dalam jumlah besar ke laut. Selain itu kondisi gelombang di pantai tersebut relatif tenang sehingga tidak mampu membawa (dispersi) sedimen tersebut ke perairan dalam di laut lepas. Sedimen suspensi tersebut dapat menyebar pada suatu daerah perairan yang luas sehingga membentuk pantai yang luas, datar, dan dangkal. Kemiringan dasar laut/pantai sangat kecil.

### 2.3.4 Klasifikasi Sedimen Berdasarkan Sumber Sedimen

Sedimen yang ada di dasar lautan dapat berasal dari beberapa sumber.

Reinick dalam Kennet (1992) membedakannya menjadi empat, yaitu:

- *Lithogenous sediment* yaitu sedimen yang berasal dari erosi pantai dan material hasil erosi daerah *up land*. Material ini dapat sampai ke dasar laut melalui proses mekanik, yaitu transpor oleh arus sungai atau arus laut dan akan terendapkan jika energi transport telah melemah.
- *Biogenous sediment* yaitu sedimen yang berasal dari sisa-sisa organisme yang hidup seperti cangkang dan rangka biota laut serta bahan-bahan organik yang mengalami dekomposisi.
- *Hidrogenous sediment* yaitu sedimen yang terbentuk karena adanya reaksi kimia di dalam air laut dan membentuk partikel yang tidak larut dalam air laut sehingga akan tenggelam ke dasar laut, sebagai contoh dan sedimen jenis ini adalah magnetit, fosporit dan glaukonit.
- *Cosmogenous sediment* yaitu sedimen yang berasal dari berbagai sumber dan masuk ke laut melalui media angin/udara. Sedimen jenis ini dapat berasal dari luar angkasa atau material gunung berapi yang terbawa oleh angin.

### 2.3.5 Transpor Sedimen Pantai

Transpor sedimen pantai adalah gerakan sedimen di daerah pantai yang disebabkan oleh gelombang dan arus yang dibangkitkannya. Dalam hal ini transpor sedimen yang dibahas adalah yang terjadi antara gelombang pecah dan garis pantai.

Klasifikasi transpor sedimen pantai dibagi menjadi dua yaitu transpor menuju dan meninggalkan pantai (*onshore-offshore transport*) dan transpor sepanjang pantai (*longshore transport*). Transpor sedimen sepanjang pantai

dapat menyebabkan banyak permasalahan seperti pendangkalan di pelabuhan, erosi pantai dan lain lain. Oleh karena itu prediksi transpor sedimen sepanjang pantai sangat penting (Triatmodjo, 2008).

Transpor sedimen dipengaruhi juga oleh sifat dasar sedimen yaitu ukuran butir, berat jenis, dan kecepatan endap. Di antara sifat tersebut, yang paling penting adalah ukuran butir sedimen.

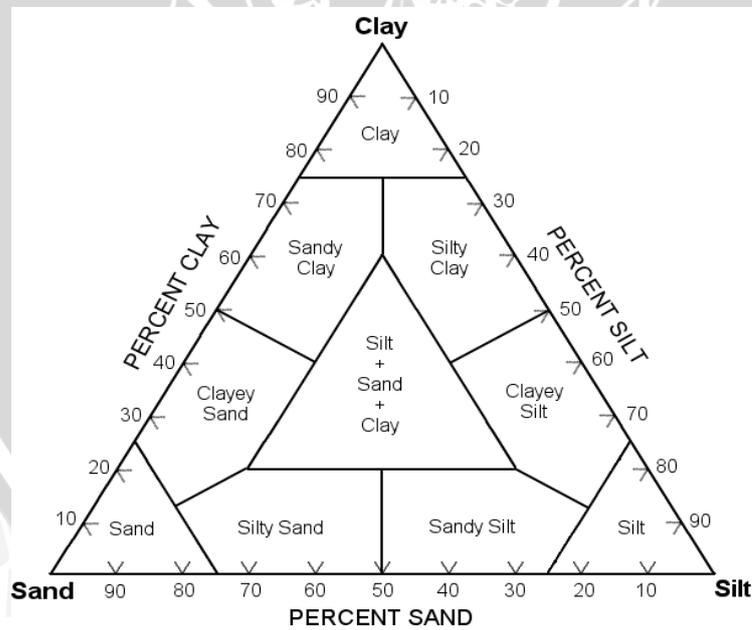
Klasifikasi ukuran butir sedimen menurut Wentworth (1922) adalah:

- *Gravel*, terbagi menjadi 4 bagian yaitu: *Bolders/Bongkah* (>256 mm), *Cobble/Berangkal* (64-256 mm), *Pebble/Kerakal* (4-64 mm), dan *Grit/Granule/Butiran* (2-4 mm).
- *Sand*, terbagi menjadi 5: Pasir Sangat Kasar (1-2 mm), Pasir Kasar (1/2–1 mm), Pasir Sedang (1/4-1/2 mm), Pasir Halus (1/8-1/4 mm), dan Pasir Sangat Halus (1/16-1/8 mm).
- *Mud*, terbagi menjadi 2: *Silt/Lanau* (1/256-1/6 mm) dan *Clay/Lempung* (<1/256 mm).

Kemudian untuk penentuan persen fraksi berat sedimen menggunakan segitiga Shepard (Gambar 6) dengan cara menarik garis tegak lurus terhadap tiap tiap sisinya.

Millimeters (mm)	Micrometers ( $\mu\text{m}$ )	Phi ( $\phi$ )	Wentworth size class	Rock type	
4096		-12.0	Boulder	Conglomerate/ Breccia	
256		-8.0	Cobble		
64		-6.0	Pebble		
4		-2.0	Granule		
2.00		-1.0	Very coarse sand		
1.00		0.0	Coarse sand	Sandstone	
1/2	500	1.0	Medium sand		
1/4	250	2.0	Fine sand		
1/8	125	3.0	Very fine sand		
1/16	63	4.0	Coarse silt		
1/32	31	5.0	Medium silt	Siltstone	
1/64	15.6	6.0	Fine silt		
1/128	7.8	7.0	Very fine silt		
1/256	3.9	8.0	Clay		
0.00006	0.06	14.0		Mud	Claystone

Gambar 5. Klasifikasi Butir Sedimen Berdasarkan Skala Wentworth, (sumber: Wentworth, 1922)



Gambar 6. Segitiga Shepard (sumber: Alden, 2013)

### 2.3.5.1 Angkutan Sedimen Sepanjang Pantai (Qs)

Dalam Triatmodjo (2008), rumus yang ada untuk menghitung transpor sedimen sepanjang pantai dikembangkan berdasarkan data pengukuran model prototip pada pantai berpasir. Sebagian rumus-rumus tersebut merupakan hubungan yang sederhana antara transpor sedimen dan komponen fluks energi gelombang di sepanjang pantai dalam bentuk :

$$Q_s = K P_1^n \dots\dots\dots(2.9)$$

$$P_1 = \frac{\rho g}{8} H_b^2 C_b \sin \alpha_b \cos \alpha_b \dots\dots\dots(2.10)$$

Di mana :

Qs : angkutan sedimen sepanjang pantai (m<sup>3</sup>/hari)

P<sub>1</sub> : komponen fluks energi gelombang sepanjang pantai pada saat pecah (Nm/d/m)

ρ : rapat massa air laut (kg/m<sup>3</sup>)

H<sub>b</sub> : tinggi gelombang pecah (m)

C<sub>b</sub> : cepat rambat gelombang pecah (m/d) =  $\sqrt{g d_b}$

α<sub>b</sub> : sudut datang gelombang pecah

K, n : konstanta

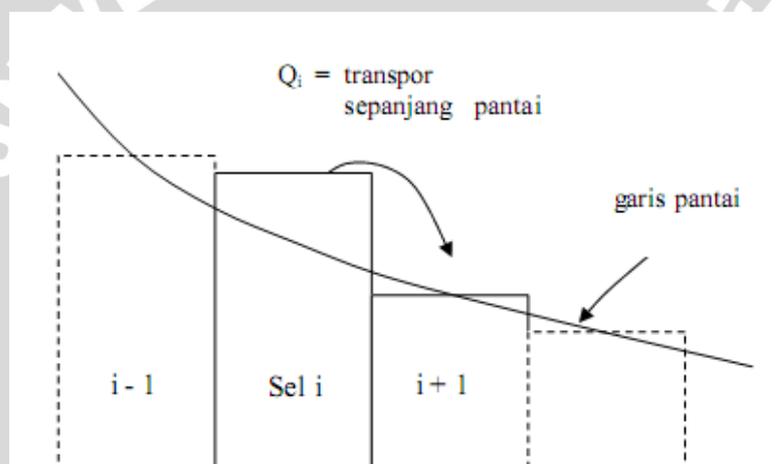
**Tabel 1. Rumus Transpor Sedimen Sepanjang Pantai**

No	Nama	Rumus
1	Cadwell	$Q_s=1,200P_1^{0.8}$
2	Savage	$Q_s=0,219P_1$
3	Ijima, Sato, Aono, Ishii	$Q_s=0,130P_1^{0.54}$
4	Ichikawa, Achiai, Tomita, Murobuse	$Q_s=0,130P_1^{0.8}$
5	Manohar	$Q_s=55,7D^{0.59}((\rho_s-\rho)/\rho)^{-0.41}P_1^{0.91}$
6	Ijima, Sato	$Q_s=0,060P_1$
7	Tanaka	$Q_s=0,120P_1$
8	Komar, Inman	$Q_s=0,778P_1$
9	Komar, Inman	$Q_s=0,283((V.P_1)/(U_\infty.Sin\alpha_b))$
10	Das	$Q_s=0,325P_1$
11	CERC	$Q_s=0,401P_1$

## 2.4 Model Perubahan Garis Pantai

Perubahan garis pantai dapat diprediksi dengan membuat model perhitungan matematik yang didasarkan pada imbalanced sedimen pantai pada daerah pantai yang ditinjau (Triatmodjo, 2008).

Model perubahan garis pantai didasarkan pada persamaan kontinuitas sedimen, Untuk itu pantai dibagi menjadi sejumlah sel (ruas) (Gambar 7). Pada setiap sel ditinjau angkutan sedimen yang masuk dan keluar. Sesuai dengan hukum kekekalan massa, jumlah laju aliran massa netto di dalam sel sama dengan jumlah laju perubahan massa di dalam sel tiap satuan waktu.



Gambar 7. Pembagian Pantai Menjadi Sejumlah Sel, (sumber: Triatmodjo, 2008)

Untuk langkah-langkah perhitungan analisis perubahan garis pantai adalah sebagai berikut :

- Mengetahui titik X dan Y awal yang didapatkan dari hasil *tracking* menggunakan GPS di lapangan
- Mengetahui sudut gelombang datang ( $\alpha_0$ ), tan sudut datang gelombang ( $\tan \alpha_0$ ), tinggi gelombang pecah ( $H_b$ ) dalam satuan meter, massa jenis air laut ( $\rho = 1.025 \text{ ton/m}^3$ ), kedalaman gelombang pecah ( $db$ ) dalam satuan meter,

gravitasi bumi ( $9,8 \text{ m/s}^2$ ) ( $g$ ), cepat rambat gelombang pecah ( $C_b$ ) dalam satuan  $\text{m/s}$ , jarak antar pias ( $\Delta x$ ), dan waktu yang ditentukan untuk pengamatan ( $\Delta t$ ).

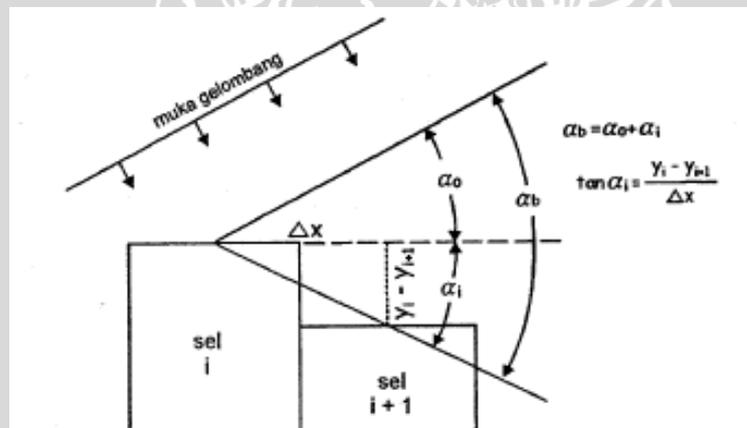
- Mencari sudut  $\alpha_i$  yang dibentuk oleh garis pantai sejajar sumbu  $x$ , antara sel  $Y(i)$  dan sel  $Y(i+1)$  yang dinyatakan dengan rumus 2.11 :

$$\tan(\alpha_i) = \frac{Y(i) - Y(i+1)}{\Delta x} \dots\dots\dots(2.11)$$

- Mencari sudut gelombang pecah ( $\alpha_b$ ), dengan rumus 2.12 :

$$\tan(\alpha_b) = \frac{\tan(\alpha_i) + \alpha_0}{1 + (\tan \alpha_i \times \tan \alpha_0)} \dots\dots\dots(2.12)$$

Sudut datang gelombang pecah akan berubah dari satu sel ke sel lainnya karena bentuk dari profil pantai (Gambar 8).



Gambar 8. Hubungan  $\alpha_0$ ,  $\alpha_i$  dan  $\alpha_b$ , (sumber :Triatmodjo, 2008)

- Mencari nilai sudut datang gelombang pecah ( $\alpha_b$ ) dengan menggunakan rumus 2.13 :

$$\alpha_b = \text{DEGREES}(\text{ATAN}(\tan(\alpha_b)) \dots\dots\dots(2.13)$$

- Mencari  $\sin \alpha_b$  dan  $\cos \alpha_b$



- Mencari nilai komponen fluks energi gelombang sepanjang pantai pada saat pecah ( $P_1$ ). Dimana  $P_1$  memiliki hubungan dengan transpor sedimen. Untuk mencari  $P_1$  dapat menggunakan rumus 2.14 :

$$P_1 = \frac{\rho \cdot g}{8} H_b^2 \times c_b \times \sin ab \times \cos ab \dots\dots\dots(2.14)$$

- Dihitung angkutan sedimen sepanjang pantai ( $Q_s$ )  $m^3$ /hari), dimana penulis menggunakan rumus CERC. Ditulis pada rumus 2.15

$$CERC : Q_s = 0.401 P_1 \dots\dots\dots(2.15)$$

- Dihitung nilai  $Y_{akhir}$  berdasarkan rumus-rumus diatas dengan menggunakan rumus 2.16 :

$$Y_{akhir} = Y_{awal} + ((1/db) \times (Q_s/\Delta x)) \times \Delta t \dots\dots\dots(2.16)$$

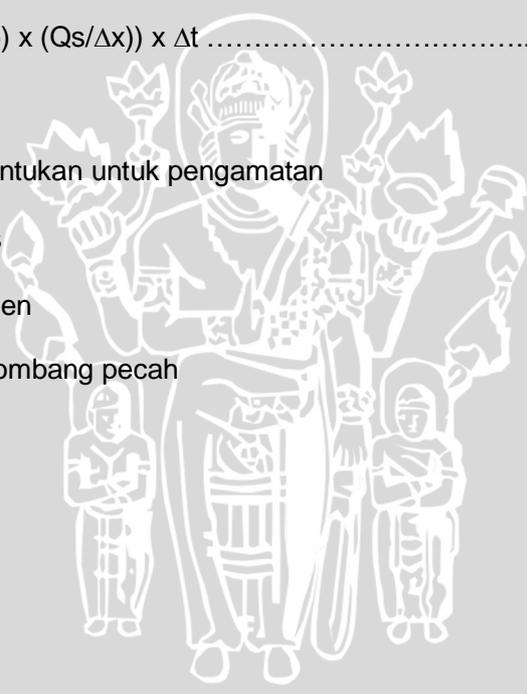
Keterangan :

$\Delta t$  = waktu yang ditentukan untuk pengamatan

$\Delta x$  = jarak antar pias

$Q_s$  = transpor sedimen

$db$  = kedalaman gelombang pecah



### 3. METODOLOGI PENELITIAN

#### 3.1 Waktu dan Lokasi

Penelitian ini dilakukan pada tanggal 29 Maret 2014 di Pantai Jenu, Tuban, Jawa Timur. Lokasi yang digunakan sebagai kajian untuk penelitian ini yaitu perairan Pantai Jenu dengan koordinat  $6^{\circ}49'33.39''$  -  $6^{\circ}50'31.01''$  LS dan  $112^{\circ}0'26.57''$  -  $112^{\circ}0'55.80''$  BT. Pada lokasi penelitian akan diamati transpor sedimen di tiap titik yang dianggap dapat mewakili kondisi fisik Pantai Jenu kemudian dapat dianalisis perubahan garis pantai dan pengaruh gelombang terhadap pergerakan sedimen di Pantai Jenu, Tuban.

Lokasi penelitian (Gambar 9) dibagi menjadi 6 stasiun yang dianggap mewakili profil pantai Jenu untuk peletakan *sediment trap*, yaitu:

- Stasiun A yang terletak di sisi kiri sungai dengan titik koordinat  $6^{\circ}49'30.29''$  LS dan  $112^{\circ}0'30.53''$  BT, berada di dekat wilayah permukiman dan jalur pelayaran.
- Stasiun B yang terletak di sisi kiri sungai dengan titik koordinat  $6^{\circ}49'45.13''$  LS dan  $112^{\circ}0'36.75''$  BT, berada di dekat wilayah permukiman dan jalur pelayaran.
- Stasiun C yang terletak di samping kiri sungai dengan titik koordinat  $6^{\circ}49'58.91''$  LS dan  $112^{\circ}0'44.66''$  BT, berada di dekat wilayah permukiman.
- Stasiun D yang terletak di antara dua sungai dengan titik koordinat  $6^{\circ}50'4.62''$  LS dan  $112^{\circ}0'48.96''$  BT.
- Stasiun E yang terletak di sisi kanan sungai kecil dengan titik koordinat  $6^{\circ}50'18.31''$  LS dan  $112^{\circ}0'55.52''$  BT, berada di dekat wilayah mangrove.
- Stasiun F yang terletak di sisi kanan sungai kecil dengan titik koordinat  $6^{\circ}50'52.16''$  LS dan  $112^{\circ}1'20.85''$  BT, berada di depan kawasan *Mangrove Centre* Tuban (MCT).



