

**ANALISIS PERUBAHAN GARIS PANTAI DI WILAYAH JABON, SIDOARJO,
JAWA TIMUR DENGAN MENGGUNAKAN RUMUS MANOHAR**

SKRIPSI

Oleh:

ROFIANDANOZA PRATAMA

NIM. 155080601111004



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

**ANALISIS PERUBAHAN GARIS PANTAI DI WILAYAH JABON, SIDOARJO,
JAWA TIMUR DENGAN MENGGUNAKAN RUMUS MANOHAR**

SKRIPSI

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

Oleh:

ROFIANDANOZA PRATAMA

NIM. 155080601111004



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

SKRIPSI

ANALISIS PERUBAHAN GARIS PANTAI DI WILAYAH JABON, SIDOARJO,
JAWA TIMUR DENGAN MENGGUNAKAN RUMUS MANOHAR

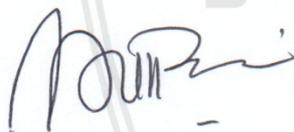
Oleh:

ROFIANDANOZA PRATAMA

NIM. 155080601111004

Telah dipertahankan di depan penguji
Pada tanggal 22 Mei 2019
dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Menyetujui,
Dosen Pembimbing 1



(Nurin Hidayati, ST., M.Sc)
NIP. 19781102 200502 2 001
Tanggal: **19 JUN 2019**

Dosen Pembimbing 2


(Dr. Eng. Abu Bakar Sambah, S.Pi., MT)
NIP. 19780717 200502 1 004
Tanggal: **19 JUN 2019**

Mengetahui,

Ketua Jurusan Pemanfaatan Sumberdaya
Perikanan dan Kelautan



(Dr. Eng. Abu Bakar Sambah, S.Pi., MT)
NIP. 19780717 200502 1 004
Tanggal: **19 JUN 2019**

IDENTITAS TIM PENGUJI

Judul : **ANALISIS PERUBAHAN GARIS PANTAI DI WILAYAH JABON,
SIDOARJO, JAWA TIMUR DENGAN MENGGUNAKAN RUMUS
MANOHAR**

Nama Mahasiswa : Rofiandanoza Pratama

NIM : 155080601111004

Program Studi : Ilmu Kelautan

PENGUJI PEMBIMBING:

Pembimbing 1 : Nurin Hidayati, ST., M.Sc

Pembimbing 2 : Dr. Eng. Abu Bakar Sambah, S.Pi, MT

PENGUJI BUKAN PEMBIMBING:

Dosen Penguji 1 : M. Arif Zainul Fuad, S.Kel., M.Sc

Dosen Penguji 2 : Ir. Bambang Semedi, M.Sc., Ph.D

Tanggal Ujian : 22 Mei 2019

PERNYATAAN ORISINALITAS

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Rofiandanoza Pratama

NIM : 155080601111004

Program Studi : Ilmu Kelautan

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis 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 penjiplakan (plagiasi), maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut, sesuai hukum yang berlaku di Indonesia.

Malang, 22 Mei 2019

Penulis,

Rofiandanoza Pratama

NIM. 155080601111004

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada beberapa pihak atas dukungan dan doa restunya dalam penyusunan skripsi ini, sehingga penulisan skripsi ini diberi kelancaran dan kemudahan. Penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Allah SWT, atas segala rahmat serta hidayah-Nya sehingga penulis dapat melakukan penelitian dan menyelesaikan penulisan skripsi dengan baik.
2. Kedua Orangtua penulis yang telah memberikan doa dan dukungan moral maupun materil selama penulisan skripsi.
3. Ibu Nurin Hidayati, S.T., M.Sc. selaku dosen pembimbing 1 yang telah meluangkan waktunya dalam memberikan pengarahan, bimbingan, serta ilmu selama penyusunan skripsi ini.
4. Bapak Dr. Eng. Abu Bakar Sambah, S.Pi, MT selaku dosen pembimbing 2 yang telah meluangkan waktunya dalam memberikan pengarahan, bimbingan, serta ilmu selama penyusunan skripsi ini.
5. Clara Aprilia Sukandar, Rika Mulyasari, Axioma Muhammad Iqbal, Rizal Dwi P, Dimas Syarif A, Rakha Naufal A, Bapak Buhasan, Rayindra Yonang, Evi Safitri, Muhammad Miftahul Bayyan, dan Teguh Dwi K yang selalu memberikan dukungan, doa, dan bantuan bagi penulis untuk menyelesaikan penulisan skripsi.
6. Keluarga Polaris yang telah memberikan doa dan dukungannya, serta seluruh pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Akhir kata penulis menyadari bahwa penulisan skripsi ini tidak lepas dari kekurangan. Semoga skripsi ini bisa menjadi bermanfaat bagi semua pihak yang membutuhkan.

