

**ANALISIS PERUBAHAN GARIS PANTAI DI SEPANJANG  
PESISIR BAGIAN SELATAN KABUPATEN BANGKALAN  
DENGAN MENGGUNAKAN MODEL NUMERIK**

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

Oleh :  
**ELVANI DENTARY**  
**0910860017**



**FAKULTAS PERIKANAN DAN ILMU KELAUTAN  
UNIVERSITAS BRAWIJAYA  
MALANG  
2013**

**ANALISIS PERUBAHAN GARIS PANTAI DI SEPANJANG  
PESISIR BAGIAN SELATAN KABUPATEN BANGKALAN  
DENGAN MENGGUNAKAN MODEL NUMERIK**

**SKRIPSI**

**PROGRAM STUDI ILMU KELAUTAN**

**JURUSAN PEMANFAATAN SUMBERDAYA PERIKANAN DAN ILMU  
KELAUTAN**

**Sebagai salah satu syarat untuk meraih gelar Sarjana Kelautan di Fakultas  
Perikanan dan Ilmu Kelautan**

**Universitas Brawijaya**

**Oleh :**

**ELVANI DENTARY**

**0910860017**



**FAKULTAS PERIKANAN DAN ILMU KELAUTAN**

**UNIVERSITAS BRAWIJAYA**

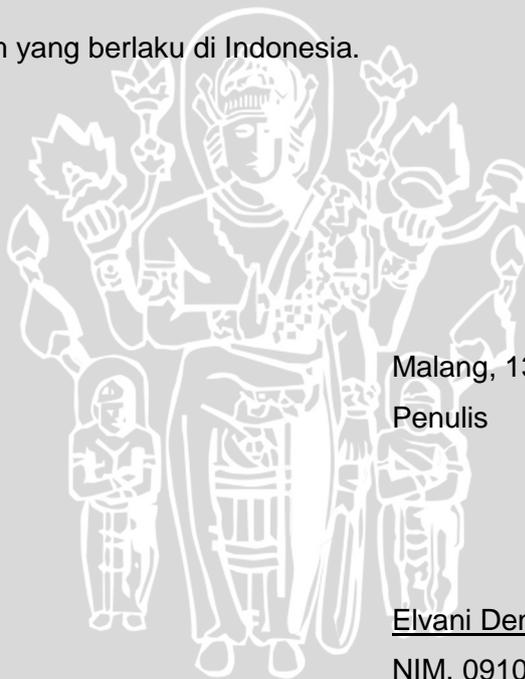
**MALANG**

**2013**

## 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, 13 Juni 2013

Penulis

Elvani Dentary

NIM. 0910860017

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Pembimbing penulis, . Aida Sartimbul, M. Sc, Ph. D dan Nurin Hidayati, ST, MSc atas bimbingan dan arahan dalam pelaksanaan penelitian Skripsi hingga terselesaikannya Laporan Skripsi ini.
2. Ketua Jurusan Pemanfaatan Sumberdaya Perikanan dan Kelautan Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Brawijaya Malang, Ir. Aida Sartimbul, M. Sc, Ph. D.
3. Orang tua dan saudara-saudara yang membantu dalam penelitian saya saat di lapang serta atas doanya sehingga saya bisa menyelesaikan laporan skripsi ini.
4. Teman-teman yang sudah banyak membantudalam penyelesaian skripsi ini,. Teman-teman ilmu kelautan khususnya, Mohammad Iqbal, Mulki nurdin A, Nidom Fahmi atas bantuannya dalam pengerjaan skripsi ini.

Terima kasih sekali lagi penulis sampaikan kepada semua pihak yang telah memberikan bantuan, baik berupa moril ataupun spirituil, sehingga kegiatan penelitian Skripsi ini dapat dijalani penulis dengan lancar dan tanpa rintangan yang berarti. Penulis juga memohon maaf karena tidak dapat mencantumkan satu per satu disini. Namun bukan berarti penulis melupakan segala bantuan yang diberikan kepada penulis.

Malang, 13 Juni 2013

Elvani Dentary

## RINGKASAN

**Elvani Dentary.** Skripsi dengan judul Analisa Perubahan Garis Pantai di Sepanjang Pesisir Bagian Selatan Kabupaten Bangkalan dengan Menggunakan Model Numerik (dibawah bimbingan **Ir. Aida Sartimbul Msc,PhD** dan **Nurin Hidayati, ST, MSc**)

Kabupaten Bangkalan terdapat Pelabuhan Kamal yang menyebabkan semakin tingginya aktifitas masyarakat Bangkalan di Pesisir Bangkalan bagian selatan. Sehingga dibutuhkan pemanfaatan area yang luas, salah satunya mengonversi hutan mangrove menjadi daerah pemukiman atau lahan industri. Dengan kondisi tidak adanya penahan gelombang di sepanjang pantai selatan Bangkalan dan juga dikarenakan hilangnya hutan mangrove, pantai Bangkalan rentan mengalami erosi. Dengan adanya erosi di pesisir selatan Bangkalan lambat laut akan menyebabkan perubahan garis pantai.

Tujuan dari penelitian Analisa Perubahan Garis Pantai di Sepanjang Pesisir Bagian Selatan Kabupaten Bangkalan dengan Menggunakan Model Numerik adalah: Untuk mengetahui pola perubahan garis pantai di sepanjang pesisir Kabupaten Bangkalan bagian selatan untuk beberapa tahun ke depan (5 tahun, 10 tahun, 15 tahun, 20 tahun dan 25 tahun) dan untuk mengetahui proses sedimentasi dan erosi yang terjadi di sepanjang pesisir Kabupaten Bangkalan bagian selatan.

Teknik pengumpulan data yang digunakan dalam penelitian ini meliputi data primer dan data sekunder. Data primer diperoleh penelitian lapang seperti data garis awal pantai, kemiringan pantai dan data sedimentasi. Kemudian sedimentasi diuji di Laboratorium Fisika Tanah Universitas Brawijaya untuk mengetahui diameter dan jenis sedimen. Sedangkan data sekunder diperoleh dari studi literatur, data hidro-oseanografi yang meliputi data gelombang dan data pasang surut yang diperoleh di Stasiun Maritim Perak II Surabaya untuk wilayah Selat Madura.

Metode pengolahan data menggunakan metode “modeling Numerik” untuk mengolah data hasil penelitian. Model numerik merupakan teknik dimana masalah matematika diformulasikan sedemikian rupa sehingga dapat diselesaikan oleh pengoperasian formula aritmatika atau operasi hitungan. Model numerik yang digunakan menggunakan Manohar. Persamaan Manohar menggunakan parameter utama gelombang dan jenis sedimentasinya, sehingga data yang dihasilkan akan lebih akurat. Data hasil pengamatan didapatkan: gelombang datang yang membentuk sudut ( $\alpha_0$ )  $90^\circ$ , berat jenis air laut ( $\rho$ )  $1,025 \text{ Ton/m}^3$ , kedalaman gelombang pecah ( $db$ )  $0,4 \text{ m}$ , cepat rambat gelombang pecah ( $m/s$ ) ( $C_b$ )  $1,7 \text{ m/s}$ , jarak antar pias ( $\Delta_x$ )  $50 \text{ m}$ , diameter sedimen ( $D$ )  $0,19 \text{ mm}$ , tinggi

gelombang pecah (Hb) stasiun 1 0,2 m, Tinggi gelombang pecah (Hb) stasiun II 0,3 m, Tinggi gelombang pecah (Hb) stasiun III 0,3m, Tinggi gelombang pecah (Hb) stasiun IV 0,3 m, berat jenis sedimen ( $\rho_s$ ) 1,49 ton/m<sup>2</sup>.

Hasil analisis menunjukkan bahwa di stasiun 1 terjadi perubahan garis pantai secara positif yang menunjukkan bahwa pada stasiun tersebut mengalami sedimentasi dengan rata-rata perubahan sebesar 0,59 m/tahun. Stasiun 2 terjadi perubahan garis pantai secara negatif yang menunjukkan bahwa pada stasiun tersebut mengalami erosi dengan rata-rata perubahan sebesar 0,11 m/tahun. Stasiun 3 terjadi perubahan garis pantai secara negatif yang menunjukkan bahwa pada stasiun tersebut mengalami erosi dengan rata-rata perubahan sebesar 0,10 m/tahun. Stasiun 4 terjadi perubahan garis pantai secara positif yang menunjukkan bahwa pada stasiun tersebut mengalami erosi dengan rata-rata perubahan sebesar 0,17 m/tahun



## KATA PENGANTAR

Dengan memanjatkan puji syukur ke hadirat Tuhan YME, atas limpahan rahmat dan hidayah –Nya penulis dapat menyajikan Laporan Skripsi yang berjudul Analisa Perubahan Garis Pantai di Sepanjang Pesisir Bagian Selatan Kabupaten Bangkalan dengan Menggunakan Model Numerik. Di dalam tulisan ini, disajikan pokok – pokok bahasan yang meliputi 1. Pendahuluan, 2. Tinjauan Pustaka, 3. Metode Penelitian, 4. Hasil dan Pembahasan, 5. Kesimpulan dan Saran.

Sangat disadari walaupun telah dikerahkan segala kemauan dan kemampuan untuk lebih teliti namun masih dirasakan ada kekurangtepatan. Oleh karena itu penulis mengharapkan saran yang membangun agar tulisan ini bermanfaat kedepannya.



Malang, 14 Juni 2013

Elvani Dentary

0910860017

## DAFTAR ISI

RINGKASAN.....	i
PENGANTAR.....	ii
DAFTAR ISI .....	iii
DAFTAR TABEL .....	vi
DAFTAR GAMBAR .....	vii
1. Pendahuluan.....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Kerangka Pemikiran .....	2
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan .....	3
1.5 Kegunaan .....	4
1.5 Waktu dan Tempat .....	4
2. Tinjauan Pustaka.....	5
2.1 Definisi Pantai dan Pesisir.....	5
2.2 Perubahan Garis Pantai .....	6
2.3 Kriteria Kerusakan Pantai.....	8
2.3.1 Sedimentasi.....	10
2.3.2 Erosi .....	12
2.4 Pemodelan Perubahan Garis Pantai .....	13
2.4.1 Pembagian Sel pada Garis Pantai.....	14
2.4.2 Koefisien Refraksi Gelombang .....	15
2.4.3 Gelombang Pecah.....	15
2.4.4 Transport Sedimen Pantai .....	17
2.4.5 Angkutan Sedimen Sepanjang Pantai .....	19
2.4.1 Perhitungan Numerik Analisa Perubahan Pantai .....	21
2.5 Citra Satelit Landsat .....	23
3. Metode Penelitian .....	24
3.1 Teknik Pengumpulan Data .....	25
3.1.1 Pengukuran Garis Awal Pantai.....	25
3.1.1.1 Alat Pengukuran Garis Awal Pantai.....	25
3.1.1.2 Metode Pengukuran Garis Awal Pantai.....	25
3.1.1.3 Hasil Pengukuran Garis Awal Pantai.....	28

3.1.2	Pengukuran Kemiringan Pantai .....	28
3.1.2.1	Alat dan Bahan Pengukuran Kemiringan Pantai.....	28
3.1.2.2	Metode Pengukuran Garis Kemiringan Pantai.....	28
3.1.2.3	Hasil Pengukuran Kemiringan Pantai .....	31
3.1.3	Pengambilan Sedimen dan Uji Laboratorium.....	33
3.1.3.1	Alat dan Bahan Sedimentasi .....	33
3.1.3.2	Metode Pengukuran Sedimentasi.....	34
3.2.3.2.1	Lapang.....	34
3.2.3.2.2	Laboratorium.....	36
3.1.3.3	Hasil Pengambilan Sedimen dan Uji Lab.....	38
3.1.4	Data Hidro-oseanografi.....	39
3.1.4.1	Pasang Surut .....	39
3.1.4.2	Gelombang.....	40
3.2	Teknik Pengolahan data.....	44
3.2.1.	Aplikasi Pengolahan Data.....	44
3.2.2.	Prosedur Pengolahan Data.....	44
3.3	Verifikasi dengan Citra Satelit Landsat .....	46
3.3.1.	Alat dan Bahan Pengolahan Citra landsat.....	46
3.3.2.	Metode Pengolahan Citra Landsat.....	46
4.	Hasil dan Pembahasan .....	48
4.1	Keadaan Umum Lokasi Penelitian.....	48
4.2	Hasil Penelitian.....	49
4.2.1	Grafik Perubahan Garis Pantai di Stasiun 1 .....	51
4.2.2	Grafik Perubahan Garis Pantai di Stasiun 2 .....	58
4.2.3	Grafik Perubahan Garis Pantai di Stasiun 3 .....	65
4.2.4	Grafik Perubahan Garis Pantai di Stasiun 4 .....	72
4.3	Analisa Hasil dan Pebahasan.....	80
4.4	Verifikasi Hasil Pemodelan Numerik Dengan Citra Landsat.....	81
4.5	Kendala Selama Penelitian.....	84
5.	Kesimpulan dan Saran .....	85
5.1	Kesimpulan .....	85
5.2	Saran .....	85
	DAFTAR PUSTAKA .....	86
	LAMPIRAN.....	88

## DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Klasifikasi Sedimen Berdasarkan Ukuran Butiran.....	12
2. Rumus Transport Sedimen Sepanjang Pantai.....	20
3. Data Position pada excel Untuk Xawal dan Yawal.....	28
4. Lokasi Pengambilan Data Kemiringan Pantai.....	31
5. Data Kemiringan pantai .....	32
6. Berat Jenis Sediment Pada Tiap-tiap Stasiun.....	38
7. Ukuran Diameter sedimen tiap-tiap Stasiun.....	39
8. Data gelombang di lokasi penelitian.....	41
9. Data Hb, db dan Cb .....	43
10. Hasil Analisis Perubahan Garis Pantai .....	50



## DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Pembagian Daerah Pantai.....	6
2. Segitiga Tekstur (USDA) Untuk Penetapan Tekstur .....	11
3. Pembagian SEI (Ruas) Pada Pantai.....	14
4. Penentuan Tinggi Gelombang Pecah.....	16
5. Penentuan Kedalaman Gelombang Pecah.....	17
6. Transport Sedimen di Sepanjang Pantai .....	18
7. Hubungan $\alpha_o$ , $\alpha_i$ dan $\alpha_b$ .....	22
8. Teknik Pengumpulan Data .....	23
9. Skema traking sepanjang garis pantai.....	25
10. Software MapSource.....	26
11. Titik-titik hasil <i>marking</i> pada Software MapSource .....	26
12. Track Property.....	26
13. Garis awal pantai hasil tracking.....	27
14. Skema pengukuran kemiringan pantai .....	29
15. Pembagian Tiap-tiap Stasiun Pada Lokasi Penelitian.....	30
16. Skema Pengambilan Sediment .....	33
17. Skema uji laboratorium sedimen.....	35
18. Data Pasang-surut di Perairan Selat.....	39
19. Data Pasang Surut Perairan Selat Madura Tanggal 22-24 April 2003 ..	39
20. Skema Pengolahan Data Gelombang .....	40
21. Sebaran Gelombang Seluruh Indonesia.....	42
22. Skema Pengolahan Data.....	44
23. Skema Pengolahan Citra Landsat.....	47
24. Peta Kabupaten Bangkalan.....	49
25. Grafik Perubahan untuk 5 tahun di Stasiun 1 .....	51
26. Grafik Perubahan untuk 10 tahun di Stasiun 1 .....	53
27. Grafik Perubahan untuk 15 tahun di Stasiun 1 .....	54
28. Grafik Perubahan untuk 20 tahun di Stasiun 1 .....	55
29. Grafik Perubahan untuk 25 tahun di Stasiun 1 .....	56
30. Grafik Perubahan Secara Berkala di Stasiun 1.....	57
31. Grafik Perubahan untuk 5 tahun di Stasiun 2 .....	57
32. Grafik Perubahan untuk 10 tahun di Stasiun 2 .....	59
33. Grafik Perubahan untuk 15 tahun di Stasiun 2 .....	60
34. Grafik Perubahan untuk 20 tahun di Stasiun 2 .....	61

35. Grafik Perubahan untuk 25 tahun di Stasiun 2 .....	62
36. Grafik Perubahan Secara Berkala di Stasiun 2.....	63
37. Grafik Perubahan untuk 5 tahun di Stasiun 3 .....	64
38. Grafik Perubahan untuk 10 tahun di Stasiun 3 .....	66
39. Grafik Perubahan untuk 15 tahun di Stasiun 3 .....	67
40. Grafik Perubahan untuk 20 tahun di Stasiun 3 .....	68
41. Grafik Perubahan untuk 25 tahun di Stasiun 3 .....	69
42. Grafik Perubahan Secara Berkala di Stasiun 3.....	70
43. Grafik Perubahan untuk 5 tahun di Stasiun 3 .....	71
44. Grafik Perubahan untuk 10 tahun di Stasiun 4 .....	73
45. Grafik Perubahan untuk 15 tahun di Stasiun 4 .....	74
46. Grafik Perubahan untuk 20 tahun di Stasiun 4 .....	75
47. Grafik Perubahan untuk 25 tahun di Stasiun 4 .....	76
48. Grafik Perubahan Secara Berkala di Stasiun 4.....	77
49. Perubahan Garis Pantai di Pesisir Bangkalan .....	78
50. Perubahan Garis Pantai di Kabupaten Bangkalan Tahun 2003.....	81
51. Perubahan Garis Pantai di Kabupaten Bangkalan Tahun 2009.....	82
52. Perubahan Garis Pantai di Kabupaten Bangkalan Tahun 2013.....	82
53. Perubahan Garis Pantai di Bangkalan Tahun 2003, 2009, 2013 .....	83



## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Jadwal Kegiatan Skripsi.....	88
1. Pengerjaan Pengolahan Data di Excel.....	89
2. Foto Kegiatan.....	95



## 1. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Daerah pantai merupakan daerah yang sering dimanfaatkan dalam berbagai kegiatan manusia seperti: pemukiman, industri, pelabuhan, pertambangan, pertanian, dan pariwisata. Kegiatan-kegiatan tersebut memiliki efek terhadap kawasan pantai tersebut seperti: erosi pantai, sedimentasi, penurunan tanah dan intrusi air asin serta pencemaran lingkungan (Pranoto,2007).

Menurut Siswanto (2010), banyak kota - kota besar di dunia terlebih juga kota-kota di Indonesia berada di daerah pantai, sehingga, tekanan terhadap lingkungan pantai semakin tinggi. Kabupaten Bangkalan yang merupakan daerah pesisir banyak melakukan pembangunan di daerah pesisir, salah satunya adalah Pelabuhan Kamal, Pelabuhan Kamal tersebut menghubungkan antara Madura dan Surabaya (Jawa Timur), sehingga menyebabkan wilayah pesisir dan pantai, khususnya di Kabupaten Bangkalan, mengalami tekanan, dikarenakan semakin banyaknya aktifitas yang dilakukan di Pesisir Bangkalan. Dengan adanya aktifitas yang besar di Pesisir Bangkalan akan semakin meningkatnya aktifitas manusia untuk pemanfaatan area pantai berpotensi menimbulkan gangguan terhadap ekosistem serta keseimbangan pantai, salah satu contoh aktifitas tersebut sdalah berupa konversi tanaman bakau menjadi areal usaha maupun pemukiman. Semakin tingginya kerusakan hutan mangrove menyebabkan luasan hutan mangrove semakin berkurang. Hal ini akan berpotensi menyebabkan erosi, sehingga terjadi kemunduran garis pantai (*retrogration coast*) yang bersifat erosi aktif.

Berdasarkan penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Siswanto (2010), mengenai stabilitas garis pantai di Kabupaten Bangkalan dengan menggunakan

pemodelan numerik, dengan hasil model untuk tahun 2024, menunjukkan penambahan garis pantai terjadi pada hampir semua sel, khususnya di daerah sekitar dermaga Pelabuhan Kamal.

Dari permasalahan tersebut, maka penulis akan menganalisis perubahan garis pantai selama beberapa tahun kedepan (5, 10, 15, 20 dan 25 tahun) di pesisir selatan Kabupaten Bangkalan. Menurut Suntoyo (1995), untuk menganalisis perubahan garis pantai bisa menggunakan digunakan metode pemodelan numerik. Menurut Chapra (1988), model numerik merupakan teknik dimana masalah matematika diformulasikan sedemikian rupa sehingga dapat diselesaikan oleh pengoperasian formula aritmatika atau operasi hitungan.

## 1.2 Kerangka Pemikiran

Di Kabupaten Bangkalan terdapat Pelabuhan Kamal yang menyebabkan semakin tingginya aktifitas masyarakat Bangkalan di Pesisir Bangkalan bagian selatan. Sehingga dibutuhkan pemanfaatan area yang luas, salah satunya mengonversi hutan mangrove menjadi daerah pemukiman atau lahan industri. Dengan kondisi tidak adanya penahan gelombang di sepanjang pantai selatan Bangkalan dan juga dikarenakan hilangnya hutan mangrove, pantai Bangkalan rentan mengalami erosi. Dengan adanya erosi di pesisir selatan Bangkalan lambat laut akan menyebabkan perubahan garis pantai.

### 1.3 Batasan Masalah

Lokasi penelitian dilakukan di pesisir selatan Kabupaten Bangkalan sepanjang 3,8 km yang dimulai dari Pelabuhan Kamal sampai dengan Pangkalan TNI AL.

Pemodelan numerik perubahan garis pantai selatan Bangkalan dimodelkan menggunakan persamaan Manohar. Dimana rumus Manohar tersebut merupakan rumus yang mempunyai kelebihan dari rumus yang lain, karena rumus tersebut menggunakan input data primer meliputi data sedimen, data gelombang dan data komponen fluks energi gelombang sepanjang pantai (P1), sedangkan rumus yang lainnya (lihat Tabel 4), untuk inputan data sedimen adalah langsung menggunakan konstanta yang dan bukan data primer. Sehingga dengan menggunakan rumus Manohar ini, diharapkan hasil pemodelan perubahan garis pantai dapat lebih valid dengan kondisi riilnya.

### 1.4 Tujuan

Tujuan dari penelitian Analisa Perubahan Garis Pantai di Sepanjang Pesisir Bagian Selatan Kabupaten Bangkalan dengan Menggunakan Model Numerik adalah:

1. Untuk mengetahui pola perubahan garis pantai di sepanjang pesisir Kabupaten Bangkalan bagian selatan untuk beberapa tahun ke depan (5 tahun, 10 tahun, 15 tahun, 20 tahun dan 25 tahun).
2. Untuk mengetahui daerah yang mengalami sedimentasi dan erosi yang terjadi di sepanjang pesisir Kabupaten Bangkalan bagian selatan.

### 1.5 Kegunaan

Hasil dari penelitian diharapkan dapat berguna bagi :

1. Masyarakat

Masyarakat mengetahui dan mampu beradaptasi jika terjadi perubahan terhadap garis pantai.

2. Pemerintah

Mampu memberikan solusi di daerah yang mengalami perubahan garis pantai, agar dapat mengambil kebijakan yang tepat dalam pengelolaan wilayah pesisir.

3. Mahasiswa

Sebagai informasi keilmuan untuk menambah wawasan pengetahuan dan keterampilan serta bahan informasi dan pedoman untuk mengadakan penelitian lebih lanjut.

### 1.6 Tempat dan Jadwal Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di wilayah pesisir selatan Kabupaten Bangkalan pada 24 April – 22 Mei 2013 dan di Laboratorium Fisika Tanah Universitas Brawijaya pada 3 Juni – 7 Juni 2013 detail jadwal pada Lampiran 1.

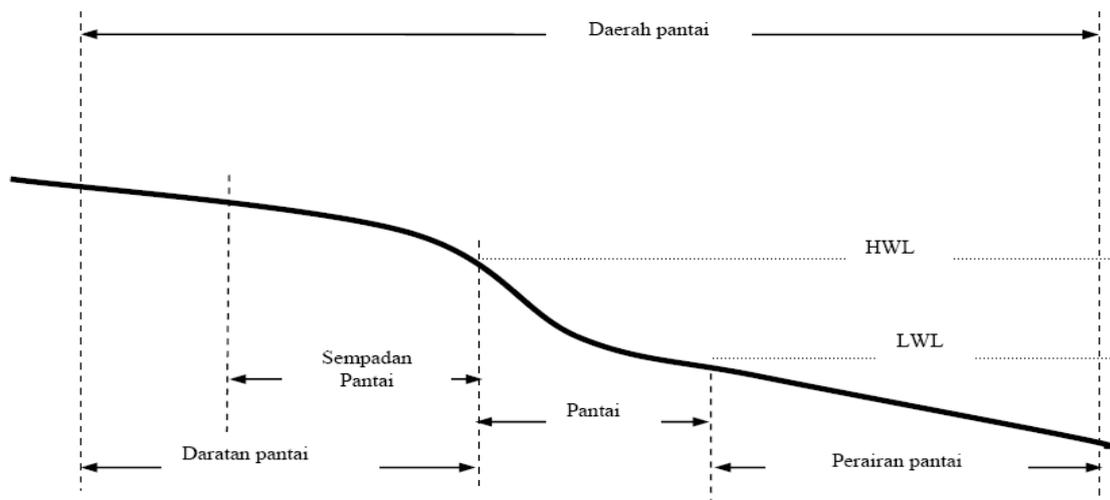
## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Definisi Pantai dan Pesisir

Menurut Triatmodjo (1999), pantai adalah daerah di tepi perairan yang dipengaruhi oleh air pasang tertinggi dan air surut terendah. Garis pantai adalah garis batas pertemuan antara daratan dan air laut, dimana posisinya tidak tetap dan dapat berubah sesuai dengan pasang surut air laut dan erosi pantai yang terjadi. Perubahan garis pantai disebabkan oleh faktor alam dan/atau faktor manusia. Faktor alam diantaranya gelombang laut, arus laut, angin, sedimentasi sungai, kondisi tumbuhan pantai serta aktivitas tektonik dan vulkanik. Sedangkan faktor manusia antara lain pembangunan pelabuhan dan fasilitas-fasilitasnya (misalnya breakwater), pertambangan, pengerukan, perusakan vegetasi pantai, pertambangan, perlindungan pantai serta reklamasi pantai.

Secara umum Sutikno (1993) menjelaskan bahwa pantai merupakan suatu daerah yang meluas dari titik terendah air laut pada saat surut hingga ke arah daratan sampai mencapai batas efektif dari gelombang. Sedangkan 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. Daerah pantai terbagi atas 3 daerah yaitu sepadan pantai yang merupakan daerah paling dekat dengan daratan, kemudian pantai dan perairan pantai (Gambar 1).

Wilayah pesisir merupakan wilayah daratan yang berbatasan dengan laut. Batas di daratan meliputi daerah-daerah yang tergenang air maupun yang tidak tergenang air yang masih dipengaruhi oleh proses-proses laut, seperti pasang surut, dan intrusi air laut. Sedangkan batas di laut adalah daerah-daerah yang dipengaruhi oleh proses-proses alami di daratan, seperti sedimentasi dan mengalirnya air tawar ke laut, serta yang dipengaruhi oleh kegiatan-kegiatan manusia di daratan (Supriharyono, 2000).



**Gambar 1. Pembagian daerah pantai (Sumber : Yuwono, 1999)**

Pesisir terbentuk akibat hempasan dari gelombang laut/ombak. Pesisir memiliki bentuk yang tidak sama, hal ini disebabkan karena pesisir terbentuk akibat hempasan dari gelombang laut serta ditambah dengan adanya terpaan dari badai (Matthews, 2005). Berdasarkan UU No 27 Tahun 2007 Wilayah Pesisir adalah daerah peralihan antara ekosistem darat dan laut yang dipengaruhi oleh perubahan di darat dan laut.

## 2.2 Perubahan Garis Pantai

Perubahan terhadap garis pantai adalah satu proses tanpa henti (terus menerus) melalui berbagai proses baik pengikisan (abrasi) maupun penambahan (akresi) pantai yang diakibatkan oleh pergerakan sedimen, arus susur pantai (*longshore current*), tindakan ombak dan penggunaan tanah. Perubahan garis pantai yang diakibatkan oleh faktor-faktor tersebut dapat menunjukkan kecenderungan perubahan garis pantai tersebut terkikis (mengarah ke daratan) atau bertambah (menjorok ke laut) (Arief, 2011).

Perubahan garis pantai berlangsung jika proses geomorfologi yang terjadi pada setiap bagian pantai melebihi proses yang biasanya terjadi. Proses geomorfologi yang dimaksud antara lain adalah :

1. Gelombang : Gelombang terjadi melalui proses pergerakan massa air yang dibentuk secara umum oleh hembusan angin secara tegak lurus terhadap garis pantai. Menurut Dahuri (2001), menyatakan bahwa gelombang yang pecah di daerah pantai merupakan salah satu penyebab utama terjadinya proses erosi dan sedimentasi di pantai.
2. Arus : Hutabarat dan Evans (1985) menyatakan, bahwa arus merupakan salah satu faktor yang berperan dalam pengangkutan sedimen di daerah pantai. Arus yang berfungsi sebagai media transpor sedimen dan sebagai agen pengerosi yaitu arus yang dipengaruhi oleh hempasan gelombang. Gelombang yang datang menuju pantai dapat menimbulkan arus pantai (*nearshore current*) yang berpengaruh terhadap proses sedimentasi/abrasi di pantai. Arus pantai ini ditentukan terutama oleh besarnya sudut yang dibentuk antara gelombang yang datang dengan garis pantai.
3. Pasut : Menurut Nontji (2002) pasut adalah gerakan naik turunnya muka laut secara berirama yang disebabkan oleh gaya tarik bulan dan matahari. Arus pasut ini berperan terhadap proses-proses di pantai seperti penyebaran sedimen dan abrasi pantai. Pasang naik akan menyebarkan sedimen ke dekat pantai, sedangkan bila surut akan menyebabkan majunya sedimentasi ke arah laut lepas. Arus pasut umumnya tidak terlalu kuat sehingga tidak dapat mengangkut sedimen yang berukuran besar.

Proses anthropogenik adalah proses geomorfologi yang diakibatkan oleh aktivitas manusia. Aktivitas manusia di pantai dapat mengganggu kestabilan lingkungan pantai. Gangguan terhadap lingkungan pantai dapat dibedakan menjadi gangguan yang disengaja dan gangguan yang tidak disengaja. Gangguan yang disengaja bersifat protektif terhadap garis pantai dan lingkungan pantai, misalnya dengan membangun jetti, groin, pemecah gelombang atau reklamasi pantai. Aktivitas manusia yang tidak disengaja menimbulkan gangguan

negatif terhadap garis pantai dan lingkungan pantai, misalnya pembabatan hutan bakau untuk dikonversi sebagai tambak (Sutikno 1993).

Untuk keperluan perencanaan pengelolaan kawasan pantai, diperlukan penelitian tentang perubahan garis pantai sehingga pembangunan yang dilakukan tidak berdampak terhadap lingkungan. Salah satu cara yang dapat digunakan untuk mengetahui perubahan garis pantai di suatu lokasi adalah dengan menggunakan model numerik (Dabees and Kamphuis, 2000).

### 2.3 Kriteria Kerusakan Pantai

Menurut Soeryamassoeka (2011), kerusakan pantai yang diakibatkan oleh perilaku gelombang terhadap daratan atau pesisir pantai bisa timbul karena faktor tertentu. Kriteria kerusakan pantai dibagi menjadi tiga bagian, yaitu:

1. Pengurangan daerah pantai (perubahan garis pantai, pengaruhnya terhadap lingkungan dan stabilitas bangunan).
2. Kerusakan lingkungan pantai (pemukiman/bangunan bermasalah, kualitas air laut, terumbu karang dan mangrove).
3. Sedimentasi dan pendangkalan muara (prosentase penutupan pada muara, pengaruh pada lingkungan).

Menurut Indah Karya (1993) dan Secon (1998) dalam Ruzardi (2004), mengklasifikasikan kerusakan daerah pantai dalam kategori (Ringan, Sedang, Berat, Amat Berat, dan Amat Sangat Berat), bentuk-bentuk kerusakan ini dapat dikenali di lapangan seperti:

1. Pantai berpasir atau lunak (erosi), seperti: perubahan garis pantai, gerusan dikaki bangunan, daerah yang terkena erosi/gerusan dan pengaruhnya terhadap daerah lain.

2. Pantai berbatu/bangunan (abrasi), seperti: abrasi di batuan, abrasi di tembok laut dan daerah yang terkena abrasi dan pengaruhnya terhadap daerah sekitar.
3. Sedimentasi dan pendangkalan muara, seperti: lamanya muara tertutup, pembukaan muara dan daerah yang terkena sedimentasi dan pengaruh sedimentasi.
4. Kerusakan lingkungan pantai, seperti: permukiman, kualitas air laut, terumbu karang, hutan *mangrove* dan bangunan bermasalah.

Khusus pantai-pantai yang berada di lokasi permukiman padat penduduk kerusakan pantai tidak hanya disebabkan oleh sifat-sifat alam, tetapi perilaku manusia yang bermukim di sekitar pantai tersebut dapat juga menimbulkan kerusakan.

Dalam menentukan tingkat perubahan pantai yang dapat dikategorikan kerusakan daerah pantai adalah tidak mudah. Untuk melakukan penilaian terhadap perubahan pantai diperlukan suatu tolok ukur agar supaya penilaian perubahan pantai dapat lebih obyektif dalam penentuan tingkat kerusakan tersebut. Perubahan pantai harus dilihat tidak dalam keadaan sesaat, namun harus diamati dalam suatu kurun waktu tertentu. Perubahan garis pantai yang terjadi sesaat tidak berarti pantai tersebut tidak stabil, hal ini mengingat pada analisis perubahan garis pantai dikenal keseimbangan dinamis daerah pantai (Setyandito, 2007).

Menurut Litbang PU Pengairan (1993), kerusakan daerah pantai dapat ditinjau berdasarkan :

1. Pengurangan daerah pantai:

- a) pengurangan daerah pantai berpasir atau lunak disebut erosi, Lokasi Penelitian
- b) pengurangan daerah pantai berbatu /bangunan disebut abrasi

2. Sedimentasi dan pendangkalan muara

3. Kerusakan Lingkungan Pantai

### 2.3.1 Sedimentasi

Sedimen merupakan pecahan dari batuan, mineral atau materi organik dan anorganik yang ditransportasikan dari berbagai sumber dan diendapkan oleh angin, air dan es (pipkin, 1977). Sedangkan menurut Pettijohn (1977), definisi batuan sedimen adalah suatu bentuk akumulasi material padat pada atau dekat permukaan bumi pada temperatur dari tekanan rendah yang merupakan karakteristik suatu lingkungan tertentu. Menurut Jamulyo (1993), tekstur tanah didefinisikan sebagai perbandingan relative berbagai golongan besar partikel tanah dalam suatu massa tanah, terutama perbandingan antara fraksi-fraksi pasir, debu dan lempung. Terdapat dua sistem klasifikasi fraksi tanah yang terkenal yaitu:

1. Sistem yang dikemukakan oleh Atterberg atau dikenal dengan nama sistem internasional (*International society of soilscience*)
2. Sistem USDA (United State Department of Agriculture) yang digunakan di seluruh dunia.