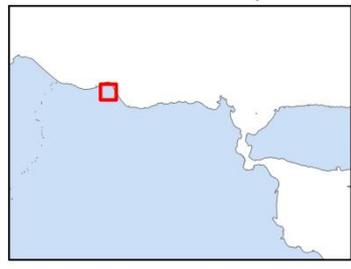


**Peta Titik Lokasi Penelitian Pantai Jenu, Tuban**

**Legenda**

- Titik Sampel

 PROGRAM STUDI ILMU KELAUTAN  
JURUSAN PEMANFAATAN SUMBERDAYA PERIKANAN DAN KELAUTAN  
FAKULTAS PERIKANAN DAN ILMU KELAUTAN  
UNIVERSITAS BRAWIJAYA



Gambar 9. Peta Lokasi Titik Pengambilan Data

### 3.2 Alat Penelitian

#### 3.2.1 Alat Lapang

Alat lapang yang digunakan pada penelitian ini antara lain:

- Garmin GPSMap 76CSx : digunakan untuk *tracking* garis pantai awal di lapang.
- Roll Meter : digunakan untuk mengukur jarak dari bibir pantai ke lepas pantai
- Tali Tampar: digunakan untuk mengukur kedalaman muka air laut
- *Sediment Trap* : digunakan untuk menangkap sedimen yang dibawa oleh gelombang selama 24 Hari.

#### 3.2.2 Alat Laboratorium

Alat-alat yang digunakan untuk mengolah data sedimen di laboratorium antara lain:

- Loyang : digunakan untuk tempat menyimpan sedimen
- Oven : digunakan untuk mengeringkan sedimen
- *Shieve Shaker* : digunakan untuk mengayak sedimen
- Timbangan Digital : digunakan untuk menimbang massa sedimen
- Sikat : digunakan untuk membersihkan sisa sisa sedimen yang menempel pada ayakan.

#### 3.2.3 Software

*Software* yang digunakan pada penelitian ini antara lain:

- OS (*Operating System*) Windows 7 Home Basic 32-bit : digunakan sebagai sistem operasi pada komputer atau laptop
- Microsoft Office Excel 2007 : digunakan untuk perhitungan perubahan garis pantai



- Microsoft Office Word 2007 : digunakan untuk penulisan laporan.
- ArcMap GIS 9.3 : digunakan untuk mengolah data citra satelit

### 3.2.4 Hardware

Hardware yang digunakan pada penelitian antara lain:

- Laptop Lenovo G480 Intel Core i3-2328M. Windows 7 Home Basic 32-bit : digunakan sebagai media untuk menjalankan *software* dan pengolahan data.

### 3.3 Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode deskriptif analitik, yaitu dengan mendeskripsikan suatu gambar dari hasil pengolahan data. Triatmodjo (2008) menyebutkan ada beberapa cara yang biasanya digunakan untuk memprediksi transpor sedimen sepanjang pantai, antara lain :

- a. Mengukur debit sedimen di lokasi yang ditinjau merupakan cara terbaik untuk memperkirakan transpor sedimen sejajar pantai pada suatu tempat.
- b. Peta atau pengukuran yang menunjukkan perubahan elevasi dasar dalam suatu periode tertentu. Cara ini baik dilakukan apabila di daerah yang ditinjau terdapat bangunan yang bisa menangkap transpor sedimen sepanjang pantai, sebagai contoh groin, pemecah gelombang suatu pelabuhan, dan lain-lain.
- c. Menggunakan rumus empiris yang didasarkan pada kondisi gelombang di daerah yang ditinjau.

Gambar pola perubahan garis pantai yang merupakan hasil perhitungan dari data *tracking* garis pantai yang diambil langsung ke lapang dengan menggunakan GPS diolah dengan perhitungan numerik menggunakan rumus

empiris CERC yang didasarkan pada kondisi gelombang di lokasi penelitian. Hasilnya dari metode ini adalah deskripsi dari gambar pola perubahan garis pantai. Penelitian ini menggunakan data olahan citra satelit sebagai pembanding untuk mengetahui perubahan garis pantai selama beberapa tahun terakhir.

### 3.4 Prosedur Pengambilan Data

Teknik pengambilan data yang digunakan dalam penelitian ini meliputi data primer dan data sekunder. Data primer yang digunakan yaitu data *tracking* garis pantai menggunakan GPS, tinggi dan kedalaman gelombang pecah, dan data sedimentasi di Pantai Jenu, Tuban. Data citra satelit Google Earth, data tinggi dan arah gelombang tahun 2012 dan 2013 serta data pasang surut digunakan sebagai data sekunder.

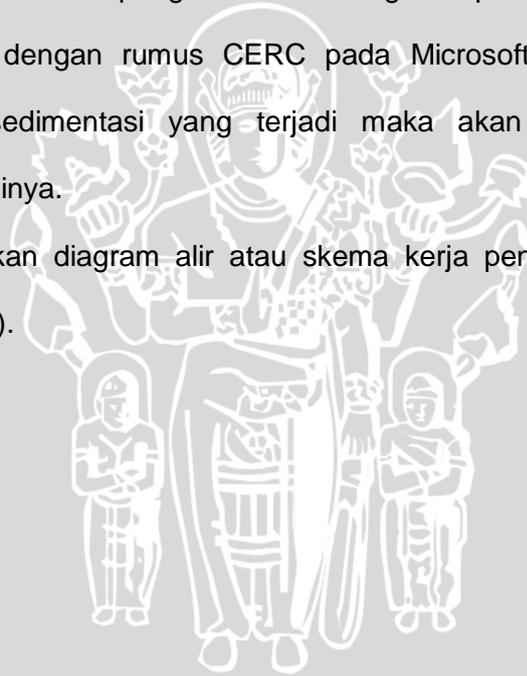
Data sedimen yang tertangkap dalam *sediment trap* dihitung volume-nya kemudian dilakukan pengujian di Laboratorium Air dan Tanah, Teknik Pengairan, Universitas Brawijaya untuk diketahui diameter dan jenis sedimen. Data *tracking* garis pantai serta tinggi dan kedalaman gelombang pecah kemudian diolah pada Microsoft Excel 2007. Dengan menggunakan rumus empiris CERC ( $Q_s = 0.401 P_1$ ), maka perubahan garis pantai dapat ditentukan berdasarkan komponen fluks gelombang dan angkutan sedimen di sepanjang pantai. Metode CERC tidak memperhitungkan sifat-sifat sedimen dasar. Rumus tersebut diturunkan untuk pantai yang terdiri dari pasir agak seragam dengan diameter rerata bervariasi dari 0.175 mm sampai 1 mm. Oleh karena itu rumus tersebut bisa digunakan untuk pantai lain yang memiliki sedimen dengan sifat serupa (Triatmodjo, 2008). Rumus empiris CERC dikembangkan terutama untuk pantai berpasir dan jarang divalidasi pada pantai dengan ukuran butir kasar atau pantai kerikil (Tomasicchio *et. al.*, 2013). Rumus CERC memang bukan rumus empiris yang paling sederhana namun sering digunakan dalam menghitung transpor sepanjang

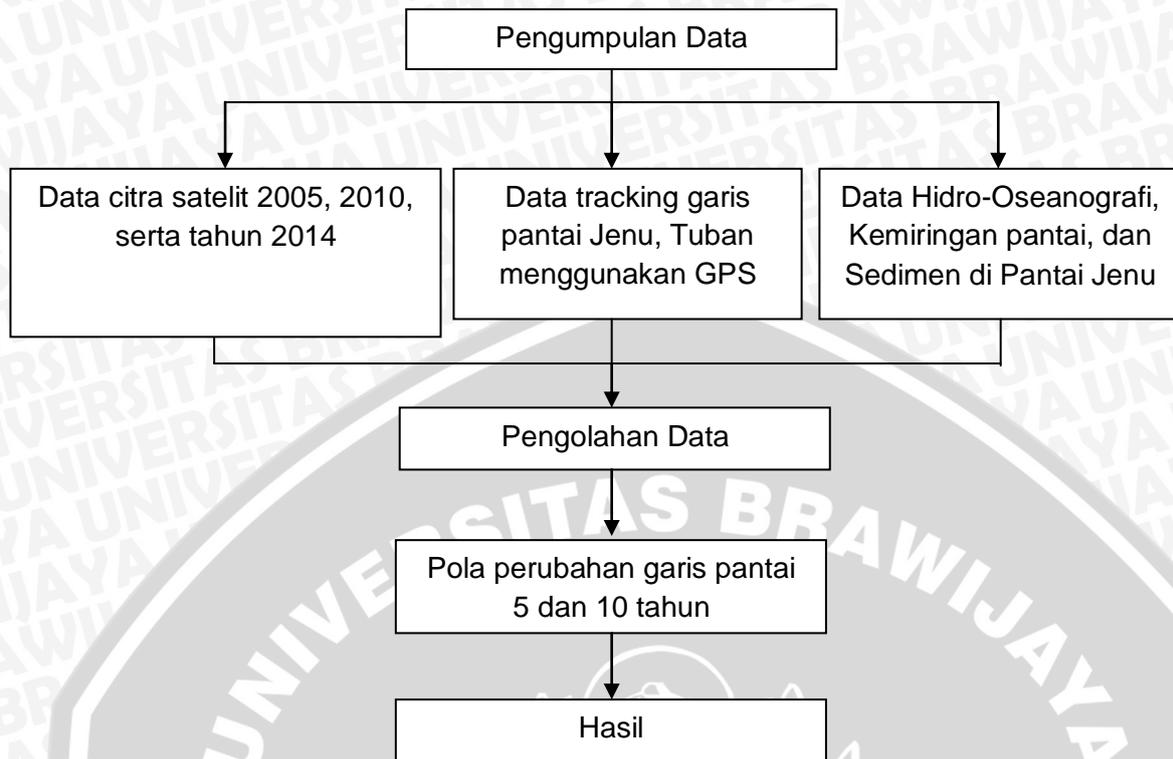
pantai untuk aplikasi ataupun rekayasa (Miller, 1999 dalam Siswanto, dkk., 2010), maka dari itu peneliti menggunakan rumus CERC.

### 3.5 Prosedur Kerja Penelitian

Hal yang pertama kali dilakukan untuk penelitian ini adalah mengumpulkan data berupa indentifikasi masalah pola perubahan garis pantai di Pantai Jenu Tuban, *tracking* garis pantai menggunakan GPS, menghitung kemiringan pantai dan pengolahan data sedimentasi di lapangan dan di laboratorium, pengumpulan data arah dan tinggi gelombang, data arah dan kecepatan arus, dan data pasang surut. Kemudian dilakukan pengolahan data garis pantai menggunakan perhitungan numerik dengan rumus CERC pada Microsoft Excel 2007 lalu diamati erosi dan sedimentasi yang terjadi maka akan didapatkan pola perubahan garis pantainya.

Berikut merupakan diagram alir atau skema kerja penelitian yang akan dilakukan (Gambar 10).

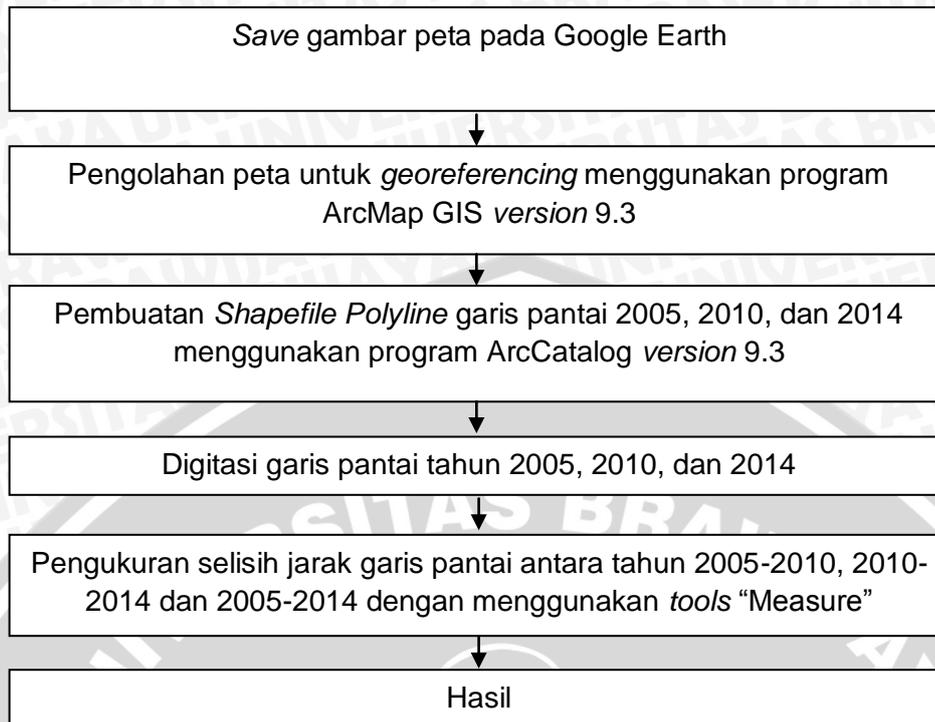




**Gambar 10. Diagram Alir Penelitian**

### 3.5.1 Pengolahan Data Citra Satelit

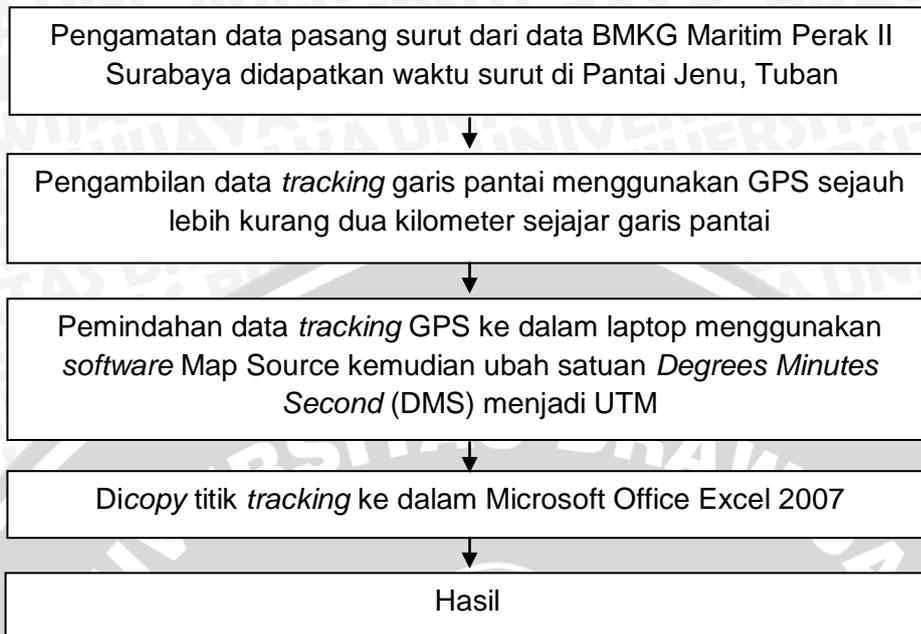
Pengolahan data citra satelit yang diunduh dari Google Earth dilakukan dengan menggunakan program ArcMap GIS 9.3. Langkah awal pada tahap ini adalah koreksi geometrik dan pembuatan *shapefile polyline* untuk digitasi, setelah itu citra didigitasi sehingga didapatkan garis di sepanjang pantai yang mewakili garis pantai setiap tahunnya. Setelah didapatkan titik titik tiap tahun, yaitu tahun 2005, 2010, dan 2014, kemudian pengukuran jarak tegak lurus antar tahun 2005 dengan 2010, 2010 dengan 2014, dan 2005 dengan 2014 menggunakan *tools* "Measure".



**Gambar 11. Diagram Alir Pengolahan Data Citra Satelit**

### 3.5.2 Pengambilan Data Garis Pantai

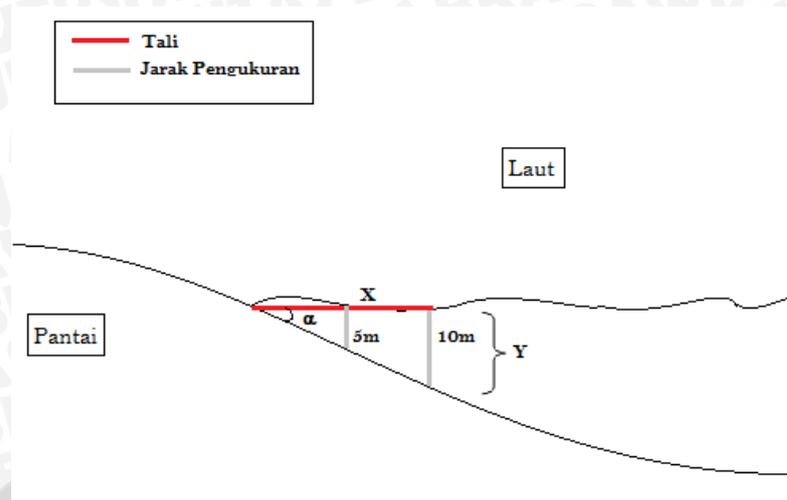
Langkah awal untuk pengambilan garis pantai adalah mengetahui tipe pasang surut di lokasi penelitian, yaitu Pantai Jenu Tuban, dengan mengetahui tipe pasang surut pada lokasi penelitian maka dapat ditentukan waktu pengambilan data *tracking* garis pantai awal yaitu pada saat surut terendah. Data pasang surut didapat dari Badan Meterologi, Klimatologi dan Geofisika Maritim Perak II Surabaya. *Tracking* dilakukan dengan menggunakan GPS sejauh lebih kurang 2 km sejajar garis pantai. Setelah didapat data *tracking* garis pantai kemudian dipindahkan ke dalam laptop dengan bantuan *software* Map Source, dan ubah satuan dari *Degrees Minutes Second* (DMS) menjadi UTM, kemudian *copy* hasil ke dalam Microsoft Office Excel 2007 sebagai garis pantai awal untuk perhitungan numerik.