RINGKASAN

Rofiandanoza Pratama. Skripsi Analisis Perubahan Garis Pantai di Wilayah Jabon, Sidoarjo, Jawa Timur dengan Menggunakan Rumus Manohar (Di bawah bimbingan Nurin Hidayati, S.T., M.Sc dan Dr. Eng. Abu Bakar Sambah, S.Pi, MT)

Pantai adalah daerah di tepi perairan yang dipengaruhi oleh air pasang tertinggi dan air surut terendah. Pantai memiliki potensi yang dapat dimanfaatkan di dalam berbagai bidang. Hal ini menyebabkan pantai menjadi wilayah yang rentan dengan terjadinya perubahan morfologi, salah satunya adalah perubahan garis pantai. Perubahan garis pantai merupakan sebuah proses berubahnya garis pantai dari waktu ke waktu sejalan dengan perubahan alam, seperti adanya aktivitas gelombang, angin, pasang surut, dan arus serta sedimentasi. Perubahan garis pantai bisa terjadi karena adanya angkutan sedimen. Untuk itu, salah satu cara mengetahui perubahan garis pantai harus dikaji besarnya transpor sedimen yang terjadi.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui perubahan garis pantai yang telah terjadi di wilayah Kecamatan Jabon, mengetahui kondisi hidro-oseanografi, mengetahui karakteristik jenis sedimen, dan memprediksi perubahan garis pantai yang akan terjadi dalam 5, 10, dan 25 tahun yang akan datang. Lokasi penelitian terletak di sepanjang garis pantai Jabon, Sidoarjo, Jawa Timur. Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah deskriptif *purposive sampling*, yaitu metode penelitian yang dilaksanakan dengan menentukan titik pengambilan sampel dengan cara menetapkan ciri-ciri khusus yang sesuai dengan tujuan penelitian. Penelitian ini menggunakan dua jenis data, yakni data primer yang didapatkan dari hasil pengambilan data langsung ke lokasi penelitian serta data sekunder yang didapatkan dari citra satelit.

Berdasarkan hasil penelitian yang didapatkan, diketahui bahwa Perairan Jabon memiliki kecepatan arus yang kecil, yakni 0,16 m/detik dan tipe pasang surut adalah campuran condong harian ganda. Selain itu gelombang tertinggi di Perairan Jabon adalah 0,18 meter dengan periode 5,2 detik dan gelombang terendah adalah 0,15 meter dengan periode 5,45 detik. Jenis sedimen di perairan ini adalah pasir sedang hingga lempung, namun secara keseluruhan di dominasi oleh lanau. Perubahan garis pantai yang terjadi selama 14 tahun terakhir dari tahun 2004 hingga 2018 di Pantai Jabon adalah akresi dan erosi. Erosi hanya terjadi di Stasiun B1 dan di stasiun lain mengalami akresi. Hasil prediksi perubahan garis pantai pada 5, 10, dan 25 tahun yang mendatang, wilayah Jabon akan mengalami akresi dengan jarak yang kecil, diprediksi bahwa akresi terbesar akan terjadi di Stasiun B2 sebesar 3,82 m/tahun.

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis ucapkan kepada Allah SWT atas rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “**ANALISIS PERUBAHAN GARIS PANTAI DI WILAYAH JABON, SIDOARJO, JAWA TIMUR DENGAN MENGGUNAKAN RUMUS MANOHAR**”. Skripsi ini diajukan sebagai salah satu syarat untuk dapat memperoleh gelar Sarjana Kelautan di Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Brawijaya.

Skripsi ini membahas mengenai bab 1 tentang latar belakang, rumusan masalah, tujuan, kegunaan, batasan masalah, tempat dan waktu pelaksanaan. Bab 2 tentang tinjauan pustaka yang mendukung penelitian. Bab 3 tentang metode penelitian yang digunakan dalam penelitian. Bab 4 yang membahas mengenai hasil dan pembahasan dalam penelitian. Serta Bab 5 yang terdapat kesimpulan sebagai jawaban dari tujuan. Pada akhir bagian terdapat daftar pustaka dan lampiran.