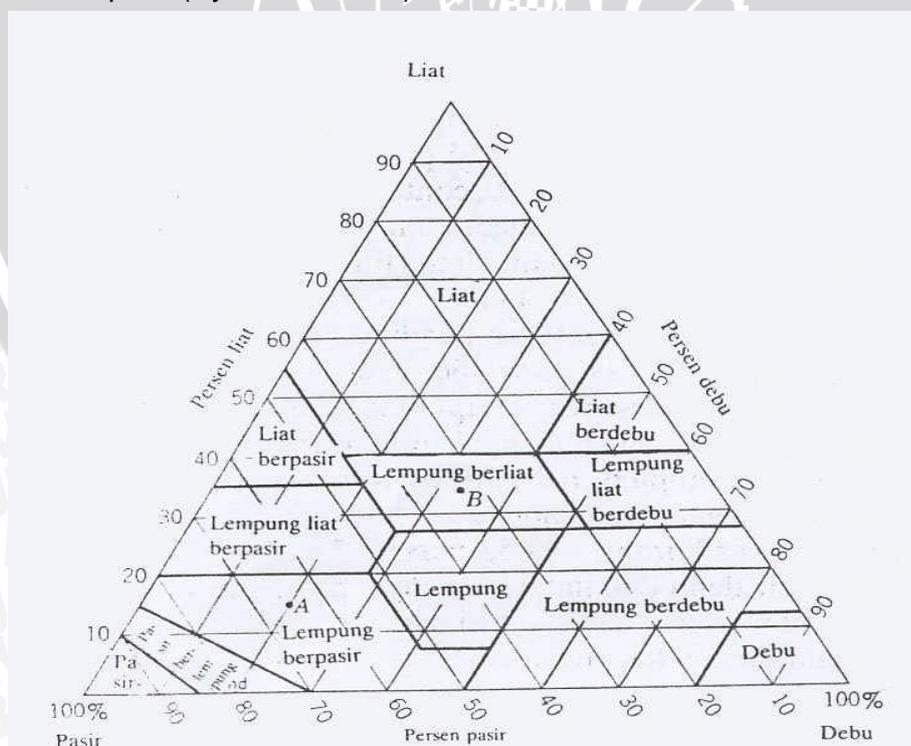
Penggolongan di atas yang terpenting adalah:

- Fraksi pasir : diameternya antara 2 mm - 0,05 mm (200 $\mu$ -50 $\mu$ )
- Fraksi debu : diameternya antara 0,05 mm - 0,002 mm (50 $\mu$ -2 $\mu$ )

- Fraksi lempung : diameternya  $< 0,002$  mm ( $< 2\mu$ )
- Butir-butir tanah :  $> 2$ mm disebut gravel tidak termasuk fraksi tanah.

Pembatasan ketiga fraksi masing-masing tekstur tanah dapat digambarkan dengan *triagul artextur* menurut USDA. Titik sudutnya menunjukkan 100% salah satu fraksi, sedang tiap sisi menggambarkan % berat masing-masing fraksi mulai 0% sampai 100%. Segitiga USDA (Gambar 2) terbagi atas 13 bidang yang menunjukkan masing-masing tekstur (Jamulyo, 1993).

Pengendapan partikel juga tergantung pada arus dan besar butir sedimen (Tabel 1). Partikel yang lebih besar mengendap lebih cepat daripada partikel yang lebih kecil dan arus yang kuat akan mempertahankan partikel dalam suspensi lebih lama daripada arus yang lemah. Substrat pada tempat yang arusnya kuat akan menjadi kasar, karena hanya partikel besar yang akan terendapkan sedangkan jika perairan tenang dan arusnya lemah, lumpur halus akan terendapkan (Nybakken, 1992).



**Gambar 2. Segitiga tekstur (USDA) untuk penetapan kelas tekstur (sumber : Jamulyo, 1993)**

Tabel 1. Klasifikasi sediment berdasarkan ukuran butiran (Triatmodjo, 1999)

Klasifikasi		Diameter Partikel	
		mm	Satuan phi
Batu		256	-7
Cobble		128	-6
Koral (Pebble)	Besar	64	-5
	Sedang	32	-4
	Kecil	16	-3
	Sangat kecil	8	-2
Kerikil		4	-1
	Sangat kasar	2	0
	Kasar	1	1
	Sedang	0,5	2
	Halus	0,25	3
	Sangat Halus	0,125	4
Lumpur	Kasar	0,063	5
	Sedang	0,031	6
	Halus	0,015	7
	Sangat Halus	0,0075	8
Lempung	Kasar	0,0037	9
	Sedang	0,0018	10
	Halus	0,0005	11
	Sangat Halus	0,0003	12

### 2.3.2 Erosi

Erosi adalah suatu proses atau peristiwa hilangnya lapisan permukaan tanah atas, baik disebabkan oleh pergerakan air maupun angin (Suripin, 2004). Menurut Asdak (1995), erosi merupakan tiga proses yang berurutan, yaitu pelepasan (detachment), pengangkutan (transportation), dan pengendapan (deposition) bahan-bahan tanah oleh penyebab erosi, sedangkan abrasi adalah suatu proses perubahan bentuk pantai atau erosi pantai yang disebabkan oleh gelombang laut, arus laut dan pasang surut laut. Abrasi yang terjadi terus menerus akan menimbulkan kerusakan lingkungan. Proses terjadinya abrasi karena faktor alam disebabkan oleh angin yang bertiup di atas lautan yang menimbulkan gelombang dan arus laut sehingga mempunyai kekuatan untuk mengikis daerah

pantai. Gelombang yang tiba di pantai dapat menggetarkan tanah atau batuan yang lama kelamaan akan terlepas dari daratan.

Menurut Bengen (2004) ekosistem pesisir terutama mangrove dan terumbu karang memiliki fungsi yang sangat penting sebagai pelindung pantai dan pemukiman pesisir dari hantaman gelombang, badai dan erosi pantai, selain berperan sebagai penyedia pangan, tempat perlindungan dan perkembangbiakan berbagai jenis biota laut. Erosi pantai merupakan salah satu masalah serius degradasi garis pantai, selain proses-proses alami seperti angin, hujan dan gelombang, aktivitas manusia juga menjadi penyebab penting erosi pantai. Kebanyakan erosi pantai akibat aktivitas manusia adalah pembukaan hutan mangrove untuk kepentingan pemukiman, dan pembangunan infrastruktur, sehingga sangat mengurangi perlindungan terhadap pantai.

Menurut Diposaptono (2012), erosi pantai adalah proses mundumnya garis pantai dari kedudukan garis pantai semula, yang antara lain disebabkan oleh, Daya tahan erosi material dilampaui oleh kekuatan eksternal yang ditimbulkan oleh pengaruh hidrodinamika dan tergantungnya atau tidak adanya keseimbangan antara suplai sediment yang datang ke bagian pantai yang ditinjau dan kapasitas angkutan sediment di bagian pantai tersebut. Erosi pantai tergantung pada kondisi angkutan sediment pada lokasi tersebut, yang dipengaruhi oleh: angin, gelombang, arus, pasang surut, sediment dan kejadian lainnya, serta adanya gangguan yang dilakukan oleh manusia yang mungkin berupa kontruksi bangunan pantai, dan penambangan pasir pantai.

#### **2.4 Pemodelan Perubahan Garis Pantai**

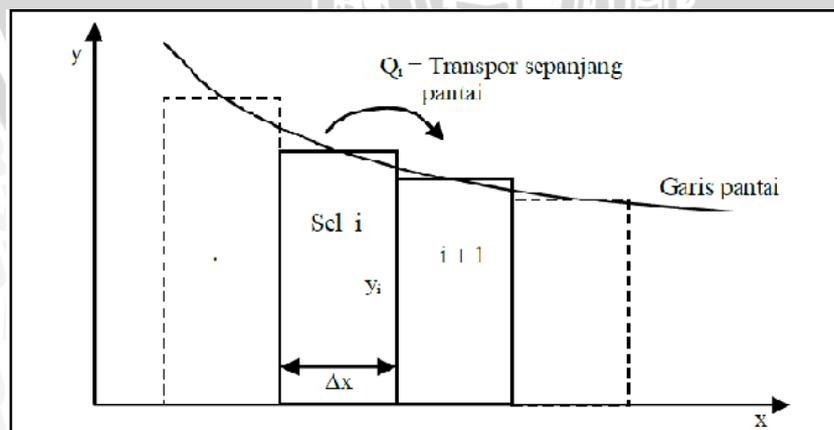
Perubahan garis pantai dapat diprediksi dengan membuat model matematik yang didasarkan pada imbalanced sediment pantai pada daerah pantai yang ditinjau. Analisa imbalanced sediment pantai dapat digunakan untuk

mengevaluasi suatu pantai mengalami sedimentasi atau erosi. Transport sediment sepanjang pantai merupakan penyebab utama terjadinya perubahan garis pantai. Dengan demikian maka dalam model perubahan garis pantai ini akan diperhitungkan transport sedimen sepanjang pantai (Triatmodjo, 1999).

Menurut Sakka (2011), model perubahan garis pantai dibuat berdasarkan pada persamaan *Budget* sedimen yaitu sepanjang pantai dibagi menjadi sejumlah sel dengan panjang yang sama ( $\Delta x$ ), Volume sedimen yang berada dalam sel ( $\Delta V$ ) diperoleh dengan asumsi bahwa kedalaman dasar pantai ( $h$ ) dalam sel adalah homogen.

#### 2.4.1 Pembagian Sel pada Garis Pantai

Menurut Triatmodjo (1999), model perubahan garis pantai didasarkan pada persamaan kontinuitas sediment di pantai tersebut. Untuk itu pantai dibagi menjadi beberapa sel dengan panjang yang sama (Gambar 3.). Pada tiap sel tersebut akan dilihat jumlah sediment yang masuk dan keluar. Sesuai dengan hukum kekekalan massa, "jumlah laju aliran massa netto di dalam sel adalah sama dengan laju perubahan massa di dalam sel tiap satuan waktu".



Gambar 3. Pembagian sel (ruas) pada pantai (sumber : Triatmodjo, 1999)

### 2.4.2 Koefisien Refraksi Gelombang

Menurut Triadmojdo (1999), refraksi gelombang merupakan pembelokan gelombang yang berusaha sejajar dengan garis kontur dasar laut, hal ini dikarenakan gelombang di laut dalam bergerak lebih cepat daripada di laut yang lebih dangkal. Refraksi gelombang sangat berpengaruh dalam distribusi energi gelombang sepanjang pantai, sehingga akan mempengaruhi pula sedimen yang akan masuk ke daerah pantai. Refraksi dan pendangkalan gelombang dapat menentukan tinggi gelombang suatu tempat berdasarkan gelombang datang. Untuk menentukan refraksi gelombang dapat di lihat pada rumus 1 berikut :

$$K_r = \sqrt{\frac{\cos(\alpha_0)}{\cos(\alpha)}} \dots\dots\dots(1)$$

Keterangan :

$K_r$  = koefisien refraksi gelombang

$\alpha_0$  = sudut antara garis puncak gelombang dilaut dalam dan garis pantai (sudut datang)

$\alpha$  = pembelokan gelombang permukaan laut akibat angin yang merupakan sudut antara puncak gelombang dan garis kontur dasar laut di titik yang diteliti.

### 2.4.3 Gelombang Pecah

Menurut Triatmodjo (1999), perbandingan antara tinggi dan panjang gelombang mempengaruhi gelombang pecah. Kemiringan yang lebih tajam dari batas maksimum menyebabkan kecepatan partikel di puncak gelombang lebih besar jika dibandingkan dengan kecepatan rambat gelombang, sehingga menimbulkan ketidakstabilan dan pecah pada gelombang. Gelombang yang berasal dari laut akan bergerak menuju pantai sehingga menyebabkan ketidakstabilan gelombang, karena ketidakstabilan ini menyebabkan gelombang pecah pada kedalaman tertentu. Hal ini akan mempengaruhi tinggi gelombang

pecah ( $H_b$ ), dan kedalaman gelombang pecah ( $db$ ). Untuk menghitung  $H_b$  dan  $db$  dapat menggunakan rumus 2 berikut :

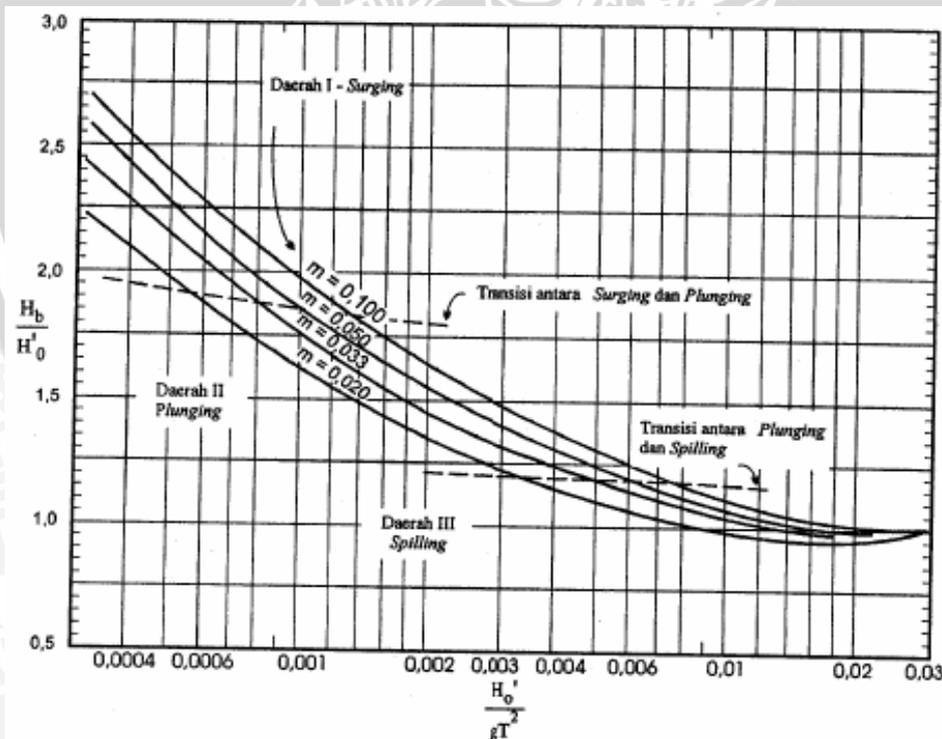
$$\frac{db}{H_b} = \frac{1}{b - \left(\frac{aH_b}{gT^2}\right)} \dots\dots\dots(2)$$

Dengan mengetahui periode gelombang ( $T$ ) , tinggi gelombang, koefisien refaksi gelombang ( $K_r$ ) dan perbandingan kemiringan ( $m$ ) maka dapat dihitung tinggi dan kedalaman gelombang pecah dengan menggunakan rumus 3 dan 4 berikut :

$$H'_0 = K_r.H_0 \dots\dots\dots(3)$$

Dimana,  $H'_0 / gT^2 \dots\dots\dots(4)$

Diperoleh perbandingan kedalaman gelombang dari kedalaman lapang (Rumus 5), lihat Gambar 4. Penentuan tinggi gelombang pecah



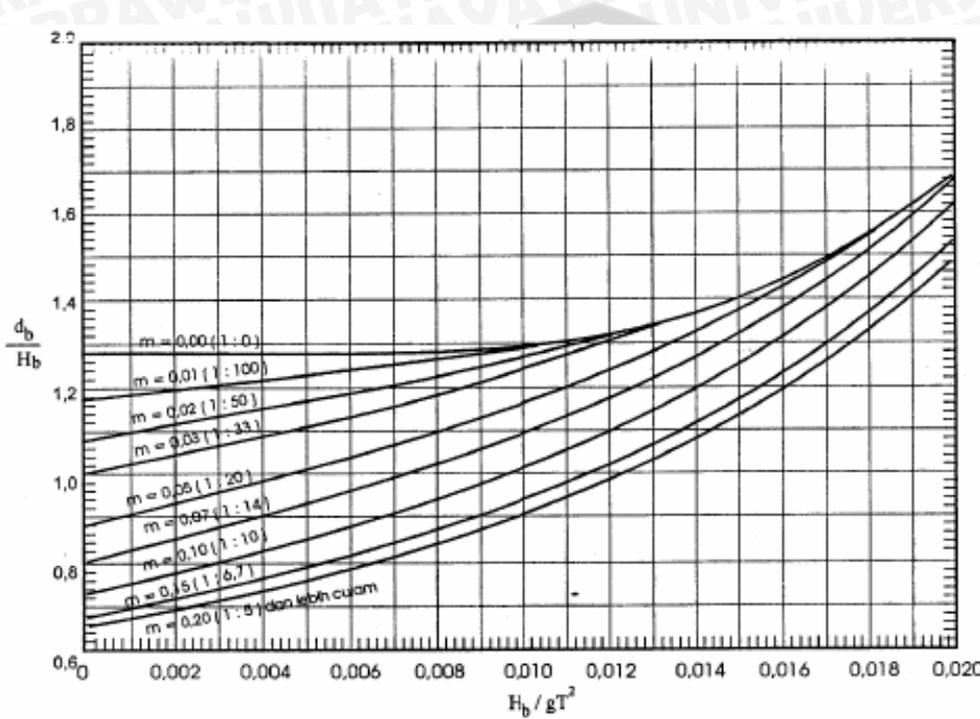
Gambar 4. Penentuan tinggi gelombang pecah , (sumber : Triatmojdo, 1999)

$H_b/H'_0 \dots\dots\dots(5)$

Sehingga dapat ditentukan nilai tinggi gelombang pecah ( $H_b$ ), dengan rumus 6 berikut :

$$H_b/gT^2 \dots\dots\dots(6)$$

Lihat Gambar 5.



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

Dihitung nilai kedalaman gelombang pecah ( $db$ ) pada rumus 7 :

$$db/H_b \dots\dots\dots(7)$$

Dihitung nilai cepat rambat gelombang pecah pada rumus 8 :

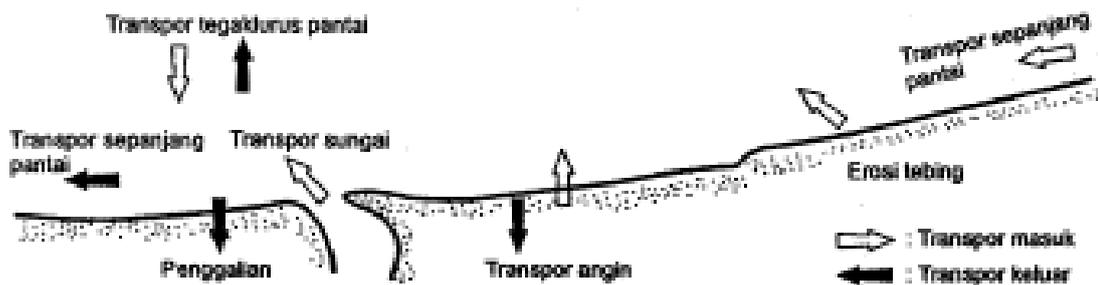
$$(C_b = \sqrt{g \times db}) \dots\dots\dots(8)$$

#### 2.4.4 Transport Sedimen Pantai

Transport sedimen pada kawasan hilir dapat disebabkan oleh arus sejajar pantai atau diistilahkan dengan transport sedimen sepanjang pantai (*longshore sediment transport*). Koesoemadinata (1980) menyebutkan bahwa transport sedimen sepanjang pantai terjadi apabila pasir terangkat oleh turbulensi yang

disebabkan oleh gelombang pecah sehingga menyebabkan terjadinya erosi dan akresi di daerah pantai.

Untuk menganalisis perubahan garis pantai dibutuhkan data berupa transport sediment yang masuk dan keluar pantai. Pada Gambar 6 ditampilkan mekanisme transport sediment yang masuk dan keluar sepanjang pantai, serta asal dan perpindahan sedimen yang berada di sepanjang pantai.



**Gambar 6. Transport sedimen di sepanjang pantai (sumber : Triatmodjo, 1999)**

Menurut Nanang (2001), menyatakan ukuran partikel sedimen sangat beragam dengan variasi yang cukup besar. Sedimen pantai diklasifikasikan berdasarkan ukuran butir menjadi lempung pasir, kerikil, koral, *cobble* dan batu tergantung pada ukuran partikel yang paling dominan pada sedimen tersebut. Menurut *Unified Soil Classification System* (USCS), penggolongan ukuran butir tanah berdasarkan data berikut :

1. Kerikil, besar butiran 76.2-4.75 mm
2. Pasir, besar butiran 4.75-0,075 mm
3. Halus (lanau/lempung), besar butiran <0.075 mm

Dengan melihat data diatas maka dapat ditemtukan jenis sedimen apa yang berada di daerah penelitian untuk memperhitungkan perubahan garis pantai yang dominan.

### 2.4.5 Angkutan Sedimen Sepanjang Pantai (Qs)

Menurut Triatmodjo (1999), transpor sedimen sepanjang pantai banyak menyebabkan permasalahan seperti pendangkalan di pelabuhan, erosi pantai dan sebagainya. Oleh karena itu prediksi transport sedimen sepanjang pantai adalah sangat penting. Beberapa cara yang biasanya digunakan untuk memprediksi transpor sedimen sepanjang pantai adalah sebagai berikut ini.

- a. Cara terbaik untuk memperkirakan transpor sedimen sejajar pantai pada suatu tempat adalah mengukur debit sedimen di lokasi yang ditinjau.
- b. Peta atau pengukuran yang menunjukkan perubahan elevasi dasar dalam suatu periode tertentu dapat memberikan petunjuk tentang angkutan sedimen. Cara ini terutama baik apabila di daerah yang ditinjau terdapat bangunan yang bisa menangkap transpor sedimen sepanjang pantai, misalnya groin, pemecah gelombang suatu pelabuhan dan sebagainya.
- c. Rumus empiris yang didasarkan pada kondisi gelombang di daerah yang ditinjau.

Berikut ini akan dipelajari cara memprediksi transpor sedimen sepanjang pantai dengan menggunakan rumus empiris. Rumus yang ada untuk menghitung transpor sedimen sepanjang pantai dikembangkan berdasar data pengukuran model dan prototip pada pantai berpasir. Sebagian rumus-rumus tersebut merupakan hubungan yang sederhana antara transpor sedimen dan komponen fluks energi gelombang sepanjang pantai dalam bentuk:

$$Q_s = K P_1^n \dots\dots\dots(9)$$

$$P_1 = \frac{\rho \times g}{8} H_b^2 C_b \sin \alpha_b \cos \alpha_b \dots\dots\dots(10)$$

Keterangan :

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

$P_1$  : komponen fluks energi gelombang sepanjang pantai pada saat

pecah (Nm/d/n)

$\rho$  : rapat massa air laut (kg/m<sup>3</sup>)

$H_b$  : tinggi gelombang pecah (m)

$C_b$  : cepat rambat gelombang pecah (m/d)

$\alpha_b$  : sudut datang gelombang pecah

$K_n$  :konstanta

Sebagian rumus-rumus tersebut merupakan hubungan yang sederhana antara transpor sedimen dan komponen flus energi gelombang sepanjang pantai ( $P_1$ ).

Angkutan sedimen sepanjang pantai ( $Q_s$ ) akan memberikan gambaran apakah sepanjang pantai tersebut mengalami sedimentasi atau erosi dengan satuan m<sup>3</sup>/hari. Pada Tabel 2 akan disajikan berbagai rumus untuk perhitungan  $Q_s$ .

Tabel 2. Rumus Transport Sedimen Sepanjang Pantai (Triatmodjo, 1999)

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, Achiari, Tomita, Murobuse	$Q_s=0,130P_1^{0,8}$
5.	Manohar	$Q_s=55,7D^{0,59}\left(\frac{\rho_s - \rho}{\rho}\right)^{-0,41}P_1^{0,91}$
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	$Q_s=0,283 \frac{V.P_1}{U_\infty \cdot \sin \alpha_b}$
10.	Das	$Q_s=0,325P_1$
11.	CERC	$Q_s=0,401P_1$

$Q_s$  (m<sup>3</sup>/hari)

$P_1$ (Ton m/hari/m)

### 2.4.6 Perhitungan Numerik Analisa Perubahan Garis Pantai

Untuk perhitungan analisa perubahan garis pantai langkah – langkahnya adalah sebagai berikut :

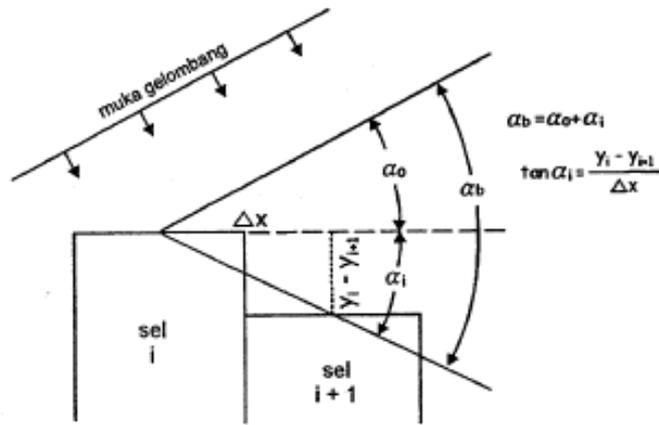
- Mengetahui data X dan titik Y awal yang didapat dari hasil tracking dengan menggunakan GPS.
- Mengetahui Gelombang datang yang membentuk sudut ( $\alpha_0$ ), Tan gelombang datang yang membentuk sudut ( $\tan \alpha_0$ ) Tinggi gelombang pecah (m) ( $H_b$ ), Massa jenis air laut ( $\rho = 1,025 \text{ Ton/m}^3$ ), Kedalaman gelombang pecah (m) ( $db$ ), Gravitasi bumi ( $9,8 \text{ m/s}^2$ ) ( $g$ ), Cepat rambat gelombang pecah (m/s) ( $C_b$ ), Jarak antar pias ( $\Delta_x$ ), Waktu yang ditentukan untuk pengamatan ( $\Delta_t$ ), diameter sedimen ( $D$ ), dan berat jenis sedimen ( $\rho_s$ ).
- Mencari sudut  $\alpha_i$  yang dibentuk oleh garis pantai dengan garis sejajar sumbu x, antara sel Y(i) dan sel Y(i+1) yang dinyatakan dengan rumus 11 :

$$\tan(\alpha_i) = \frac{Y(i) - Y(i+1)}{\Delta x} \dots\dots\dots(11)$$

- Mencari sudut gelombang pecah ( $\alpha_b$ ), dengan rumus 12 :

$$\tan(\alpha_b) = \frac{\tan(\alpha_i) + \alpha_0}{1 + (\tan \alpha_i \tan \alpha_0)} \dots\dots\dots(12)$$

Sudut datang gelombang pecah akan berubah dari satu sel ke sel lainnya karena bentuk dari profil pantai (Gambar 7).



Gambar 7. Hubungan  $\alpha_o$ ,  $\alpha_i$  dan  $\alpha_b$  (sumber :Triatmodjo, 1999)

- Mencari nilai sudut datang gelombang pecah ( $\alpha_b$ ) dengan menggunakan rumus 13 :

$$\alpha_b = \text{DEGREES}(\text{ATAN}(\tan(\alpha_b))) \dots \dots \dots (14)$$

- Mencari sin  $\alpha_b$  dan cos  $\alpha_b$ ,
- Mencari nilai komponen fluks energi gelombang sepanjang pantai pada saat pecah (P1). Dimana P1 memiliki hubungan dengan transport sediment. Untuk mencari P1 dapat menggunakan rumus 15 :

$$P_1 = \frac{\rho \cdot g}{8} H_b^2 \times c_b \times \sin \alpha_b \times \cos \alpha_b \dots \dots \dots (15)$$

Keterangan :

$\rho$  = Berat jenis air laut (1,025Ton/m<sup>3</sup>)

$g$  = Grafitasi bumi (9,8 m/s<sup>2</sup>)

- Dihitung angkutan sediment sepanjang pantai ((Qs) m<sup>3</sup>/hari), dimana penulis menggunakan 2 rumus yaitu rumus Manohar. Ditulis pada rumus 16 :

$$\text{Manohar : } Q_s = 55,7 \times D^{0,59} \times ((\rho_s - \rho) / \rho)^{-0,41} \times P_1^{0,91} \dots \dots \dots (16)$$

- Dihitung nilai  $Y_{akhir}$  berdasarkan rumus-rumus diatas dengan menggunakan rumus 17 :

$$Y_{akhir} = Y_{awal} + ((1/db) \times (Q_s / \Delta_x)) \times \Delta_t \dots \dots \dots (17)$$

Keterangan :

$\Delta_t$  = waktu yang ditentukan untuk pengamatan (hari)



## 2.5 Citra Satelit Landsat

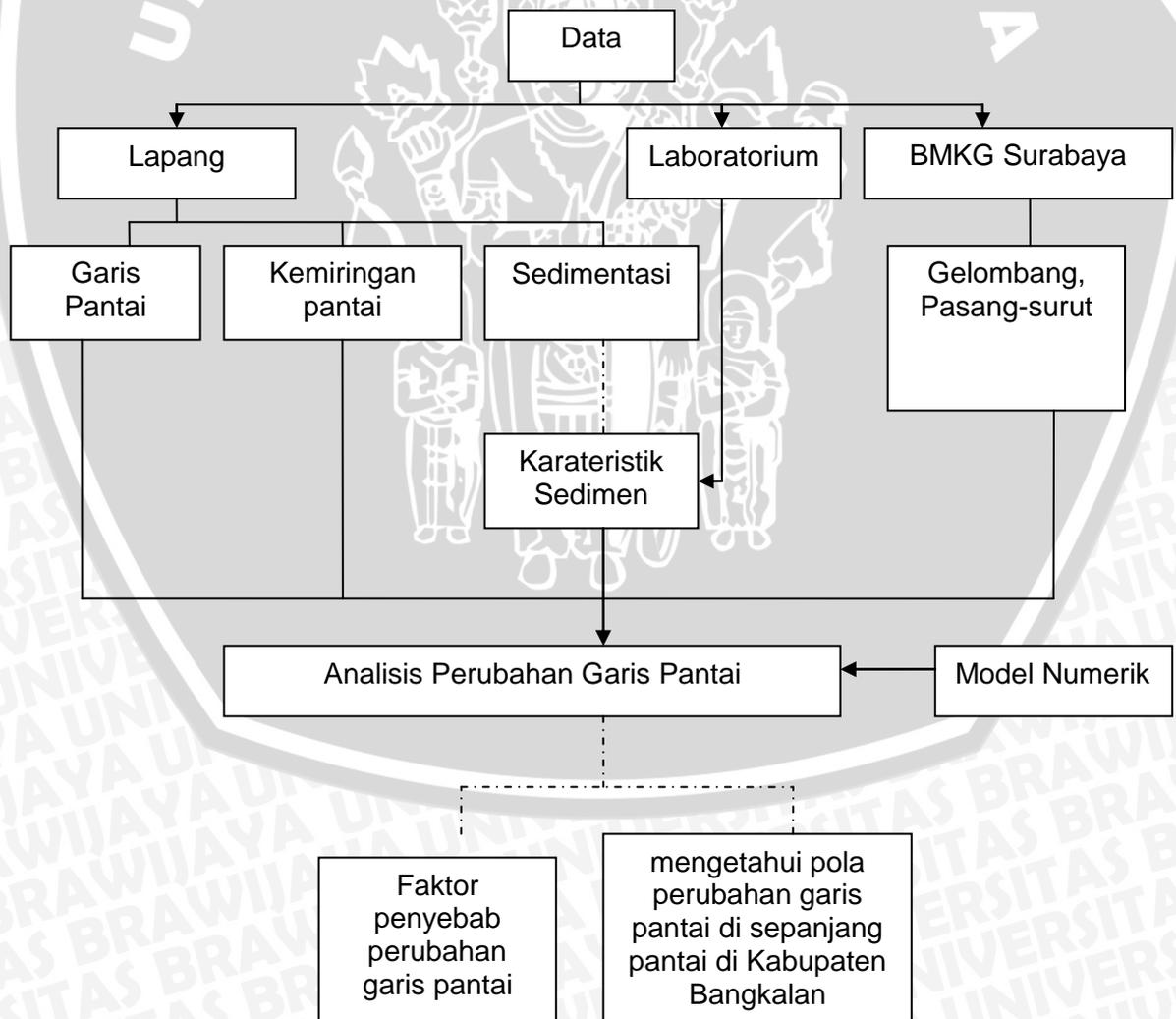
Untuk mengetahui terjadinya perubahan garis pantai diperlukan ketersediaan data pendukung, salah satunya adalah citra satelit. Citra satelit memiliki kegunaan yang sangat luas, diantaranya diterapkan dalam pemantauan sumber daya alam, pertanian, sumber daya air dan telah menunjukkan hasil yang memuaskan (Suriadikusumah, 2004). Citra satelit sendiri memiliki susunan teratur dari elemen terkecil (piksel) dan dapat ditampilkan dalam warna kelabu, berkisar antara putih dan hitam, tergantung level energi yang terdeteksi (Thoah, 2008). Penggabungan antara beberapa citra satelit dapat membentuk suatu peta rupa bumi digital (Gantin, 2008).

Menurut Winarso (2009), metode citra satelit digunakan karena dapat mendeteksi perubahan garis pantai secara terperinci, dari waktu ke waktu. Penggunaan citra satelit juga membantu dalam hal pendugaan faktor – faktor yang menyebabkan terjadinya perubahan garis pantai dengan mengenali kenampakan bentuk lahan pantai dan melakukan identifikasi (Sardiyatmo, 2004). Selain itu, penggunaan citra satelit mempercepat proses identifikasi perubahan garis pantai secara cepat.