**Gambar 12. Diagram Alir Pengambilan Data *Tracking* Garis Pantai**

### 3.5.3 Pengukuran Kemiringan Pantai

Langkah untuk pengambilan data kemiringan pantai adalah menarik garis tegak lurus garis pantai sejauh 5 m dan 10 m pada tiap-tiap titik stasiun, masing-masing diukur kedalaman dasar lautnya dengan menggunakan tali kemudian catat hasilnya.



Gambar 13. Pengukuran Kemiringan Pantai

### 3.5.4 Pengambilan Sedimen dan Uji Laboratorium

Data sedimen Pantai Jenu diambil dengan menggunakan *sediment trap* yang ditanam pada satu titik tiap-tiap stasiun yang sama dengan titik pengambilan data kemiringan pantai. Pada penelitian ini digunakan tiga buah *sediment trap* pada tiap-tiap stasiun, kemudian diletakan selama 24 hari sehingga sedimen yang terbawa oleh gelombang terjebak dan masuk ke dalam *sediment trap*. Setelah didiamkan selama 24 hari, *sediment trap* diangkat dan dihitung volume tabung yang terisi oleh sedimen, lalu sedimen diuji laboratorium untuk diketahui jenis dan ukuran butir sedimennya dengan cara pengayakan menggunakan *Shieve Shaker* kemudian dilihat diameter butir sedimen berdasarkan skala Wentworth, lalu penghitungan persen berat fraksi sedimen dengan menggunakan rumus  $\frac{\sum_{Pan} \text{tertahan}}{Pan} \times 100\%$ . Setelah didapatkan persen berat fraksi sedimen lalu jumlah persen fraksi dicocokkan dalam segitiga Shepard.

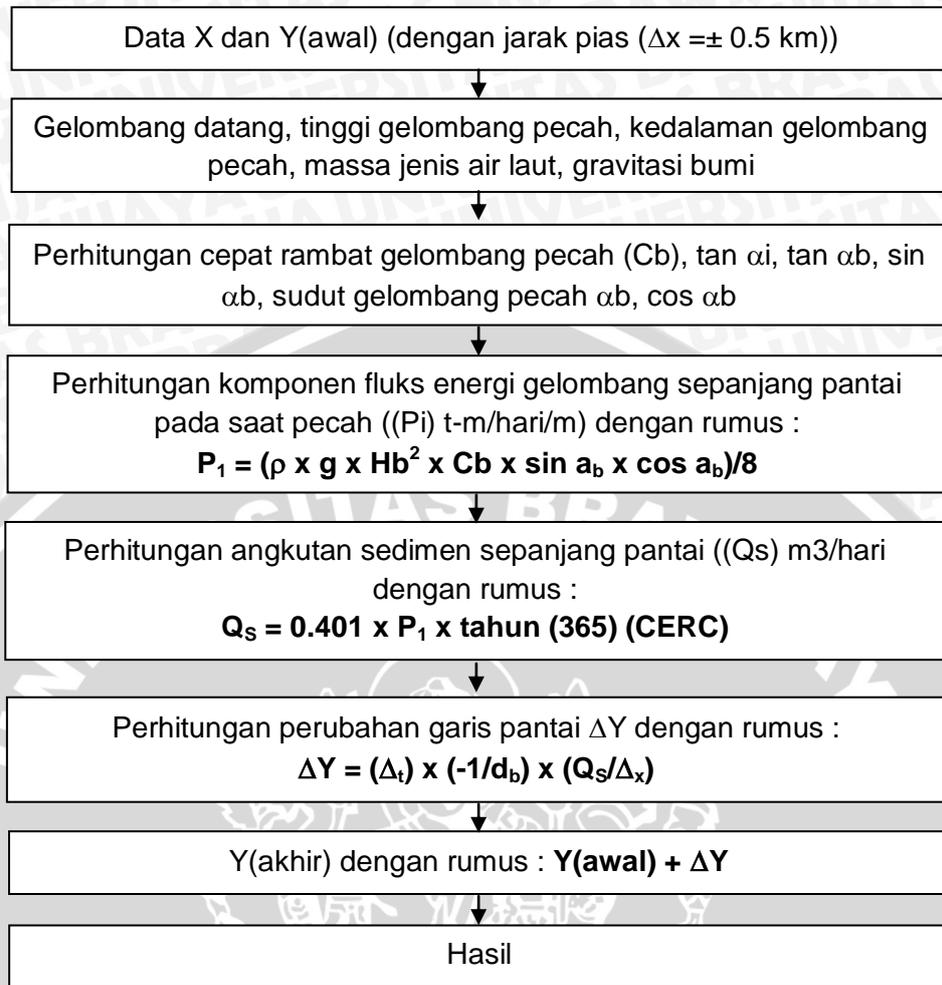
### 3.5.5 Skema Perhitungan Numerik Data *Tracking* Garis Pantai

Setelah diketahui titik X dan Y awal yang didapatkan dari hasil *tracking* menggunakan GPS di lapangan kemudian diketahui sudut gelombang datang ( $\alpha_0$ ), tan sudut datang gelombang ( $\tan \alpha_0$ ), tinggi gelombang pecah ( $H_b$ ) dalam satuan meter, massa jenis air laut ( $\rho = 1.025 \text{ ton/m}^3$ ), kedalaman gelombang pecah ( $db$ ) dalam satuan meter, gravitasi bumi ( $9,8 \text{ m/s}^2$ ) ( $g$ ), cepat rambat gelombang pecah ( $C_b$ ) dalam satuan m/s, jarak antar pias ( $\Delta x$ ), dan waktu yang ditentukan untuk pengamatan ( $\Delta t$ ). Lalu dicari sudut  $\alpha_i$  yang dibentuk oleh garis pantai sejajar sumbu x, antara sel  $Y(i)$  dan sel  $Y(i+1)$  yang dinyatakan dengan rumus  $\tan(\alpha_i) = \frac{Y(i) - Y(i+1)}{\Delta x}$ . Untuk mencari sudut gelombang pecah ( $\alpha_b$ ) bisa dengan menggunakan rumus  $\tan(\alpha_b) = \frac{\tan(\alpha_i) + \alpha_0}{1 + (\tan \alpha_i \times \tan \alpha_0)}$ . Kemudian dapat dicari nilai sudut datang gelombang pecah ( $\alpha_b$ ),  $\sin \alpha_b$  dan  $\cos \alpha_b$ . Untuk mencari nilai komponen fluks energi gelombang sepanjang pantai pada saat pecah ( $P_1$ ) dimana  $P_1$  memiliki hubungan dengan transpor sedimen dapat menggunakan rumus

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

Kemudian dapat dihitung angkutan sedimen sepanjang pantai ( $Q_s$ )  $\text{m}^3/\text{hari}$ ), dimana penulis menggunakan rumus CERC  $Q_s = 0.401 P_1$

Setelah itu dihitung nilai  $Y_{\text{akhir}}$  berdasarkan rumus-rumus diatas dengan menggunakan rumus  $Y_{\text{akhir}} = Y_{\text{awal}} + ((1/db) \times (Q_s/\Delta x)) \times \Delta t$ .



Gambar 14. Diagram Alir Perhitungan Numerik

## 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

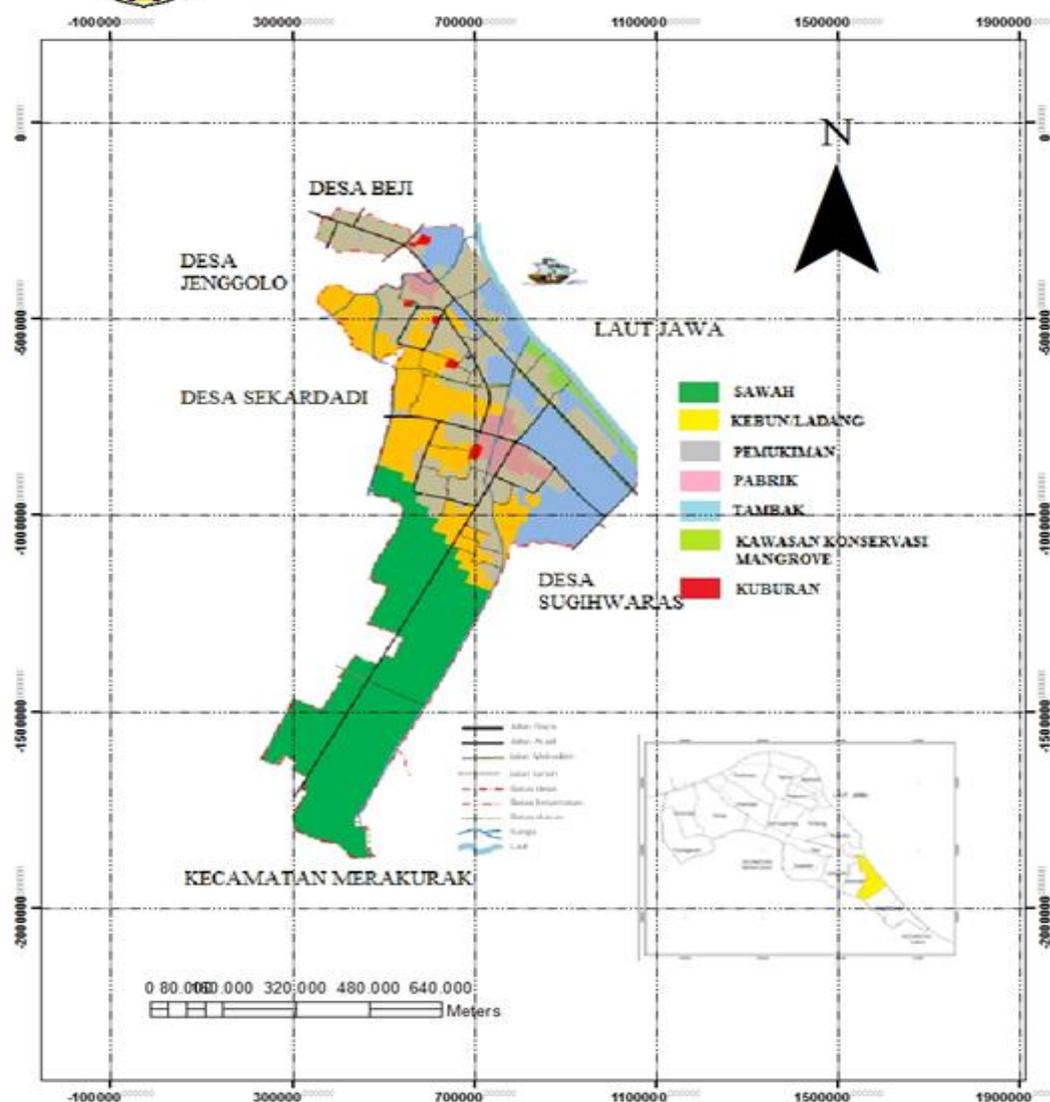
### 4.1 Profil Lokasi Penelitian

Kabupaten Tuban memiliki luas wilayah darat 183.994.561 ha dan wilayah laut 22.068 km<sup>2</sup> terletak pada titik koordinat 6° 40' - 7° 18' LS dan 111° 30' - 112° 35' BT dengan panjang wilayah pantai mencapai 65 km. Wilayah laut terbentang antara 5 kecamatan, yakni Kecamatan Bancar, Kecamatan Tambakboyo, Kecamatan Jenu, Kecamatan Tuban, dan Kecamatan Palang. Penelitian ini dilakukan di Kecamatan Jenu (Gambar 15), Desa Jenu dan Desa Beji. Menurut Siswanto (2013), Kecamatan Jenu adalah salah satu wilayah di Kabupaten Tuban yang memiliki kondisi pantai yang landai dengan substrat pasir berlumpur.





## PETA ADMINISTRATIF DESA JENU KECAMATAN JENU TUBAN



Gambar 15. Peta Administratif Desa Jenu, (sumber : Monografi Desa/Kelurahan, 2013)



#### 4.2 Hasil Data Kemiringan Pantai

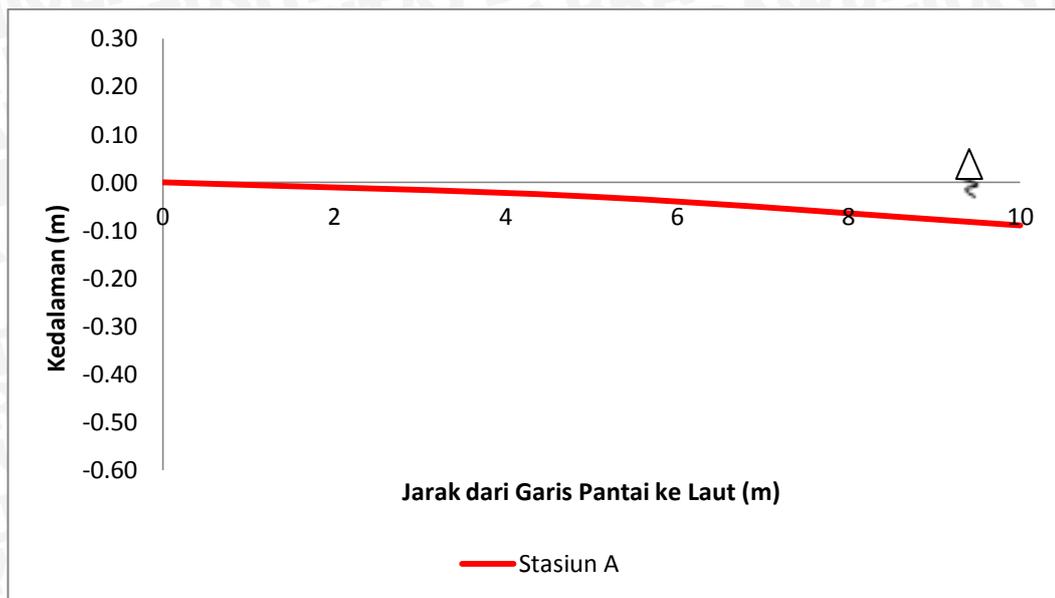
Data kemiringan pantai (Tabel 2) diambil pada tanggal 23 April 2014 pada pukul 18.00 WIB dalam keadaan perairan Pantai Jenu mengalami surut terendah, hal ini dilakukan untuk mengetahui batas pantai dengan lautan sehingga mempermudah pengukuran kemiringan pantai.

Pengukuran kemiringan pantai terbagi menjadi beberapa stasiun, masing-masing stasiun memiliki perwakilan lokasi yang akan diukur kemiringan garis pantainya. Data kemiringan pantai digunakan untuk menghitung tinggi gelombang pecah ( $H_b$ ) dan kedalaman gelombang pecah ( $db$ ).

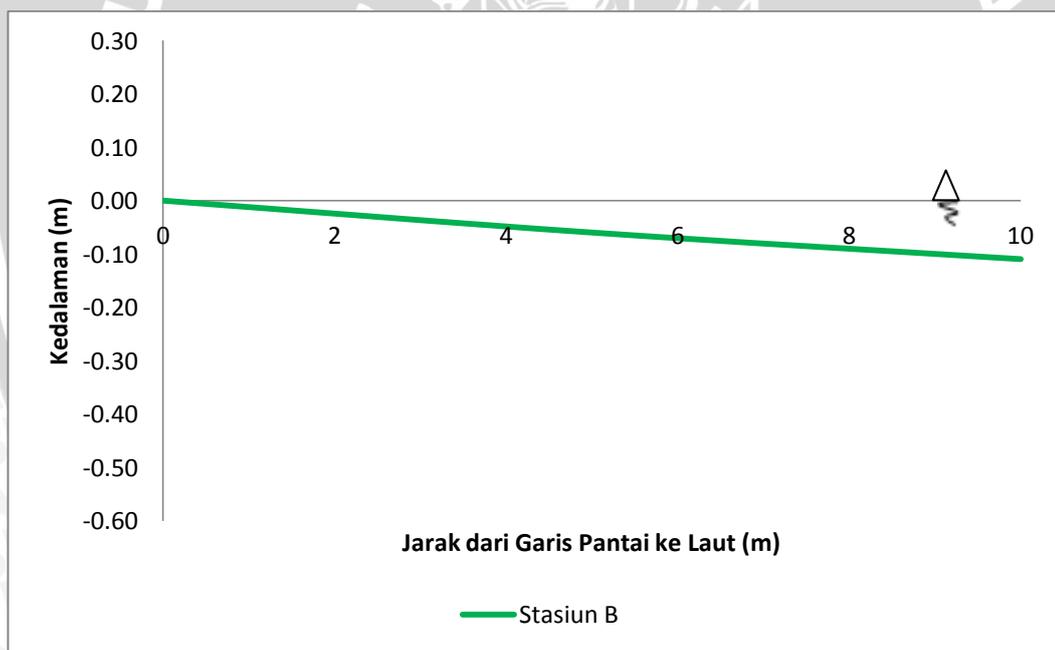
**Tabel 2. Profil Kemiringan Dasar Laut**

Stasiun	Jarak (meter)	Kedalaman (meter)	Kemiringan pantai ( $m$ )	Rata-rata kemiringan pantai ( $m$ )
A	5	0.03	1:166	1:133
	10	0.09	1:111	
B	5	0.06	1:83	1:83
	10	0.11	1:90	
C	5	0.03	1:166	1:142
	10	0.08	1:125	
D	5	0.03	1:166	1:200
	10	0.04	1:250	
E	5	0.43	1:11	1:14
	10	0.56	1:17	
F	5	0.04	1:125	1:111
	10	0.09	1:111	

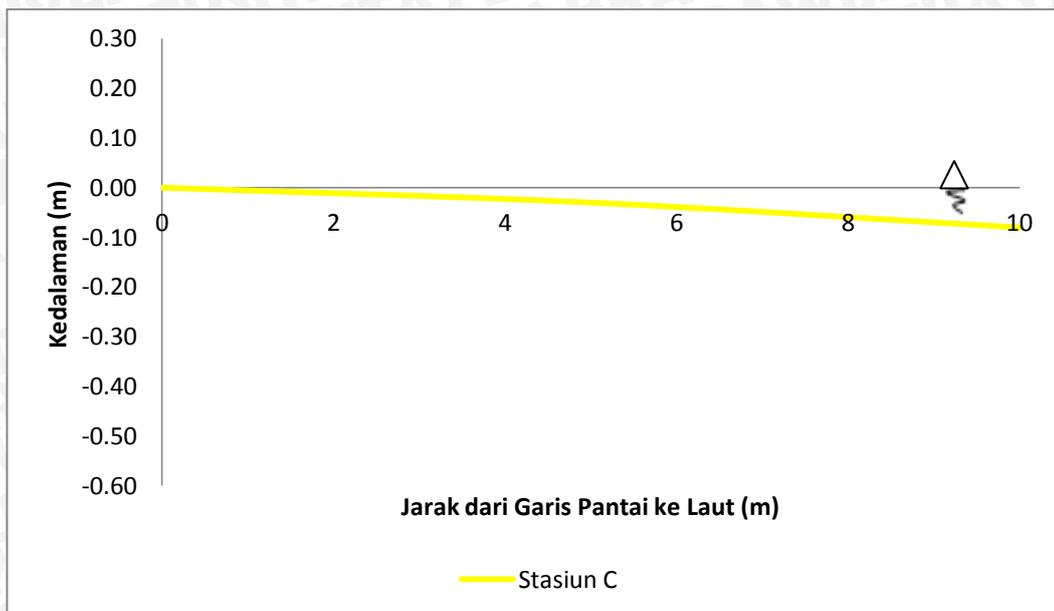
Pada stasiun A didapatkan rata-rata kemiringan pantai adalah 1:133, pada stasiun B didapatkan rata-rata kemiringan pantai adalah 1:83, pada stasiun C didapatkan rata-rata kemiringan pantai adalah 1:142, pada stasiun D didapatkan rata-rata kemiringan pantai adalah 1:200, pada stasiun E didapatkan rata-rata kemiringan pantai adalah 1:14, dan pada stasiun F didapatkan rata-rata kemiringan pantai adalah 1:111.