### 3. METODE PENELITIAN

#### 3.1 Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data yang digunakan dalam penelitian ini meliputi data primer dan data sekunder. Data primer diperoleh penelitian lapang seperti data garis awal pantai, kemiringan pantai dan data sedimentasi. Kemudian sedimentasi diuji di Laboratorium Fisika Tanah Universitas Brawijaya untuk mengetahui diameter dan jenis sedimen. Sedangkan data sekunder diperoleh dari studi literatur, data hidro-oseanografi yang meliputi data gelombang dan data pasang surut yang diperoleh di Stasiun Maritim Perak II Surabaya untuk wilayah Selat Madura. Untuk teknik pengumpulan data dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Teknik pengumpulan data

### 3.1.1 Pengukuran garis awal pantai (Tracking)

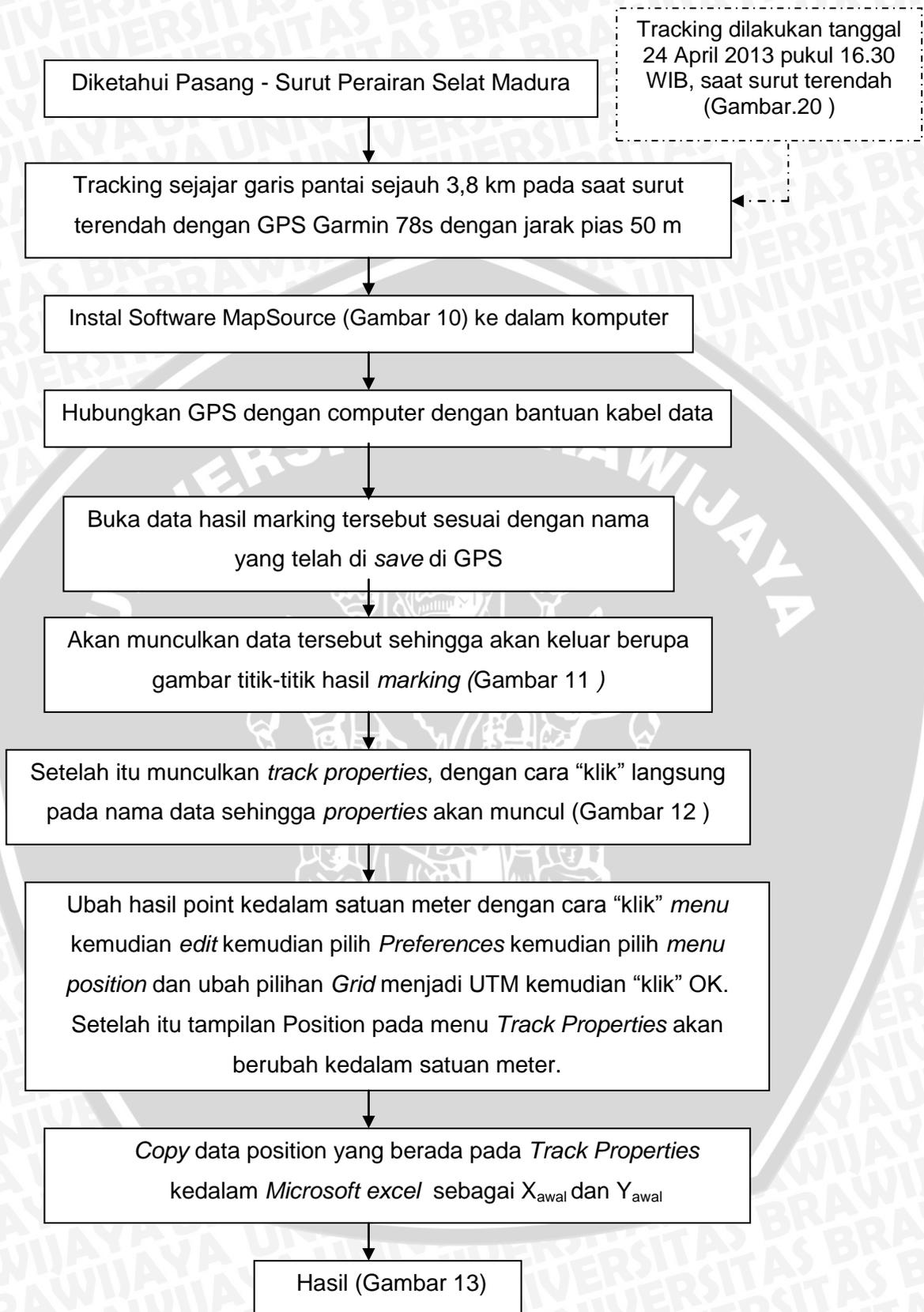
Pengukuran garis awal pantai dimulai dari Pelabuhan Kamal sampai dengan pangkalan TNI AL sejauh 3,8 km. Disepanjang area tracking (pengukuran) merupakan area pesisir dengan aktifitas manusia yang cukup tinggi seperti Pelabuhan Kamal, Pemukiman warga, tempat pemotongan besi kapal tua dan pangkalan TNI AL. Pengukuran garis awal pantai dilakukan saat surut terendah dikarenakan untuk mengetahui batas antara daratan dan lautan sehingga mempermudah proses tracking.

#### 3.1.1.1 Alat Pengukuran garis awal pantai

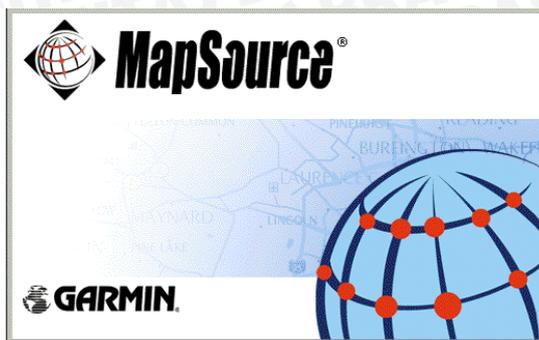
Alat yang digunakan dalam penelitian Analisis Perubahan Garis Pantai di Kabupaten Bangkalan dengan Menggunakan Model Numerik untuk pengukuran garis awal pantai (*tracking*) dengan menggunakan GPS (*Global Positioning System*) Garmin 78s untuk tracking daerah penelitian

#### 3.1.1.2 Metode Pengukuran garis awal pantai

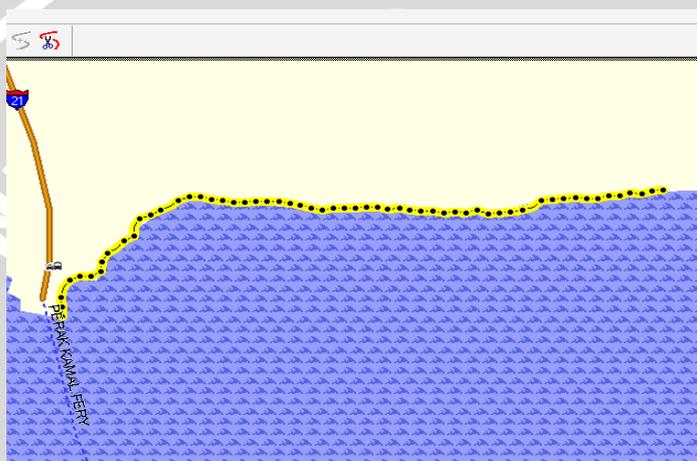
Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian Analisis Perubahan Garis Pantai di Kabupaten Bangkalan dengan Menggunakan Model Numerik untuk pengukuran garis awal pantai adalah sebagai berikut :



Gambar 9. Skema traking sepanjang garis pantai



Gambar 10. Software MapSource



Gambar 11. Titik-titik hasil *marking* pada Software MapSource

Track Properties

Name:  Color:

Index	Leg Length	Leg Course	Position
1	51 m	267° true	49 M 692958 9207076
2	50 m	253° true	49 M 692907 9207073
3	51 m	277° true	49 M 692859 9207058
4	51 m	249° true	49 M 692808 9207064
5	51 m	270° true	49 M 692760 9207046
6	49 m	250° true	49 M 692709 9207047
7	51 m	270° true	49 M 692661 9207035
8	51 m	273° true	49 M 692610 9207035
9	51 m	263° true	49 M 692559 9207038
10	51 m	263° true	49 M 692508 9207038
11	51 m	263° true	49 M 692457 9207030
12	51 m	225° true	49 M 692406 9207024
13	52 m	257° true	49 M 692370 9206988
14	52 m	257° true	49 M 692319 9206977
15	51 m	263° true	49 M 692268 9206965
16	51 m	267° true	49 M 692217 9206959
17	51 m	291° true	49 M 692166 9206956
18	52 m	257° true	49 M 692118 9206974
19	51 m	273° true	49 M 692067 9206963
20	51 m	263° true	49 M 692016 9206966
21	52 m	283° true	49 M 691965 9206960
22	51 m	270° true	49 M 691914 9206972
23	51 m	273° true	49 M 691863 9206972
24	49 m	284° true	49 M 691812 9206976
25	51 m	263° true	49 M 691764 9206988
26	49 m	281° true	49 M 691713 9206982
27	48 m	270° true	49 M 691665 9206991
28	51 m	263° true	49 M 691617 9206991
29	51 m	273° true	49 M 691566 9206985
30	51 m	270° true	49 M 691515 9206989
31	49 m	259° true	49 M 691464 9206989
32	51 m	277° true	49 M 691416 9206980
33	50 m	287° true	49 M 691365 9206986

Center map on selected item(s)

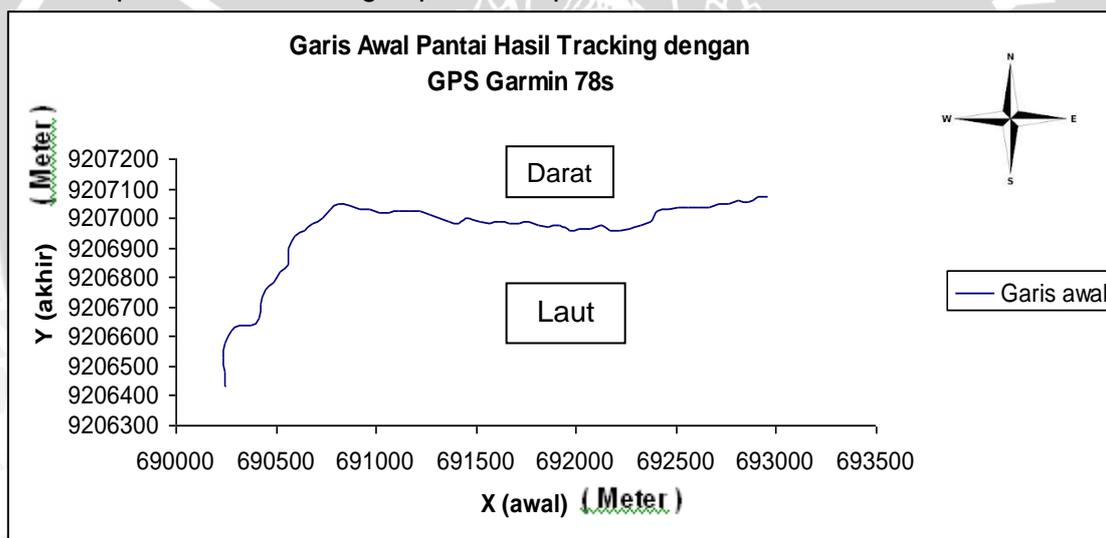
Gambar 12. Track Property

Tabel 3. Data position pada excel untuk  $X_{\text{awal}}$  dan  $Y_{\text{akhir}}$

$X_{\text{awal}}$	$Y_{\text{akhir}}$
690241	9206430
690241	9206434
690241	9206481
690232	9206528
690244	9206579
.....	.....
.....	.....
692907	9207073
692958	9207076

### 3.1.1.3 Hasil Pengukuran garis awal pantai

Data garis awal pantai didapat dari hasil tracking di lapang. Data garis awal pantai hasil tracking dapat dilihat pada Gambar 13.



Gambar. 13. Garis awal pantai hasil tracking

### 3.1.2 Pengukuran Kemiringan Pantai

Data kemiringan pantai diambil pada tanggal 24 April 2013 pada pukul 16.30 WIB dalam keadaan perairan Selat Madura mengalami surut terendah, hal ini untuk mengetahui batas pantai dengan lautan sehingga mempermudah pengukuran kemiringan pantai.

Dalam pengukuran kemiringan pantai terbagi atas beberapa stasiun, masing-masing stasiun memiliki perwakilan lokasi yang akan diukur kemiringan garis



pantainya. Data kemiringan pantai digunakan untuk menghitung tinggi gelombang pecah ( $H_b$ ) sebesar dan kedalaman gelombang pecah ( $db$ ).

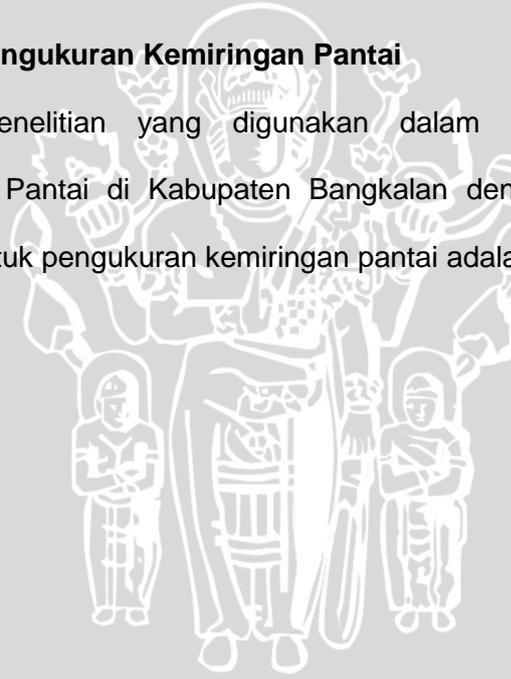
### 3.1.2.1. Alat dan Bahan Pengukuran Kemiringan Pantai

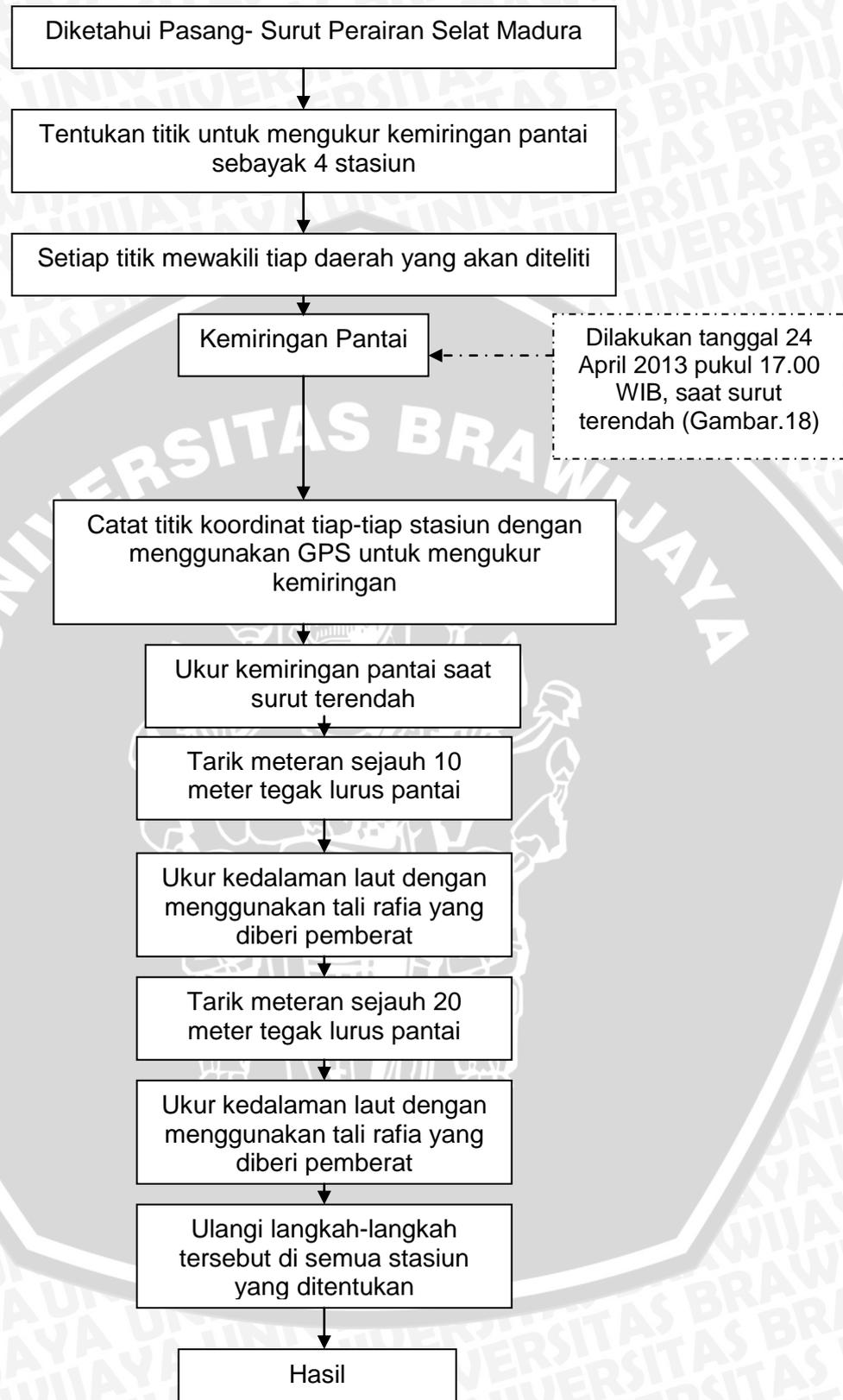
Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian analisis perubahan garis pantai di Kabupaten Bangkalan dengan menggunakan model numerik untuk pengukuran kemiringan pantai adalah sebagai berikut :

1. Meteran : untuk mengukur pantai secara tegak lurus pantai
1. Tali Rafia : untuk mengukur kedalaman pantai/laut
2. GPS (Global Positioning System) Garmin 78s : Untuk menentukan titik koordinat.

### 3.1.2.2 Metode Pengukuran Kemiringan Pantai

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian Analisis Perubahan Garis Pantai di Kabupaten Bangkalan dengan Menggunakan Model Numerik untuk pengukuran kemiringan pantai adalah sebagai berikut :





Gambar 14. Skema pengukuran kemiringan pantai

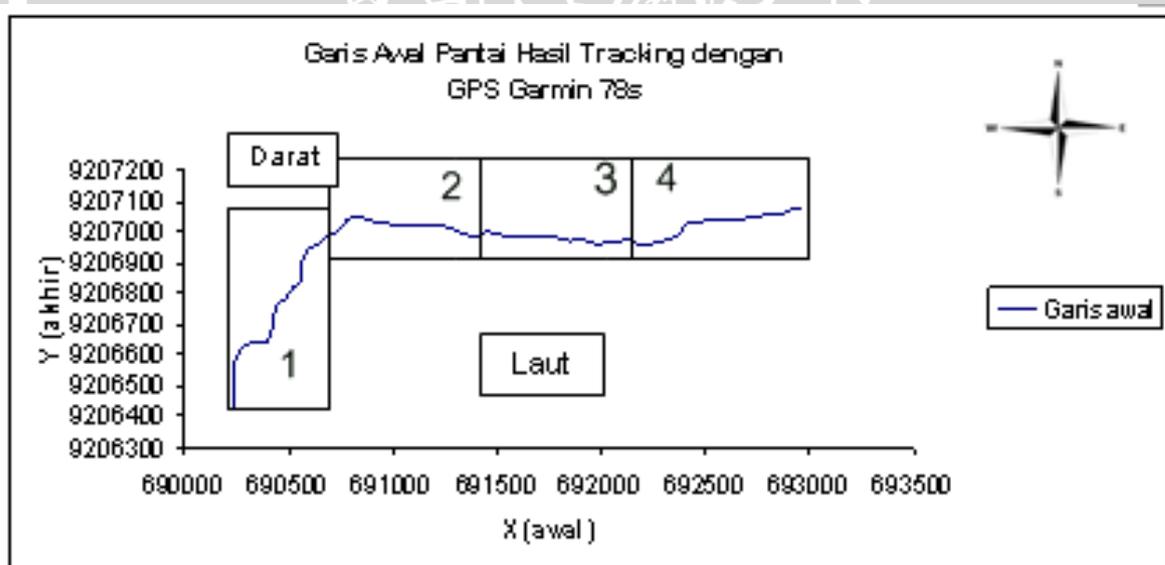
### 3.1.2.3. Hasil Pengukuran Kemiringan Pantai

Pada Tabel 4 berisi data lokasi dan koordinat dari masing-masing stasiun yang diukur kemiringan pantainya, dimana tiap-tiap stasiun merupakan pembagian dari seluruh wilayah yang akan diteliti. Pada tiap-tiap stasiun memiliki kegiatan di wilayah pesisir yang berbeda-beda dan untuk mempermudah analisa data hasil.

Pada Tabel 5 berisi data kemiringan pantai.

Tabel 4. Lokasi pengambilan data kemiringan pantai

Stasiun	Lokasi Pengambilan perwakilan Kemiringan pantai	Titik Koordinat
1	Pelabuhan Kamal	S 07 <sup>o</sup> 10,523' E 112 <sup>o</sup> 43,368'
2	Daerah pemukiman penduduk Kamal	S 07 <sup>o</sup> 10,258' E 112 <sup>o</sup> 44,023'
3	Pemotongan Kapal Besi	S 07 <sup>o</sup> 10,240' E 112 <sup>o</sup> 43,689'
4	Pangkalan TNI AL	S 07 <sup>o</sup> 10,220' E 112 <sup>o</sup> 44, 807'



Gambar 15. Pembagian Tiap-Tiap Stasiun Pada Lokasi Penelitian

Untuk mencari sudut kemiringan pantai dapat menggunakan rumus :

$$\alpha = \arctan \frac{Y}{X} \dots\dots\dots(18)$$

Keterangan :

$\alpha$  = Sudut yang dibentuk ( $^{\circ}$ )

X = Jarak dari bibir pantai

Y = kedalaman pantai dengan jarak x

Tabel 5. Data kemiringan pantai

Stasiun	Jarak dari bibir pantai (m)	Kedalaman (m)	Kemiringan Pantai ( $^{\circ}$ )	Rata – Rata kemiringan Pantai ( $^{\circ}$ )	Kemiringan Pantai (m)	Rata-rata kemiringan Laut (m)
1	10	0.5	2,86	2,54	1:20	1:23
	20	0.78	2,23		1:25	
2	10	0.06	0,34	0,31	1:116	1:158
	20	0.1	0,28		1:200	
3	10	0.04	0,22	0,21	1:250	1:268
	20	0.07	0,20		1:286	
4	10	0.07	0,20	0,31	1:143	1:138
	20	0.15	0,42		1:133	

Pada Tabel 5 dapat dilihat bahwa :

Stasiun 1 didapat hasil kemiringan garis pantai dengan rata-rata 1:23 dengan rata-rata sudut kemiringan pantai sebesar  $2,54^{\circ}$

Stasiun 2 didapat hasil kemiringan garis pantai dengan rata-rata 1:158 dengan rata-rata sudut kemiringan pantai sebesar  $0,31^{\circ}$

Stasiun 3 didapat hasil kemiringan garis pantai dengan rata-rata 1:268 dengan rata-rata sudut kemiringan pantai sebesar  $0,21^{\circ}$

Stasiun 4 didapat hasil kemiringan garis pantai dengan rata-rata 1:138 dengan rata-rata sudut kemiringan pantai sebesar  $0,31^{\circ}$ .

### 3.1.3 Pengambilan Sedimen dan Uji Laboratorium

Data sedimen Pantai Bangkalan sebagai input data dalam pemodelan perubahan garis pantai merupakan data primer yaitu dengan pengambilan sample di lapang dan uji laboratorium. Untuk lapang yaitu pengambilan sediment yang bertujuan untuk memperoleh jenis sediment yang berada di daerah pantai yaitu data mengenai ukuran butiran dari sediment serta berat jenis sediment tersebut. Pengambilan sediment menggunakan sediment trap yang diletakkan di masing-masing stasiun yang sama pada saat pengukuran kemiringan pantai. Setelah sediment didapatkan maka langkah selanjutnya adalah sediment di uji di Laboratorium Fisika Tanah Universitas Brawijaya.

#### 3.1.3.1 Alat dan Bahan Pengambilan Sedimen (Lapang) dan Uji Laboratorium

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian Analisis Perubahan Garis Pantai di Kabupaten Bangkalan dengan Menggunakan Model Numerik untuk pengambilan sedimen adalah sebagai berikut :

1. *Sediment trap* (tinggi paralon 25 cm), (diameter paralon 5 cm) : memerangkap sediment secara berkala
2. Plastik 1 kg : Untuk wadah sample sediment
3. Spidol : Untuk memberi tanda pada sample
4. Kayu : untuk menancapkan sediment trap

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian Analisis Perubahan Garis Pantai di Kabupaten Bangkalan dengan Menggunakan Model Numerik untuk uji laboratorium sedimen adalah sebagai berikut :

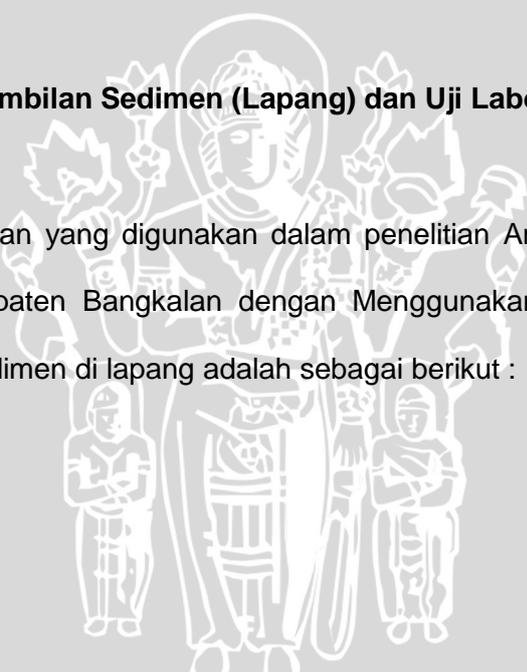
1. Tabung elmyer 500 ml : wadah pelarut
2. Gelas ukur 10 ml : untuk mengukur larutan
3. Ayakan 0.5 ; 0.25 ; 0.125 ; 0.05 : untuk mengetahui sebaran pasir, liat dan debu

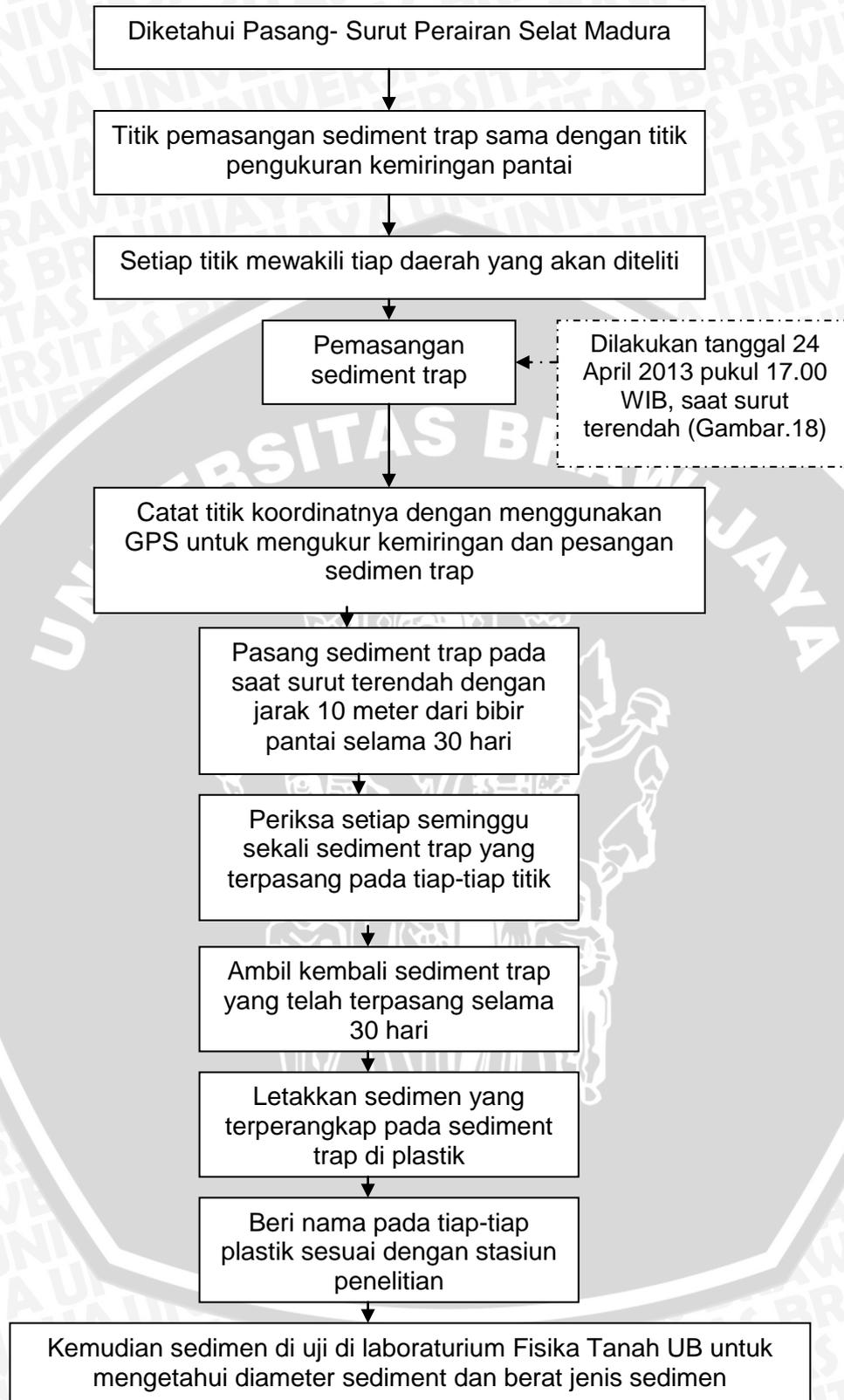
4. pipet tetes : mengambil sample cairan
5. Timbangan digital : menimbang sample
6. Oven : untuk memanaskan sediment
7. Hot plate : untuk memanaskan cairan yang telah dipipet
8. Hidrogen piroksida ( $H_2O_2$ ) 10 ml 30 % : untk menghilangkan bahan organik
9. Kalgon 5 %
10. Larutan 40 g  $NaPO_3$
11.  $Na_2CO_3$
12. Asam Klorida
13. Hcl

### **3.1.3.2 Metode Pengambilan Sedimen (Lapang) dan Uji Laboratorium**

#### **3.1.3.2.1 Lapang**

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian Analisis Perubahan Garis Pantai di Kabupaten Bangkalan dengan Menggunakan Model Numerik untuk pengambilan sedimen di lapang adalah sebagai berikut :

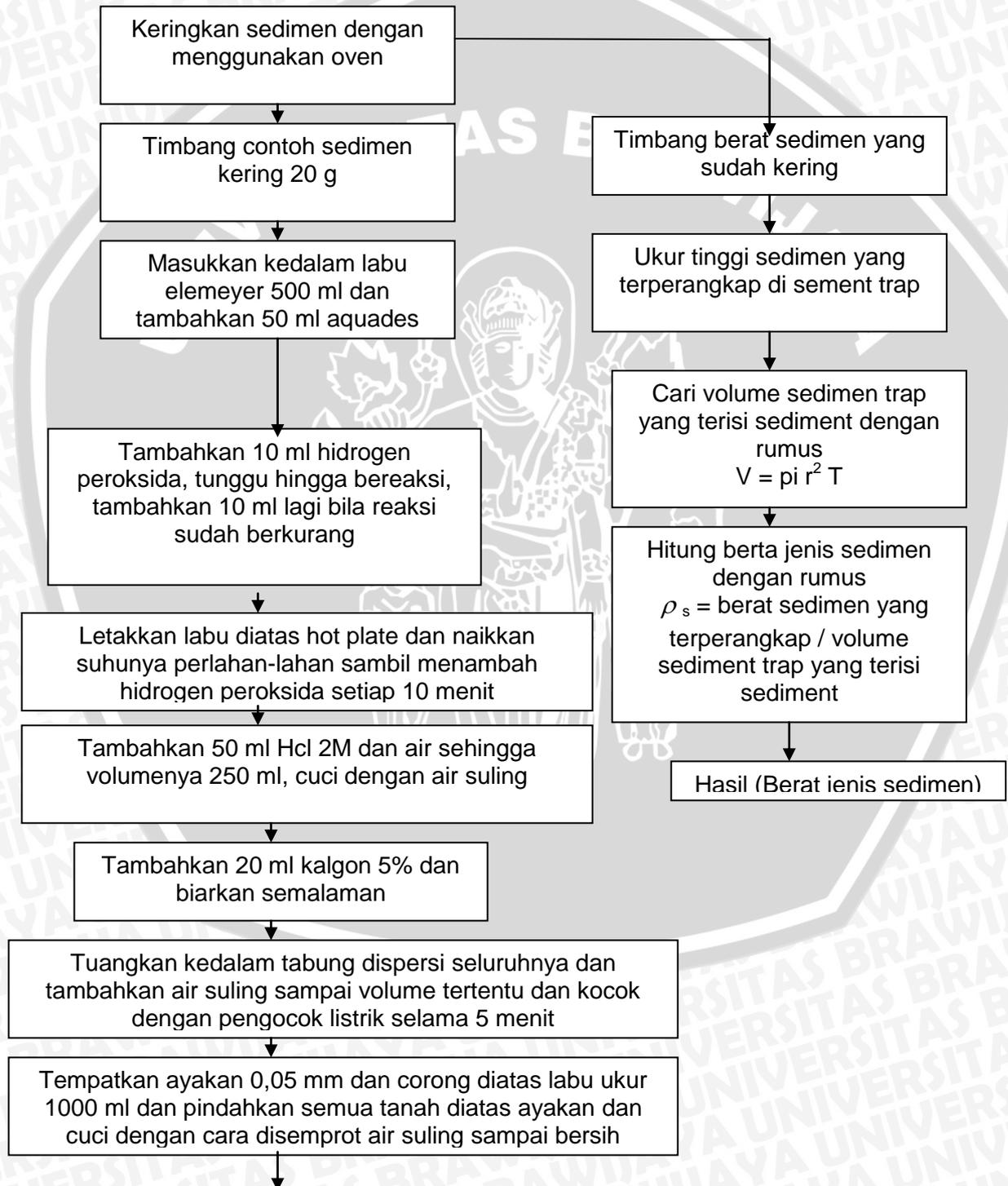


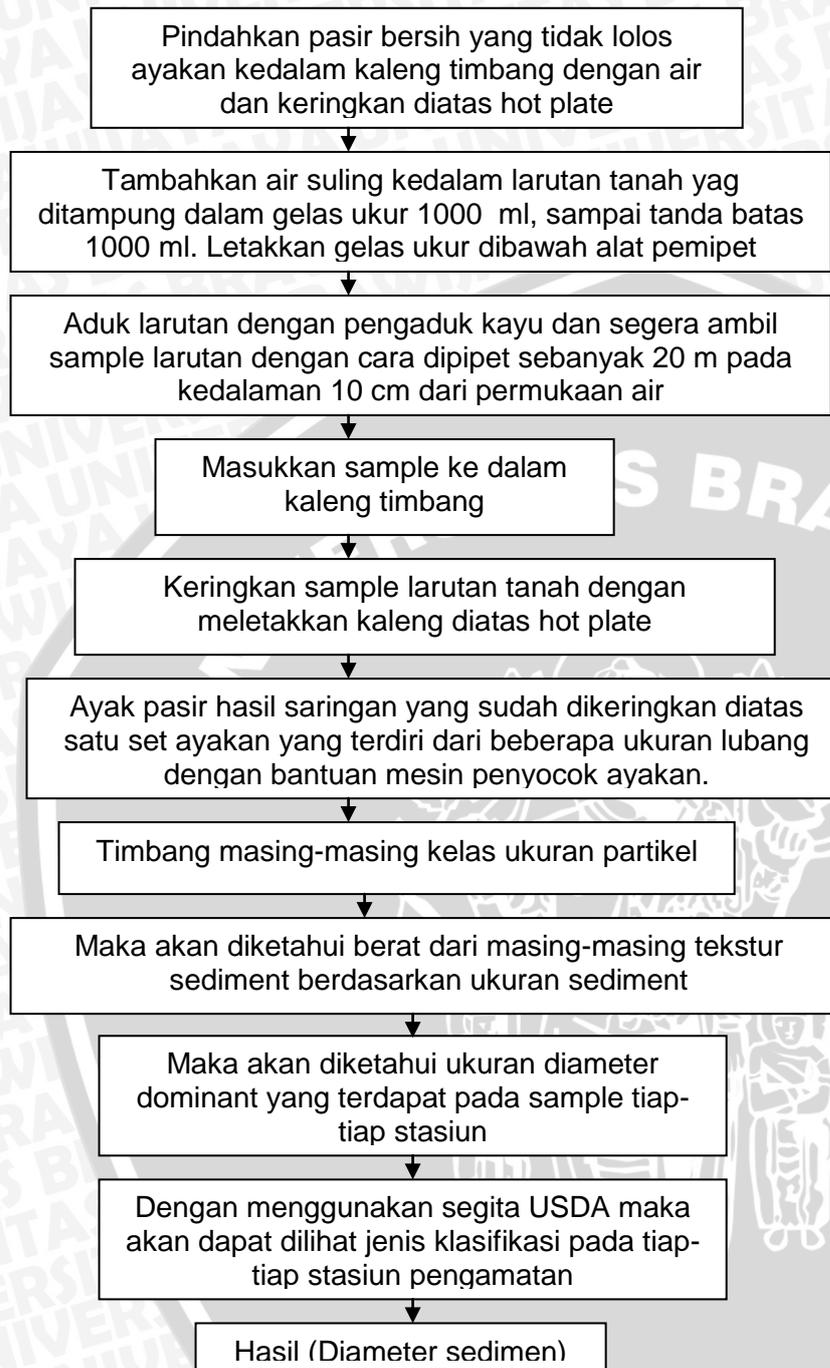


**Gambar 16. Skema Pengambilan Sediment**

### 3.2.2.2 Laboratorium

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian Analisis Perubahan Garis Pantai di Kabupaten Bangkalan dengan Menggunakan Model Numerik untuk pengambilan sediment di lapang adalah sebagai berikut :





**Gambar 17. Skema uji laboratorium sedimen**

### 3.1.3.3 Hasil Pengambilan Sedimen (Lapang) dan Uji Laboratorium

Data berat jenis sedimen pada tiap-tiap stasiun dapat dilihat pada Tabel 6, dan data diameter sedimen dapat dilihat pada Tabel 8. Untuk mencari berat jenis sedimen menggunakan rumus :

$$\rho_s = \text{Berat jenis sedimen yang terperangkap} / \text{luas sediment trap}$$

Tabel 6. Berat jenis sedimen ( $\rho_s$ ) Pada tiap-tiap stasiun

Stasiun	Tinggi Sediment trap yang terisi sediment (m)	Berat sediment yang terperangkap (ton) selama 30 hari	Berat sediment yang terperangkap (ton) selama sehari	Volume Sediment trap (m <sup>3</sup> )	Berat jenis sediment (ton/m <sup>3</sup> )
1	6,6X10 <sup>-4</sup>	6,3x10 <sup>-5</sup>	2,1x10 <sup>-6</sup>	1,3x10 <sup>-6</sup>	1,51
2	6,2X10 <sup>-4</sup>	5,4x10 <sup>-5</sup>	1,8x10 <sup>-6</sup>	1,22x10 <sup>-6</sup>	1,47
3	5,6X10 <sup>-4</sup>	4,8x10 <sup>-5</sup>	1,6X10 <sup>-6</sup>	1,10x10 <sup>-6</sup>	1,45
4	3,4X10 <sup>-4</sup>	3,0x10 <sup>-5</sup>	1,0x10 <sup>-6</sup>	0,67x10 <sup>-6</sup>	1,49
<b>Rata-rata Berat Jenis Sedimen (<math>\rho_s</math>)</b>					<b>1,48</b>

Pada Tabel 6 dapat disimpulkan bahwa :

- Stasiun 1 : berat Jenis Sedimen ( $\rho_s$ ) 1,51 ton/m<sup>3</sup>
- Stasiun 2 : berat Jenis Sedimen ( $\rho_s$ ) 1,47 ton/m<sup>3</sup>
- Stasiun 3 : berat Jenis Sedimen ( $\rho_s$ ) 1,45 ton/m<sup>3</sup>
- Stasiun 4 : berat Jenis Sedimen ( $\rho_s$ ) 1,49 ton/m<sup>3</sup>

Dengan rata – rata berat jenis sedimen ( $\rho_s$ ) sebesar 1,48 ton/m<sup>3</sup>.