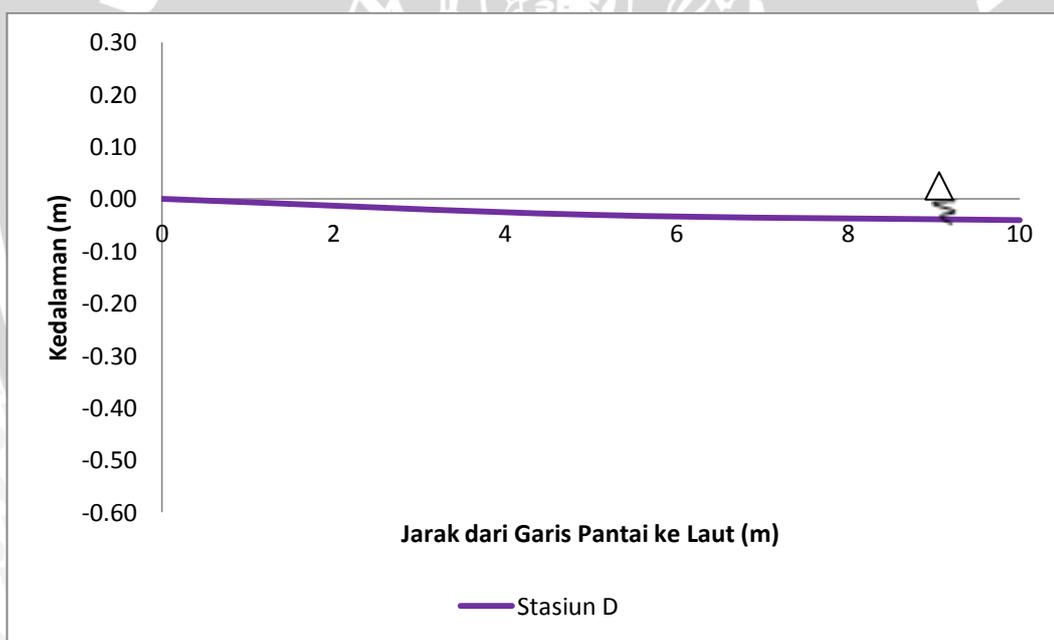
Gambar 16. Profil Kemiringan Pantai Stasiun A



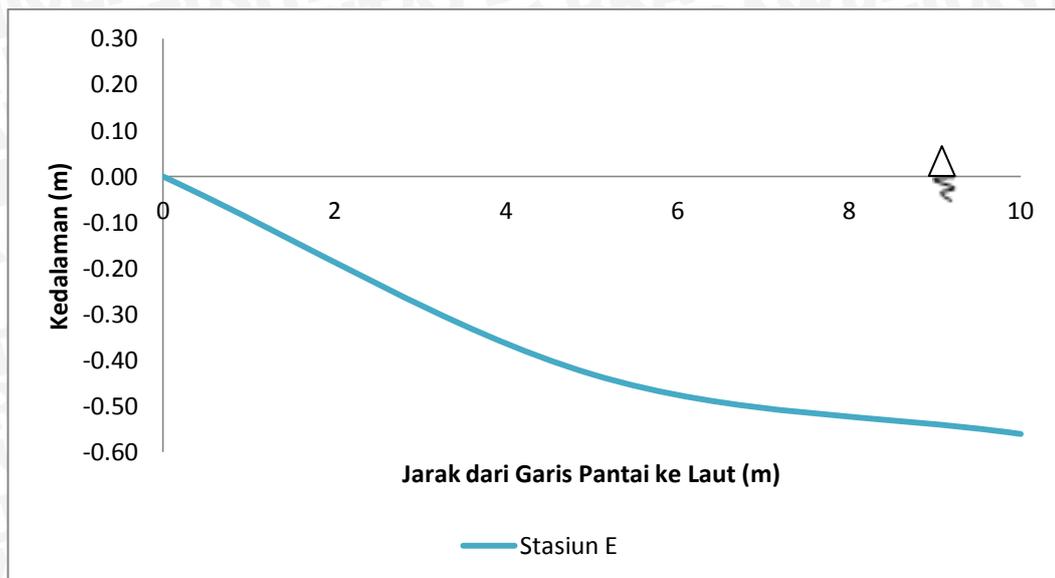
Gambar 17. Profil Kemiringan Pantai Stasiun B



Gambar 18. Profil Kemiringan Pantai Stasiun C



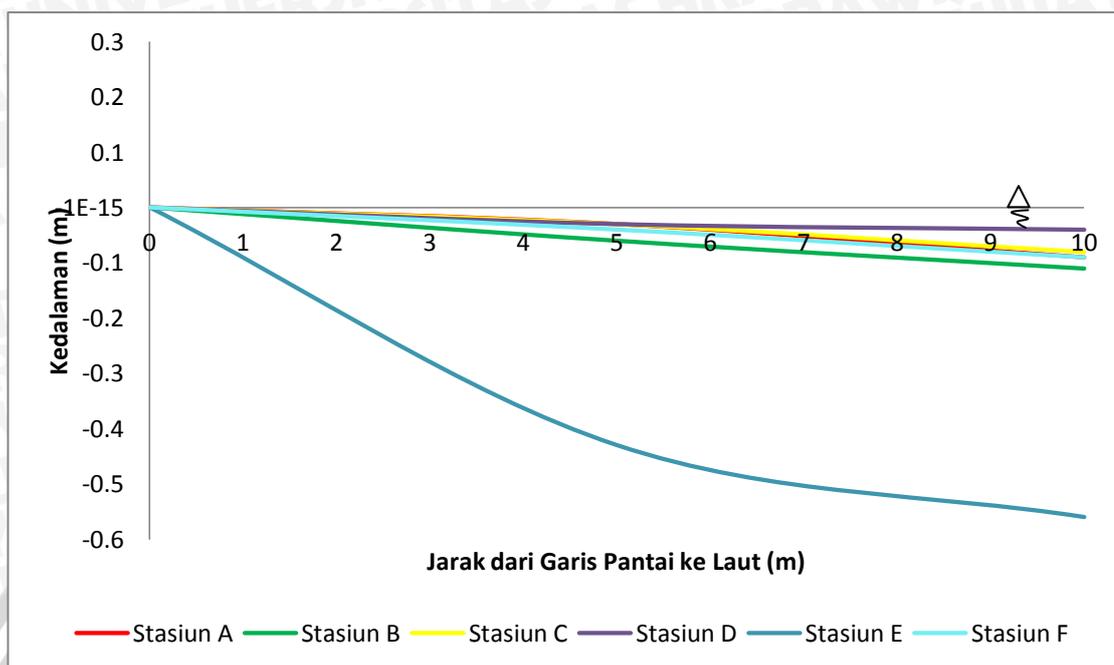
Gambar 19. Profil Kemiringan Pantai Stasiun D



Gambar 20. Profil Kemiringan Pantai Stasiun E



Gambar 21. Profil Kemiringan Pantai Stasiun F



**Gambar 22. Profil Kemiringan Pantai di Seluruh Stasiun**

#### 4.3 Hasil Pengambilan Data Sedimen dan Uji Laboratorium

Data sedimen Pantai Jenu Tuban sebagai input data dalam perubahan garis pantai merupakan data primer yaitu dengan pengambilan sampel di lapang dan uji laboratorium. Pengambilan sampel di lapang bertujuan untuk memperoleh jenis sedimen yang berada di daerah pantai yaitu mengenai ukuran butir sedimen.

Analisa saringan hasil pengolahan sedimen pada *sediment trap* yang tersaji pada Tabel 3 dilakukan di Laboratorium Tanah dan Air Tanah, Jurusan Teknik Pengairan, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya.

**Tabel 3. Hasil Uji Laboratorium Sampel Sedimen**

Stasiun	Persen berat fraksi sedimen (%)							Berat Total Sedimen (gr)	Sumber Data
	Kerikil/ Gravel	Pasir Sangat Kasar	Pasir Kasar	Pasir Sedang	Pasir Halus	Pasir Sangat Halus	Lanau		
	> 2 mm	1-2 mm	0.5-1 mm	0.25-0.5 mm	0.125-0.25 mm	0.0625-0.125 mm	<0.0625		
A	0	0	0	0.7	72.1	0	27.2	-	Sekunder (Yussetiawan, 2014)
B	0	0	0	0.7	72.1	0	27.2	-	
C1	0	4.64	9.29	21.08	9.29	37.14	18.57	10.77	Primer
C2	0	7.40	8.38	7.83	15.67	50.92	9.79	25.53	
D	0	1.19	2.06	8.23	15.44	64.84	8.23	48.58	
E	0	0.96	5.77	14.42	17.31	53.85	7.69	52	
F	0	14.18	10.28	21.58	15.42	28.26	10.28	19.46	

Stasiun A dan B terletak di sebelah kiri sungai terdapat banyak perahu nelayan, sehingga terjadi banyak aktivitas lalu lalang perahu nelayan yang kemungkinan menyebabkan *sediment trap* yang ditanam terjatuh, maka dari itu digunakan data sekunder dari penelitian sebelumnya, dengan persentase berat pasir halus sebesar 72.1% dan lanau sebesar 27.2%, dapat disimpulkan jenis sedimennya adalah pasir, kemudian pada stasiun C1 persentase berat pasir sebesar 81.43% dan lanau sebesar 18.57%, dapat disimpulkan jenis sedimennya adalah pasir, pada stasiun C2 persentase berat pasir sebesar 90.21% dan lanau sebesar 9.79%, dapat disimpulkan jenis sedimennya adalah pasir, pada stasiun D persentase berat pasir sebesar 91.77% dan lanau sebesar 8.25%, dapat disimpulkan jenis sedimennya adalah pasir, pada stasiun E persentase berat pasir sebesar 92.31% dan lanau sebesar 7.69%. dapat disimpulkan jenis sedimennya adalah pasir, dan pada stasiun F persentase berat pasir sebesar 89.72% dan lanau sebesar 10.28%, dapat disimpulkan jenis sedimennya adalah pasir. Berdasarkan hasil di atas Pantai Jenu, Tuban termasuk pantai berpasir.

Hasil pengukuran volume sedimen yang tertangkap di *sediment trap* dapat dilihat pada Tabel 4.

**Tabel 4. Hasil Pengukuran Volume Sedimen**

Stasiun	Koordinat	Kg per 24 Hari	Rata-rata sedimentasi (kg/24 hari)	Rata-rata sedimentasi (kg/hari)	Volume tabung paralon (m <sup>3</sup> )	Q masuk (m <sup>3</sup> /hari)
A	112.00848 -6.82568	-	-	-	-	-
		-	-	-	-	-
B	112.01021 -6.82960	-	-	-	-	-
		-	-	-	-	-
C	112.01241 -6.83303	0.1	177.5 x 10 <sup>-3</sup>	7.4 x 10 <sup>-3</sup>	96.08 x 10 <sup>-6</sup>	4 x 10 <sup>-6</sup>
		0.255			296.73 x 10 <sup>-6</sup>	12 x 10 <sup>-6</sup>
D	112.01360 -6.83462	0.48	480 x 10 <sup>-3</sup>	20 x 10 <sup>-3</sup>	607.59 x 10 <sup>-6</sup>	25.31 x 10 <sup>-6</sup>
E	112.00053 -6.83842	0.525	525 x 10 <sup>-3</sup>	21.9 x 10 <sup>-3</sup>	621.72 x 10 <sup>-6</sup>	25.905 x 10 <sup>-6</sup>
F	112.02252 -6.85053	0.19	194.6 x 10 <sup>-3</sup>	8.1 x 10 <sup>-3</sup>	211.95 x 10 <sup>-6</sup>	8.83 x 10 <sup>-6</sup>

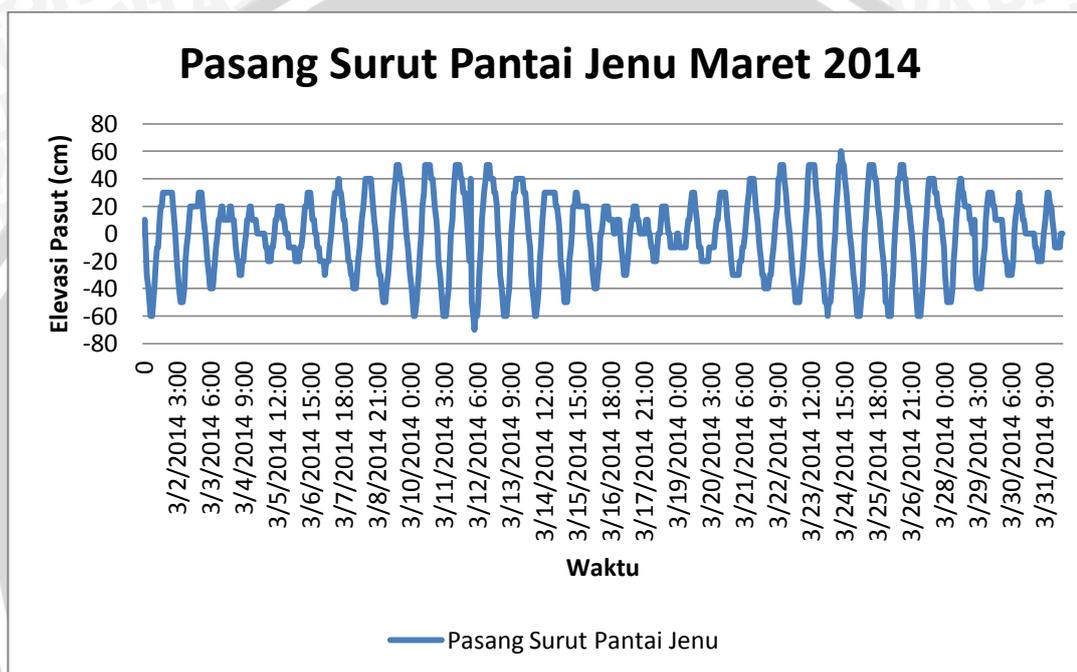
Rata-rata sedimentasi pada stasiun C sebesar 7.4 x 10<sup>-3</sup> kg/hari, pada stasiun D sebesar 20 x 10<sup>-3</sup> kg/hari, pada stasiun E sebesar 21.9 x 10<sup>-3</sup> kg/hari, dan pada stasiun F sebesar 8.1 x 10<sup>-3</sup> kg/hari.

#### 4.4 Data Hidro-Oseanografi

Data hidro-oseanografi yang digunakan meliputi data prediksi pasang surut yang digunakan untuk mengetahui waktu surut terendah agar dapat menentukan waktu pengambilan data lapang dan data prediksi tinggi dan periode gelombang untuk menghitung perubahan garis pantai menggunakan model numerik.

#### 4.4.1 Data Pasang Surut

Data prediksi pasang surut digunakan untuk mengetahui waktu pengambilan data lapang, yaitu *tracking* garis pantai, pengukuran kemiringan pantai, dan pemasangan dan pengambilan *sediment trap*. Data pasang surut dapat dilihat pada Gambar 23.



**Gambar 23. Data Pasang Surut Pantai Jenu Bulan Maret 2014, (sumber: BMKG, 2014)**

Pengambilan data lapang dilaksanakan pada tanggal 29 Maret 2014 pukul 18.00 WIB sampai dengan 30 Maret 2014 pukul 05.00 WIB, yaitu pada waktu surut.

Tipe pasang surut yang terjadi di Pantai Jenu adalah pasang surut campuran dominan harian tunggal, artinya terjadi satu kali pasang dan satu kali surut tetapi terkadang dua kali pasang dan dua kali surut yang berbeda dalam hal tinggi dan waktu. Kisaran terbesar selama bulan Maret 2014 pasang tertinggi sebesar 60 cm dan surut terendah sebesar -70 cm.

#### 4.4.2 Data Gelombang

Data gelombang yang diperoleh adalah data gelombang sepanjang Pantai Tuban yang dapat mewakili lokasi penelitian. Data gelombang yang digunakan adalah data gelombang selama dua tahun, yaitu tahun 2012-2013. Data gelombang dapat dilihat pada Tabel 5, untuk data tinggi gelombang pecah ( $H_b$ ), kedalaman gelombang pecah ( $db$ ), dan cepat rambat gelombang pecah ( $C_b$ ) dapat dilihat pada Tabel 6.