Tabel 7. Ukuran diameter sediment tiap-tiap stasiun

Stasiun	Sebaran Pasir Pada $\emptyset$ mm (dalam %)					%			Klasifikasi
	2-1	1-0,5	0,5-0,25	0,25-0,13	0,13-0,05	Pasir	Debu	Liat	
1	9,2	5,1	15,6	46,8	3,6	84	12	4	Pasir Berlempung
2	12,4	5,8	14,8	45,9	4,0	83	14	3	Pasir Berlempung
3	12,3	6,1	15,2	50,2	4,2	84	14	2	Pasir Berlempung
4	12,4	5,7	14,4	56,6	4,8	86	10	4	Pasir Berlempung

Pada Tabel 7 dapat disimpulkan bahwa :

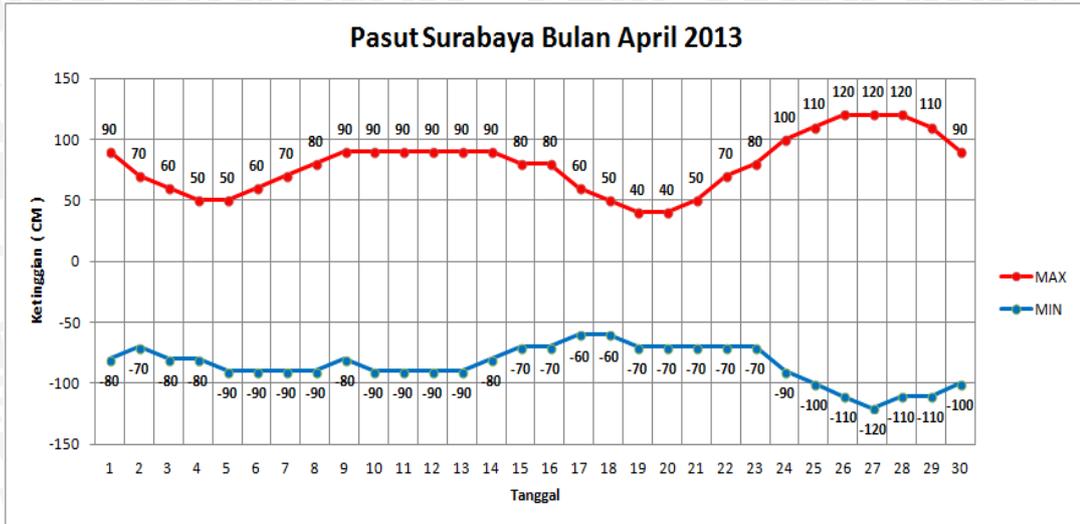
- Stasiun 1 : ukuran diameter paling dominan adalah 0,25-0,13 mm (46,8%) dengan klasifikasi pasir berlempung
- Stasiun 2 : ukuran diameter paling dominan adalah 0,25-0,13 mm (45,9%) dengan klasifikasi pasir berlempung
- Stasiun 3 : ukuran diameter paling dominan adalah 0,25-0,13 mm (50,2%) dengan klasifikasi pasir berlempung
- Stasiun 4 : ukuran diameter paling dominan adalah 0,25-0,13 mm (56,6%) dengan klasifikasi pasir berlempung

### 3.1.4 Data Hidro-Oseanografi

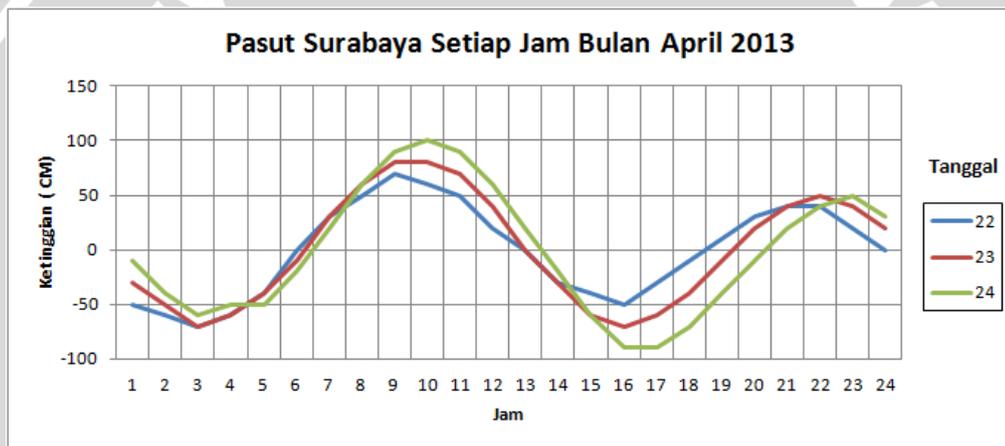
Data hidro-oseanografi meliputi data pasang surut dan gelombang yang diperoleh dari BMKG Perak Surabaya.

#### 3.1.4.1 Pasang Surut

Data pasang surut digunakan untuk mengetahui kapan kita akan melakukan tracking, pengukuran kemiringan pantai, pemasangan dan pengambilan sediment trap. Untuk data pasang surut dapat dilihat pada Gambar 18 dan Gambar 19.



Gambar 18. Data Pasang-surut di Perairan Selat Madura Bulan April 2013



Gambar 19. Data pasang-surut perairan selat Madura tanggal 22-24 April 2013

Pelaksanaan tracking, pengukuran kemiringan pantai dan pemasangan sediment trap dilakukan pada tanggal 24 April 2013 dan saat surut terendah, maka dapat dilihat pada Gambar 18 tanggal 24 April mengalami surut terendah pada jam 16.00 – 17.30 WIB.

### 3.1.4.2 Gelombang

Lokasi perekaman data gelombang dilakukan di Selat Madura dengan pengambilan titik lokasi yang bisa mewakili pergerakan gelombang yang menuju ke pantai Bangkalan bagian selatan pada tanggal 24 April 2013. Data gelombang dapat dilihat pada Tabel 8.



Tabel 8. Data gelombang di lokasi penelitian

No.	Nama	Hasil
1.	Arah Gelombang ( $\alpha_0$ )	90°
2.	Periode gelombang (T)	2,95 m
3.	Tinggi gelombang $H_0$ (1/10m)	0,07 m
4.	Pembelokan gelombang permukaan laut akibat angin ( $\alpha$ )	67,5°
5.	Koefesien refaksi gelombang (Kr)	3,18

#### - Analisis Data Gelombang

Untuk memperoleh data Tinggi Gelombang Pecah ( $H_b$ ), Kedalaman Gelombang Pecah ( $d_b$ ) dan Cepat Rambat Gelombang Pecah ( $c_b$ ) maka terlebih dahulu dilakukan pengolahan data dari Tabel 10. Berikut metode pengolahan data untuk mencari  $H_b$ ,  $d_b$  dan  $c_b$ .

Diketahui :

- Arah Gelombang ( $\alpha_0$ )  $90^\circ$
- Periode gelombang (T) 2,95 m
- Tinggi gelombang  $H_0$  (1/10m) 0,07 m

Dari data gelombang (BMKG)

Hitung Koefisien refraksi gelombang dengan

$$\text{rumus: } Kr = \sqrt{\frac{\cos(\alpha_0)}{\cos(\alpha)}}$$

Hitung  $H'0$  dengan rumus :  $H'0 = Kr.H_0$

Dimana,  $H'0/gT^2$

Diperoleh perbandingan kedalaman gelombang dari kedalaman lapang

Lihat gambar penentuan tinggi gelombang pecah (Triatmojo, 1999) maka akan diperoleh hasil  $H_b/H'0$

Sehingga dapat diperoleh nilai  $H_b$  (Tinggi gelombang pecah)

Tentukan nilai kedalaman gelombang pecah dengan rumus ( $Db$ )  $H_b/gT^2$

Lihat gambar Penentuan Kedalaman Geombang Pecah (Triatmodjo, 1999) maka akan diperoleh hasil  $db/H_b$

Sehingga dapat diperoleh nilai  $Db$  (kedalaman gelombang pecah)

Dihitung nilai cepat rambat gelombang pecah dengan rumus :

$$Cb = \sqrt{g \times db}$$

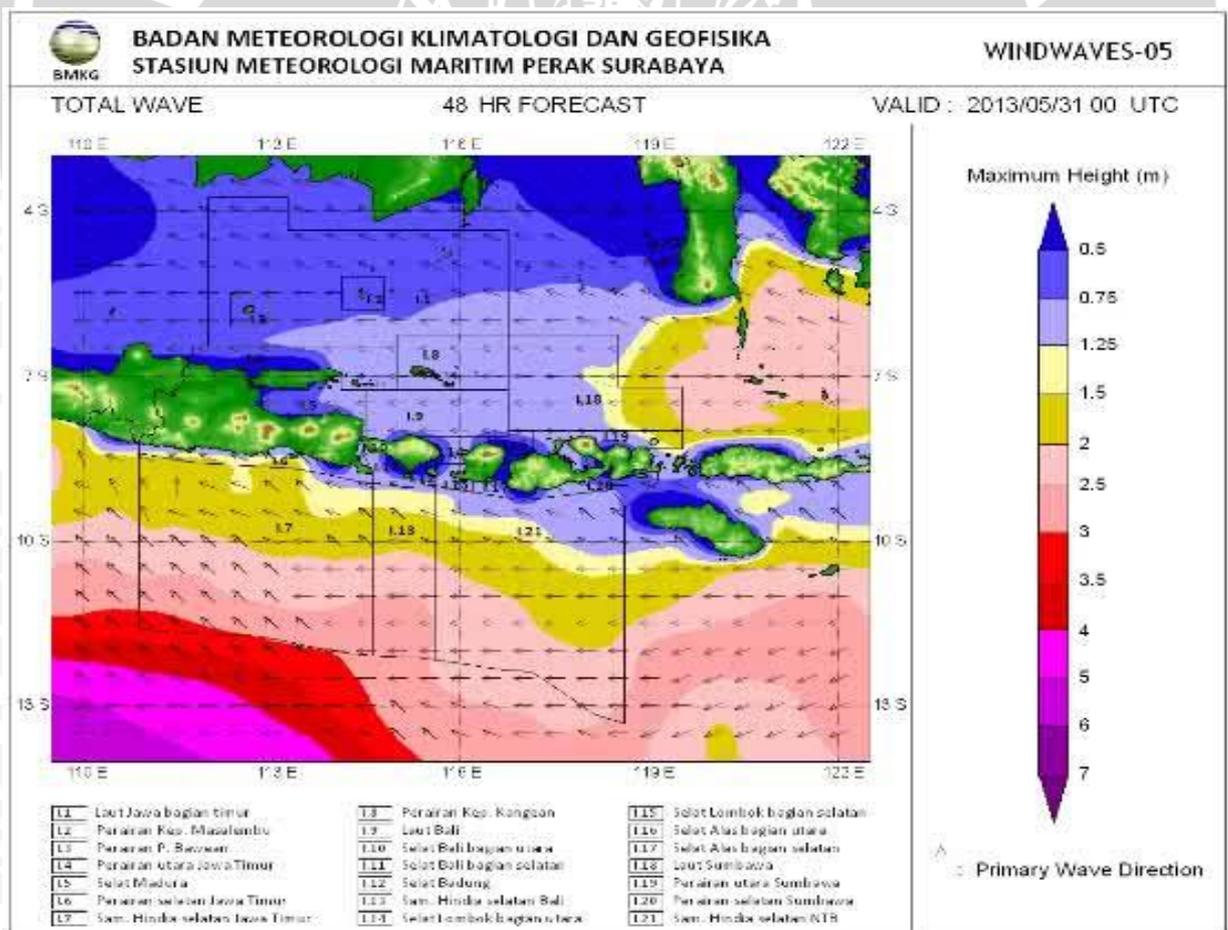
Gambar 20. Skema pengolahan data gelombang

Pada Tabel 9 merupakan data Hb, db dan cb. Gambar 20 merupakan sebaran gelombang seluruh perairan Indonesia.

Tabel 9. Data tinggi gelombang Pecah (Hb), Kedalaman gelombang pecah (db) dan cepat rambat gelombang Pecah (Cb)

Stasiun	Kemiringan	H'0	H'0/gT <sup>2</sup>	Hb/H'0	Hb (m)	Hb/gT <sup>2</sup>	db/Hb	Db (m)	Cb (m/s)
1	0,05	0,22	0,002	1,5	0,2	0,02	1,6	0,4	1,7
2	0,006	0,22	0,002	1,0	0,3	0,03	1,6	0,4	1,7
3	0,004	0,22	0,002	1,0	0,3	0,03	1,6	0,4	1,7
4	0,007	0,22	0,002	1,0	0,3	0,03	1,6	0,4	1,7

Dari Tabel 9 didapat nilai tinggi gelombang pecah (Hb) sebesar 0,3 m, dan kedalaman gelombang pecah (db) sebesar 0,4 m dan cepat rambat gelombang pecah (cb) 1,7 m/s.



Gambar 21. Sebaran gelombang seluruh perairan Indonesia (sumber : BMKG Perak, 2013)

### 3.2 Teknik Pengolahan Data

Dalam penelitian ini penulis menggunakan metode “modeling Numerik” untuk mengolah data hasil penelitian. Menurut Chapra (1988), model numerik merupakan teknik dimana masalah matematika diformulasikan sedemikian rupa sehingga dapat diselesaikan oleh pengoperasian formula aritmatika atau operasi hitungan.

Model numerik yang digunakan menggunakan Manohar. Persamaan Manohar menggunakan parameter utama gelombang dan jenis sedimentasinya, sehingga data yang dihasilkan akan lebih akurat.

#### 3.2.1 Aplikasi Pengolahan Data

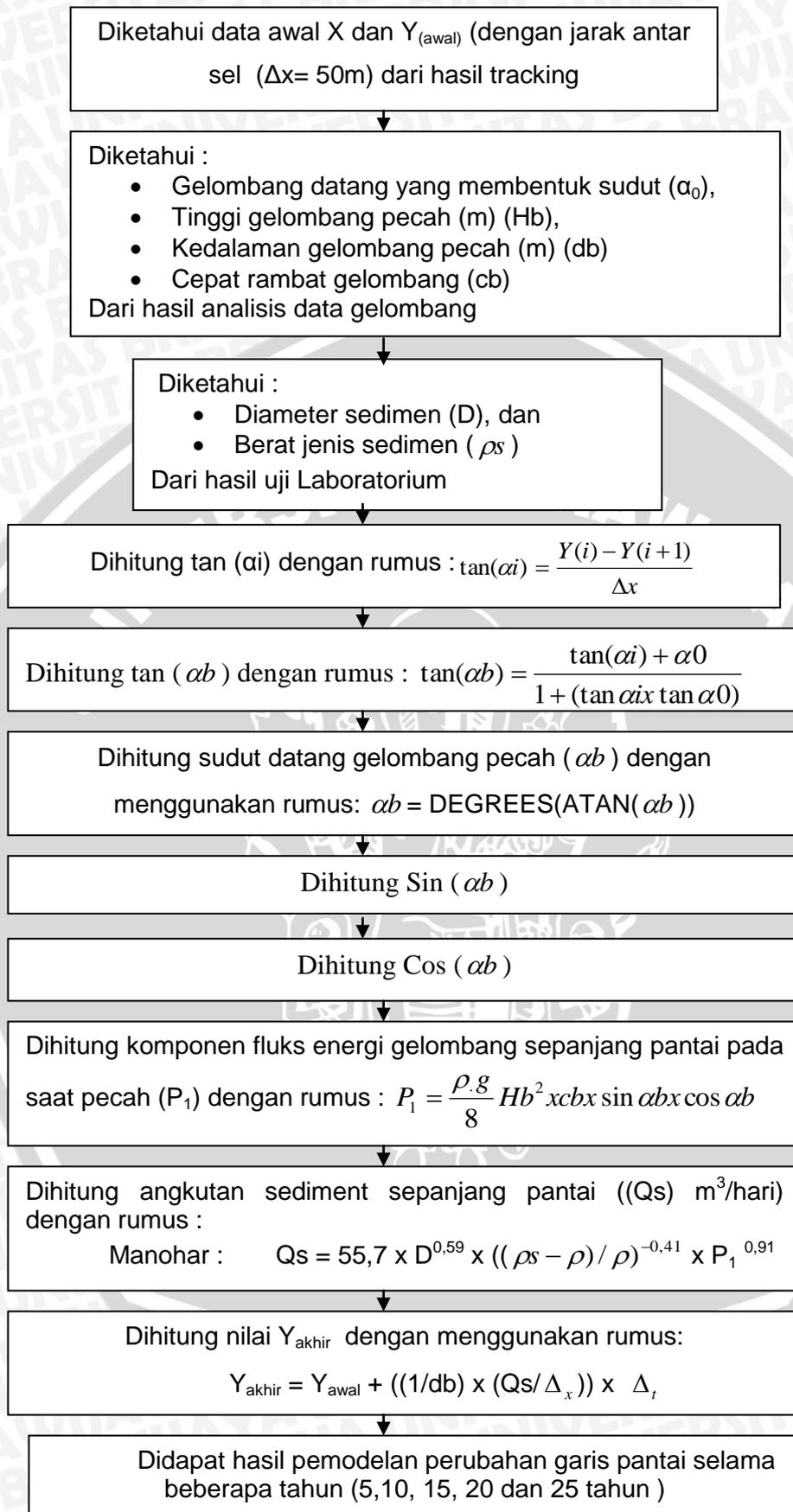
Pengolahan data bertujuan untuk menghasilkan analisa perubahan pantai selama beberapa tahun kemudian.

Aplikasi Pengolahan Data yang digunakan dalam penelitian Analisis Perubahan Garis Pantai di Kabupaten Bangkalan dengan Menggunakan Model Numerik adalah sebagai berikut :

1. Microsoft Office Exel 2008 : untuk menganalisis data sehingga menghasilkan data perubahan garis pantai secara berkala

#### 3.2.2 Prosedur Pengolahan Data

Pengolahan data pemodelan garis pantai dilakukan di Microsoft Excel 2008.



Gambar 22. Skema pengolahan data pemodelan perubahan garis pantai di Microsoft Excel 2008

### 3.3 Verifikasi Dengan Citra Satelit Landsat

Citra satelit Landsat merupakan data yang digunakan dalam skripsi ini didapatkan dengan cara melakukan proses pengunduhan citra melalui website yaitu dari [www.glovis.usgs.gov](http://www.glovis.usgs.gov). Data citra satelit digunakan untuk mengetahui perubahan garis pantai di tahun sebelumnya (2003, 2009 dan 2013) untuk menunjang hasil dari Analisis perubahan garis pantai di pesisir Kabupaten Bangkalan selama beberapa tahun kedepan (5 tahun, 10 tahun, 15 tahun, 20 tahun dan 25 tahun) yang digunakan dengan metode numerik. Data citra landsat digunakan sebagai data sekunder untuk pembandingan dengan pemodelan numerik.

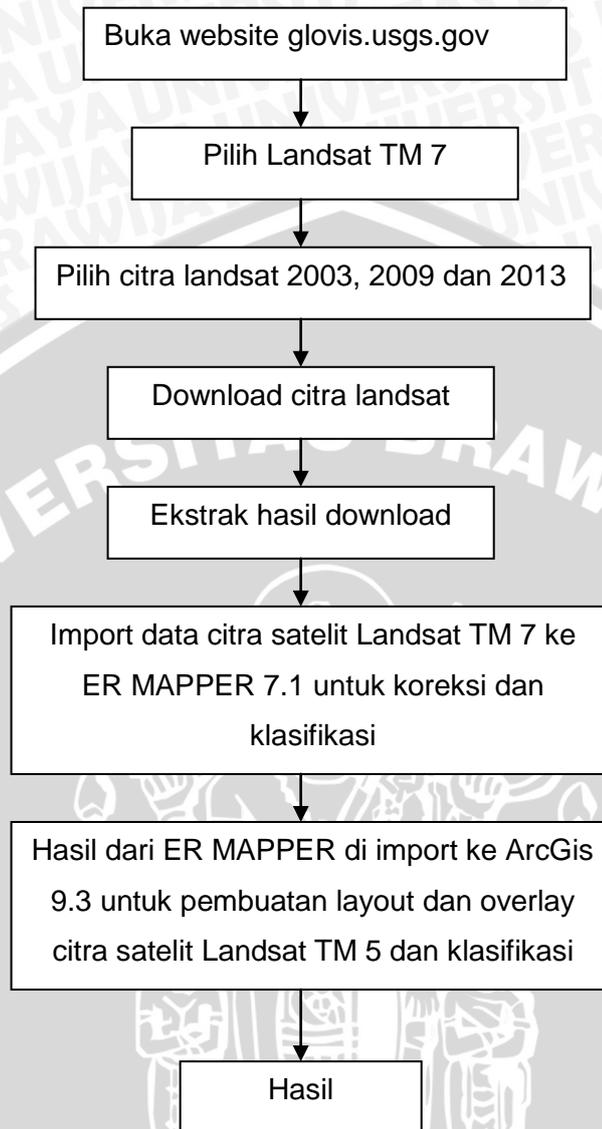
#### 3.3.1 Alat dan Bahan Pengolahan Citra landsat

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian Analisis Perubahan Garis Pantai di Kabupaten Bangkalan dengan Menggunakan Model Numerik untuk pengolahan citra landsat :

- Laptop
- *Software* ArcGIS 9.3
- *Software* ER MAPPER 7.1
- Data citra satelit Landsat TM 7 tahun 2003, 2009 dan 2013 untuk wilayah pesisir selatan Kabupaten Bangkalan.

#### 3.3.2 Metode Pengolahan Citra landsat

Metode yang digunakan dalam penelitian Analisis Perubahan Garis Pantai di Kabupaten Bangkalan dengan Menggunakan Model Numerik untuk pengolahan citra landsat :



**Gambar 23. Skema Pengolahan Citra Landsat**

## 4. Hasil dan Pembahasan

### 4.1 Keadaan Umum Lokasi Penelitian

Menurut Pemerintah Kabupaten Bangkalan di website [Bangkalankab.go.id](http://Bangkalankab.go.id) (2013), Kabupaten Bangkalan memiliki luas wilayah 1.260,14 km<sup>2</sup> yang berada dibagian paling barat dari Pulau Madura terletak diantara koordinat 112<sup>o</sup> 40'06" - 113<sup>o</sup> 08'04" Bujur Timur serta 6<sup>o</sup> 51'39" - 7<sup>o</sup> 11'39" Lintang Selatan. Adapun batas-batas wilayahnya adalah sebagai berikut :

- Sebelah Utara berbatasan dengan laut Jawa.
- Sebelah Timur berbatasan dengan Wilayah Kabupaten Sampang.
- Sebelah Selatan berbatasan dengan Selat Madura
- Sebelah Barat berbatasan dengan Selat Madura.

Dilihat dari topografi, maka daerah Kabupaten Bangkalan berada pada ketinggian 2 – 100 m diatas permukaan air laut. Wilayah yang terletak di pesisir pantai, seperti kecamatan Sepulu, Bangkalan, Socah, Kamal, Modung, Kwanyar, Arosbaya, Klampis, Tanjung Bumi, Labang dan Kecamatan Burneh mempunyai ketinggian antara 2 – 10 m diatas permukaan air laut. Sedangkan wilayah yang terletak dibagian tengah mempunyai ketinggian antara 19 sampai dengan 100 m diatas permukaan air laut, tertinggi adalah kecamatan Geger dengan ketinggian 100 m DPL (Kabupaten Bangkalan, 2013).

Lokasi penelitian meliputi pesisir Bangkalan yang berawal dari Pelabuhan Kamal dengan jarak  $\pm$  3,8 km. Terdapat Pelabuhan Kamal di sepanjang lokasi penelitian yang merupakan salah satu penghubung antara Pulau Madura dan Surabaya, pemukiman warga yang terdapat di pesisir selatan Bangkalan dan kegiatan industri seperti pemotongan besi kapal tua. Tidak adanya hutan



Tabel 10. Hasil Analisis Perubahan Garis Pantai

Stasiun	5 Tahun (m)	10 Tahun (m)	15 Tahun (m)	20 Tahun (m)	25 Tahun (m)	Rata-Rata Tahun (m)
1	2,93	5,87	8,80	11,73	14,67	0,59
2	-0,26	-0,52	-0,79	-1,05	-1,31	-0,05
3	-0,49	-0,98	-1,47	-1,97	-2,46	-0,10
4	1,03	2,07	3,10	4,14	5,17	0,20

Pada Tabel 10 dapat dilihat bahwa :

Stasiun 1 : terjadi perubahan garis pantai yang menunjukkan bahwa pada stasiun tersebut mengalami sedimentasi dengan rata-rata perubahan sebesar 0,59 m/tahun.

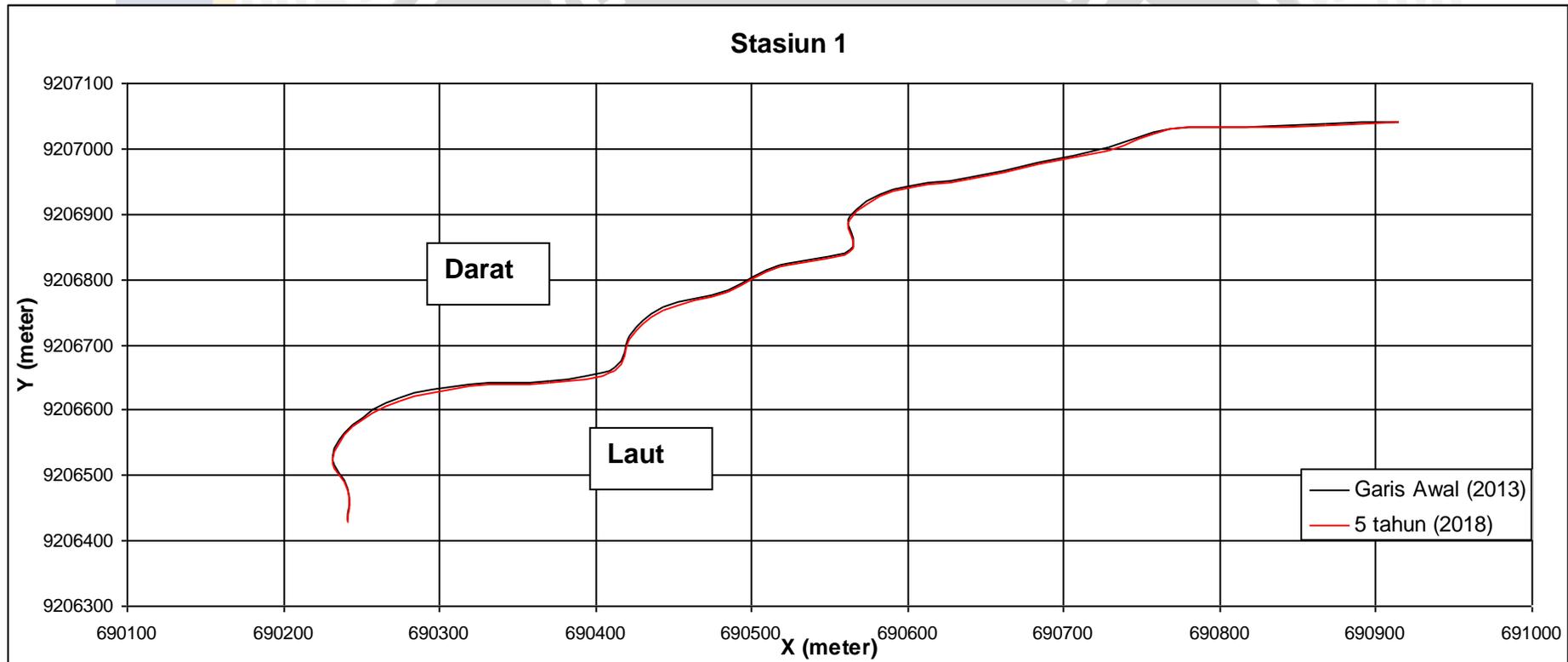
Stasiun 2 : terjadi perubahan garis pantai yang menunjukkan bahwa pada stasiun tersebut mengalami erosi dengan rata-rata perubahan sebesar 0,05 m/tahun.

Stasiun 3 : terjadi perubahan garis pantai yang menunjukkan bahwa pada stasiun tersebut mengalami erosi dengan rata-rata perubahan sebesar 0,10 m/tahun.

Stasiun 4 : terjadi perubahan garis pantai yang menunjukkan bahwa pada stasiun tersebut mengalami erosi dengan rata-rata perubahan sebesar 0,20 m/tahun.

#### 4.2.1 Grafik Perubahan Garis Pantai di Stasiun 1

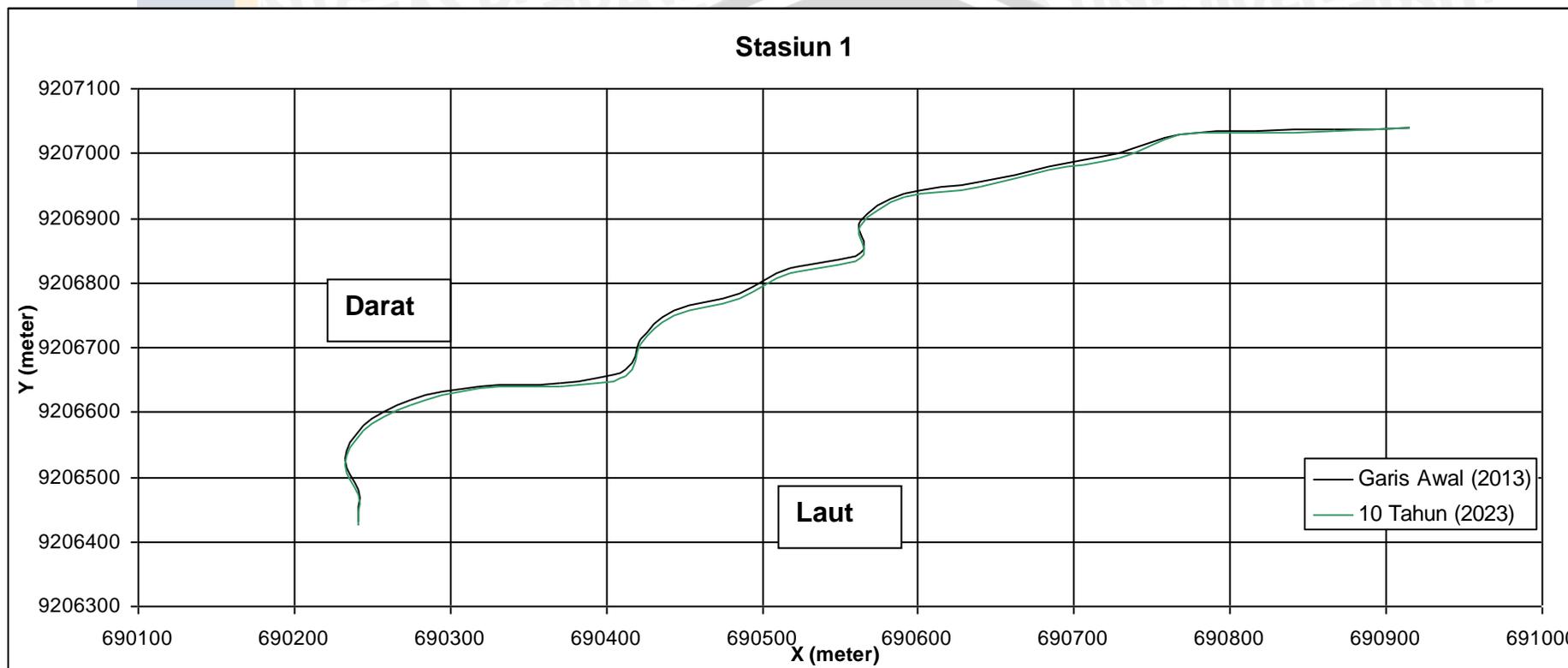
Grafik perubahan garis pantai pada stasiun 1 dapat dilihat pada Gambar 25 untuk perubahan 5 tahun, Gambar 26 untuk perubahan 10 tahun, Gambar 27 untuk perubahan 15 tahun, Gambar 28 untuk perubahan 20 tahun, Gambar 29 untuk perubahan 25 tahun dan untuk Grafik 30 merupakan perubahan garis pantai di stasiun 1 secara berkala.