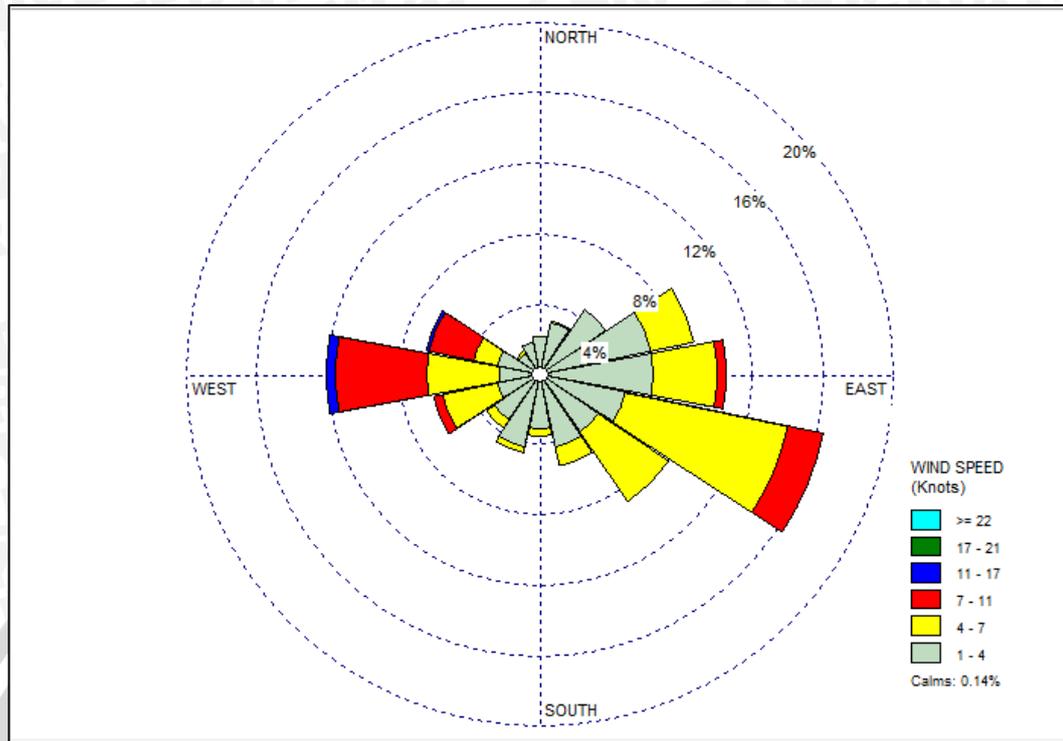
**Tabel 5. Data Gelombang Lokasi Penelitian**

No.	Nama	Hasil
1.	Arah Gelombang ( $\alpha_0$ )	110°
2.	Periode Gelombang (T)	5 s
3.	Tinggi Gelombang ( $H_s$ )	1.21 m
4.	Koefisien Refraksi (Kr)	0.73

**Tabel 6. Data Gelombang Pecah Lokasi Penelitian**

No.	Nama	Hasil
1.	Tinggi Gelombang Pecah ( $H_b$ )	1.01 m
2.	Kedalaman Gelombang Pecah ( $db$ )	1.15 m
3.	Cepat Rambat Gelombang Pecah ( $C_b$ )	3.36 m

Berdasarkan hasil pengolahan data angin dengan menggunakan WRPlot, dapat dilihat pada *windrose* (Gambar 24) arah gelombang bergerak dari arah timur tenggara dengan nilai 110°.



**Gambar 24. Windrose Arah Gelombang Tahun 2012-2013**

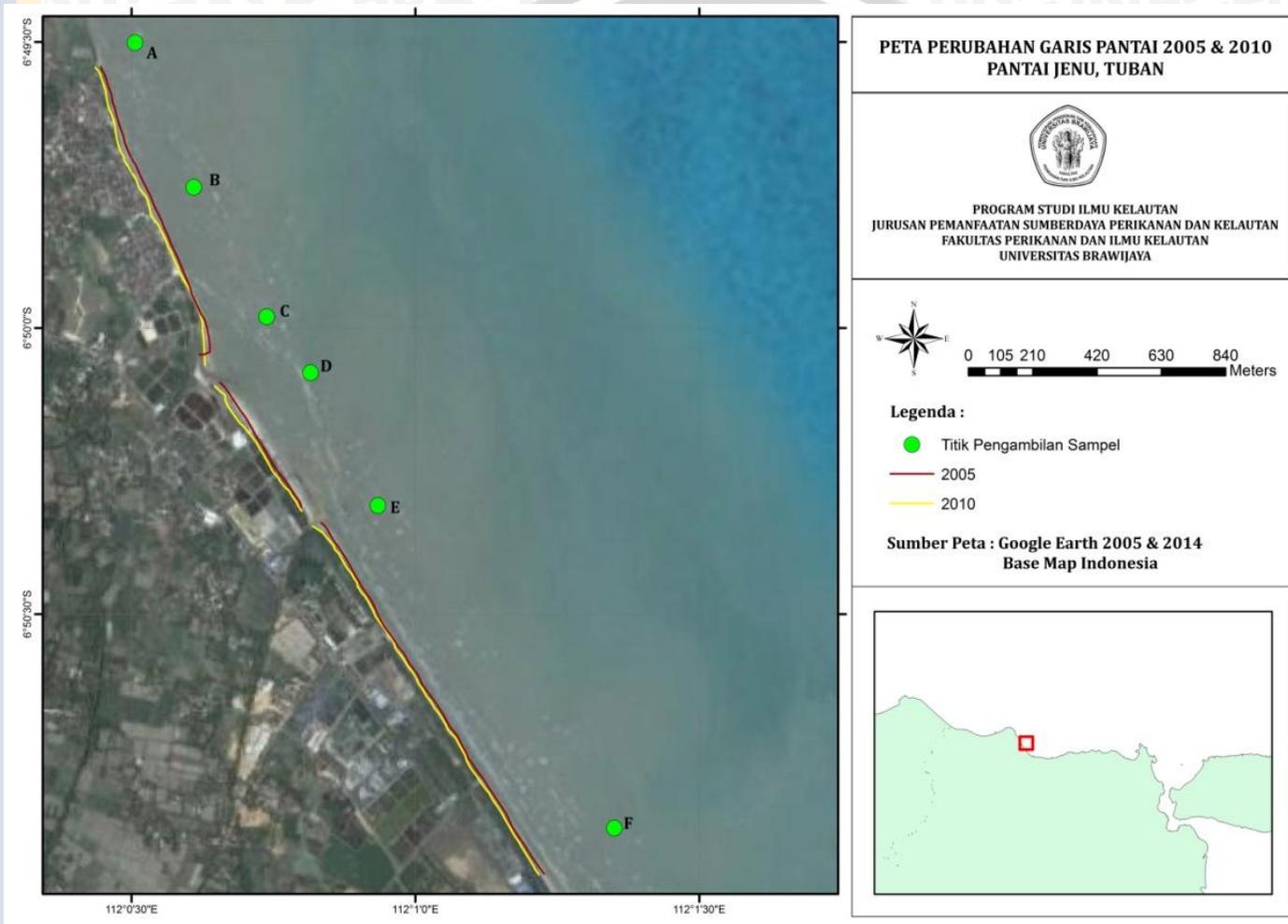
Gelombang di Pantai Jenu dikategorikan sebagai gelombang yang dibangkitkan oleh angin karena memiliki periode ( $T$ ) 5 detik berdasarkan penentuan pada skala Beaufort. Menurut Munk (1951) dalam Houlthuijsen (2007), gelombang yang dibangkitkan oleh angin memiliki periode antara 1 – 10 detik. Sedangkan tinggi gelombang ( $H_s$ ) memiliki nilai sebesar 1.21 meter.

Apabila telah diketahui periode dan kemiringan pantai maka tinggi gelombang pecah dapat dihitung dengan bantuan Tabel Penentuan Tinggi Gelombang Pecah (Gambar 4), didapatkan hasil bahwa  $H_b$  bernilai 1.01 m, lalu setelah itu kedalaman gelombang pecah dapat dihitung dengan bantuan Tabel Penentuan Kedalaman Gelombang Pecah (Gambar 5), didapatkan hasil bahwa  $d_b$  bernilai 1.15 m.

#### 4.5 Perubahan Garis Pantai Jenu Tahun 2005, 2010, dan 2014 Berdasarkan Pengolahan Citra Satelit

Garis pantai Jenu mengalami perubahan sepanjang tahun 2005 sampai dengan tahun 2014. Wilayah kajian dibagi menjadi 6 wilayah yaitu wilayah A terletak di ujung atas sebelah kiri sungai, wilayah B di pertengahan sebelah kiri sungai, wilayah C di pangkal kiri sungai, wilayah D di pangkal kanan sungai, wilayah E di pertengahan sebelah kanan sungai, dan wilayah F di ujung sebelah kanan sungai.

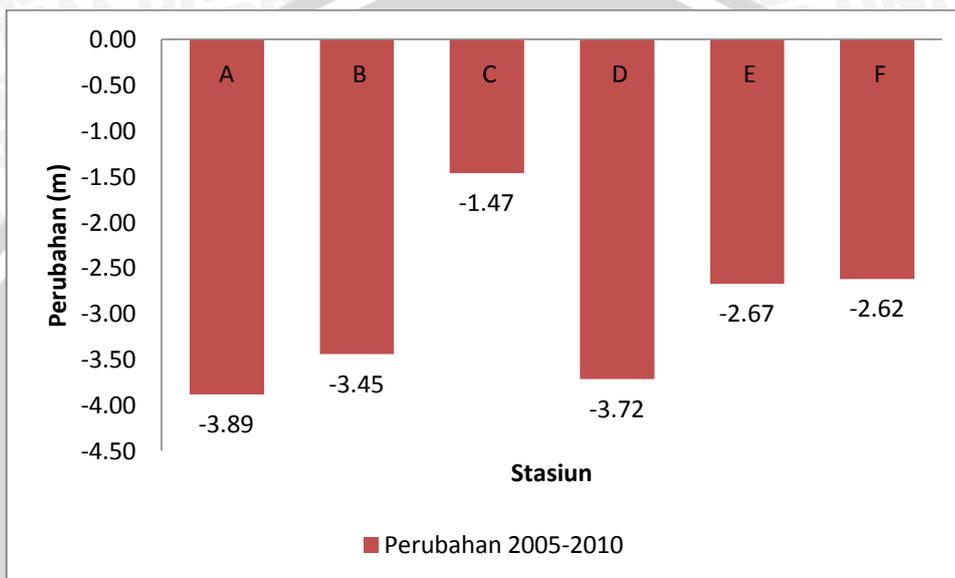
Hasil pengukuran jarak pada peta selama 5 tahun dimulai dari tahun 2005 sampai dengan tahun 2010 (Tabel 7) menunjukkan bahwa pada wilayah A mengalami erosi, hal ini ditunjukkan dengan nilai rata-rata jarak yang negatif yaitu sebesar -3.89 m/tahun. Pada wilayah B mengalami erosi, hal ini ditunjukkan dengan nilai rata-rata jarak yang negatif yaitu sebesar -3.45 m/tahun. Pada wilayah C mengalami erosi dengan nilai rata-rata jarak yang negatif sebesar -1.47 m/tahun. Pada wilayah D mengalami erosi dengan nilai rata-rata jarak yang negatif sebesar -3.72 m/tahun. Pada wilayah E mengalami erosi dengan nilai rata-rata jarak yang negatif sebesar -2.67 m/tahun. Pada wilayah F juga mengalami erosi dengan nilai rata-rata jarak yang negatif sebesar -2.62 m/tahun.



Gambar 25. Peta Perubahan Garis Pantai Jenu, Tuban Tahun 2005 dan 2010

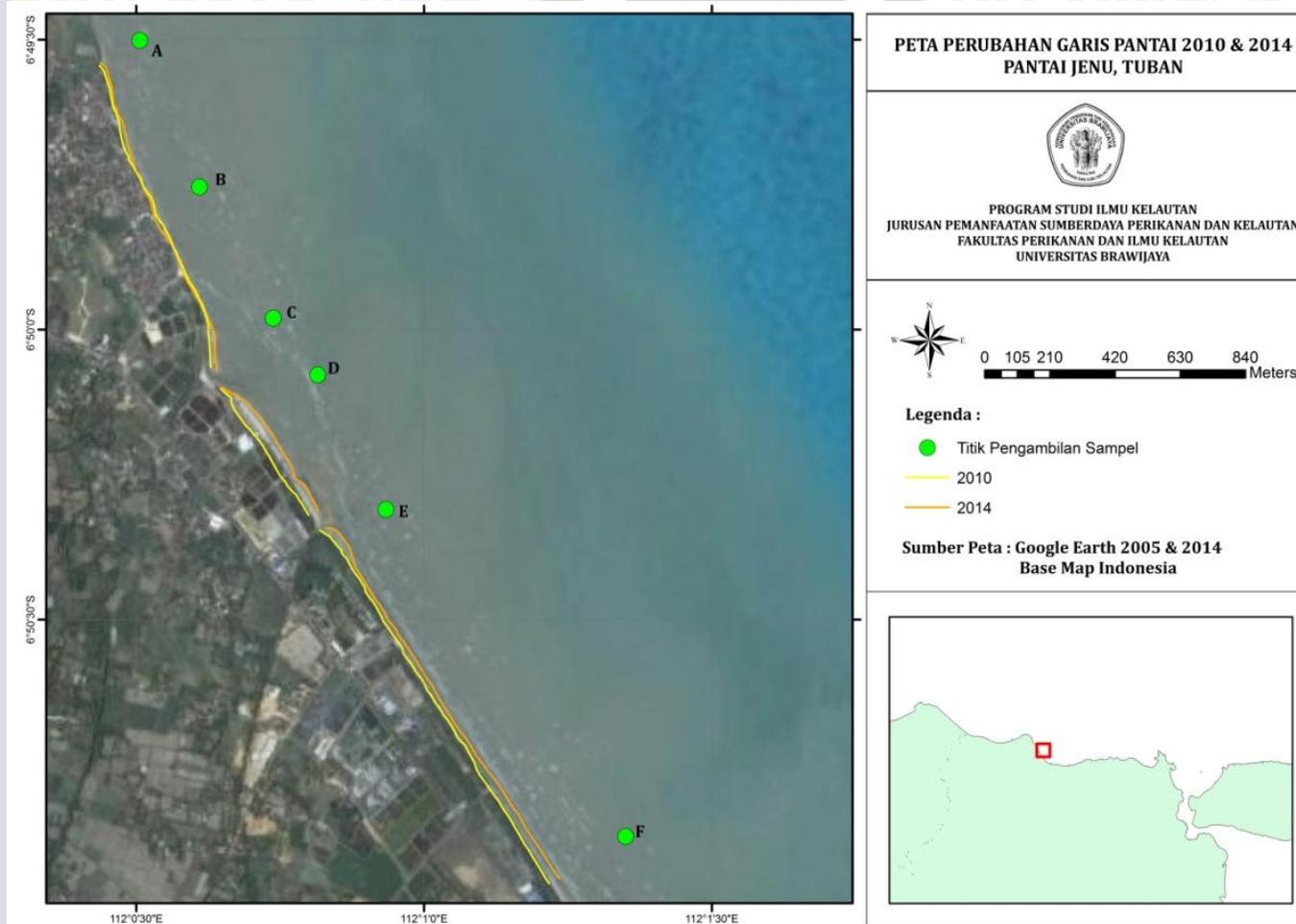
**Tabel 7. Hasil Pengukuran Jarak Rata-rata Perubahan Garis Pantai Pada Tahun 2005 dengan 2010**

Rata-rata Jarak Perubahan Garis Pantai Tahun 2005 dengan 2010						
A	B	C	D	E	F	Satuan
-19.43	-17.23	-7.33	-18.59	-13.37	-13.11	m/5tahun
-3.89	-3.45	-1.47	-3.72	-2.67	-2.62	m/tahun



**Gambar 26. Grafik Perubahan Garis Pantai Tahun 2005-2010**

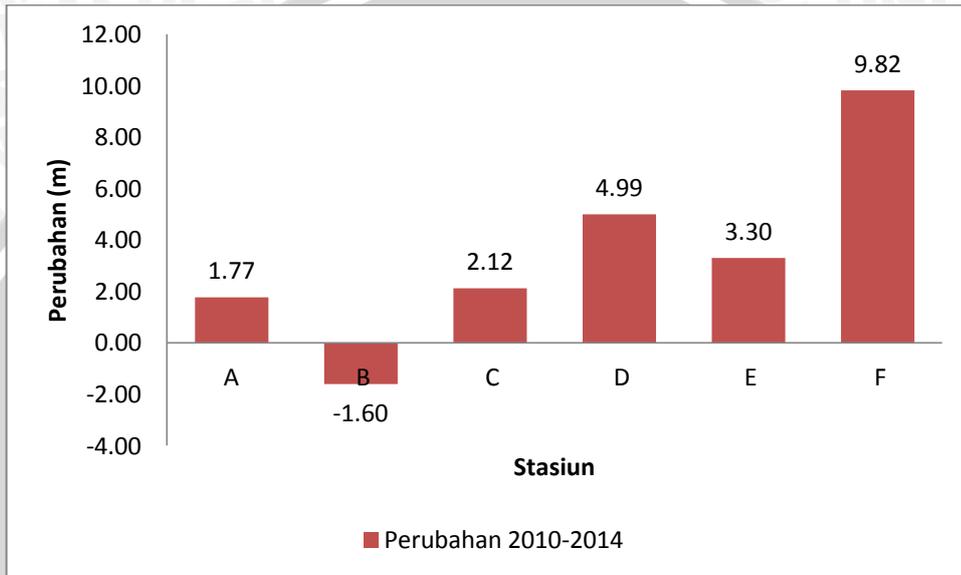
Hasil pengukuran jarak pada peta tahun 2010 dengan peta tahun 2014 (Tabel 8) menunjukkan bahwa pada stasiun A, C, D, E, dan F mengalami sedimentasi, hal ini ditunjukkan dengan nilai rata-rata jarak yang positif, nilai tersebut berturut turut yaitu sebesar 1.77 m/tahun, 2.12 m/tahun, 4.99 m/tahun, 3.30 m/tahun, dan 9.82 m/tahun. Sedangkan pada stasiun B mengalami erosi dengan nilai rata-rata jarak yang negatif yaitu -1.60 m/tahun.