Gambar 25. Grafik Perubahan untuk 5 tahun di Stasiun 1

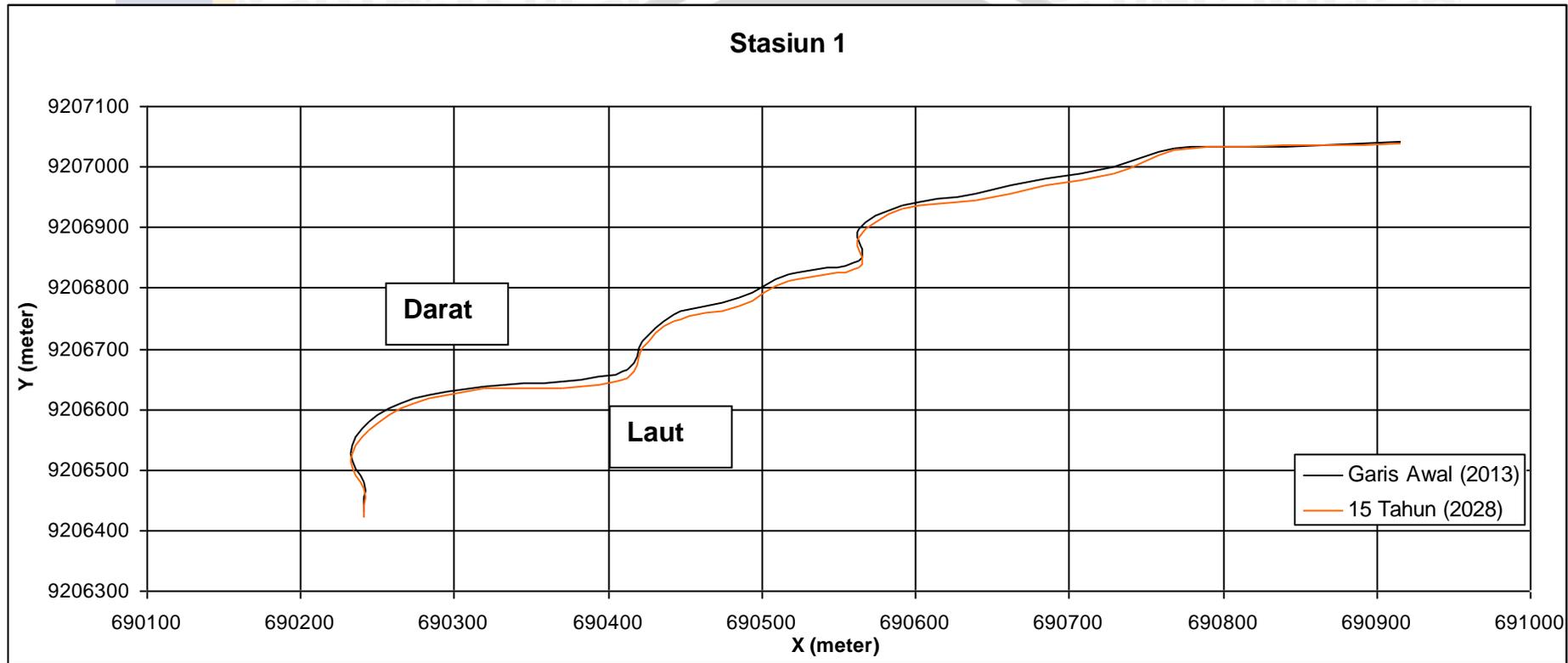
Pada gambar 25, di stasiun 1 untuk tahun 2018 terjadi perubahan garis pantai dengan kecenderungan sedimentasi sebesar 2,93 meter. Hal ini dikarenakan kontur dari garis awal pantai (2013) yang sejajar dengan arah datang gelombang ( $90^{\circ}$ ) sehingga gelombang yang datang tidak maksimal saat mengenai pantai sehingga terjadi kecenderungan sedimentasi.





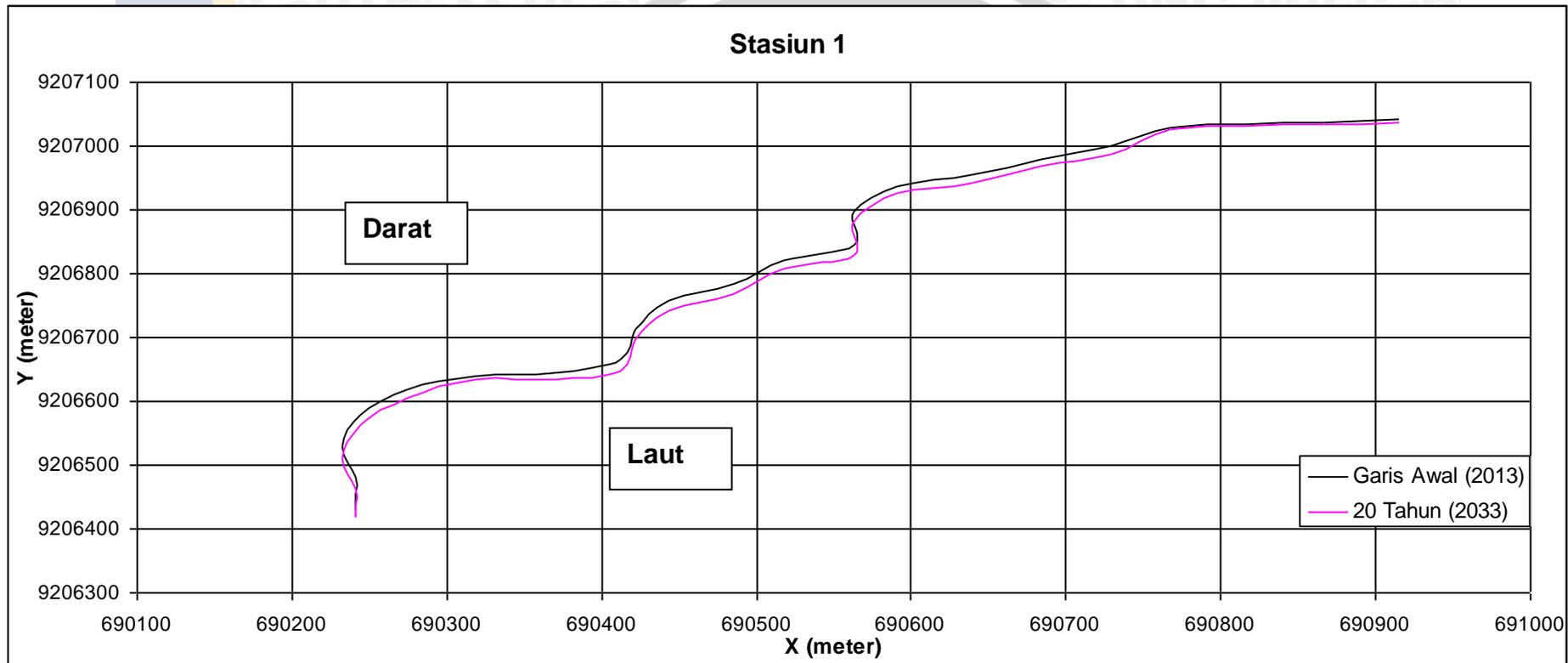
**Gambar 26. Grafik Perubahan untuk 10 tahun di Stasiun 1**

Pada gambar 26, di stasiun 1 untuk tahun 2023 terjadi perubahan garis pantai dengan kecenderungan sedimentasi sebesar 5,87 meter. Hal ini dikarenakan kontur dari garis awal pantai (2013) yang sejajar dengan arah datang gelombang ( $90^0$ ) sehingga gelombang yang datang tidak maksimal saat mengenai pantai sehingga terjadi kecenderungan sedimentasi.



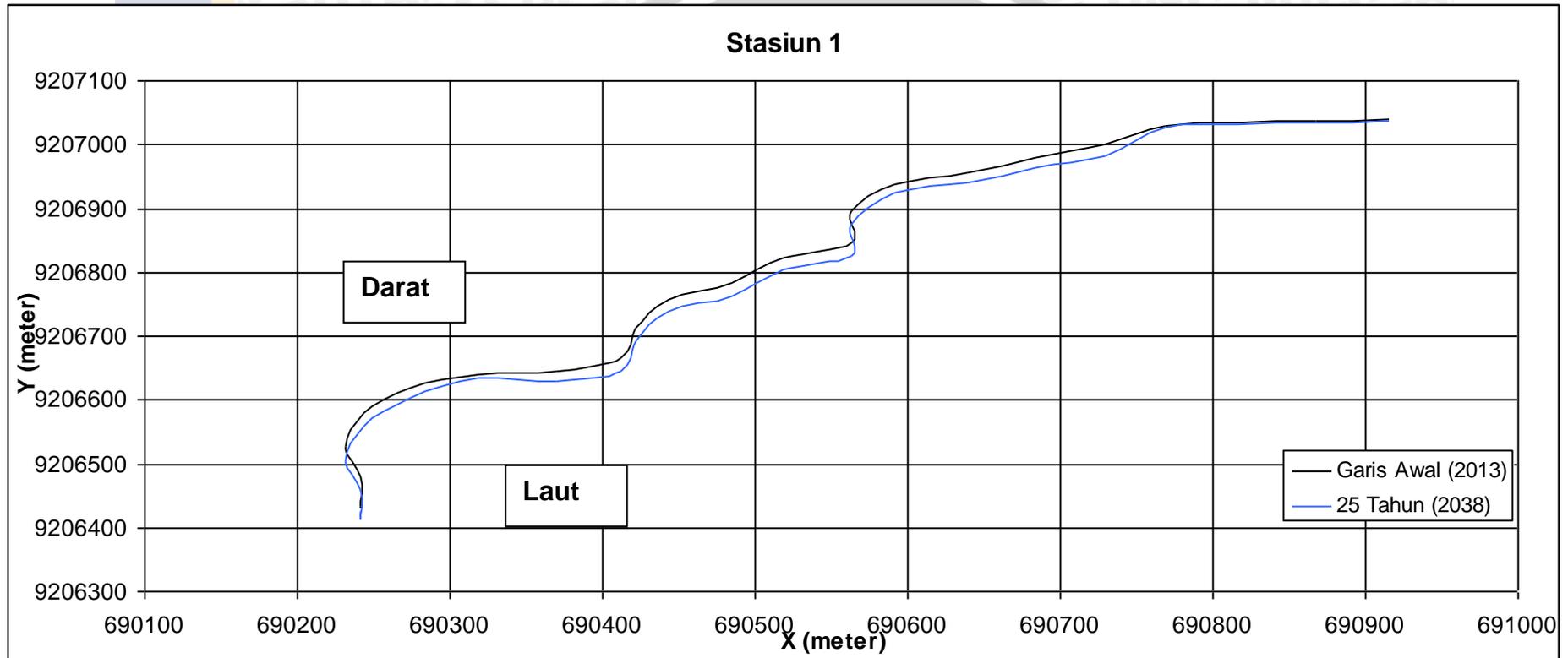
**Gambar 27. Grafik Perubahan untuk 15 tahun di Stasiun 1**

Pada gambar 27, di stasiun 1 untuk tahun 2028 terjadi perubahan garis pantai dengan kecenderungan sedimentasi sebesar 8,80 meter. Hal ini dikarenakan kontur dari garis awal pantai (2013) yang sejajar dengan arah datang gelombang ( $90^0$ ) sehingga gelombang yang datang tidak maksimal saat mengenai pantai sehingga terjadi kecenderungan sedimentasi.



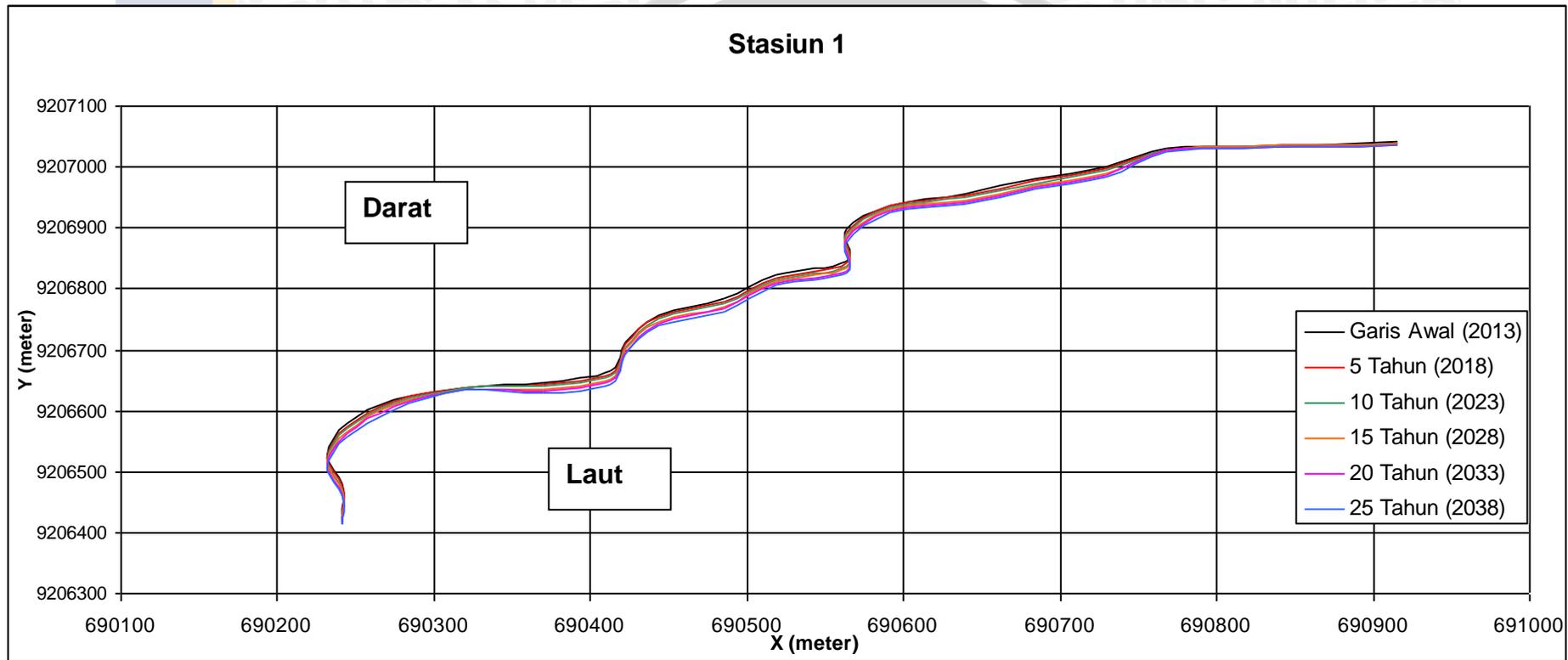
**Gambar 28. Grafik Perubahan untuk 20 tahun di Stasiun 1**

Pada gambar 28, di stasiun 1 untuk tahun 2033 terjadi perubahan garis pantai dengan kecenderungan sedimentasi sebesar 11,73 meter. Hal ini dikarenakan kontur dari garis awal pantai (2013) yang sejajar dengan arah datang gelombang ( $90^0$ ) sehingga gelombang yang datang tidak maksimal saat mengenai pantai sehingga terjadi kecenderungan sedimentasi.



**Gambar 29. Grafik Perubahan untuk 25 tahun di Stasiun 1**

Pada gambar 29, di stasiun 1 untuk tahun 2033 terjadi perubahan garis pantai dengan kecenderungan sedimentasi sebesar 14,67 meter. Hal ini dikarenakan kontur dari garis awal pantai (2013) yang sejajar dengan arah datang gelombang ( $90^0$ ) sehingga gelombang yang datang tidak maksimal saat mengenai pantai sehingga terjadi kecenderungan sedimentasi.

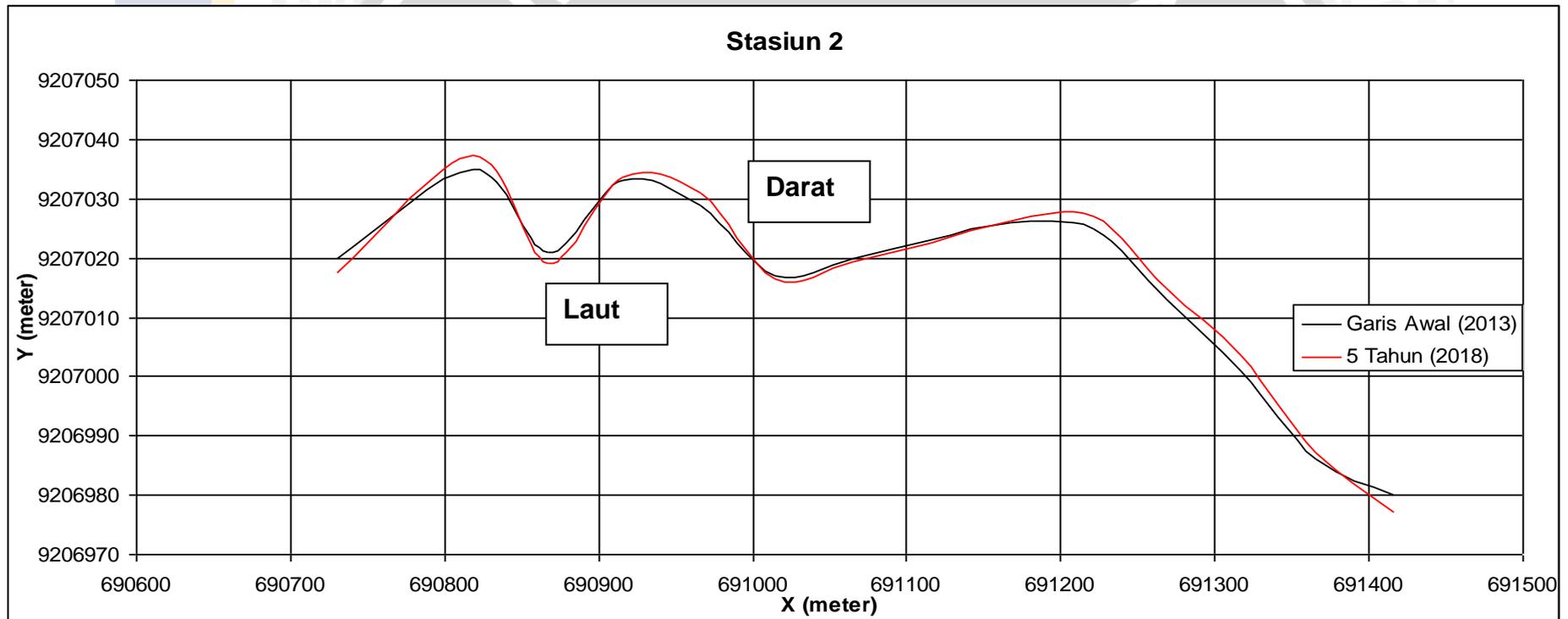


**Gambar 30. Grafik Perubahan Garis Pantai Secara Berkala di Stasiun 1**

Pada gambar 30, untuk stasiun 1 mengalami perubahan garis pantai dengan kecenderungan sedimentasi dari tahun ketahun dengan perubahan rata-rata 0,59 meter/tahun (berdasarkan perhitungan numerik ). Hal ini dikarenakan kontur dari garis awal pantai (2013) yang sejajar dengan arah datang gelombang ( $90^{\circ}$ ) sehingga gelombang yang datang tidak maksimal saat mengenai pantai sehingga terjadi kecenderungan sedimentasi.

#### 4.2.2 Grafik Perubahan Garis Pantai di Stasiun 2

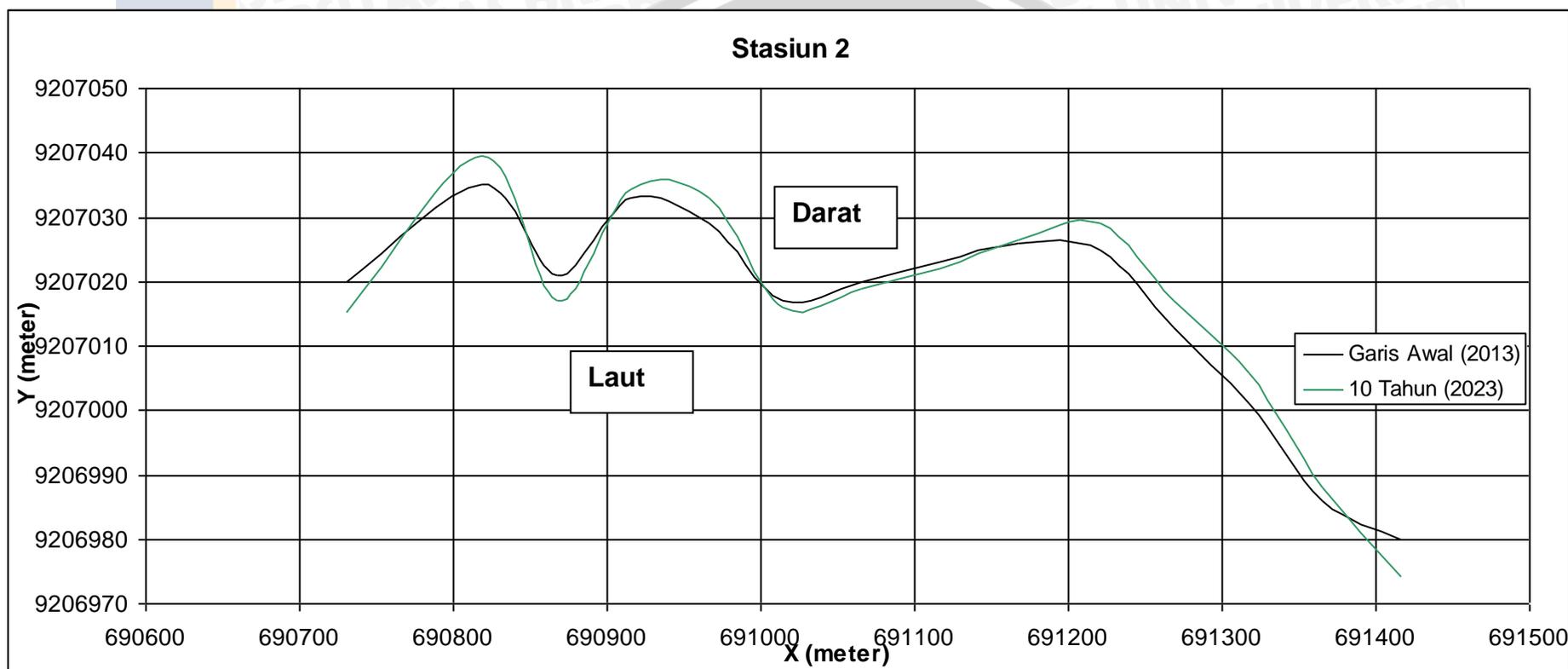
Grafik perubahan garis pantai pada stasiun 2 dapat dilihat pada Gambar 31 untuk perubahan 5 tahun, Gambar 32 untuk perubahan 10 tahun, Gambar 33 untuk perubahan 15 tahun, Gambar 34 untuk perubahan 20 tahun, Gambar 35 untuk perubahan 25 tahun dan untuk Grafik 36 merupakan perubahan garis pantai di stasiun 2 secara berkala.



Gambar 31. Grafik Perubahan untuk 5 tahun di Stasiun 2

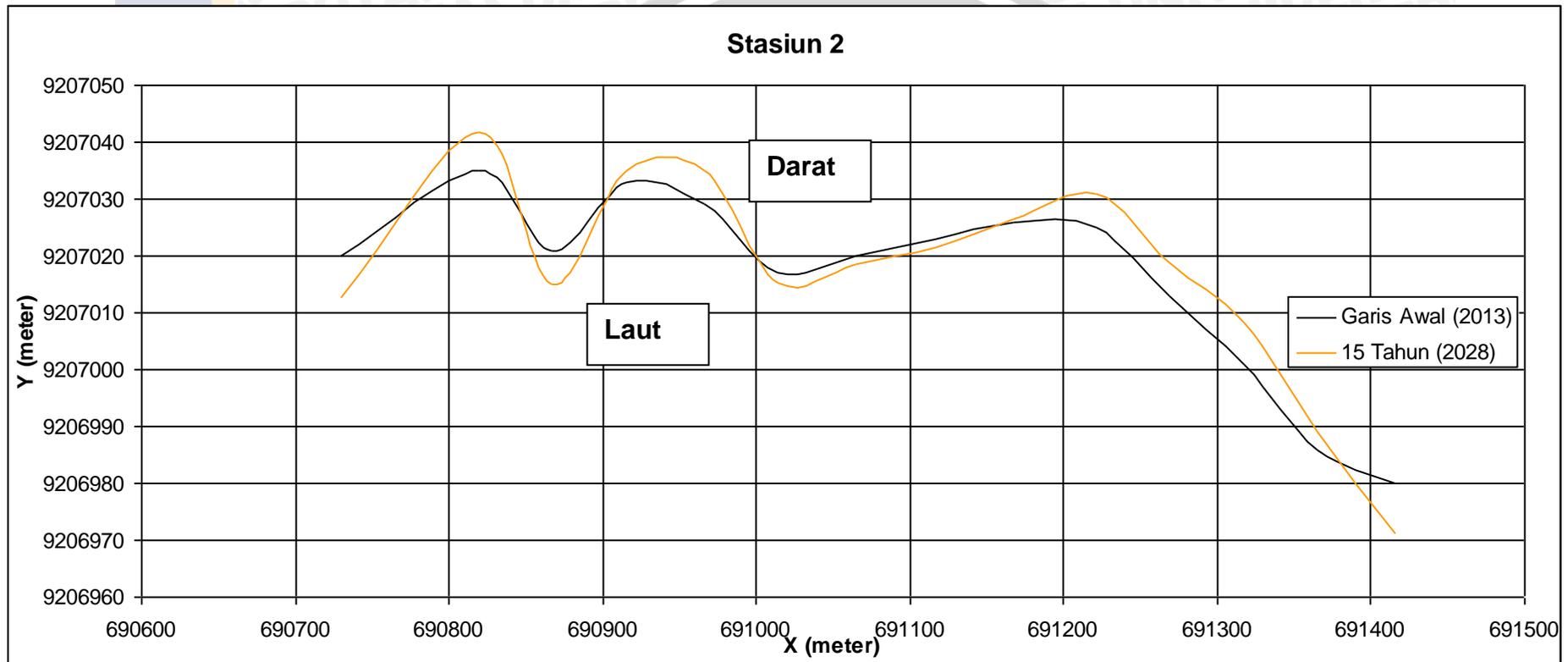
Pada gambar 31, di stasiun 2 untuk tahun 2018 terjadi perubahan garis pantai dengan kecenderungan erosi sebesar 0,26 meter. Hal ini dikarenakan kontur dari garis awal pantai (2013) yang cukup bervariasi untuk daratan yang menjorok kelaut terjadi sedimentasi, sedangkan untuk lautan yang menjorok ke daratan terjadi erosi, hal ini juga dipengaruhi oleh arah sudut datang ( $90^{\circ}$ ). Untuk stasiun 2 kontur garis awal pantai yang lebih banyak lautan yang menjorok ke daratan maka kecenderungan perubahan garis pantai mengalami erosi.





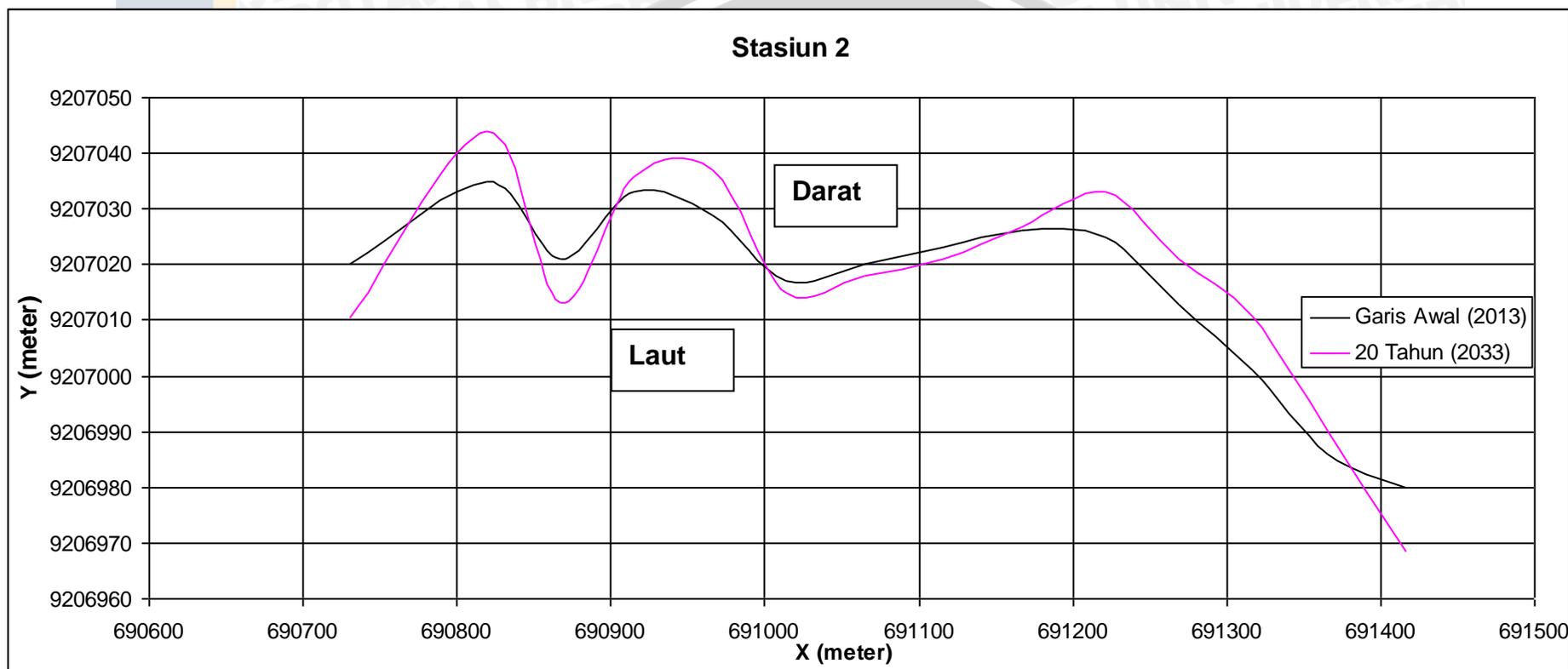
**Gambar 32. Grafik Perubahan untuk 10 tahun di Stasiun 2**

Pada gambar 32, di stasiun 2 untuk tahun 2018 terjadi perubahan garis pantai dengan kecenderungan erosi sebesar 0,52 meter. Hal ini dikarenakan kontur dari garis awal pantai (2013) yang cukup bervariasi untuk daratan yang menjorok kelaut terjadi sedimentasi, sedangkan untuk lautan yang menjorok ke daratan terjadi erosi, hal ini juga dipengaruhi oleh arah sudut datang ( $90^{\circ}$ ). Untuk stasiun 2 kontur garis awal pantai yang lebih banyak lautan yang menjorok ke daratan maka kecenderungan perubahan garis pantai mengalami erosi.



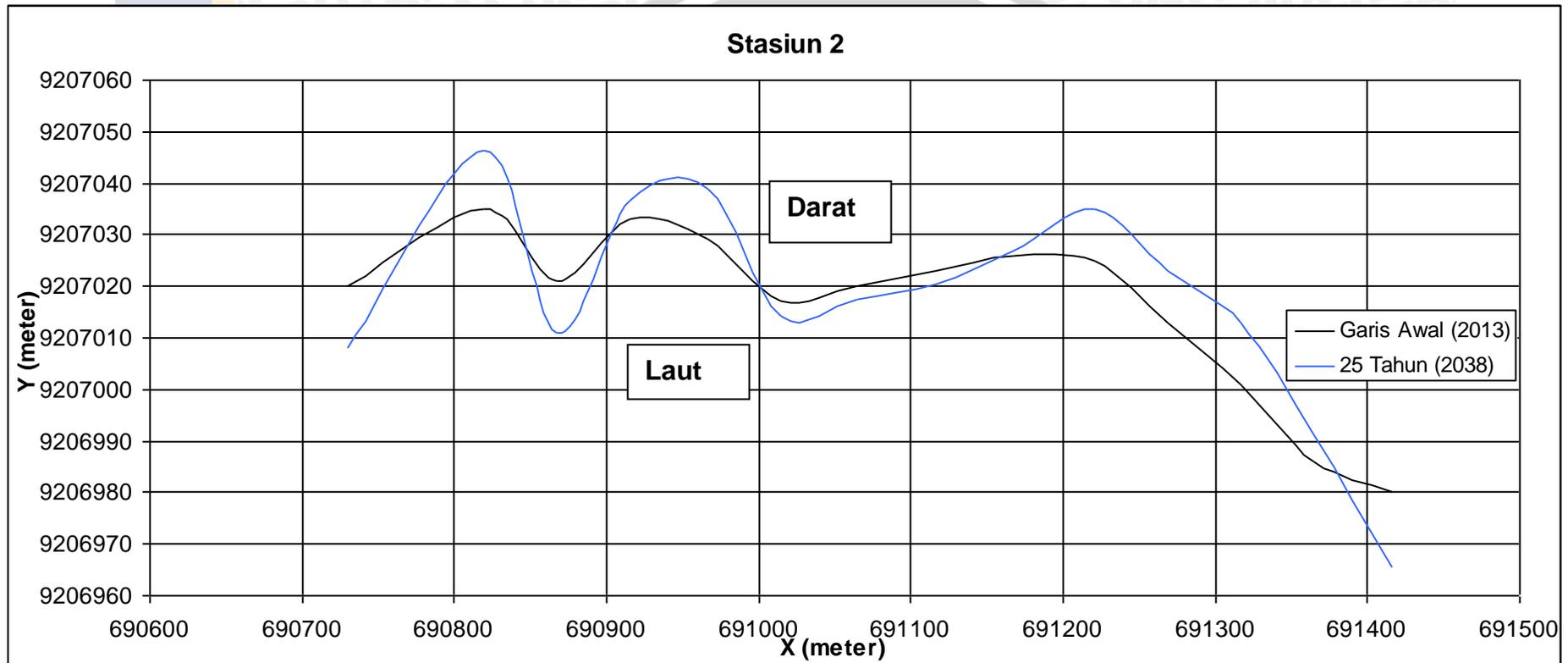
**Gambar 33. Grafik Perubahan untuk 15 tahun di Stasiun 2**

Pada gambar 33, di stasiun 2 untuk tahun 2018 terjadi perubahan garis pantai dengan kecenderungan erosi sebesar 0,79 meter. Hal ini dikarenakan kontur dari garis awal pantai (2013) yang cukup bervariasi untuk daratan yang menjorok kelaut terjadi sedimentasi, sedangkan untuk lautan yang menjorok ke daratan terjadi erosi, hal ini juga dipengaruhi oleh arah sudut datang ( $90^0$ ). Untuk stasiun 2 kontur garis awal pantai yang lebih banyak lautan yang menjorok ke daratan maka kecenderungan perubahan garis pantai mengalami erosi.