Gambar 27. Peta Perubahan Garis Pantai Jenu, Tuban Tahun 2010 dan 2014

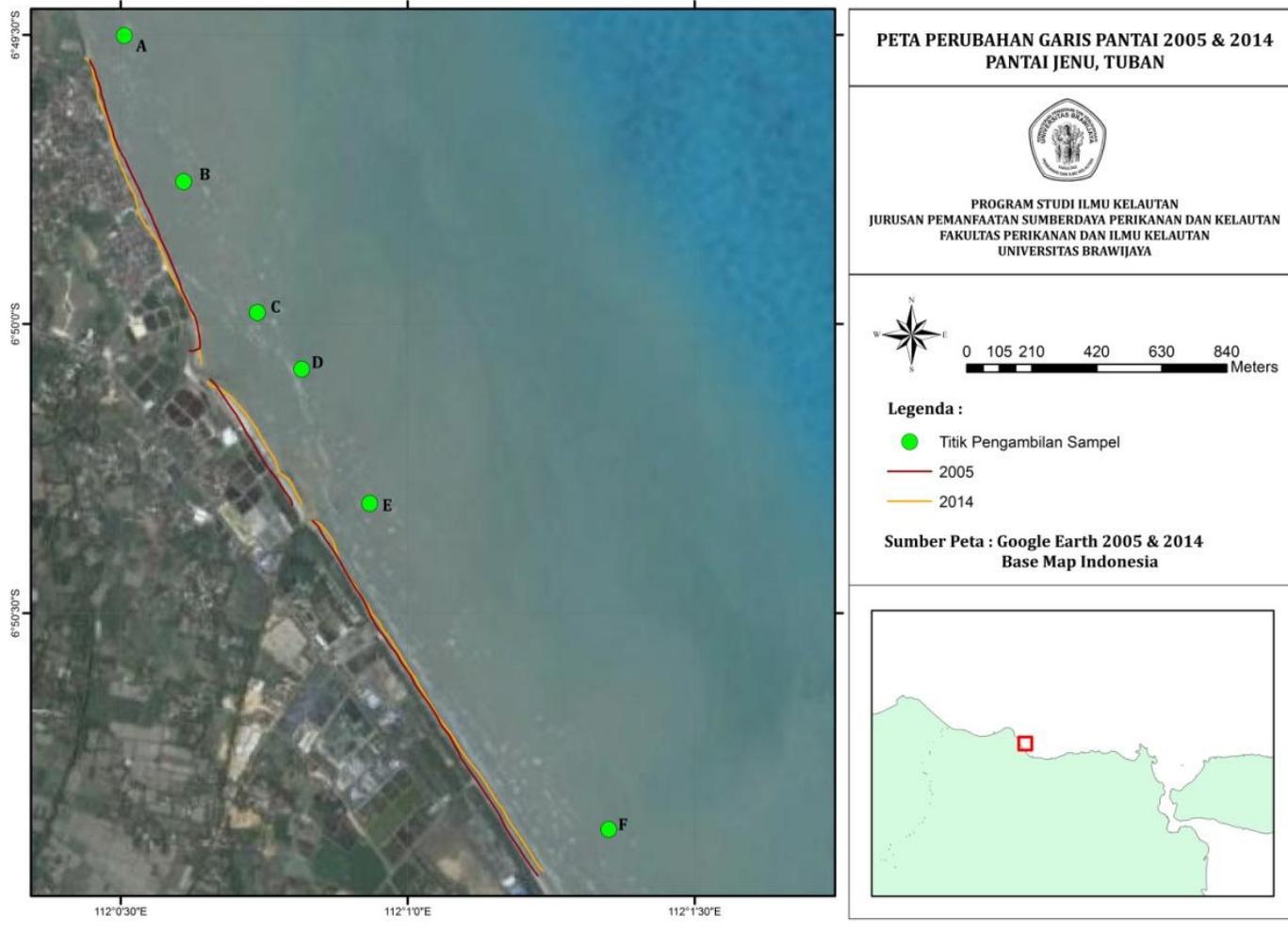
**Tabel 8. Hasil Pengukuran Rata-rata Jarak Perubahan Garis Pantai Pada Tahun 2010 dengan 2014**

Rata-rata Jarak Perubahan Garis Pantai Tahun 2010 dengan 2014						
A	B	C	D	E	F	Satuan
8.86	-7.99	10.60	24.97	16.50	49.08	m/5tahun
1.77	-1.60	2.12	4.99	3.30	9.82	m/tahun



**Gambar 28. Grafik Perubahan Garis Pantai Tahun 2010-2014**

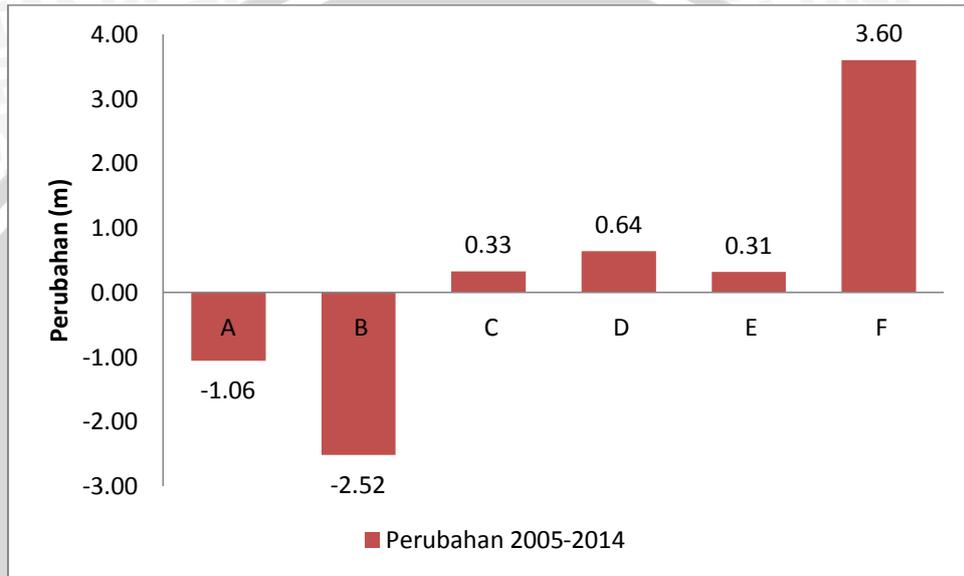
Hasil pengukuran jarak pada peta selama 10 tahun dimulai dari tahun 2005 sampai dengan tahun 2014 (Tabel 9) menunjukkan bahwa pada wilayah A mengalami erosi, hal ini ditunjukkan dengan nilai rata-rata jarak yang negatif yaitu sebesar -1.06 m/tahun. Pada wilayah B mengalami erosi, hal ini ditunjukkan dengan nilai rata-rata jarak yang negatif yaitu sebesar -2.52 m/tahun. Pada wilayah C mengalami sedimentasi dengan nilai rata-rata jarak yang positif sebesar -0.33 m/tahun. Pada wilayah D mengalami sedimentasi dengan nilai rata-rata jarak yang positif sebesar 0.64 m/tahun. Pada wilayah E mengalami sedimentasi dengan nilai rata-rata jarak yang positif sebesar 0.31 m/tahun. Pada wilayah F juga mengalami sedimentasi dengan nilai rata-rata jarak yang positif sebesar 3.60 m/tahun.



Gambar 29. Peta Perubahan Garis Pantai Jenu, Tuban Tahun 2005 dan 2014

**Tabel 9. Hasil Pengukuran Rata-rata Jarak Perubahan Garis Pantai Pada Tahun 2005 dengan 2014**

Rata-rata Jarak Perubahan Garis Pantai Tahun 2010 dengan 2014						
A	B	C	D	E	F	Satuan
-10.57	-25.22	3.27	6.38	3.13	35.97	m/10tahun
-1.06	-2.52	0.33	0.64	0.31	3.60	m/tahun



**Gambar 30. Grafik Perubahan Garis Pantai Tahun 2005-2014**

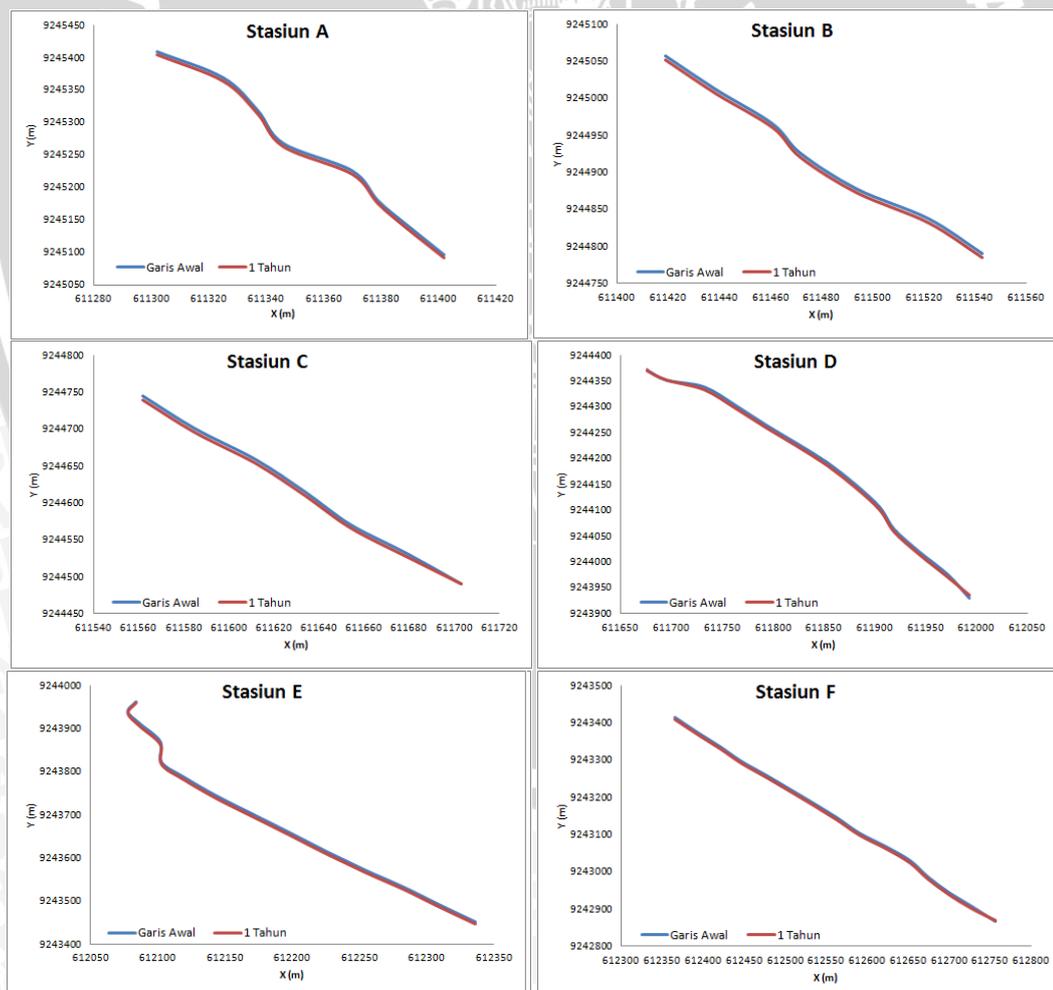
#### 4.6 Hasil Perhitungan Numerik Perubahan Garis Pantai Jenu

Perhitungan numerik untuk perubahan garis pantai di Pantai Jenu dilakukan per stasiun, dengan stasiun yang sama seperti pada pengolahan data citra satelit. Terdapat 6 stasiun yaitu A, B, C, D, E, dan F. Perhitungan yang dilakukan menghasilkan nilai perubahan garis pantai selama 1 Tahun, 5 tahun dan 10 tahun (Tabel 10-12).

**Tabel 10. Nilai Rata-rata Jarak Perubahan Garis Pantai Selama 1 Tahun dengan Perhitungan Numerik**

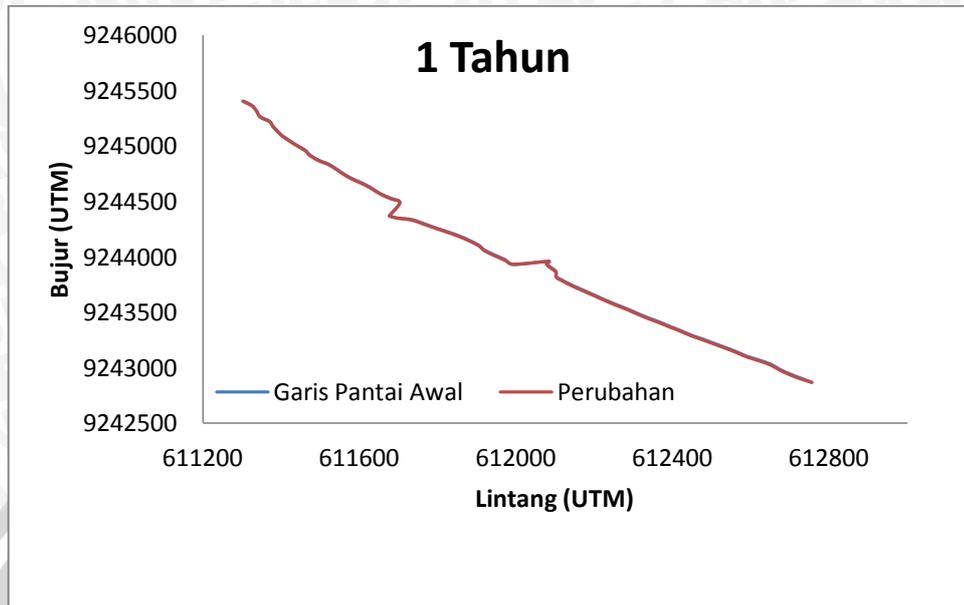
Rata-rata Jarak Perubahan Garis Pantai Selama 1 Tahun						
A	B	C	D	E	F	Satuan
-4.01	-5.29	-4.51	-3.26	-4.00	-4.23	m/tahun

Berdasarkan Tabel 10, hasil perhitungan numerik menunjukkan bahwa pada stasiun A mengalami erosi dengan nilai rata-rata jarak perubahan yang negatif sebesar -4.01 m/tahun, lalu pada stasiun B pun mengalami erosi dengan nilai rata-rata jarak perubahan yang negatif sebesar -5.29 m/tahun, kemudian pada stasiun C juga mengalami erosi dengan nilai rata-rata jarak perubahan yang negatif sebesar -4.51 m/tahun, di stasiun D mengalami erosi dengan nilai rata-rata jarak perubahan yang negatif sebesar -3.26 m/tahun, pada stasiun E mengalami erosi dengan nilai rata-rata jarak perubahan yang negatif sebesar -4.00 m/tahun, dan stasiun F juga mengalami erosi dengan nilai rata-rata jarak perubahan yang negatif sebesar -4.23 m/tahun. Hasil dapat dilihat dalam bentuk grafik pada Gambar 31 dan Gambar 32.



**Gambar 31. Grafik Perubahan Garis Pantai Selama 1 Tahun di Tiap Stasiun**





**Gambar 32. Grafik Perubahan Garis Pantai Jenu Selama 1 Tahun**

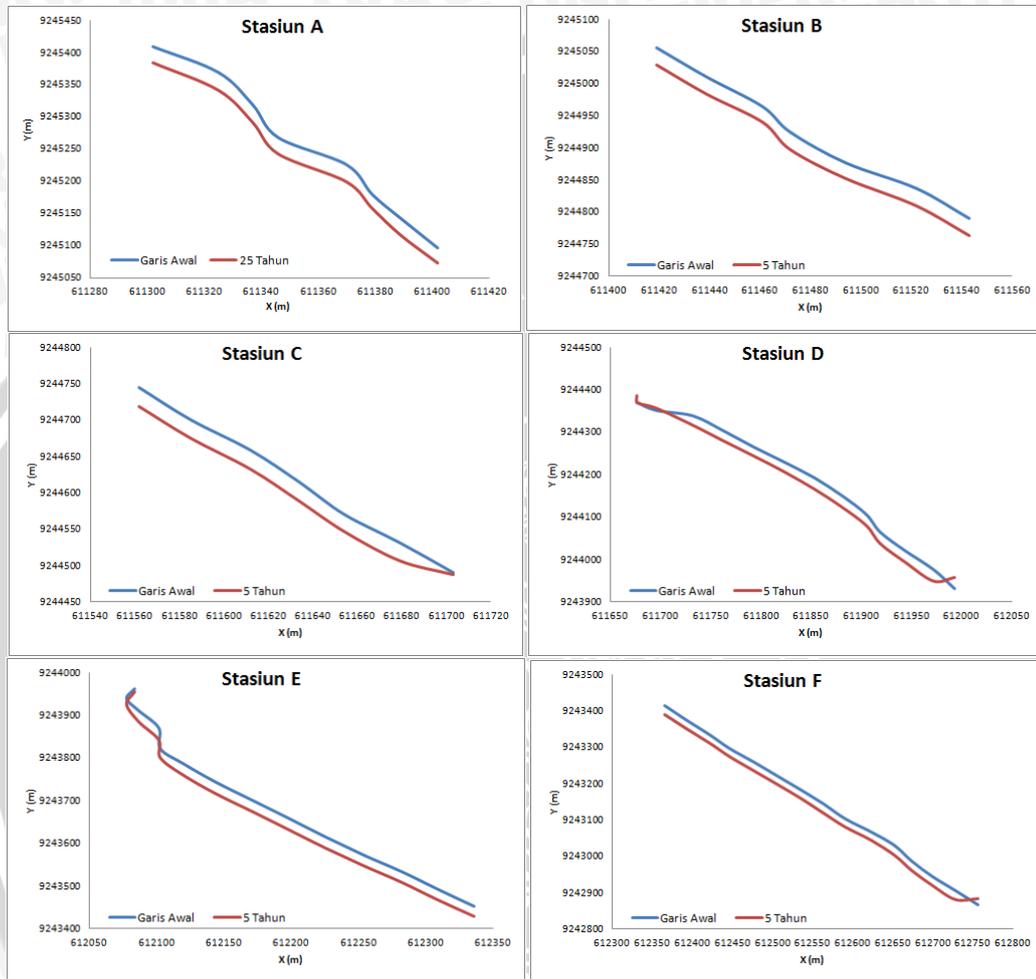
**Tabel 11. Nilai Rata-rata Jarak Perubahan Garis Pantai Selama 5 Tahun dengan Perhitungan Numerik**