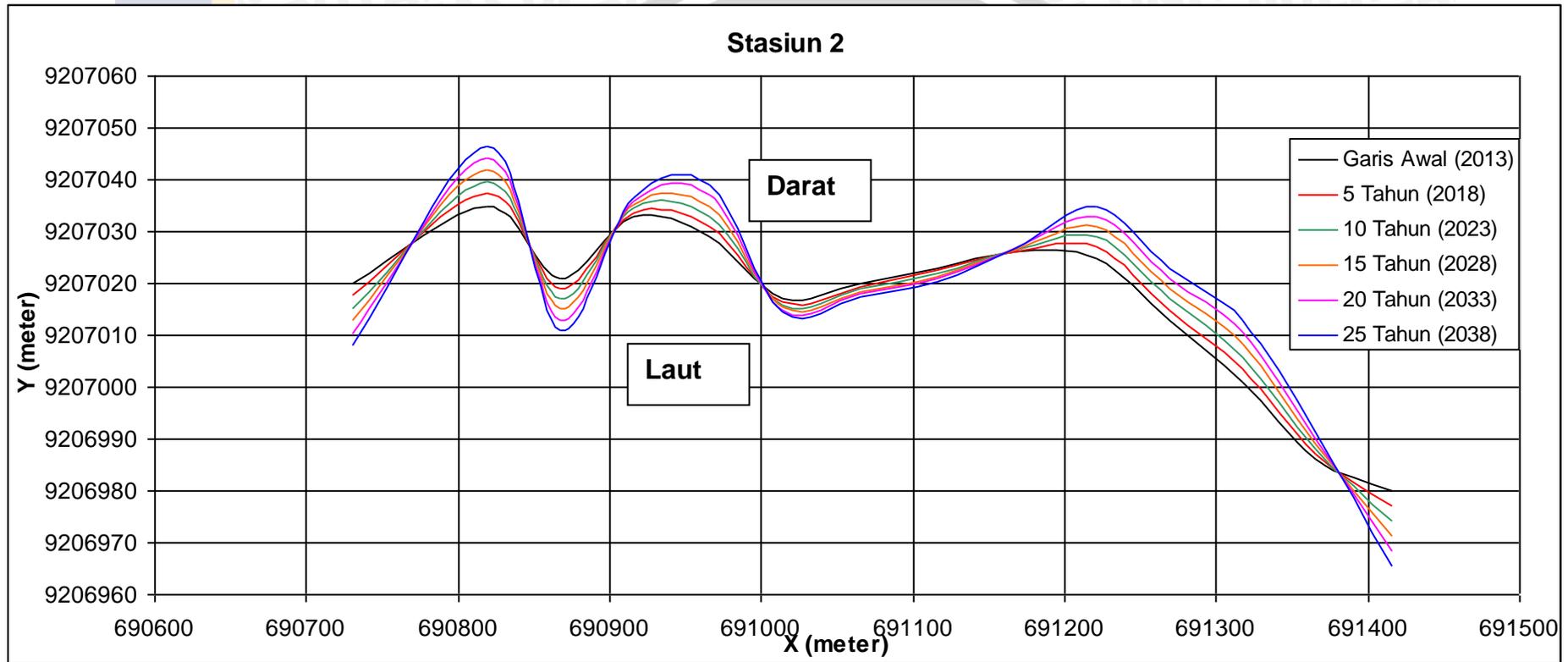
**Gambar 34. Grafik Perubahan untuk 20 tahun di Stasiun 2**

Pada gambar 34, di stasiun 2 untuk tahun 2018 terjadi perubahan garis pantai dengan kecenderungan erosi sebesar 1,05 meter. Hal ini dikarenakan kontur dari garis awal pantai (2013) yang cukup bervariasi untuk daratan yang menjorok kelaut terjadi sedimentasi, sedangkan untuk lautan yang menjorok ke daratan terjadi erosi, hal ini juga dipengaruhi oleh arah sudut datang ( $90^0$ ). Untuk stasiun 2 kontur garis awal pantai yang lebih banyak lautan yang menjorok ke daratan maka kecenderungan perubahan garis pantai mengalami erosi.



**Gambar 35. Grafik Perubahan untuk 25 tahun di Stasiun 2**

Pada gambar 35 di stasiun 2 untuk tahun 2018 terjadi perubahan garis pantai dengan kecenderungan erosi sebesar 1,31 meter. Hal ini dikarenakan kontur dari garis awal pantai (2013) yang cukup bervariasi untuk daratan yang menjorok kelaut terjadi sedimentasi, sedangkan untuk lautan yang menjorok ke daratan terjadi erosi, hal ini juga dipengaruhi oleh arah sudut datang ( $90^{\circ}$ ). Untuk stasiun 2 kontur garis awal pantai yang lebih banyak lautan yang menjorok ke daratan maka kecenderungan perubahan garis pantai mengalami erosi.



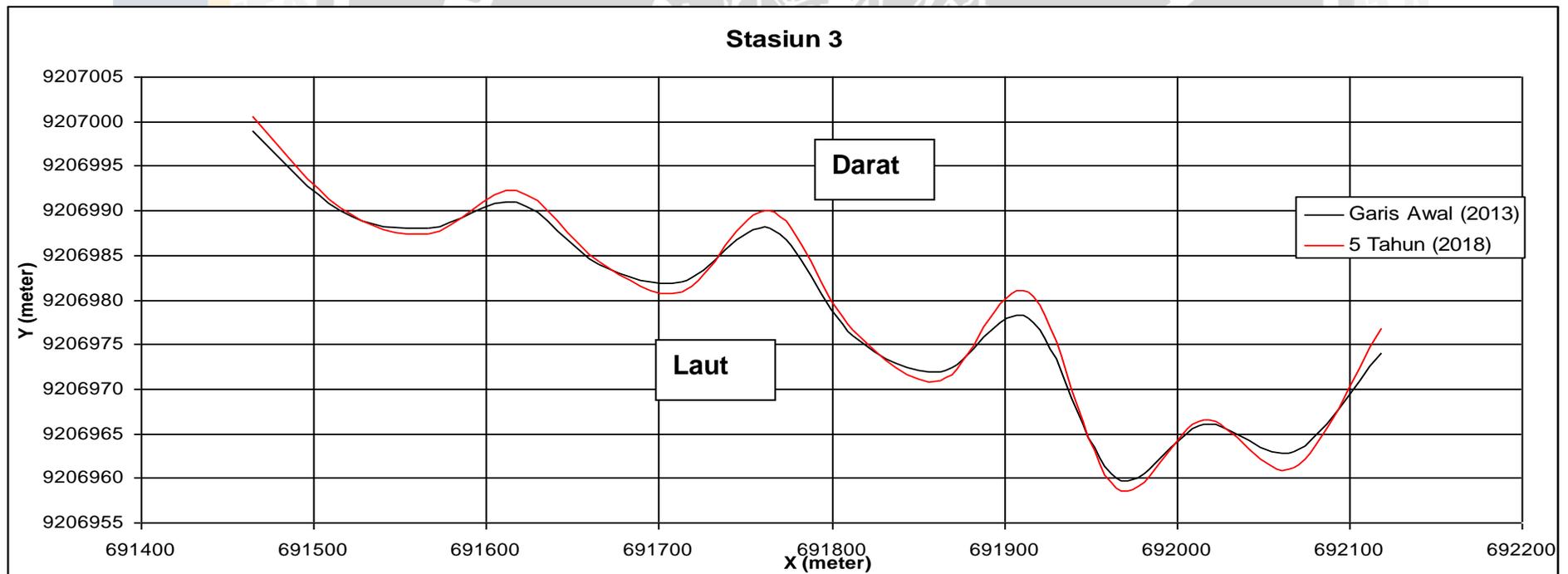
**Gambar 36. Grafik Perubahan Garis Pantai Secara Berkala di Stasiun 2**

Pada gambar 36, untuk stasiun 2 mengalami perubahan garis pantai dengan kecenderungan erosi dari tahun ketahun dengan perubahan rata-rata 0,05 meter/tahun (berdasarkan perhitungan numerik ). Hal ini dikarenakan kontur dari garis awal pantai (2013) yang cukup bervariasi untuk daratan yang menjorok kelaut terjadi sedimentasi, sedangkan untuk lautan yang menjorok ke daratan terjadi erosi, hal ini juga

dipengaruhi oleh arah sudut datang ( $90^0$ ). Untuk stasiun 2 kontur garis awal pantai yang lebih banyak lautan yang menjorok ke daratan maka kecenderungan perubahan garis pantai mengalami erosi.

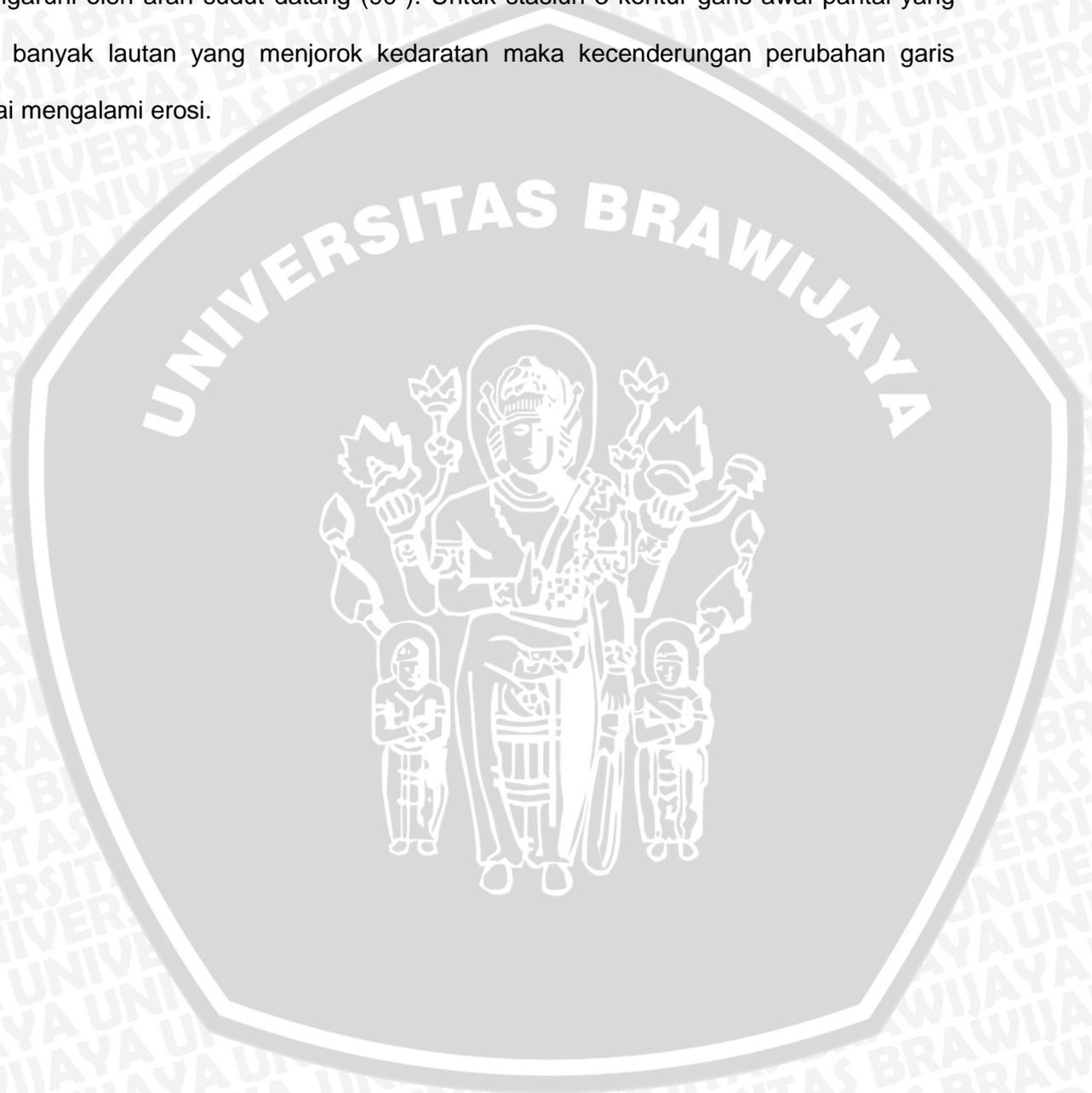
#### 4.2.3 Grafik Perubahan Garis Pantai di Stasiun 3

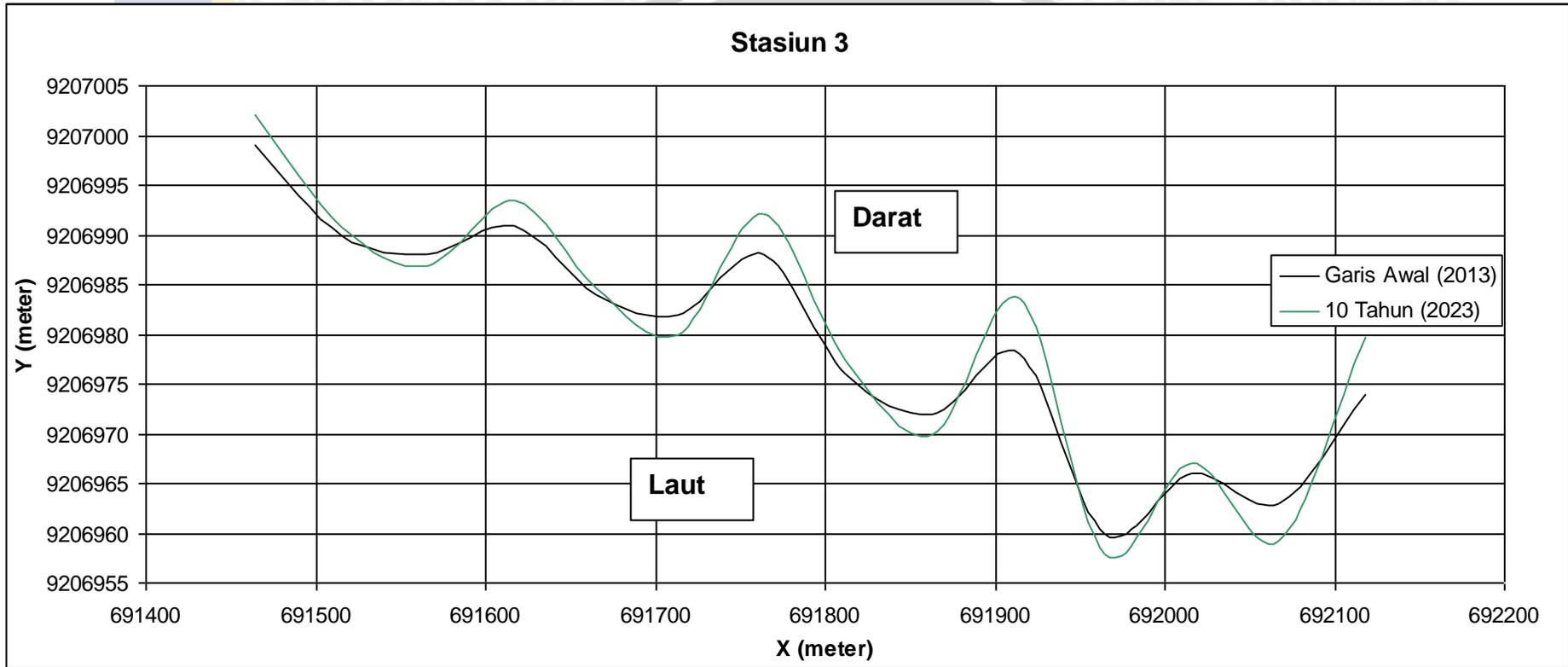
Grafik perubahan garis pantai pada stasiun 3 dapat dilihat pada Gambar 37 untuk perubahan 5 tahun, Gambar 38 untuk perubahan 10 tahun, Gambar 39 untuk perubahan 15 tahun, Gambar 40 untuk perubahan 20 tahun, Gambar 41 untuk perubahan 25 tahun dan untuk Grafik 42 merupakan perubahan garis pantai di stasiun 3 secara berkala.



**Gambar 37. Grafik Perubahan untuk 5 tahun di Stasiun 3**

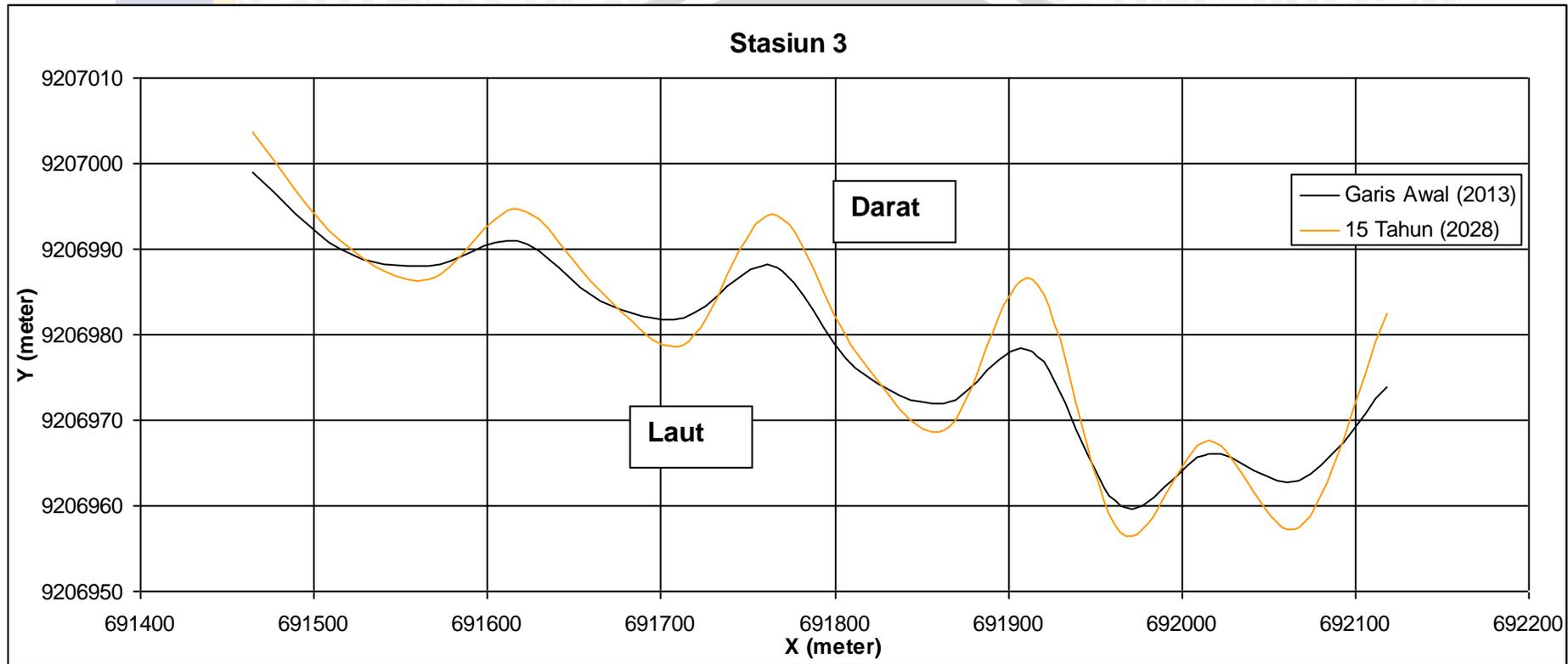
Pada gambar 37 di stasiun 3 untuk tahun 2018 terjadi perubahan garis pantai dengan kecenderungan erosi sebesar 0,49 meter. Hal ini dikarenakan kontur dari garis awal pantai (2013) yang cukup bervariasi untuk daratan yang menjorok kelaut terjadi sedimentasi, sedangkan untuk lautan yang menjorok ke daratan terjadi erosi, hal ini juga dipengaruhi oleh arah sudut datang ( $90^{\circ}$ ). Untuk stasiun 3 kontur garis awal pantai yang lebih banyak lautan yang menjorok ke daratan maka kecenderungan perubahan garis pantai mengalami erosi.





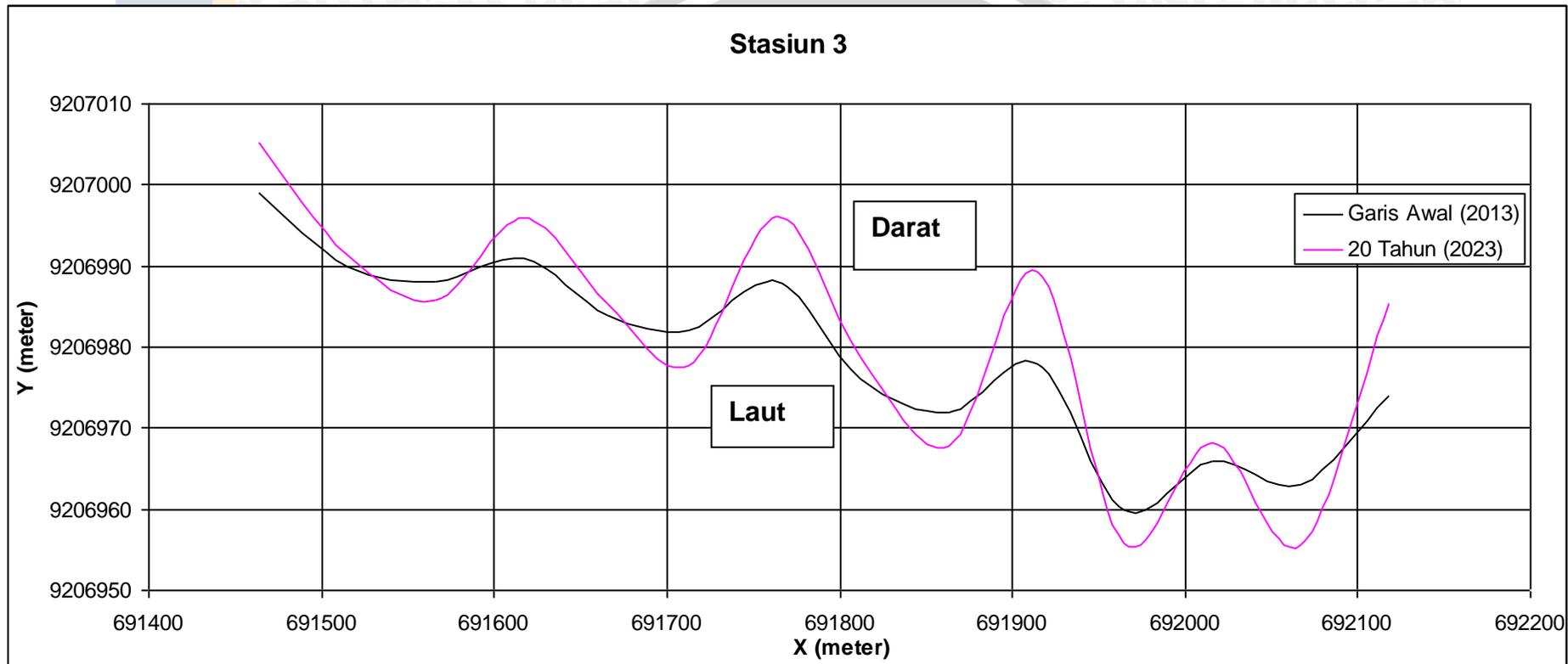
**Gambar 38. Grafik Perubahan untuk 10 tahun di Stasiun 3**

Pada gambar 38 di stasiun 3 untuk tahun 2023 terjadi perubahan garis pantai dengan kecenderungan erosi sebesar 0,98 meter. Hal ini dikarenakan kontur dari garis awal pantai (2013) yang cukup bervariasi untuk daratan yang menjorok kelaut terjadi sedimentasi, sedangkan untuk lautan yang menjorok ke daratan terjadi erosi, hal ini juga dipengaruhi oleh arah sudut datang ( $90^0$ ). Untuk stasiun 3 kontur garis awal pantai yang lebih banyak lautan yang menjorok ke daratan maka kecenderungan perubahan garis pantai mengalami erosi.



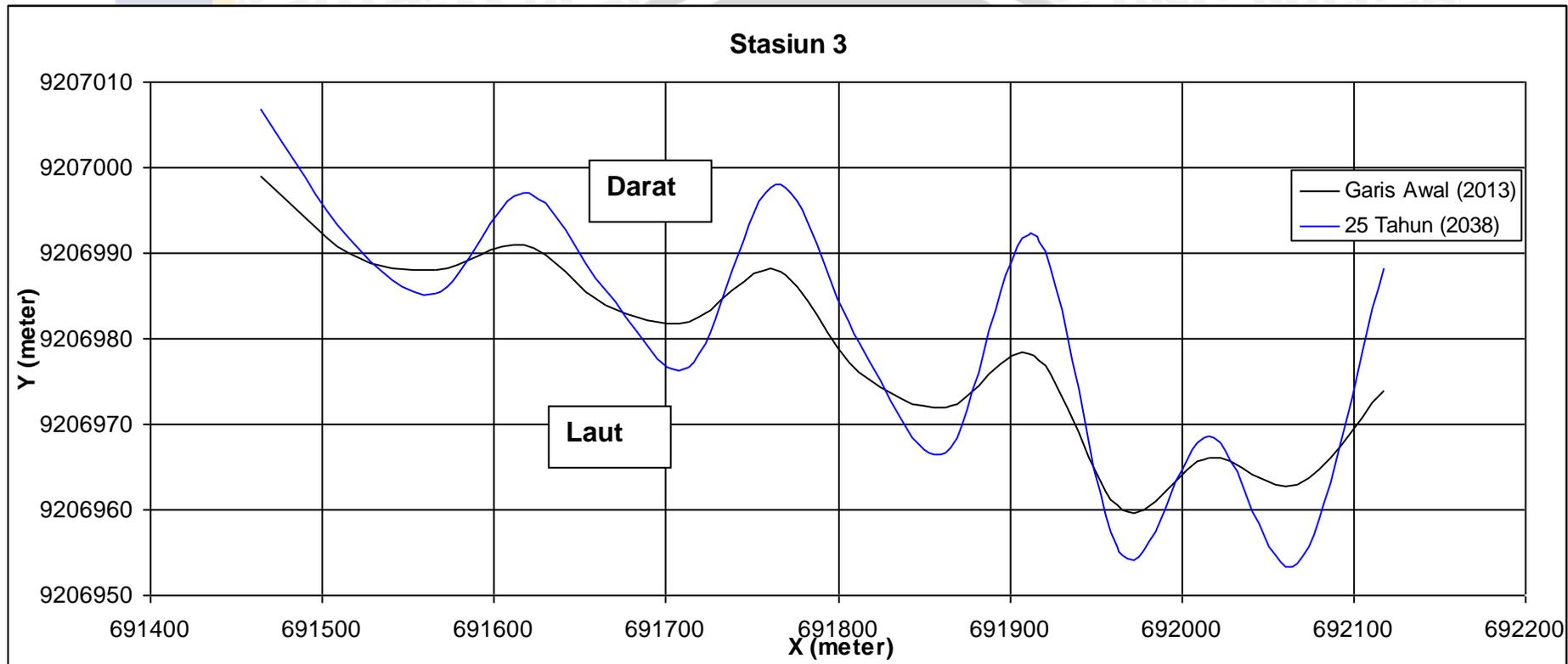
**Gambar 39. Grafik Perubahan untuk 15 tahun di Stasiun 3**

Pada gambar 39 di stasiun 3 untuk tahun 2028 terjadi perubahan garis pantai dengan kecenderungan erosi sebesar 1,47 meter. Hal ini dikarenakan kontur dari garis awal pantai (2013) yang cukup bervariasi untuk daratan yang menjorok kelaut terjadi sedimentasi, sedangkan untuk lautan yang menjorok ke daratan terjadi erosi, hal ini juga dipengaruhi oleh arah sudut datang ( $90^0$ ). Untuk stasiun 3 kontur garis awal pantai yang lebih banyak lautan yang menjorok ke daratan maka kecenderungan perubahan garis pantai mengalami erosi.



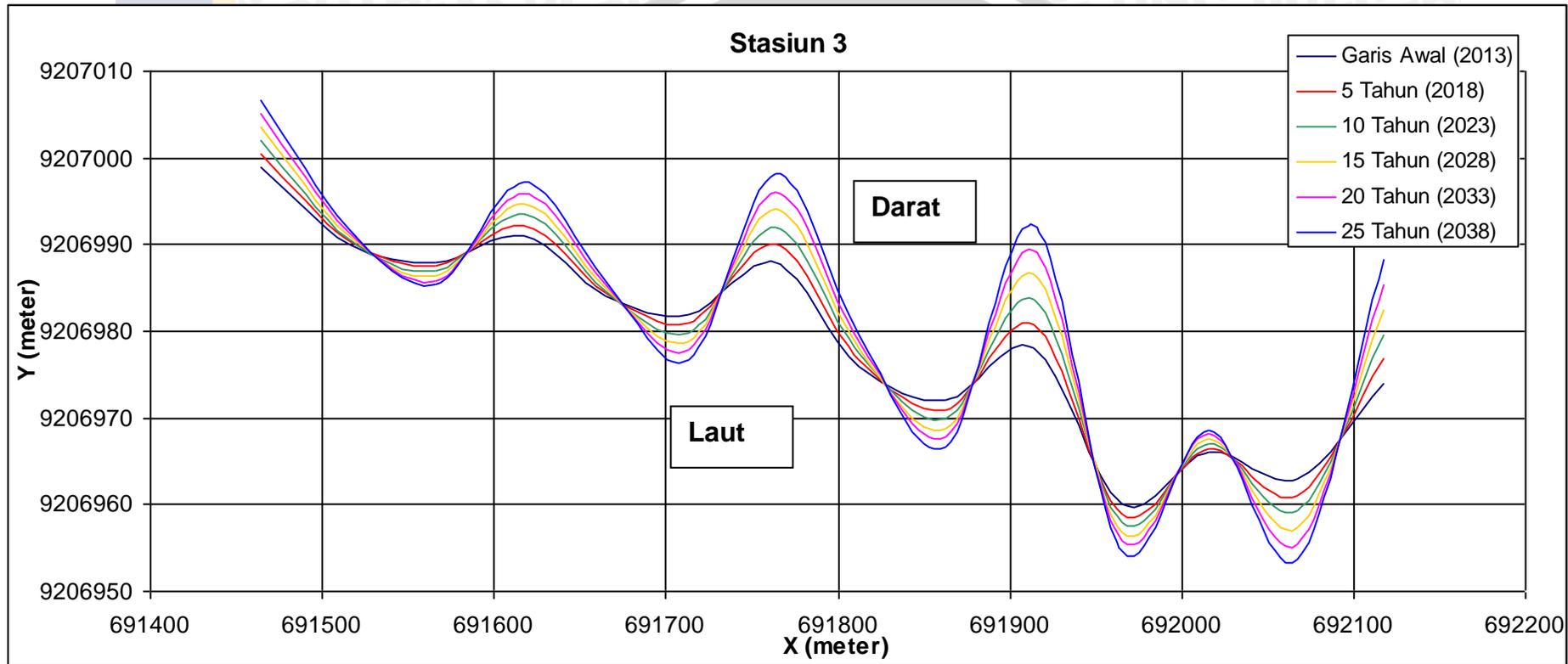
**Gambar 40. Grafik Perubahan untuk 20 tahun di Stasiun 3**

Pada gambar 40 di stasiun 3 untuk tahun 2033 terjadi perubahan garis pantai dengan kecenderungan erosi sebesar 1,97 meter. Hal ini dikarenakan kontur dari garis awal pantai (2013) yang cukup bervariasi untuk daratan yang menjorok kelaut terjadi sedimentasi, sedangkan untuk lautan yang menjorok ke daratan terjadi erosi, hal ini juga dipengaruhi oleh arah sudut datang ( $90^{\circ}$ ). Untuk stasiun 3 kontur garis awal pantai yang lebih banyak lautan yang menjorok ke daratan maka kecenderungan perubahan garis pantai mengalami erosi.



**Gambar 41. Grafik Perubahan untuk 25 tahun di Stasiun 3**

Pada gambar 41 di stasiun 3 untuk tahun 2038 terjadi perubahan garis pantai dengan kecenderungan erosi sebesar 2,46 meter. Hal ini dikarenakan kontur dari garis awal pantai (2013) yang cukup bervariasi untuk daratan yang menjorok kelaut terjadi sedimentasi, sedangkan untuk lautan yang menjorok ke daratan terjadi erosi, hal ini juga dipengaruhi oleh arah sudut datang ( $90^{\circ}$ ). Untuk stasiun 3 kontur garis awal pantai yang lebih banyak lautan yang menjorok ke daratan maka kecenderungan perubahan garis pantai mengalami erosi.

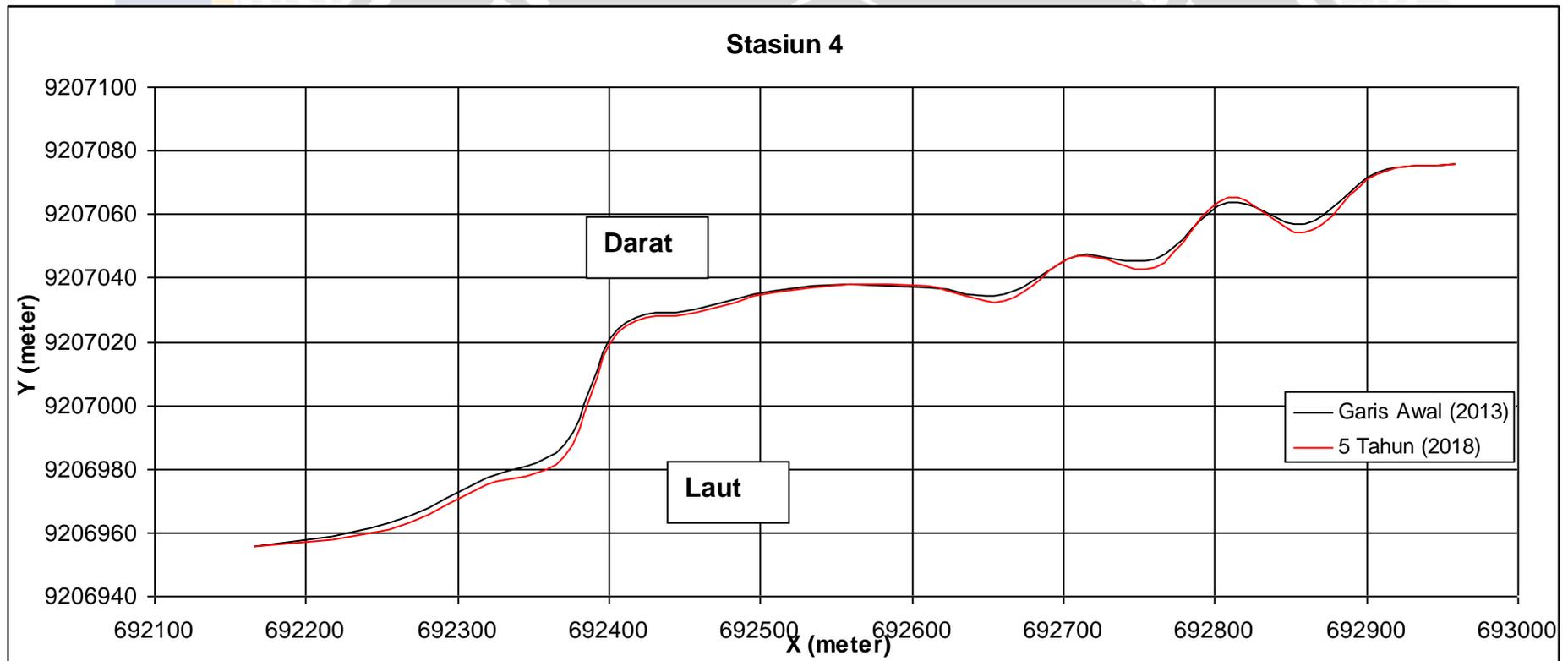


**Gambar 42. Grafik Perubahan Garis Pantai Secara Berkala di Stasiun 3**

Pada gambar 42, untuk stasiun 3 mengalami perubahan garis pantai dengan kecenderungan erosi dari tahun ketahun dengan perubahan rata-rata 0,98 meter/tahun (berdasarkan perhitungan numerik ). Hal ini dikarenakan kontur dari garis awal pantai (2013) yang cukup bervariasi untuk daratan yang menjorok kelaut terjadi sedimentasi, sedangkan untuk lautan yang menjorok ke daratan terjadi erosi, hal ini juga dipengaruhi oleh arah sudut datang ( $90^0$ ). Untuk stasiun 3 kontur garis awal pantai yang lebih banyak lautan yang menjorok ke daratan maka kecenderungan perubahan garis pantai mengalami erosi.

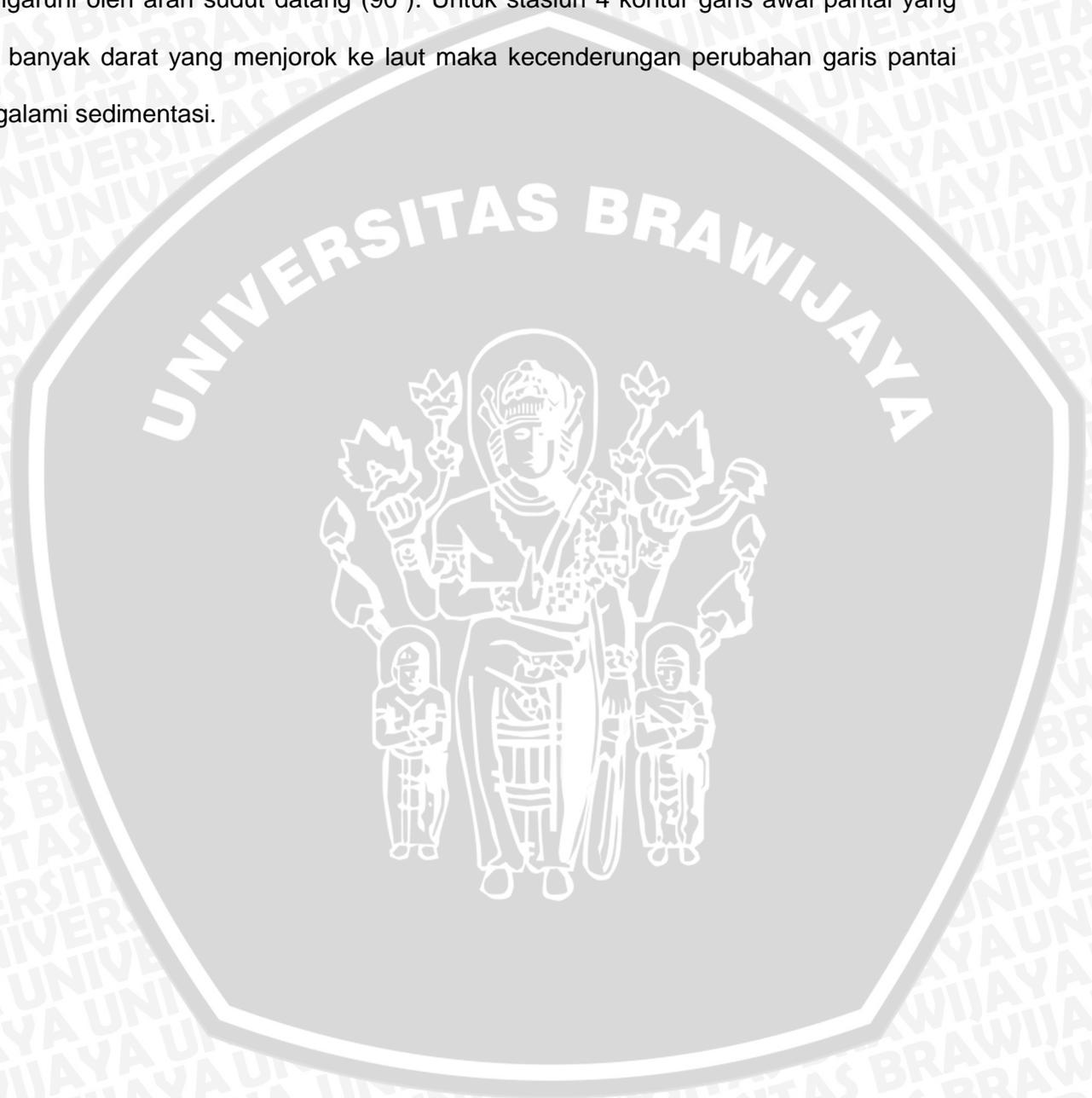
#### 4.2.4 Grafik Perubahan Garis Pantai di Stasiun 4

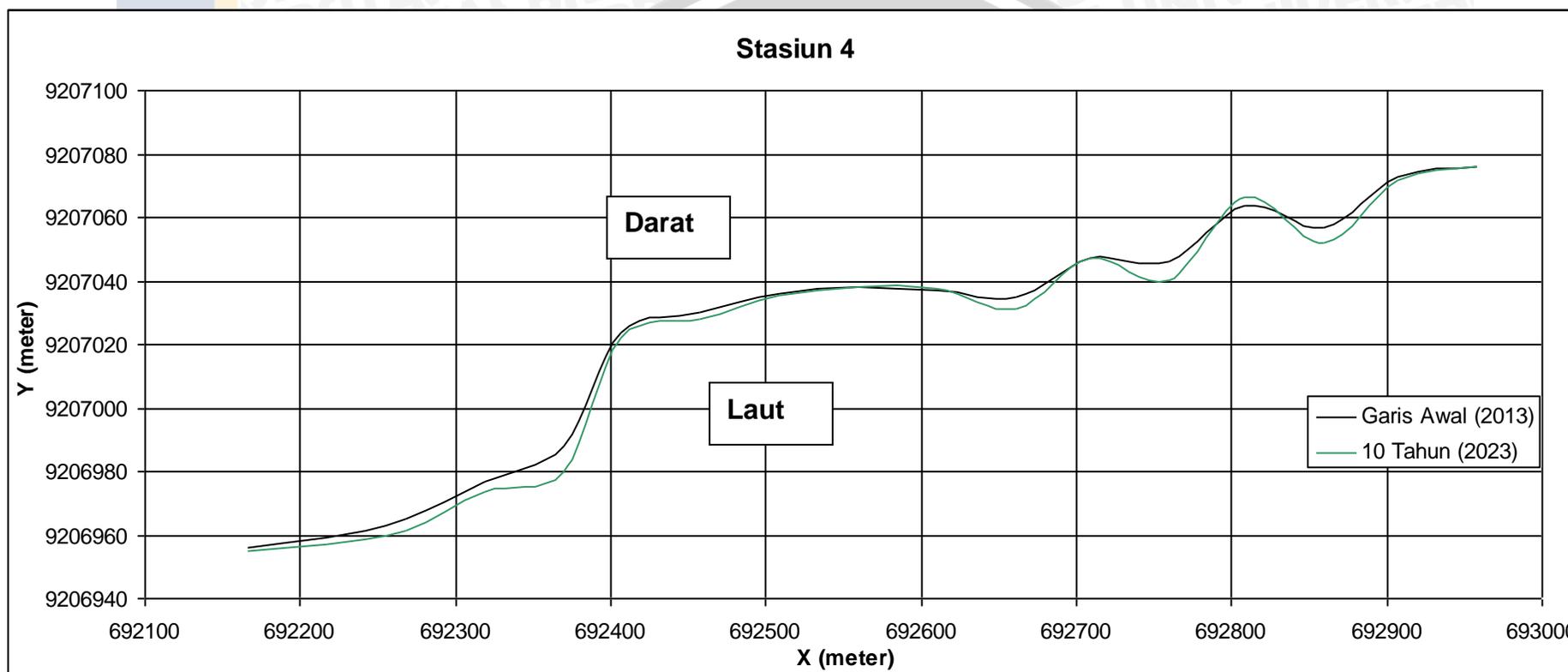
Grafik perubahan garis pantai pada stasiun 3 dapat dilihat pada Gambar 43 untuk perubahan 5 tahun, Gambar 44 untuk perubahan 10 tahun, Gambar 45 untuk perubahan 15 tahun, Gambar 46 untuk perubahan 20 tahun, Gambar 47 untuk perubahan 25 tahun dan untuk Grafik 48 merupakan perubahan garis pantai di stasiun 4 secara berkala.



Gambar 43. Grafik Perubahan untuk 5 tahun di Stasiun 4

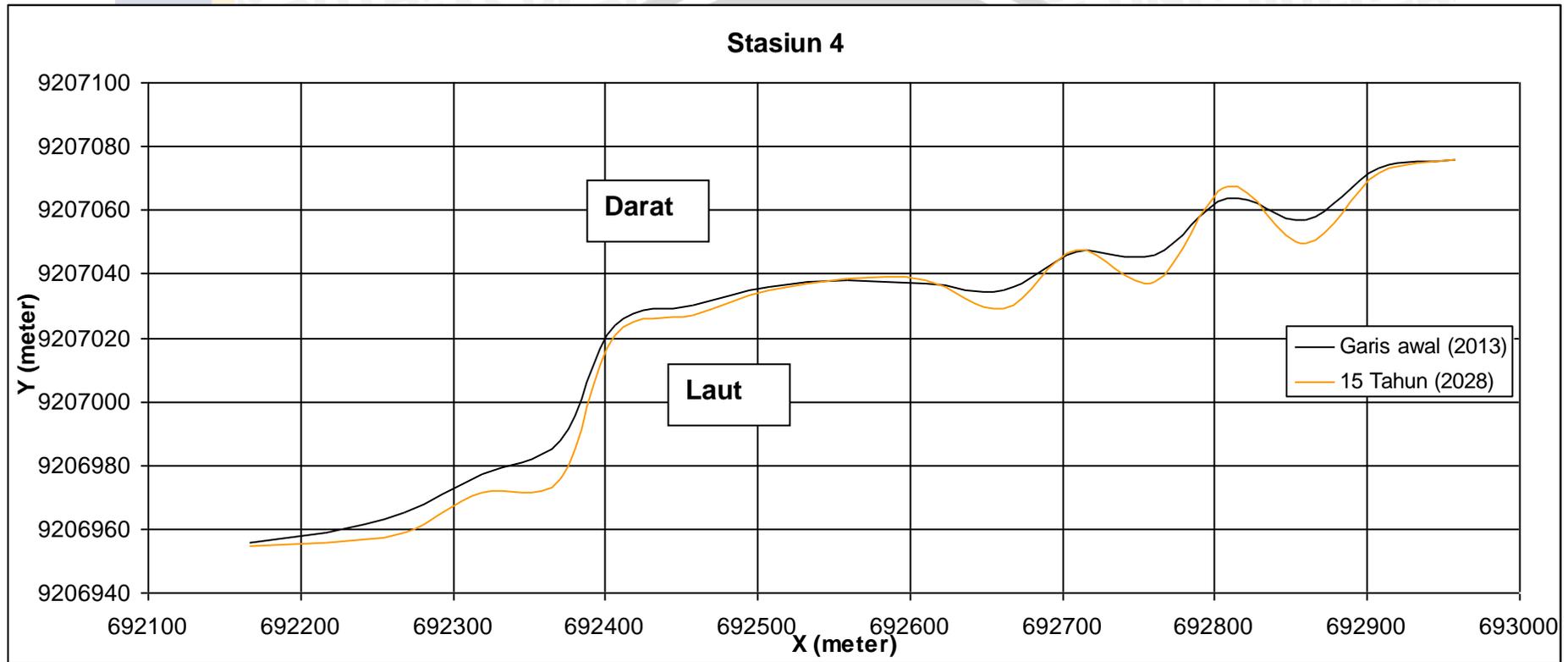
Pada gambar 43 di stasiun 4 untuk tahun 2018 terjadi perubahan garis pantai dengan kecenderungan sedimentasi sebesar 1,03 meter. Hal ini dikarenakan kontur dari garis awal pantai (2013) yang cukup bervariasi untuk daratan yang menjorok kelaut terjadi sedimentasi, sedangkan untuk lautan yang menjorok ke daratan terjadi erosi, hal ini juga dipengaruhi oleh arah sudut datang ( $90^{\circ}$ ). Untuk stasiun 4 kontur garis awal pantai yang lebih banyak darat yang menjorok ke laut maka kecenderungan perubahan garis pantai mengalami sedimentasi.





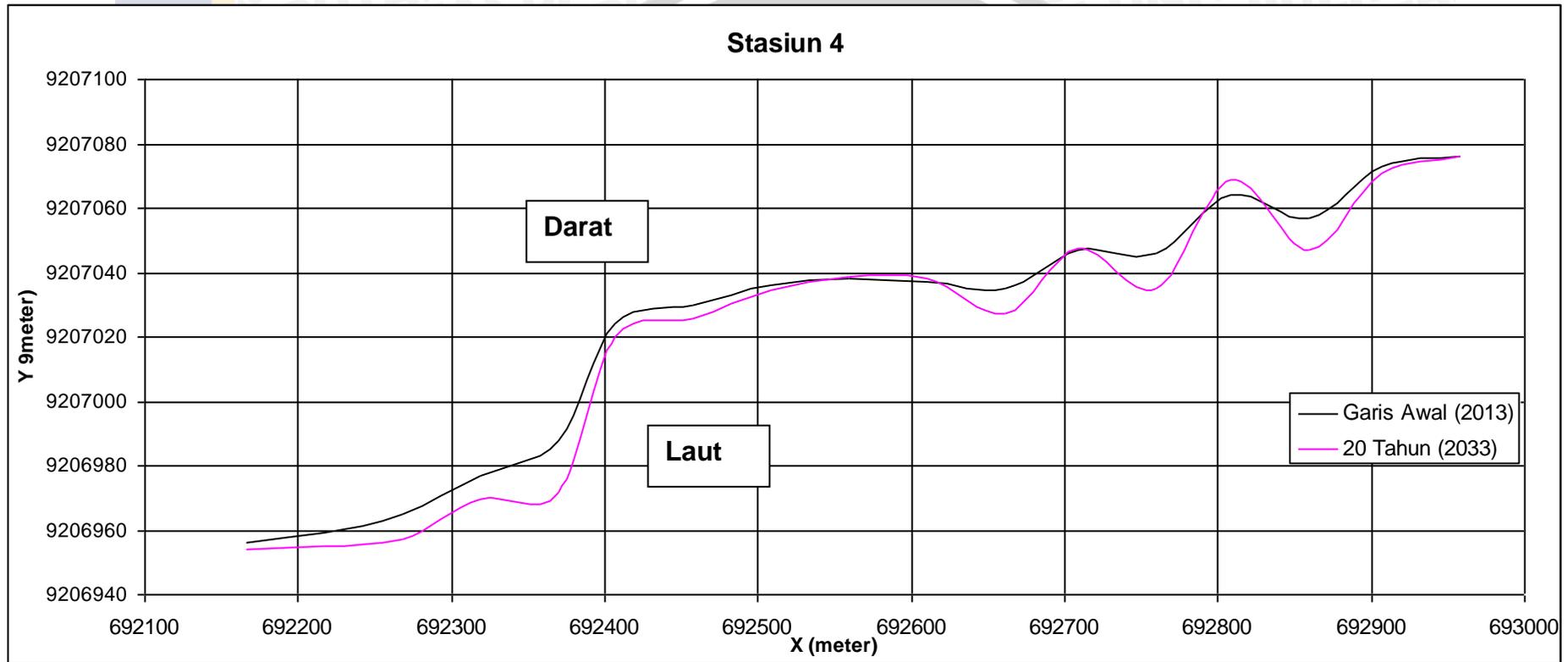
**Gambar 44. Grafik Perubahan untuk 10 tahun di Stasiun 4**

Pada gambar 44 di stasiun 4 untuk tahun 2023 terjadi perubahan garis pantai dengan kecenderungan sedimentasi sebesar 2,07 meter. Hal ini dikarenakan kontur dari garis awal pantai (2013) yang cukup bervariasi untuk daratan yang menjorok kelaut terjadi sedimentasi, sedangkan untuk lautan yang menjorok ke daratan terjadi erosi, hal ini juga dipengaruhi oleh arah sudut datang ( $90^{\circ}$ ). Untuk stasiun 4 kontur garis awal pantai yang lebih banyak darat yang menjorok ke laut maka kecenderungan perubahan garis pantai mengalami sedimentasi.



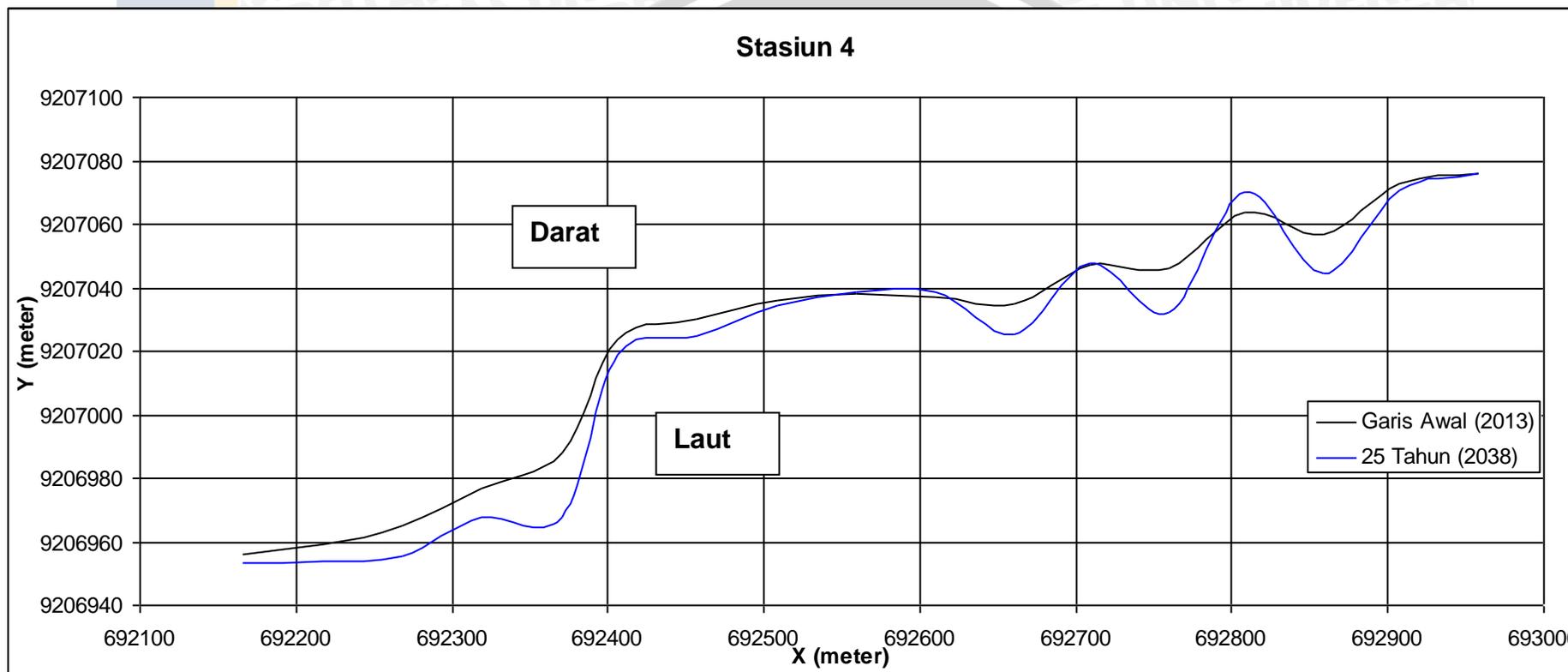
**Gambar 45. Grafik Perubahan untuk 15 tahun di Stasiun 4**

Pada gambar 45 di stasiun 4 untuk tahun 2028 terjadi perubahan garis pantai dengan kecenderungan sedimentasi sebesar 3,10 meter. Hal ini dikarenakan kontur dari garis awal pantai (2013) yang cukup bervariasi untuk daratan yang menjorok kelaut terjadi sedimentasi, sedangkan untuk lautan yang menjorok ke daratan terjadi erosi, hal ini juga dipengaruhi oleh arah sudut datang ( $90^0$ ). Untuk stasiun 4 kontur garis awal pantai yang lebih banyak darat yang menjorok ke laut maka kecenderungan perubahan garis pantai mengalami sedimentasi.



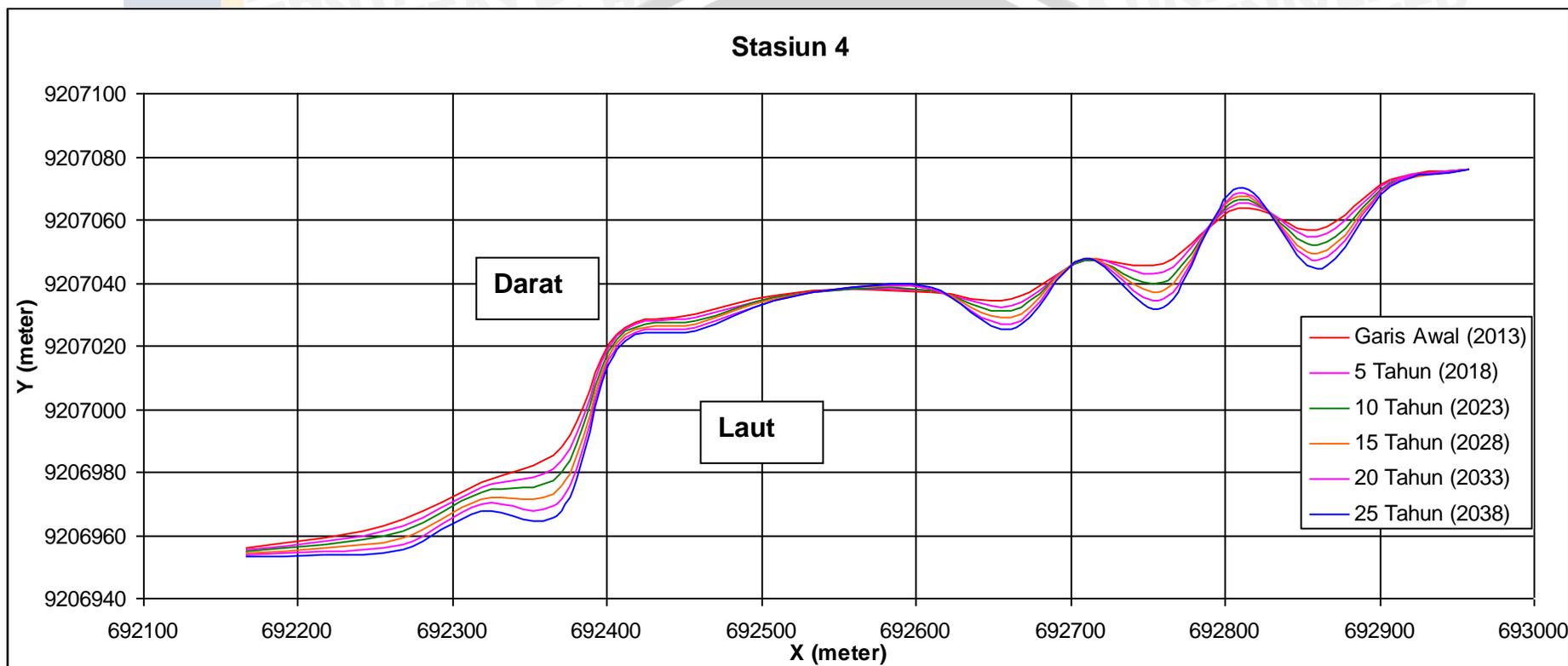
**Gambar 46. Grafik Perubahan untuk 20 tahun di Stasiun 4**

Pada gambar 46 di stasiun 4 untuk tahun 2033 terjadi perubahan garis pantai dengan kecenderungan sedimentasi sebesar 4,14 meter. Hal ini dikarenakan kontur dari garis awal pantai (2013) yang cukup bervariasi untuk daratan yang menjorok kelaut terjadi sedimentasi, sedangkan untuk lautan yang menjorok ke daratan terjadi erosi, hal ini juga dipengaruhi oleh arah sudut datang ( $90^{\circ}$ ). Untuk stasiun 4 kontur garis awal pantai yang lebih banyak darat yang menjorok ke laut maka kecenderungan perubahan garis pantai mengalami sedimentasi.



**Gambar 47. Grafik Perubahan untuk 25 tahun di Stasiun 4**

Pada gambar 47 di stasiun 4 untuk tahun 2038 terjadi perubahan garis pantai dengan kecenderungan sedimentasi sebesar 5,17 meter. Hal ini dikarenakan kontur dari garis awal pantai (2013) yang cukup bervariasi untuk daratan yang menjorok kelaut terjadi sedimentasi, sedangkan untuk lautan yang menjorok ke daratan terjadi erosi, hal ini juga dipengaruhi oleh arah sudut datang ( $90^0$ ). Untuk stasiun 4 kontur garis awal pantai yang lebih banyak darat yang menjorok ke laut maka kecenderungan perubahan garis pantai mengalami sedimentasi.

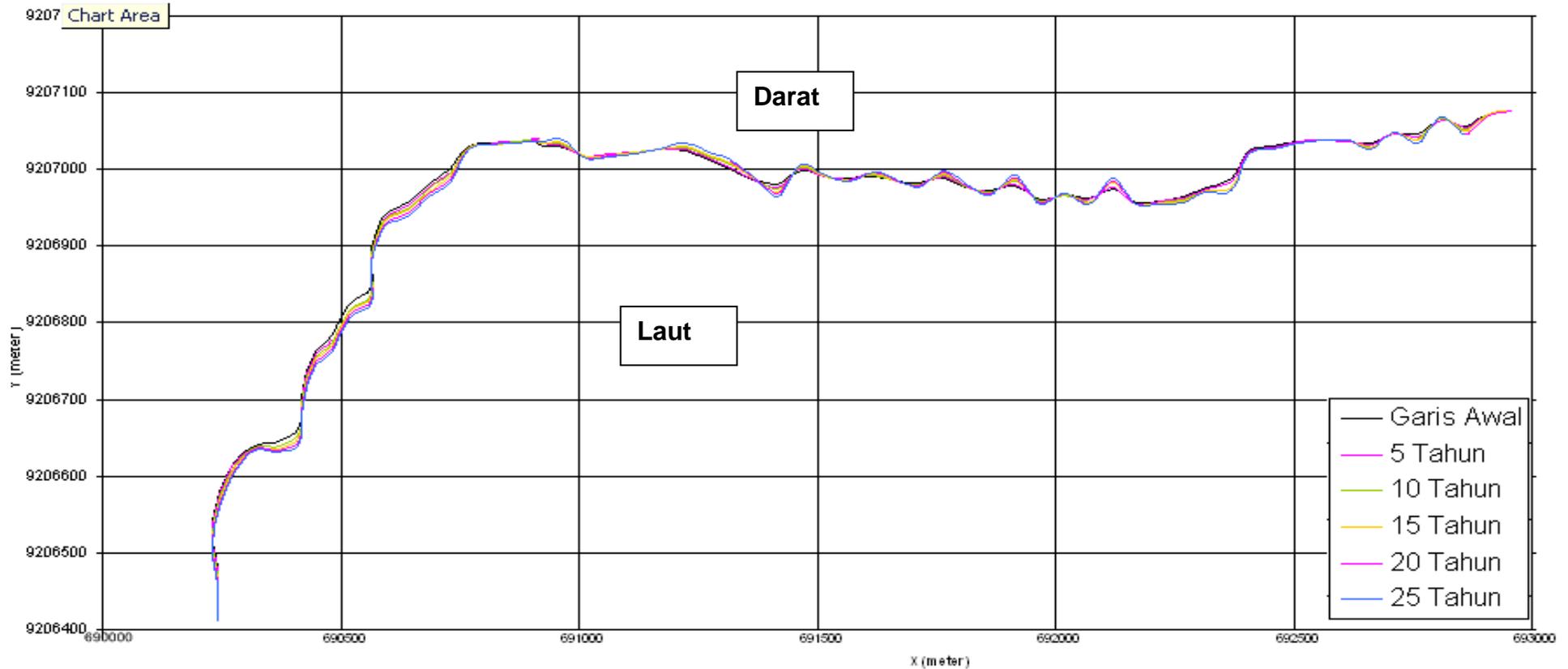


**Gambar 48. Grafik Perubahan Garis Pantai Secara Berkala di Stasiun 4**

Pada gambar 48, untuk stasiun 4 mengalami perubahan garis pantai dengan kecenderungan sedimentasi dari tahun ketahun dengan perubahan rata-rata 0,20 meter/tahun (berdasarkan perhitungan numerik ). Hal ini dikarenakan kontur dari garis awal pantai (2013) yang cukup bervariasi untuk daratan yang menjorok kelaut terjadi sedimentasi, sedangkan untuk lautan yang menjorok ke daratan terjadi erosi, hal ini juga

dipengaruhi oleh arah sudut datang ( $90^{\circ}$ ). Untuk stasiun 4 kontur garis awal pantai yang lebih banyak daratan yang menjorok ke laut maka kecenderungan perubahan garis pantai mengalami sedimentasi.

## Perubahan Garis Pantai di Bangkalan Selama beberapa Tahun



Gambar 49. Perubahan Garis Pantai di Pesisir Bangkalan Selama Beberapa Tahun

### 4.3 Analisa Hasil dan Pembahasan

Analisa hasil untuk perubahan garis pantai pada :

Stasiun 1 : Seluruh sel di stasiun tersebut mengalami sedimentasi dari tahun ke tahun. Dikarenakan di stasiun 1 merupakan daerah dari Pelabuhan Kamal maka sebaiknya dilakukan pengerukan secara berkala agar tidak mengganggu jalan pelayaran dari kapal Feri.

Stasiun 2 : Pada stasiun 2 ada beberapa sel yang mengalami erosi dan sedimentasi, hal ini dikarenakan dari arah gelombang datang yang sebesar  $90^\circ$  saat menuju ke pantai akan mengalami sedimentasi pada daerah yang menjorok ke laut dan sebaliknya pada daerah yang menjorok ke daratan akan mengalami erosi. Akan tetapi untuk stasiun 2 keadaan secara rata-rata perubahan pantainya mengalami erosi, sehingga perlu dibangun suatu penahan gelombang untuk daerah yang mengalami erosi.

Stasiun 3 : Pada stasiun 3 ada beberapa sel yang mengalami erosi dan sedimentasi, hal ini dikarenakan dari arah gelombang datang yang sebesar  $90^\circ$  saat menuju ke pantai akan mengalami sedimentasi pada daerah yang menjorok ke laut dan sebaliknya pada daerah yang menjorok ke daratan akan mengalami erosi. Akan tetapi untuk stasiun 3 keadaan secara rata-rata perubahan pantainya mengalami erosi, sehingga perlu dibangun suatu penahan gelombang untuk daerah yang mengalami erosi.

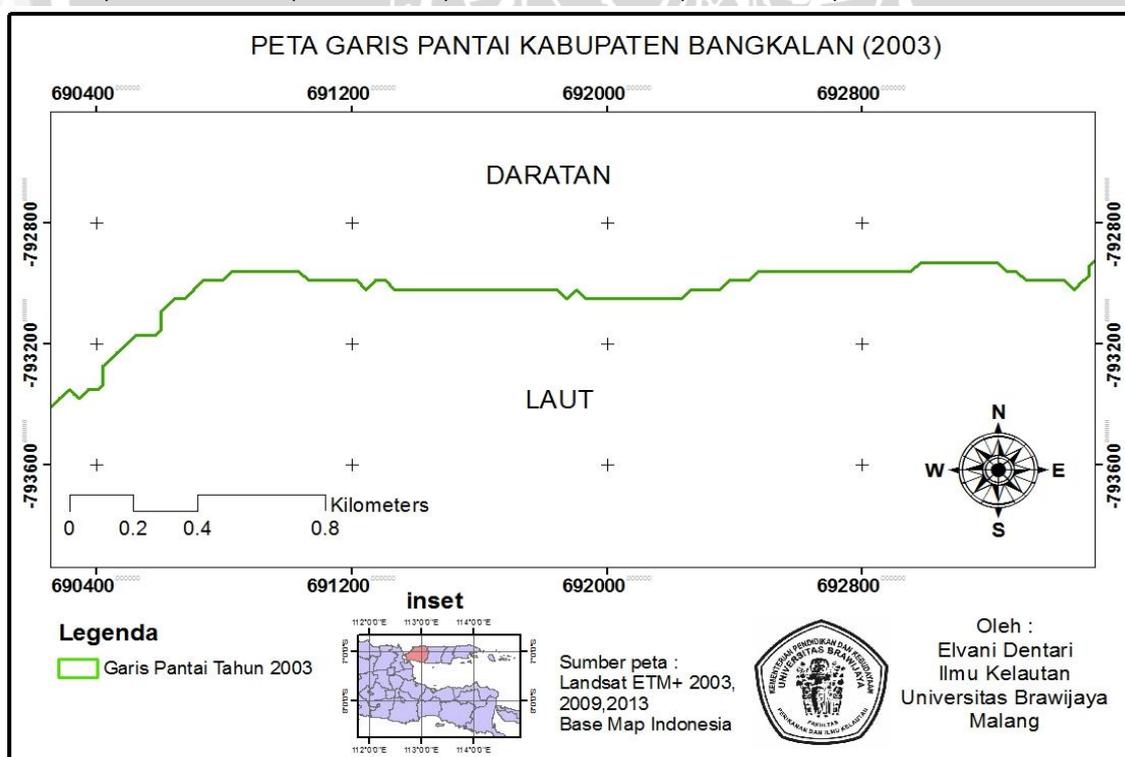
Stasiun 4 : Sama halnya dengan stasiun 2 dan 3, stasiun 4 pola perubahan pantainya mengalami erosi dan sedimentasi, hal ini dikarenakan dari arah gelombang datang yang sebesar  $90^\circ$  saat menuju ke pantai akan mengalami sedimentasi pada daerah yang menjorok ke laut dan sebaliknya pada daerah yang menjorok ke daratan akan mengalami

erosi. Sehingga perlu dibangun penahan gelombang untuk daerah yang mengalami erosi.