Rata-rata Jarak Perubahan Garis Pantai Selama 5 Tahun						
A	B	C	D	E	F	Satuan
-20.04	-26.46	-22.54	-16.28	-19.99	-21.16	m/5tahun

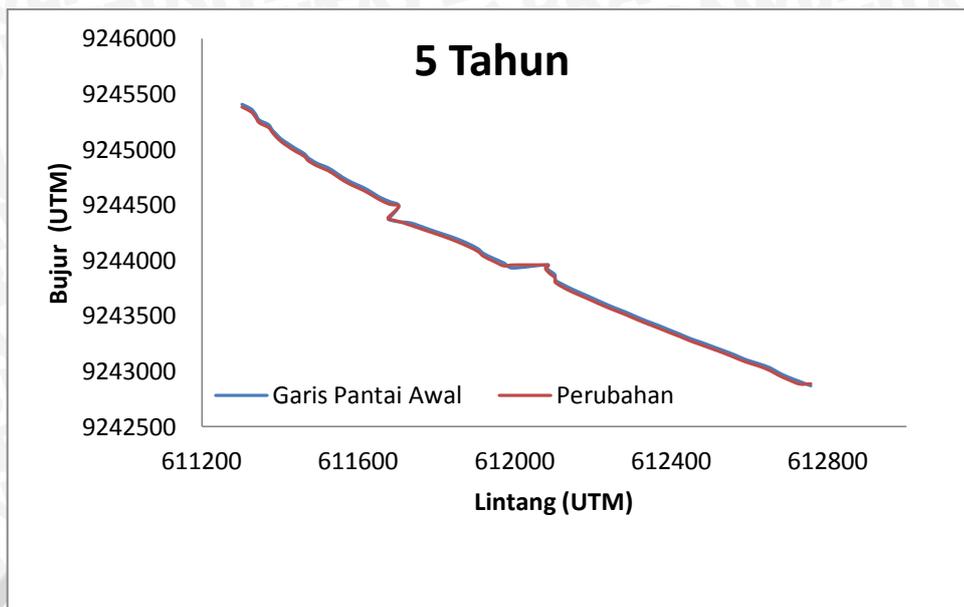
Berdasarkan Tabel 11, hasil perhitungan numerik menunjukkan bahwa pada stasiun A mengalami erosi dengan nilai rata-rata jarak perubahan yang negatif sebesar -20.04 m/5 tahun, lalu pada stasiun B pun mengalami erosi dengan nilai rata-rata jarak perubahan yang negatif sebesar -26.46 m/5 tahun, kemudian pada stasiun C juga mengalami erosi dengan nilai rata-rata jarak perubahan yang negatif sebesar -22.54 m/5 tahun, di stasiun D mengalami erosi dengan nilai rata-rata jarak perubahan yang negatif sebesar -16.28 m/5 tahun, pada stasiun E mengalami erosi dengan nilai rata-rata jarak perubahan yang negatif sebesar -19.99 m/5 tahun, dan stasiun F juga mengalami erosi dengan



nilai rata-rata jarak perubahan yang negatif sebesar  $-21.16$  m/5 tahun. Hasil dapat dilihat dalam bentuk grafik pada Gambar 33 dan Gambar 34.



Gambar 33. Grafik Perubahan Garis Pantai Selama 5 Tahun di Tiap Stasiun

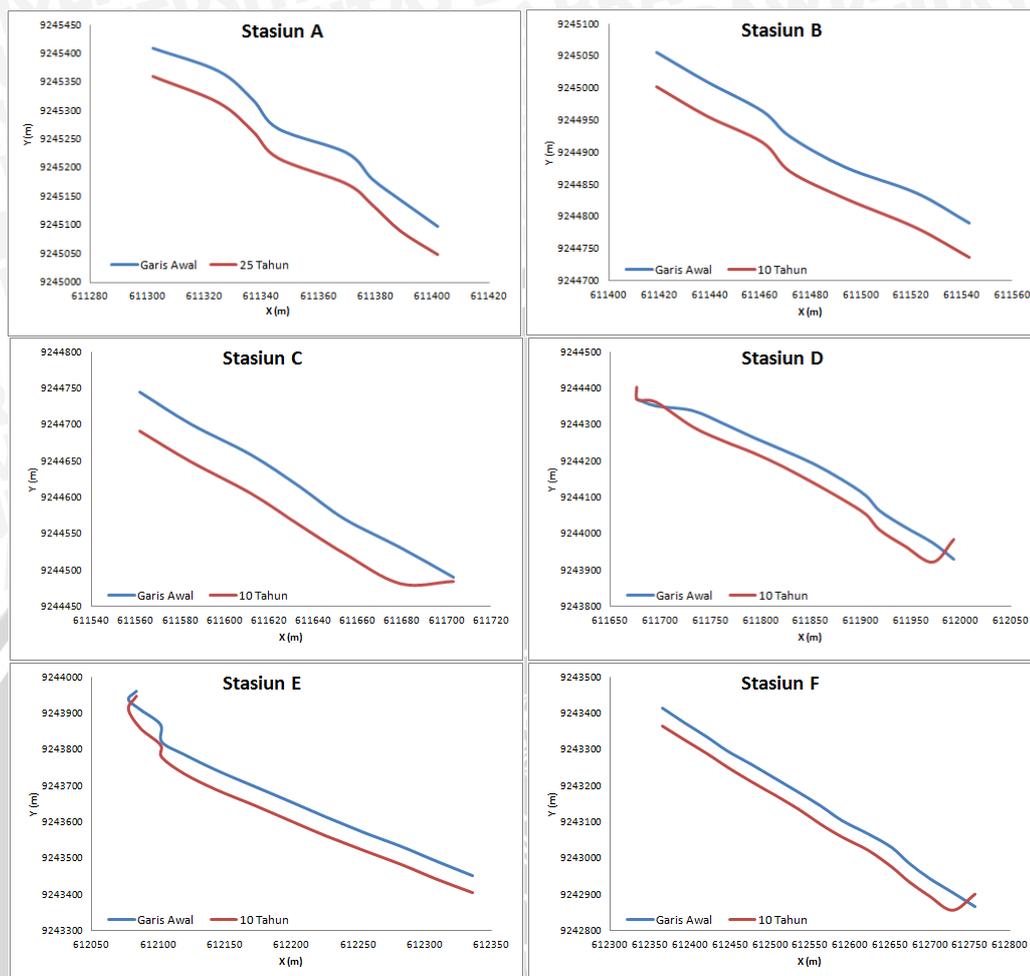


**Gambar 34. Grafik Perubahan Garis Pantai Jenu Selama 5 Tahun**

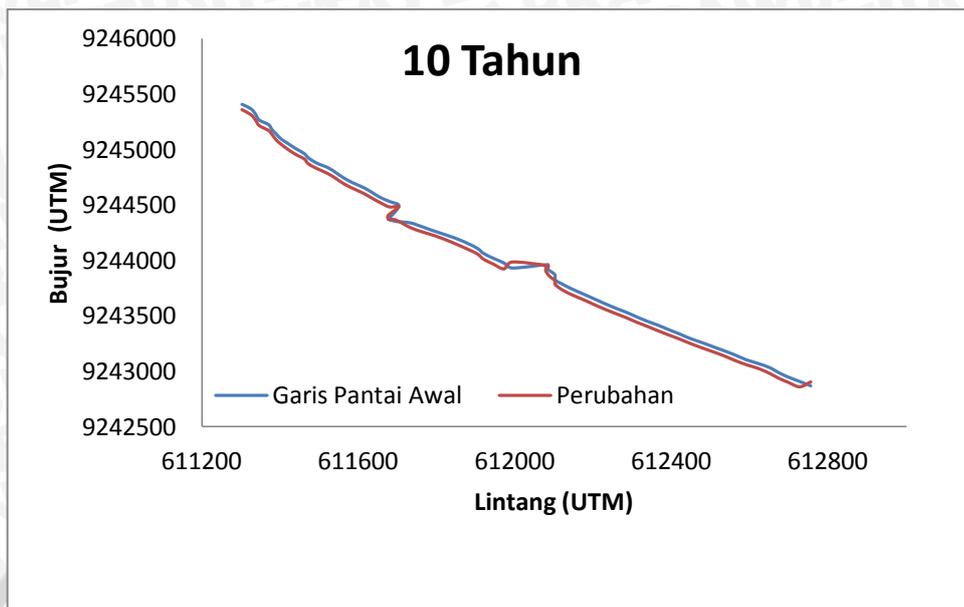
**Tabel 12. Nilai Rata-rata Jarak Perubahan Garis Pantai Selama 10 Tahun dengan Perhitungan Numerik**

Rata-rata Jarak Perubahan Garis Pantai Selama 10 Tahun						
A	B	C	D	E	F	Satuan
-40.08	-52.92	-45.08	-32.55	-39.99	-42.31	m/10tahun

Hasil perhitungan numerik selama 10 tahun pada Tabel 12 menunjukkan bahwa stasiun A mengalami erosi dengan nilai rata-rata perubahan garis sebesar -40.08 m/10 tahun, stasiun B mengalami erosi dengan nilai rata-rata perubahan garis sebesar -52.92 m/10 tahun, stasiun C mengalami erosi dengan nilai rata-rata perubahan sebesar -45.08 m/10 tahun, stasiun D mengalami erosi dengan nilai rata-rata perubahan sebesar -32.55 m/10 tahun, stasiun E mengalami erosi dengan nilai rata-rata perubahan sebesar -39.99 m/10 tahun, dan stasiun F mengalami erosi dengan nilai rata-rata perubahan sebesar -42.31 m/10 tahun. Hasil dapat dilihat dalam bentuk grafik pada Gambar 35 dan Gambar 36.

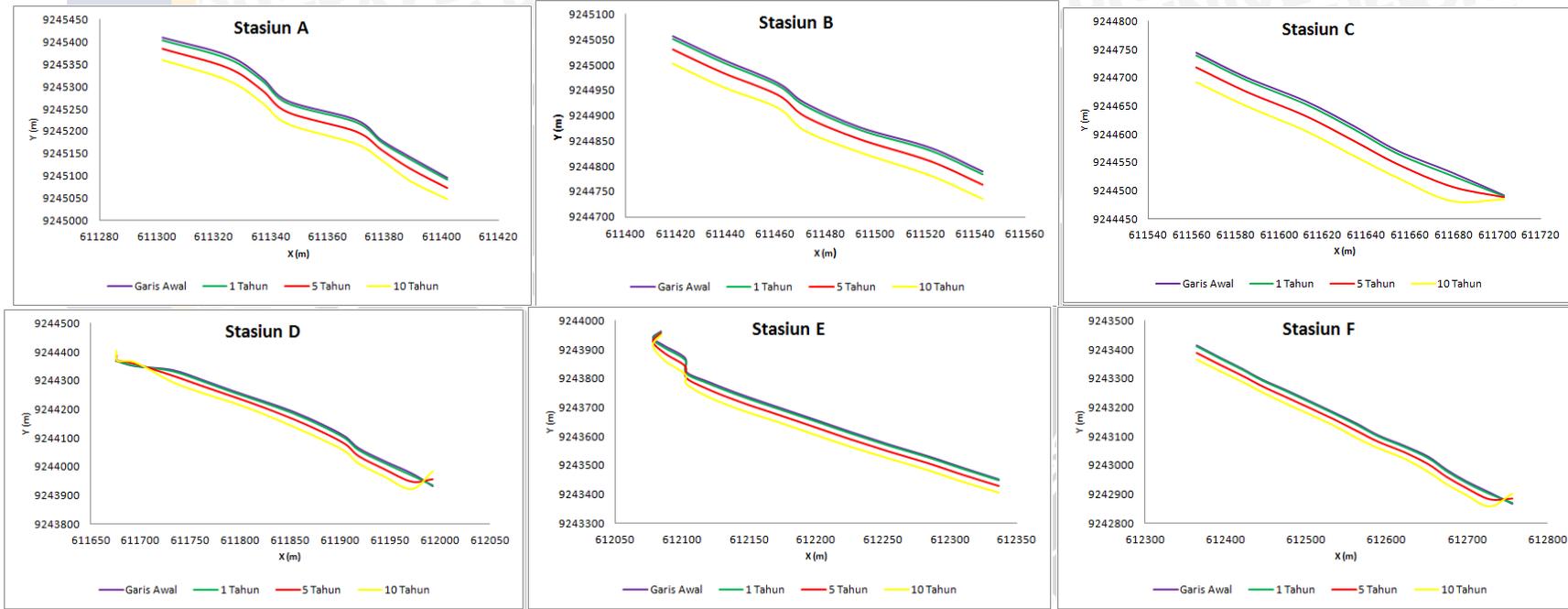


**Gambar 35. Grafik Perubahan Garis Pantai Selama 10 Tahun di Setiap Stasiun**



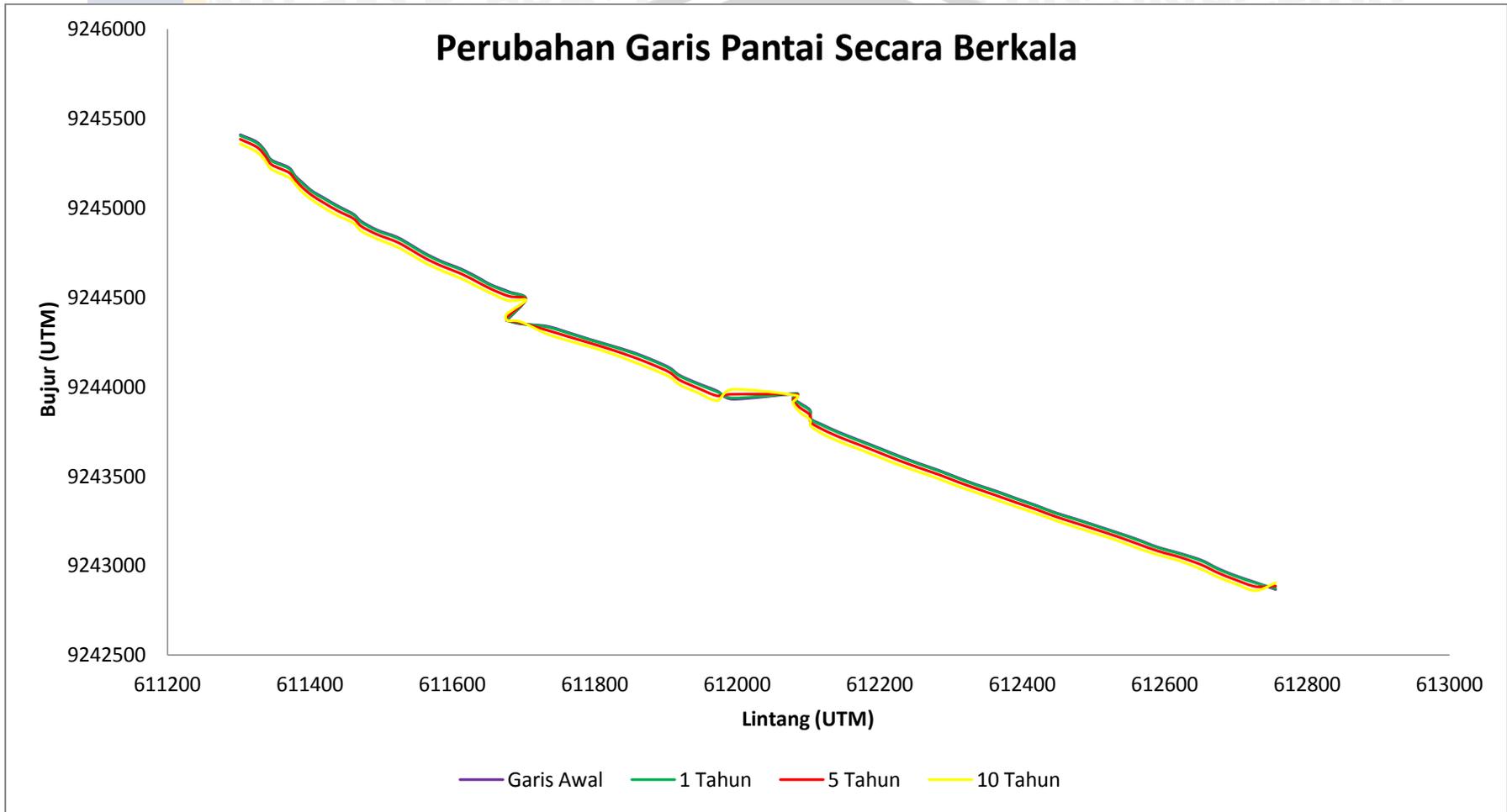
Gambar 36. Grafik Perubahan Garis Pantai Jenu Selama 10 Tahun





**Gambar 37. Grafik Perubahan Garis Pantai Secara Berkala di Setiap Stasiun**

Pada stasiun C, D, dan E terdapat daerah yang mengalami sedimentasi, garis pantai di wilayah itu berada tepat di sebelah muara sungai. Arus laut yang mengarah ke barat daya menghempas wilayah Pantai Jenu dan lama kelamaan menggerus sedimen yang berada di sana sehingga menyebabkan erosi.