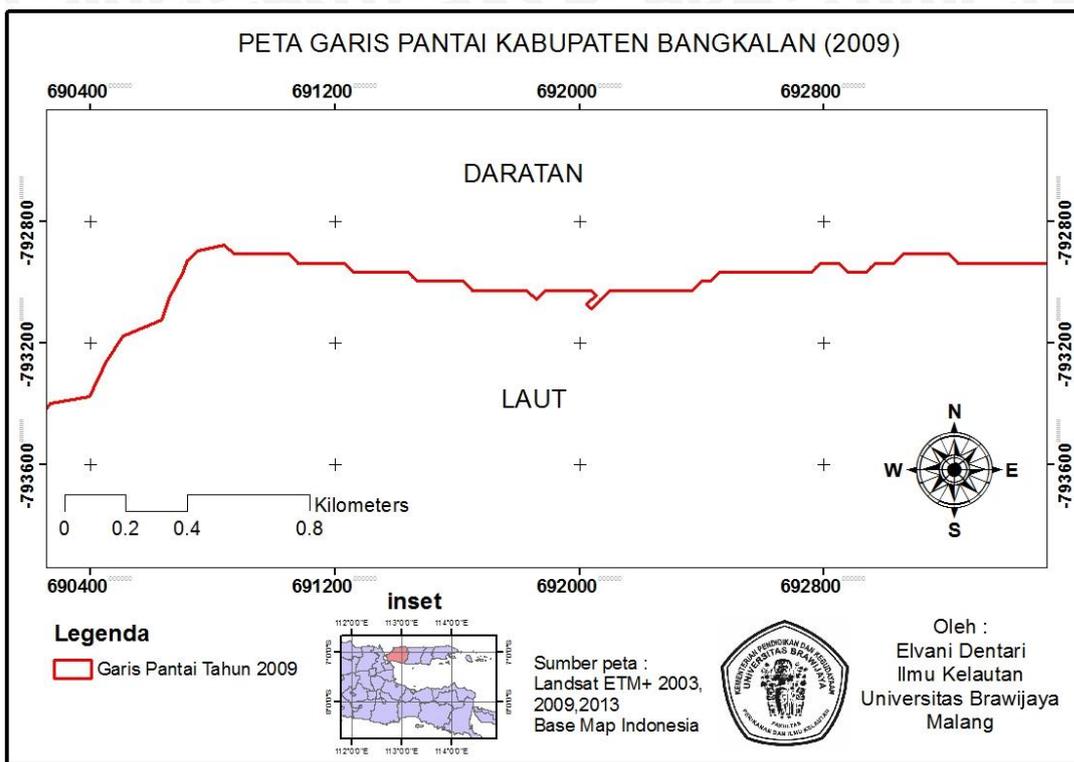
Untuk daerah yang mengalami erosi memiliki kecenderungan merupakan laut yang menjorok ke darat dikarenakan arah gelombang yang tegak lurus pantai, kemudian hasil erosi yang dibawa gelombang kembali terbawa / disebarkan ke daerah yang menjorok ke laut dan menyebabkan daerah tersebut mengalami sedimentasi. Secara keseluruhan daerah yang diteliti (3,8 km) cenderung mengalami sedimentasi dengan rata-rata perubahan sebesar 0,145 meter/tahun.

#### 4.4 Verifikasi Hasil Pemodelan Numerik Dengan Hasil Peta Landsat

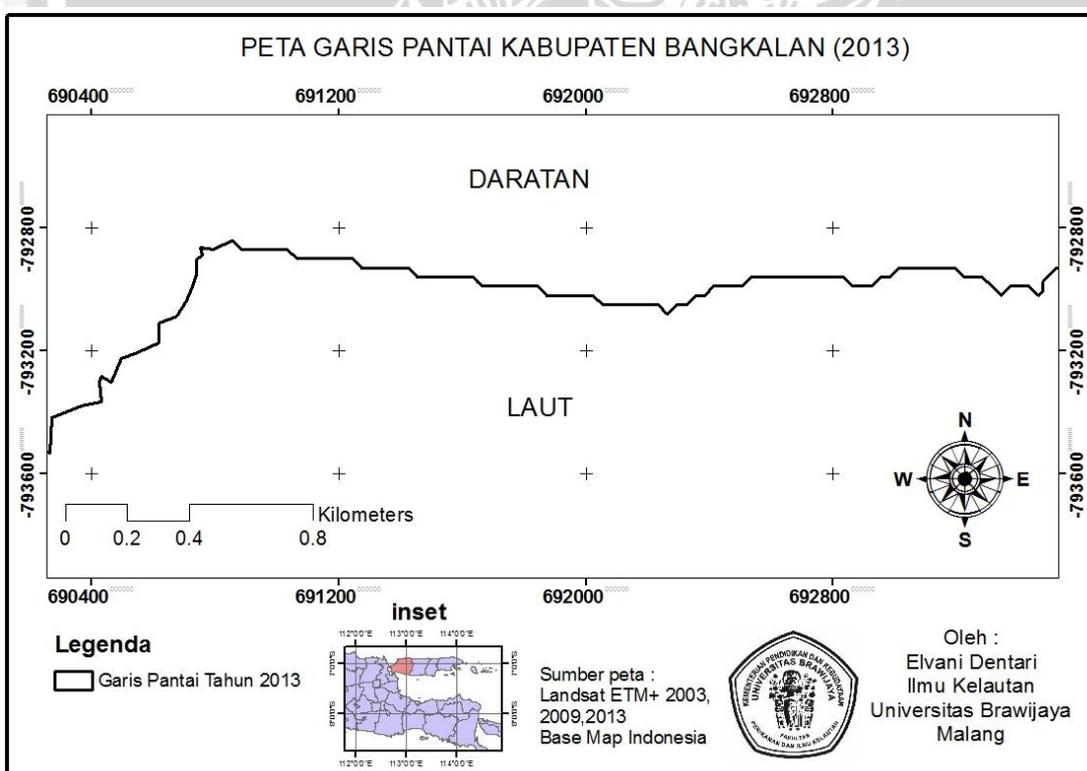
Citra landsat digunakan untuk verifikasi hasil pemodelan garis pantai beberapa tahun kedepan dengan perubahan garis pantai dari tahun sebelumnya, citra landsat yang digunakan adalah citra landsat 7 pada tahun 2003 (Gambar 50), tahun 2009 (Gambar 51) dan tahun 2013 (Gambar 52).



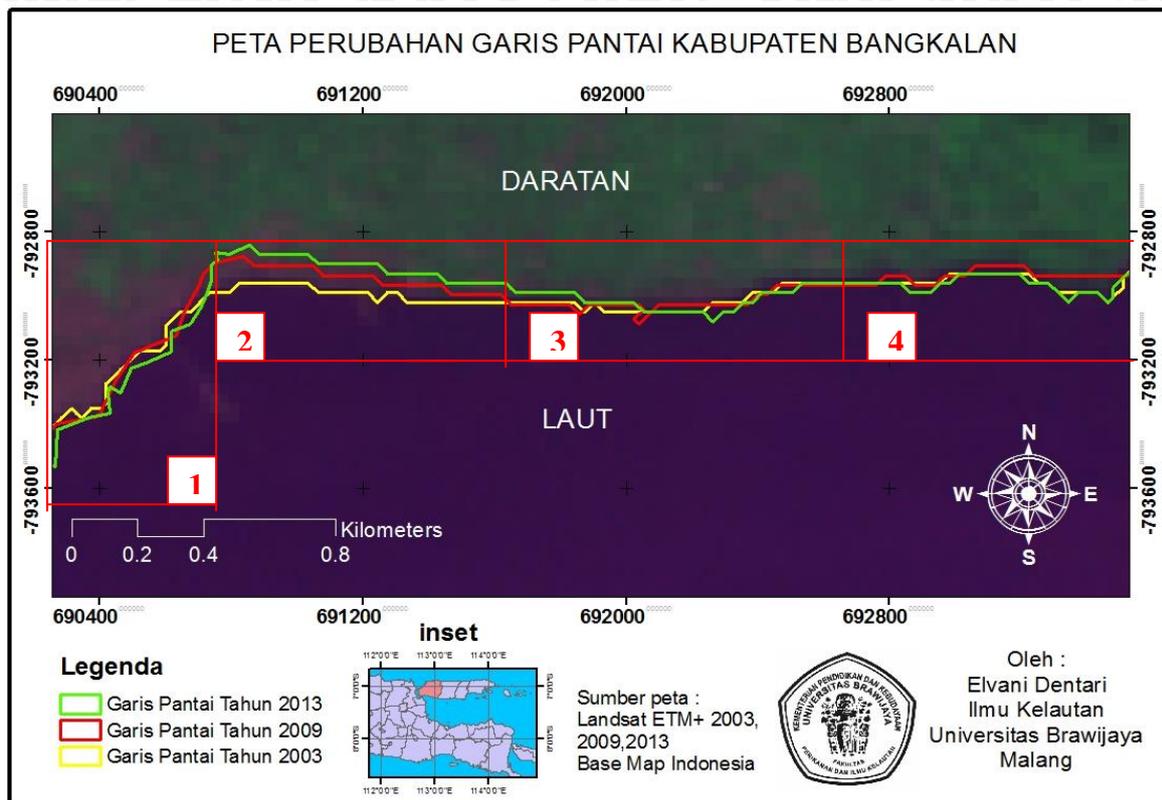
**Gambar 50. Perubahan Garis Pantai di Kabupaten Bangkalan Tahun 2003**



**Gambar 51. Perubahan Garis Pantai di Kabupaten Bangkalan Tahun 2009**



**Gambar 52. Perubahan Garis Pantai di Kabupaten Bangkalan Tahun 2013**



**Gambar 53. Perubahan Garis Pantai di Kabupaten Bangkalan Tahun 2003, 2009 dan 2013**

Setelah dilakukan pengolahan tahap lanjut (*overlay*) antara citra satelit Landsat TM 7 tahun 2003, 2009 dan 2013, telah terjadi perubahan garis pantai di Pesisir Selatan Kabupaten Bangkalan. Pada Gambar 53 dapat dilihat jika stasiun 1 mengalami sedimentasi, stasiun 2 mengalami erosi dan stasiun 3 dan 4 mengalami perubahan garis pantai cukup bervariasi ada yang mengalami sedimentasi dan erosi.

Pada stasiun 1 mengalami perubahan garis pantai dari tahun 2003 - 2013 dengan kecenderungan sedimentasi sebesar kira-kira 0,3 meter/tahun, dan untuk stasiun 1 dengan perhitungan numerik memiliki nilai perubahan garis pantai sebesar 0,55 meter/tahun. Pada stasiun 2 mengalami perubahan garis pantai dari tahun 2003 - 2013 dengan kecenderungan erosi sebesar kira-kira 0,8 meter/tahun, dan untuk stasiun 2 dengan perhitungan numerik memiliki nilai perubahan garis pantai cenderung erosi sebesar 0,05 meter/tahun. Pada stasiun 3 mengalami perubahan garis pantai dari tahun 2003 - 2013 dengan kecenderungan erosi sebesar kira-kira

0,7 meter/tahun, dan untuk stasiun 2 dengan perhitungan numerik memiliki nilai perubahan garis pantai cenderung erosi sebesar 0,09 meter/tahun. Pada stasiun 4 mengalami perubahan garis pantai dari tahun 2003 - 2013 dengan kecenderungan sedimentasi sebesar kira-kira 0,4 meter/tahun, dan untuk stasiun 2 dengan perhitungan numerik memiliki nilai perubahan garis pantai cenderung erosi sebesar 0,2 meter/tahun.

#### 4.5 Kendala Selama Penelitian

Kendala penulis selama penelitian adalah sebagai berikut :

- Saat tracking, pengukuran kemiringan pantai dan pemasangan sedimen trap yang harus mengikuti pola pasang surut sehingga tidak bisa kapan saja kita melakukan penelitian lapang tersebut.
- Pemasangan sedimen trap selama 30 hari di pinggir pantai harus setiap saat di cek, karena dikawatirkan akan hilang.
- Pada saat tracking yang dilakukan sambil berjalan kaki sepanjang 3,2 km menyebabkan lelah.

## 5. Penutup

### 5.1 Kesimpulan

1. Pada stasiun 1 pola perubahan garis pantai mengalami rata-rata sedimentasi dengan perubahan sebesar 0,59 m/tahun, pada stasiun 2 pola perubahan garis pantai mengalami rata-rata erosi pantai dengan perubahan sebesar 0,11 m/tahun, pada stasiun 3 pola perubahan garis pantai mengalami rata-rata erosi pantai dengan perubahan sebesar 0,10 m/tahun dan pada stasiun 4 pola perubahan garis pantai mengalami rata-rata sedimentasi pantai dengan perubahan sebesar 0,20 m/tahun.
2. Pada stasiun 1 dan 4 mengalami perubahan garis pantai dengan kecenderungan mengalami sedimentasi. Pada stasiun 2 dan 3 mengalami perubahan garis pantai dengan kecenderungan mengalami erosi.

### 5.2 Saran

Disarankan untuk penelitian selanjutnya melakukan perbandingan persamaan manohar dengan persamaan yang lainnya sehingga akan bisa membandingkan hasil antara kedua persamaan tersebut.

## DAFTAR PUSTAKA

- Arief, M. 2011. Kajian Perubahan Garis Pantai Menggunakan Data Satelit Landsat di Kabupaten Kendal. Pusat Pemanfaatan Penginderaan Jauh, LAPAN. Jakarta.
- Asdak, C. 1995. Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Bangkalankab.go.id, 2013. Keadaan Geografi Kabupaten Bangkalan. Bangkalan
- Badan meteorologi Klimatologi dan Geofisika, 2013. Perak Surabaya.
- Bengen, DG. 2004. *Ekosistem dan Sumberdaya Alam Pesisir dan Laut serta Prinsip Pengelolaannya*. Bogor: Pusat Kajian Sumberdaya Pesisir dan Lautan, Institut Pertanian Bogor.
- Chapra Steven C., 1988. Numerical Methods For Engineers. McGraw-Hill.
- Dahuri, R. 2001. Pengelolaan Sumberdaya Wilayah pesisir dan Lautan Secara Terpadu. PT. Pradnya Paramita, Jakarta.
- Dabees, M. and J.W. Kamphuis. 2000. NLINE: Efficient modeling of 3-D beach change. Presented at: ICCE '00 Sydney. Australia.
- Diposantono, Subandono. 2012. Erosi Pantai (Coastal Erosion). Direktorat Bina Pesisir. Direktorat Jenderal Pesisir dan Pulau-pulau Kecil Departemen Kelautan dan Perikanan RI.
- Gantin. 2008. Pemetaan Citra Satelit. LAPAN. Jakarta. (tidak diterbitkan)
- Hutabarat, Sahala dan Evans, SM. 1985. Pengantar Oseanografi. Universitas Indonesia Press. Jakarta.
- Matthews, Rupert. 2005. *Planet Bumi*. Topik Paling Seru, alih bahasa oleh Damaring Tyas Wulandari. Jakarta : Erlangga.
- Nybakken, J.W. 1992. Biologi Laut. Suatu Pendekatan Ekologis. Gramedia, Jakarta.
- Nontji, A. 2002. Laut Nusantara. Penerbit Djambatan. Jakarta.
- Pettjohn, P.J. 1975. Sedimentary Rock. Harper and Row Publisher. New York.
- Pipkin, 1977. Principle of Sedimentation. MC Graw Hill Book Company INC. New York.
- Puslitbang Pengairan, 1993. Kerusakan Pantai dan Muara di Indonesia. Departemen Pekerjaan Umum, Bandung.
- Pranoto. 2007. Kajian Perubahan Garis Pantai Semarang dengan Foto Udara Pankromatik Hitam Putih. Ilmu Kelautan. 9: 160

- Pratiwi, A., 2002, Pengaruh Kawasan Bakau Terhadap Laju Sedimentasi di Desa Tengket, Kecamatan Arosbaya, Kabupaten Bangkalan, Tesis, Program Magister Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
- Ruzardi. 2004. Persepsi Pemukiman di Kawasan Pantai Terhadap Kerusakan Pantai. Fakultas Teknik Sipil & Perencanaan UII. Yogyakarta
- Setyandito, Oki. 2007. Analisa Erosi dan perubahan Garis Pantai pada Pantai Pasir Buatan dan Sekitarnya di Takisung, Propinsi Kalimantan Selatan.. Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Mataram, Nusa Tenggara Barat
- Soeryamassoeka, S.B. 2011. Study Pengamanan Pantai dan Pesisir Pulau Kumbang Kabupaten Kayong Utara. Universitas Tanjungpura Pontianak. Kalimantan Barat.
- Supriharyono, 2000. *Pelestarian dan Pengelolaan Sumberdaya Alam di Wilayah Pesisir Tropis*, PT. Gramedia, Jakarta.
- Suriadikusumah, Abraham. 2004. Peran Citra Satelit Dalam Pemantauan Kondisi Permukaan Lahan (Kasus Identifikasi Karakteristik Lahan Menggunakan Citra Landsat Tm).Jurnal Bionatura. 6: 127
- Suripin, M.Eng. Dr. Ir, 2004 : Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan, ANDI OFFSET, Yogyakarta.
- Siswanto, Aries Dwi.2010. Analisa Stabilitas Garis Pantai di Kabupaten Bangkalan. Ilmu Kelautan. Universitas Dipenogoro.
- Sutikno, 1993. Karakteristik Bentuk dan Geologi Pantai di Indonesia. DIKLAT PU WIL III. Dirjen Pengairan Pepartemen PU. Bentuk dan Geologi Pantai di Indonesia. DIKLAT PU WIL III. Dirjen Pengairan Pepartemen PU. Yogyakarta. 51 Hal.
- Suntoyo, 1995, Kajian Pengamanan dan Perlindungan Pantai Candi Dasa Bali, Skripsi, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. 73hal.
- Thoha, Achmad Siddik. 2008. Karakteristik Citra Satelit.Universitas Sumatera Utara. Medan. hlm 1
- Triatmodjo. 1999. Teknik Pantai. Beta Offset. Yogyakarta.
- Winarso. 2009. Kajian Penggunaan Data Inderaja Untuk Pemetaan Garis Pantai (Studi Kasus Pantai Utara Jakarta). Jurnal Penginderaan Jauh. 6: 66

Lampiran 1.

Jadwal kegiatan Skripsi

No.	Kegiatan	Maret				April				Mei				Juni			
		I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV
1.	Pembuatan Proposal	■	■	■	■												
2.	Penelitian Lapang								■	■	■	■					
3.	Uji Labolatorium												■	■			
4.	Pembuatan Laporan										■	■	■	■	■		



## Lampiran 2.

## Pengerjaan Pengolahan Data di Excel 2008

## Stasiun 1

Jarak (m)	X (awal)	Y (awal)	tan (ai)	tan (ab)	ab	Sin (ab)	cos (ab)	P1	Qs
0	690241	9206430	-0,08	-12,5	85,4261	0,99682	0,079745	0,01527	0,00737
50	690241	9206434	-0,94	1,06383	46,7715	0,72863	0,68491	0,09587	0,04627
150	690241	9206481	-0,94	1,06383	46,7715	0,72863	0,68491	0,09587	0,04627
200	690232	9206528	-1,02	0,98039	44,4327	0,70007	0,714073	0,09604	0,04634
250	690244	9206579	-0,78	1,28205	52,0458	-0,7885	0,615032	0,09316	0,04496
300	690274	9206618	-0,42	2,38095	67,2176	0,92198	0,387232	0,06859	-0,0331
350	690319	9206639	-0,12	8,33333	83,1572	0,99288	0,119145	0,02273	0,01097
400	690370	9206645	-0,4	-2,5	68,1986	0,92848	0,371391	0,06625	0,03197
450	690412	9206665	-0,96	1,04167	46,1691	0,72139	0,692532	0,09598	0,04632
500	690422	9206713	-0,88	1,13636	48,6522	0,75071	0,660628	0,09528	0,04598
550	690443	9206757	-0,54	1,85185	-61,631	0,87991	0,475149	0,08032	0,03876
600	690485	9206784	-0,76	1,31579	52,7652	0,79616	0,605083	0,09255	0,04466
650	690518	9206822	-0,48	2,08333	-64,359	0,90152	0,432731	0,07495	0,03617
700	690563	9206846	-1,02	0,98039	44,4327	0,70007	0,714073	0,09604	0,04634
750	690563	9206897	-0,82	1,21951	50,6482	0,77327	0,63408	0,09419	0,04546
800	690591	9206938	-0,36	2,77778	70,2011	0,94089	0,338719	0,06123	0,02955
850	690639	9206956	-0,48	2,08333	-64,359	0,90152	0,432731	0,07495	0,03617
900	690684	9206980	-0,42	2,38095	67,2176	0,92198	0,387232	0,06859	-0,0331
950	690729	9207001	-0,58	1,72414	59,8863	0,86503	0,501718	0,08338	0,04024
1000	690768	9207030	-0,08	-12,5	85,4261	0,99682	0,079745	0,01527	0,00737
1050	690816	9207034	-0,06	16,6667	86,5664	-0,9982	0,059892	0,01149	0,00554
1100	690867	9207037	-0,08	-12,5	85,4261	0,99682	0,079745	0,01527	0,00737
1150	690915	9207041	-0,1	-10	84,2894	0,99504	0,099504	0,01902	0,00918

Yakhir 5	Yakhir 10	Yakhir15	Yakhir20	Yakhir25
9206429	9206429	9206428	9206427	9206427
9206430	9206426	9206421	9206417	9206413
9206477	9206473	9206468	9206464	9206460
9206524	9206520	9206515	9206511	9206507
9206575	9206571	9206567	9206563	9206558
9206615	9206612	9206609	9206606	9206603
9206638	9206637	9206636	9206635	9206634
9206642	9206639	9206636	9206633	9206630
9206661	9206657	9206652	9206648	9206644
9206709	9206705	9206700	9206696	9206692
9206753	9206750	9206746	9206743	9206739
9206780	9206776	9206772	9206768	9206764
9206819	9206815	9206812	9206809	9206805
9206842	9206838	9206833	9206829	9206825
9206893	9206889	9206885	9206880	9206876
9206935	9206933	9206930	9206927	9206925
9206953	9206949	9206946	9206943	9206939
9206977	9206974	9206971	9206968	9206965
9206997	9206994	9206990	9206986	9206983
9207029	9207029	9207028	9207027	9207027
9207033	9207033	9207032	9207032	9207031
9207036	9207036	9207035	9207034	9207034
9207040	9207039	9207038	9207038	9207037

Perubahan 5 tahun (m)	Perubahan 10 Tahun (m)	Perubahan 15 Tahun (m)	perubahan pantai 20 tahun (m)	Perubahan pantai 25 tahun (m)
0,672459	1,344919	2,017378	2,689838	3,362297
4,221686	8,443372	12,66506	16,88674	21,10843
4,221686	8,443372	12,66506	16,88674	21,10843
4,228941	8,457882	12,68682	16,91576	21,1447
4,102488	8,204975	12,30746	16,40995	20,51244
3,020237	6,040474	9,060711	12,08095	15,10119
1,000734	2,001468	3,002203	4,002937	5,003671
2,917083	5,834166	8,751248	11,66833	14,58541
4,226248	8,452496	12,67874	16,90499	21,13124
4,195444	8,390887	12,58633	16,78177	20,97722
3,536816	7,073632	10,61045	14,14726	17,68408
4,075336	8,150672	12,22601	16,30134	20,37668
3,300211	6,600421	9,900632	13,20084	16,50105
4,228941	8,457882	12,68682	16,91576	21,1447
4,147825	8,29565	12,44348	16,5913	20,73913
2,696029	5,392058	8,088087	10,78412	13,48015
3,300211	6,600421	9,900632	13,20084	16,50105
3,020237	6,040474	9,060711	12,08095	15,10119
3,671456	7,342911	11,01437	14,68582	18,35728
0,672459	1,344919	2,017378	2,689838	3,362297
0,505752	1,011503	1,517255	2,023007	2,528758
0,672459	1,344919	2,017378	2,689838	3,362297
0,837578	1,675156	2,512735	3,350313	4,187891

## Stasiun 2

Jarak Tracking (m)	X (awal)	Y (awal)	tan (ai)	tan (ab)	ab	Sin (ab)	cos (ab)	P1	Qs
1000	690768	9207046	0,22	4,545455	77,59258	0,976644	0,214862	0,040313	0,020153
1050	690816	9207035	0,28	3,571429	74,35775	0,962964	0,26963	0,04988	0,024936
1100	690867	9207021	0,24	-4,16667	-76,5043	-0,97239	0,233373	-0,0436	-0,02179
1150	690915	9207033	0,08	12,5	85,42608	0,996815	0,079745	0,015271	0,007634
1200	690966	9207029	0,24	4,166667	76,50427	0,972387	0,233373	0,043595	0,021794
1250	691014	9207017	0,06	-16,6667	-86,5664	-0,9982	0,059892	-0,01149	-0,00574
1300	691065	9207020	0,06	-16,6667	-86,5664	-0,9982	0,059892	-0,01149	-0,00574
1350	691116	9207023	0,06	-16,6667	-86,5664	-0,9982	0,059892	-0,01149	-0,00574
1400	691167	9207026	0,02	50	88,85424	0,9998	0,019996	0,003841	0,00192
1450	691221	9207025	0,24	4,166667	76,50427	0,972387	0,233373	0,043595	0,021794
1500	691269	9207013	0,24	4,166667	76,50427	0,972387	0,233373	0,043595	0,021794
1550	691317	9207001	0,3	3,333333	73,30076	0,957826	0,287348	0,052874	0,026432
1600	691365	9206986	0,12	8,333333	83,15723	0,992877	0,119145	0,022726	0,011361

Yakhir 5	Yakhir 10	Yakhir15	Yakhir20	Yakhir25
9207001	9207002	9207004	9207005	9207007
9206990	9206991	9206991	9206991	9206992
9206987	9206987	9206986	9206986	9206985
9206992	9206993	9206995	9206996	9206997
9206984	9206985	9206985	9206985	9206986
9206981	9206980	9206979	9206978	9206977
9206990	9206992	9206994	9206996	9206998
9206977	9206977	9206978	9206979	9206980
9206971	9206970	9206969	9206968	9206967
9206981	9206984	9206987	9206989	9206992
9206959	9206958	9206957	9206956	9206955
9206967	9206967	9206968	9206968	9206969
9206961	9206959	9206957	9206956	9206954

Perubahan 5 tahun (m)	Perubahan 10 Tahun (m)	Perubahan 15 Tahun (m)	perubahan pantai 20 tahun (m)	Perubahan pantai 25 tahun (m)
-1,55699	-3,11398	-4,67097	-6,22796	-7,78495
-0,35664	-0,71328	-1,06991	-1,42655	-1,78319
0,53389	1,067781	1,601671	2,135561	2,669451
-1,2262	-2,45239	-3,67859	-4,90478	-6,13098
-0,35664	-0,71328	-1,06991	-1,42655	-1,78319
1,056412	2,112824	3,169237	4,225649	5,282061
-2,02652	-4,05304	-6,07956	-8,10609	-10,1326
-0,70987	-1,41975	-2,12962	-2,83949	-3,54937
1,056412	2,112824	3,169237	4,225649	5,282061
-2,84603	-5,69206	-8,53808	-11,3841	-14,2301
1,056412	2,112824	3,169237	4,225649	5,282061

-0,53389	-1,06778	-1,60167	-2,13556	-2,66945
1,873946	3,747892	5,621838	7,495784	9,36973

### Stasiun 3

Jarak Tracking (m)	X (awal)	Y (awal)	tan (ai)	tan (ab)	ab	Sin (ab)	cos (ab)	P1	Qs
1700	691464	9206999	0,18	5,555556	79,79603	0,984183	0,177153	0,033495	0,017063
1750	691515	9206990	0,04	25	87,70939	0,999201	0,039968	0,007672	0,003908
1800	691566	9206988	0,06	-16,6667	-86,5664	-0,9982	0,059892	-0,01149	-0,00585
1850	691617	9206991	0,14	7,142857	82,03039	0,990342	0,138648	0,026378	0,013438
1900	691665	9206984	0,04	25	87,70939	0,999201	0,039968	0,007672	0,003908
1950	691713	9206982	0,12	-8,333333	-83,1572	-0,99288	0,119145	-0,02273	-0,01158
2000	691764	9206988	0,24	4,166667	76,50427	0,972387	0,233373	0,043595	0,022208
2050	691812	9206976	0,08	12,5	85,42608	0,996815	0,079745	0,015271	0,007779
2100	691863	9206972	0,12	-8,333333	-83,1572	-0,99288	0,119145	-0,02273	-0,01158
2150	691914	9206978	0,36	2,777778	70,20112	0,940887	0,338719	0,061225	0,031189
2200	691965	9206960	0,12	-8,333333	-83,1572	-0,99288	0,119145	-0,02273	-0,01158
2250	692016	9206966	0,06	16,66667	86,56637	0,998205	0,059892	0,011485	0,005851
2300	692067	9206963	0,22	-4,54545	-77,5926	-0,97664	0,214862	-0,04031	-0,02054

Yakhir 5	Yakhir 10	Yakhir15	Yakhir20	Yakhir25
9207001	9207002	9207004	9207005	9207007
9206990	9206991	9206991	9206991	9206992
9206987	9206987	9206986	9206986	9206985
9206992	9206993	9206995	9206996	9206997
9206984	9206985	9206985	9206985	9206986
9206981	9206980	9206979	9206978	9206977
9206990	9206992	9206994	9206996	9206998
9206977	9206977	9206978	9206979	9206980
9206971	9206970	9206969	9206968	9206967
9206981	9206984	9206987	9206989	9206992
9206959	9206958	9206957	9206956	9206955
9206967	9206967	9206968	9206968	9206969
9206961	9206959	9206957	9206956	9206954
9206977	9206980	9206983	9206985	9206988

Perubahan 5 tahun (m)	Perubahan 10 Tahun (m)	Perubahan 15 Tahun (m)	perubahan pantai 20 tahun (m)	Perubahan pantai 25 tahun (m)
-1,55699	-3,11398	-4,67097	-6,22796	-7,78495
-0,35664	-0,71328	-1,06991	-1,42655	-1,78319
0,53389	1,067781	1,601671	2,135561	2,669451
-1,2262	-2,45239	-3,67859	-4,90478	-6,13098
-0,35664	-0,71328	-1,06991	-1,42655	-1,78319
1,056412	2,112824	3,169237	4,225649	5,282061

-2,02652	-4,05304	-6,07956	-8,10609	-10,1326
-0,70987	-1,41975	-2,12962	-2,83949	-3,54937
1,056412	2,112824	3,169237	4,225649	5,282061
-2,84603	-5,69206	-8,53808	-11,3841	-14,2301
1,056412	2,112824	3,169237	4,225649	5,282061
-0,53389	-1,06778	-1,60167	-2,13556	-2,66945
1,873946	3,747892	5,621838	7,495784	9,36973
-2,84603	-5,69206	-8,53808	-11,3841	-14,2301

#### Stasiun 4

Jarak (m)	X (awal)	Y (awal)	tan (ai)	tan (ab)	ab	Sin (ab)	cos (ab)	P1	Qs
2400	692166	9206956	-0,06	16,6667	86,5664	-0,9982	0,059892	0,01149	0,00564
2450	692217	9206959	-0,12	8,33333	83,1572	0,99288	0,119145	0,02273	0,01116
2500	692268	9206965	-0,24	4,16667	76,5043	0,97239	0,233373	-0,0436	-0,0214
2550	692319	9206977	-0,22	4,54545	77,5926	0,97664	0,214862	0,04031	0,01979
2600	692370	9206988	-0,72	1,38889	54,2461	0,81153	0,584305	-0,0911	0,04473
2650	692406	9207024	-0,12	8,33333	83,1572	0,99288	0,119145	0,02273	0,01116
2700	692457	9207030	-0,12	8,33333	83,1572	0,99288	0,119145	0,02273	0,01116
2750	692508	9207036	-0,04	-25	87,7094	-0,9992	0,039968	0,00767	0,00377
2800	692559	9207038	0,02	50	88,8542	0,9998	0,019996	0,00384	0,00188
2850	692610	9207037	0,04	25	87,7093	0,99920	0,039968	0,00767	0,00376
2900	692661	9207035	-0,24	4,16667	76,5043	0,97239	0,233373	-0,0436	-0,0214
2950	692709	9207047	0,02	50	88,8542	0,9998	0,019996	0,00384	0,00188
3000	692760	9207046	-0,36	2,77778	70,2011	0,94089	0,338719	0,06123	0,03006
3050	692808	9207064	0,14	7,14285	82,0303	0,99034	0,138648	0,02637	0,01295
3100	692859	9207057	-0,32	-3,125	72,2553	0,95242	0,304776	0,05577	0,02738
3150	692907	9207073	-0,06	16,6667	86,5664	-0,9982	0,059892	0,01149	0,00564
3200	692958	9207076	1841 41,5	5,43E- 06	0,00031 1	5,43E- 06	1	1,04E- 06	5,12E- 07

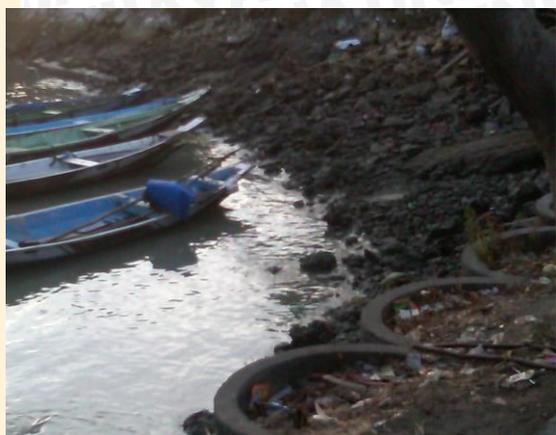
Yakhir 5	Yakhir 10	Yakhir15	Yakhir20	Yakhir25
0,51456	1,029119	1,543679	2,058239	2,058239
1,018163	2,036325	3,054488	4,072651	4,072651
1,953147	3,906294	5,859441	7,812588	7,812588
1,806096	3,612192	5,418288	7,224384	7,224384
4,081234	8,162467	12,2437	16,32493	16,32493

1,018163	2,036325	3,054488	4,072651	4,072651
1,018163	2,036325	3,054488	4,072651	4,072651
0,343725	0,68745	1,031174	1,374899	1,374899
-0,17207	-0,34414	-0,51621	-0,68827	-0,68827
-0,34372	-0,68745	-1,03117	-1,3749	-1,3749
1,953147	3,906294	5,859441	7,812588	7,812588
-0,17207	-0,34414	-0,51621	-0,68827	-0,68827
2,742982	5,485964	8,228946	10,97193	10,97193
-1,1818	-2,3636	-3,54539	-4,72719	-4,72719
2,498365	4,99673	7,495096	9,993461	9,993461
0,51456	1,029119	1,543679	2,058239	2,058239
-4,7E-05	-9,3E-05	-0,00014	-0,00019	-0,00019

Perubahan 5 tahun (m)	Perubahan 10 Tahun (m)	Perubahan 15 Tahun (m)	perubahan pantai 20 tahun (m)	Perubahan pantai 25 tahun (m)
0,672459	1,344919	2,017378	2,689838	3,362297
4,221686	8,443372	12,66506	16,88674	21,10843
4,221686	8,443372	12,66506	16,88674	21,10843
4,228941	8,457882	12,68682	16,91576	21,1447
4,102488	8,204975	12,30746	16,40995	20,51244
3,020237	6,040474	9,060711	12,08095	15,10119
1,000734	2,001468	3,002203	4,002937	5,003671
2,917083	5,834166	8,751248	11,66833	14,58541
4,226248	8,452496	12,67874	16,90499	21,13124
4,195444	8,390887	12,58633	16,78177	20,97722
3,536816	7,073632	10,61045	14,14726	17,68408
4,075336	8,150672	12,22601	16,30134	20,37668
3,300211	6,600421	9,900632	13,20084	16,50105
4,228941	8,457882	12,68682	16,91576	21,1447
4,147825	8,29565	12,44348	16,5913	20,73913
2,696029	5,392058	8,088087	10,78412	13,48015
3,300211	6,600421	9,900632	13,20084	16,50105

Lampiran 3

Foto Kegiatan



Stasiun 1



Stasiun 2



Stasiun 3



Stasiun 4



Pengukuran kemiringan pantai



Tracking