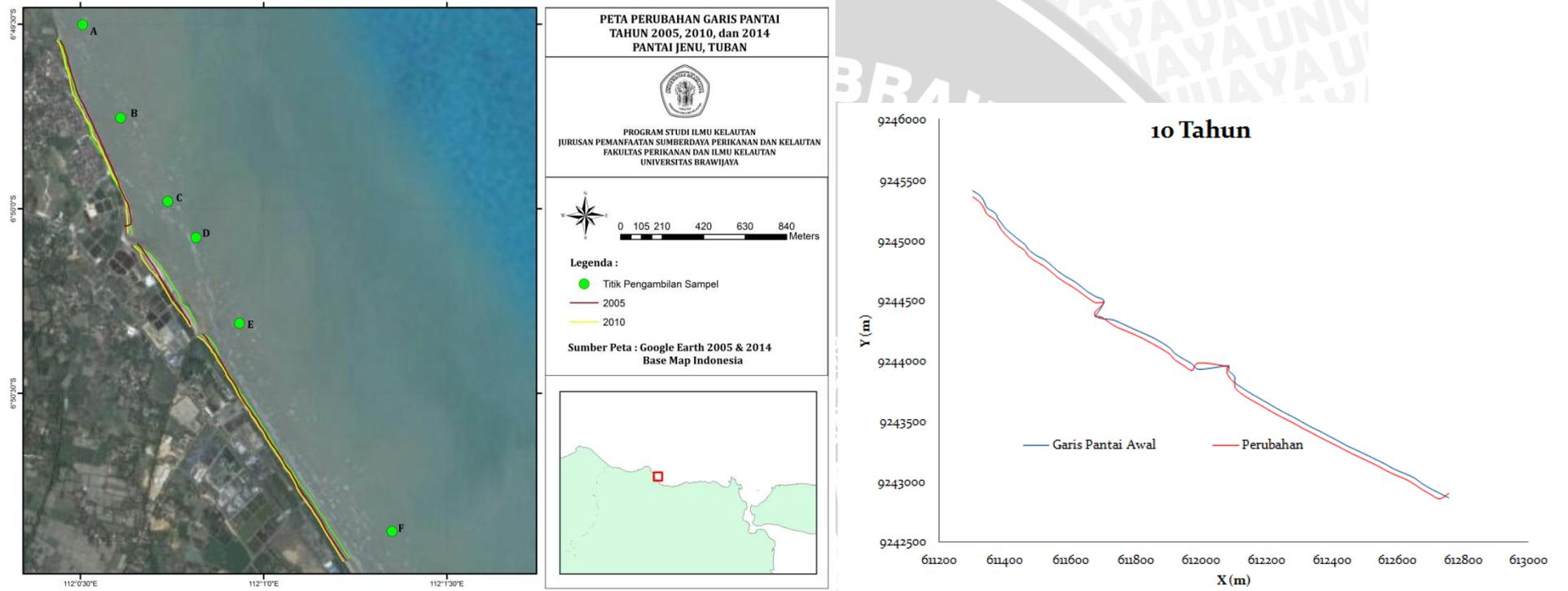
Gambar 38. Grafik Perubahan Secara Berkala Selama 1 Tahun, 5 Tahun, dan 10 Tahun

#### 4.7 Analisis Perubahan Garis Pantai dari Citra Satelit dan Perhitungan Numerik

Berdasarkan hasil peramalan melalui perhitungan numerik, Pantai Jenu Tuban mengalami erosi pada setiap stasiunnya (Tabel 13). Hasil perhitungan numerik hanya memperhitungkan komponen fluks gelombang serta jumlah angkutan sedimen yang dikalikan dengan konstanta CERC untuk pantai berpasir. Hasil pengukuran dari data citra satelit (Tabel 13) menunjukkan bahwa Pantai Jenu Tuban pada tahun 2005-2010 mengalami erosi di setiap stasiunnya. Erosi yang paling sedikit terjadi pada stasiun C yang dekat dengan muara sungai. Pada tahun 2012 di Stasiun A hingga Stasiun C dibangun *seawall* sebagai salah satu bentuk perlindungan pantai terhadap erosi yang terjadi di Pantai Jenu, sehingga pada pengukuran dari data citra satelit pada tahun 2010-2014 Stasiun A hingga Stasiun C mengalami penambahan atau sedimentasi pada setiap stasiunnya dibandingkan dengan tahun sebelumnya. Stasiun D hingga Stasiun F juga terdapat kegiatan penanaman mangrove dari Yayasan Mangrove Center Tuban (MCT) sebagai salah satu bentuk perlindungan pantai terhadap erosi yang terjadi di Pantai Jenu, maka dari itu Stasiun D hingga Stasiun F mengalami penambahan atau sedimentasi juga pada setiap stasiunnya dibandingkan dengan taun sebelumnya.

**Tabel 13. Nilai Rata-rata Pengukuran Citra Satelit dan Perhitungan Numerik Setiap Stasiun**

Stasiun	Hasil Pengukuran 5 Tahun (m/5 tahun)		Hasil Pengukuran 10 Tahun (m/10 tahun)	Hasil Numerik (m/tahun)
	2005-2010	2010-2014	2005-2014	
A	-3.89	1.77	-1.06	-4.01
B	-3.45	-1.60	-2.52	-5.29
C	-1.47	2.12	0.33	-4.51
D	-3.72	4.99	0.64	-3.26
E	-2.67	3.30	0.31	-4.00
F	-2.62	9.82	3.60	-4.23



**Gambar 39. Perubahan Garis Pantai 2005-2010, 2010-2014, 2005-2014 dan Grafik Perhitungan Numerik Selama 10 Tahun**

Hasil yang ditunjukkan dari pengukuran citra satelit dapat dipengaruhi oleh banyak faktor, selain oleh faktor alami seperti faktor hidro-oseanografi dan masukan dari sungai juga terjadi pengaruh faktor antropogenik. Proses Antropogenik adalah proses geomorfologi yang diakibatkan oleh aktivitas manusia (Wibowo, 2012).

Berdasarkan perhitungan numerik Pantai Jenu mengalami erosi, perhitungan ini dilakukan berdasarkan gelombang yang terjadi di lokasi penelitian. Gelombang yang terjadi di Pantai Jenu mengarah dari arah timur tenggara garis pantai, hal ini dapat menyebabkan pengikisan di daerah pantai sehingga mengakibatkan terjadinya erosi. Seperti pada penelitian Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi Kelautan (2011), pantai wisata Tirtamaya yang memiliki kondisi tegak lurus terhadap kedatangan angin dan gelombang laut, sehingga banyak bangunan pantai yang hilang, juga perlindungan pantai yang ada juga mulai terkikis air laut. Masukan sedimen dari sungai yang berada dekat stasiun C, D, dan E membuat stasiun C, D, dan E mengalami sedimentasi di daerah muara sungai. Menurut Triatmodjo (2008), ada kalanya pantai yang tererosi tidak kembali ke bentuk semula, material yang terbawa arus akan mengendap di daerah yang lebih tenang, seperti di daerah muara sungai, teluk, pelabuhan, dan sebagainya yang menyebabkan sedimentasi di daerah tersebut.

## 5. PENUTUP

### 5.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang didapat dari penelitian mengenai perubahan garis pantai di Pantai Jenu, Tuban adalah:

1. Perubahan yang terjadi dari tahun 2005-2010 berdasarkan analisis citra satelit menunjukkan bahwa Pantai Jenu, Tuban mengalami erosi di setiap stasiunnya. Perubahan yang terjadi pada tahun 2010-2014 menunjukkan bahwa Pantai Jenu mengalami penambahan lahan atau sedimentasi dibandingkan dengan tahun sebelumnya yaitu 2005-2010. Sehingga hasil pengukuran pada tahun 2005-2014 adalah sedimentasi.
2. Hasil yang dideapatkan dengan menggunakan perhitungan numerik untuk melihat perubahan selama 5 tahun dan 10 tahun adalah Pantai Jenu Tuban mengalami erosi di setiap stasiun.
3. Hasil pengukuran dari citra satelit tahun 2005-2010 dan perhitungan numerik menunjukkan keadaan yang relatif sama, yaitu mengalami erosi. Perubahan yang terjadi diakibatkan oleh pengaruh gelombang yang bergerak dari timur tenggara masuk ke pantai mengikis pantai dan menyebabkan erosi di sepanjang pantai. Sedangkan berdasarkan pengukuran citra satelit pada tahun 2010-2014 menunjukkan Pantai Jenu mengalami sedimentasi. Hal ini disebabkan oleh pembangunan *seawall* pada tahun 2012 di wilayah Stasiun A hingga Stasiun C dan penanaman mangrove di wilayah Stasiun D hingga Stasiun F.

### 5.2 Saran

Saran yang dapat diberikan setelah penulis melakukan penelitian yaitu agar dilakukan perbandingan hasil antara pengolahan data citra satelit dengan

perhitungan numerik yang lebih mendalam sehingga dapat diketahui keakuratan peramalan perubahan garis pantai dengan menggunakan perhitungan numerik.



## DAFTAR PUSTAKA

- Alden, Andrew. 2013. **Shepard's Classification of Sediments**. Artikel Online. *geology.about.com*. Diakses pada tanggal 3 Juni 2014 pukul 20.33 WIB
- Azhar, Moch Rizal, Suntoyo, dan Mahmud Musta'in. 2012. Analisa Perubahan Garis Pantai Tuban, Jawa Timur dengan Menggunakan *Empirical Orthogonal Function* (EOF). *Jurnal Teknik ITS*,1 (1): 286-291
- Holthuijsen, Leo. H. 2007. *Waves in Oceanic and Coastal Waters*. Cambridge University Press. Cambridge.
- Kamphuis, J. W. 2000. *Introduction to Coastal Engineering and Management*. Advanced Series on Ocean Engineering-Volume 16. Kanada
- Kompasiana. 2012. Mangrove Center Tuban (MCT) Laboratorium Alam Pantai Utara.Jakarta.<http://green.kompasiana.com/penghijauan/2012/03/08/mangrove-center-tuban-mct-laboratorium-alam-pantai-utara-445181.html>. Diakses tanggal 4 Maret 2014 pukul 08.08 WIB
- Monografi Desa/Kelurahan. 2013. Desa Jenu, Kecamatan Jenu, Kabupaten Tuban.
- Ongkosongo, O. S. R. *The Nature of Coast Lines in Indonesia. The Indonesian Journal of Geography*. **12** (43): 1-22
- Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi Kelautan. 2009. Studi Perubahan Garis Pantai Kaitannya dengan Pengelolaan Wilayah Pesisir Indramayu Jawa Barat. P3GL. Bandung. <http://www.mgi.esdm.go.id/content/studi-perubahan-garis-pantai-kaitannya-dengan-pengelolaan-wilayah-pesisir-indramayu-jawa-jar>. Diakses pada tanggal 28 Mei 2014 pukul 10.33 WIB.
- Siswanto, Aries Dwi, Widi Agoes Pratikto, dan Suntoyo. 2000. Analisa Stabilitas Garis Pantai di Kabupaten Bangkalan. *Jurnal Ilmu Kelautan*. **15** (4): 221-230
- Sorensen, Robert M. 2006. *Basic Coastal Engineering*. Springer. USA.
- Tomasicchio, Giuseppe R., Felice D'Alessandro, Giuseppe Barbaro, Giovanni Malara. 2013. General Longshore Transport Model. *Coastal Engineering*. **71** (2013): 28-36
- Triatmodjo, Bambang. 2008. *Teknik Pantai*. Beta Offset. Yogyakarta.
- Wahyudi, Teguh Hariyanto, dan Suntoyo. 2009. Analisa Kerentanan Pantai Utara Jawa Timur. SENTA ITS. Surabaya.
- Wentworth, Chester K. 1922. A Scale of Grade and Class Terms for Clastics Sediments. *The Journal of Geology*.**30** (5): 377-392
- Wibowo, Yudha Arie. 2011. Studi Perubahan Garis Pantai di Muara Sungai Porong. Universitas Hangtuah. Surabaya. <http://oseanografihangtuah.files.wordpress.com/2012/07/studi-perubahan-garis-pantai-di-delta-sungai-porong-menggunakan-program-arcview-gis-3.pdf>. Diakses pada tanggal 22 Mei 2013 pukul 10:32 WIB
- Wibowo, Yudha Arie. 2012. Dinamika Pantai (Abrasi dan Sedimentasi). Universitas Hangtuah. Surabaya. <https://oseanografihangtuah.files.wordpress.com/2012/12/dinamika-pantai-abrasi-dan-sedimentasi.pdf>. Diakses pada tanggal 2 Juni 2014 pukul 10.30 WIB

## LAMPIRAN

## Lampiran 1. Hasil Perubahan Garis Pantai dengan Perhitungan Numerik

Tabel Y (awal) dan Y (akhir) secara berkala selama 10 tahun

X	Y Awal	Y 1th	Y 5th	Y 10th
611302	9245409	9245404	9245384	9245360
611325	9245369	9245363	9245341	9245314
611337	9245319	9245313	9245291	9245264
611346	9245268	9245263	9245242	9245217
611370	9245226	9245221	9245199	9245172
611379	9245180	9245176	9245158	9245135
611389	9245143	9245138	9245116	9245089
611402	9245097	9245092	9245072	9245048
611419	9245057	9245052	9245030	9245003
611439	9245011	9245006	9244984	9244957
611461	9244965	9244960	9244940	9244916
611472	9244925	9244920	9244898	9244870
611494	9244877	9244872	9244852	9244828
611522	9244837	9244832	9244810	9244782
611543	9244790	9244785	9244763	9244736
611562	9244745	9244740	9244718	9244692
611585	9244701	9244696	9244675	9244650
611612	9244659	9244654	9244632	9244606
611634	9244615	9244610	9244588	9244562
611654	9244571	9244566	9244547	9244523
611679	9244532	9244527	9244507	9244482
611703	9244491	9244490	9244488	9244485
611676	9244370	9244374	9244388	9244405
611677	9244370	9244370	9244370	9244371
611695	9244352	9244353	9244358	9244365
611732	9244339	9244335	9244317	9244296
611763	9244303	9244298	9244280	9244257
611793	9244265	9244261	9244244	9244224
611823	9244230	9244226	9244208	9244185
611853	9244193	9244188	9244167	9244141
611881	9244150	9244145	9244123	9244097
611905	9244106	9244101	9244080	9244055
611919	9244064	9244059	9244037	9244011
611944	9244020	9244015	9243993	9243967

X	Y Awal	Y 1th	Y 5th	Y 10th
611972	9243976	9243971	9243949	9243922
611993	9243931	9243936	9243958	9243985
612084	9243962	9243961	9243956	9243949
612078	9243939	9243936	9243926	9243913
612087	9243911	9243906	9243886	9243861
612102	9243870	9243865	9243843	9243815
612103	9243822	9243818	9243801	9243781
612120	9243787	9243782	9243761	9243735
612144	9243744	9243739	9243717	9243691
612172	9243700	9243695	9243674	9243649
612199	9243658	9243653	9243632	9243606
612226	9243615	9243610	9243589	9243564
612254	9243573	9243568	9243548	9243524
612283	9243533	9243528	9243508	9243484
612309	9243493	9243488	9243468	9243444
612336	9243453	9243448	9243430	9243407
612365	9243415	9243410	9243390	9243365
612393	9243374	9243369	9243350	9243326
612421	9243335	9243330	9243312	9243289
612446	9243297	9243293	9243275	9243252
612476	9243260	9243255	9243236	9243212
612506	9243221	9243216	9243198	9243175
612535	9243183	9243178	9243160	9243137
612563	9243145	9243140	9243120	9243095
612590	9243104	9243100	9243082	9243059
612623	9243067	9243063	9243045	9243022
612652	9243030	9243025	9243003	9242977
612674	9242986	9242981	9242961	9242936
612699	9242945	9242940	9242921	9242897
612728	9242906	9242901	9242882	9242858
612756	9242867	9242871	9242885	9242902

Lampiran 2. Hasil Pengukuran Citra Satelit 2005-2010 dan 2010-2014

Tabel Hasil Pengukuran Jarak Antar Titik Tahun 2005 dengan 2010

Stasiun	A	B	C	D	E	F		
1	-19.43	-23.5	-7.68	-29.58	-31.13	-14.14		
2	-16.27	-21.24	0	-17.62	-20.25	-16.99		
3	-16.74	-15.36	-1.27	-32.64	-13.51	-11.31		
4	-18.53	-24.4	-11.75	-30.73	-14.14	-12.73		
5	-12.65	-15.36	-17.17	-20.79	-12.73	-9.19		
6	-20.79	-12.2	-18.53	-13.11	-11.31	-7.07		
7	-24.85	-13.56	-18.08	-13.56	-12.73	-16.26		
8	-26.21	-12.2	15.82	-16.27	-11.31	-16.26		
9				-18.98	-7.07	-14.14		
10				-10.84	-7.07	-15.56		
11				-11.29	-10.6	-13.45		
12				-7.69	-11.31	-10.63		
13					-11.33	-12.73		
14					-12.73		Jumlah	
	-19.43	-17.23	-7.33	-18.59	-13.37	-13.11	14.8451	m/5tahun
	-3.89	-3.45	-1.47	-3.72	-2.67	-2.62	-2.97	m/tahun

Tabel Perhitungan Jarak Antar Titik Tahun 2010 dengan 2014

Stasiun	A	B	C	D	E	F		
1	13.09	0	-6.27	-9.14	51.36	25.68		
2	7.73	-3.47	-6.84	12.56	34.24	22.25		
3	4.61	-13.13	-7.44	39.94	12.55	31.95		
4	3.07	-9.13	-5.7	41.08	6.84	33.09		
5	5.38	-19.4	-1.41	42.23	7.41	40.52		
6	13.08	-6.27	9.14	37.66	5.7	53.07		
7	16.16	-5.13	30.24	39.94	11.41	57.64		
8	7.73	-7.41	73.04	34.81	10.27	60.5		
9				22.82	14.83	61.63		
10				13.7	9.7	56.52		
11				10.28	16.55	62.77		
12				13.72	16.54	64.5		
13					13.12	67.91		
14					20.54		Jumlah	
	8.86	-7.99	10.60	24.97	16.50	49.08	17.00	m/5tahun
	1.77	-1.60	2.12	4.99	3.30	9.82	3.40	m/tahun



Lampiran 3. Dokumentasi Penelitian



Gambar 1. *Sediment Trap* sebelum ditanam, (sumber:dokumen penelitian, 2014)



Gambar 2. *Sediment Trap* setelah ditanam, (sumber:dokumen penelitian, 2014)



Gambar 3 Keadaan Muara Sungai Dekat Stasiun D, (sumber:dokumen penelitian, 2014)



Gambar 4. Muara Sungai dekat Stasiun C, (sumber:dokumen penelitian, 2014)



Gambar 5 Keadaan Lokasi Dekat Stasiun E, (sumber:dokumen penelitian, 2014)



Gambar 6 Keadaan Lokasi dekat Stasiun B, (sumber:dokumen penelitian, 2014)



Gambar 7 Muara Sungai Kecil Dekat Stasiun E, (sumber:dokumen penelitian, 2014)