Akhir kata penulis menyadari bahwa penulisan dan penyusunan skripsi ini tidak lepas dari kekurangan. Kritik dan saran yang membangun penulis butuhkan guna memperbaiki penyusunan skripsi dikemudian hari.

Malang, 28 Mei 2019

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
UCAPAN TERIMA KASIH	V
RINGKASAN	VI
KATA PENGANTAR	VII
DAFTAR ISI	VIII
DAFTAR GAMBAR	X
DAFTAR TABEL	XI
DAFTAR LAMPIRAN	XII
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	4
1.3 Tujuan.....	4
1.4 Kegunaan.....	5
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Pantai.....	6
2.2 Perubahan Garis Pantai.....	6
2.3 Sedimen.....	8
2.4 Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Perubahan Garis Pantai.....	10
2.4.1 Arus.....	10
2.4.2 Gelombang.....	11
2.4.3 Pasang Surut.....	12
2.5 Transformasi Gelombang.....	12
2.5.1 Koefisien Refraksi Gelombang.....	12
2.5.2 Gelombang Pecah.....	14
2.6 Model Perubahan Garis Pantai.....	17
2.6.1 Profil Pantai Dibagi Menjadi Sejumlah Sel (Ruas).....	17
2.6.2 Transpor Sedimen.....	18
2.6.3 Angkutan Sedimen Sepanjang Pantai.....	18
2.7 Kriteria Kerusakan Garis Pantai.....	20
BAB 3. METODE PENELITIAN	21
3.1 Waktu dan Lokasi Penelitian.....	21
3.2 Alat dan Bahan.....	25
3.2.1 Alat dan Bahan Lapangan.....	25
3.2.2 Alat dan Bahan Laboratorium.....	26
3.2.3 Aplikasi Pengolahan Data.....	28
3.3 Teknik Pengambilan Data.....	28
3.3.1 Garis Pantai.....	29
3.3.2 Pasang Surut.....	29
3.3.3 Gelombang.....	30
3.3.4 Arus.....	30
3.3.5 Kemiringan Pantai.....	30
3.3.6 Sedimen.....	31
3.4 Uji Laboratorium.....	31
3.4.1 Pengeringan Sampel dan Pengayakan.....	31
3.4.2 Analisis Hidrometer.....	32
3.4.2.1 Kalibrasi Tabung <i>Picnometer</i>	32
3.4.2.2 Uji Berat Jenis Tanah.....	33
3.4.2.3 Uji Hidrometer.....	34



3.5 Teknik Pengolahan Data	35
3.5.1 Pengolahan Data Citra Satelit	35
3.5.2 Pengolahan Data Hasil Ayakan Sedimen.....	36
3.5.2.1 Kalibrasi Tabung Picnometer.....	36
3.5.2.2 Uji Berat Jenis Tanah	37
3.5.2.3 Uji Hidrometer	37
3.5.3 Perhitungan Numerik Analisis Perubahan Garis Pantai	38
3.6 Analisis Data	40
3.7 Alur Penelitian	41
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN	43
4.1 Gambaran Umum Lokasi Penelitian	43
4.2 Perubahan Garis Pantai Menggunakan Citra Satelit.....	44
4.3 Hasil Data Hidrooseanografi.....	48
4.3.1 Pasang Surut	48
4.3.2 Gelombang	49
4.3.2.1 Data Gelombang Sekunder	49
4.3.2.2 Data Gelombang Hasil Pengukuran Lapangan.....	49
4.3.3 Arus	50
4.3.4 Hasil Data Kemiringan Pantai	53
4.4 Karakteristik Sedimen.....	53
4.4.1 Ukuran Butir Sedimen.....	53
4.4.2 Massa Jenis Sedimen.....	57
4.5 Prediksi Perubahan Garis Pantai Menggunakan Rumus Manohar	57
4.5.1 Prediksi Perubahan Garis Pantai Area A	60
4.5.2 Prediksi Perubahan Garis Pantai Area B	61
4.5.3 Prediksi Perubahan Garis Pantai Area C	62
4.6 Analisis Perubahan Garis Pantai Berdasarkan Data Citra Satelit dan Menggunakan Rumus Manohar.....	65
BAB 5. PENUTUP	71
5.1 Kesimpulan	71
5.2 Saran	72
DAFTAR PUSTAKA.....	73
LAMPIRAN.....	76

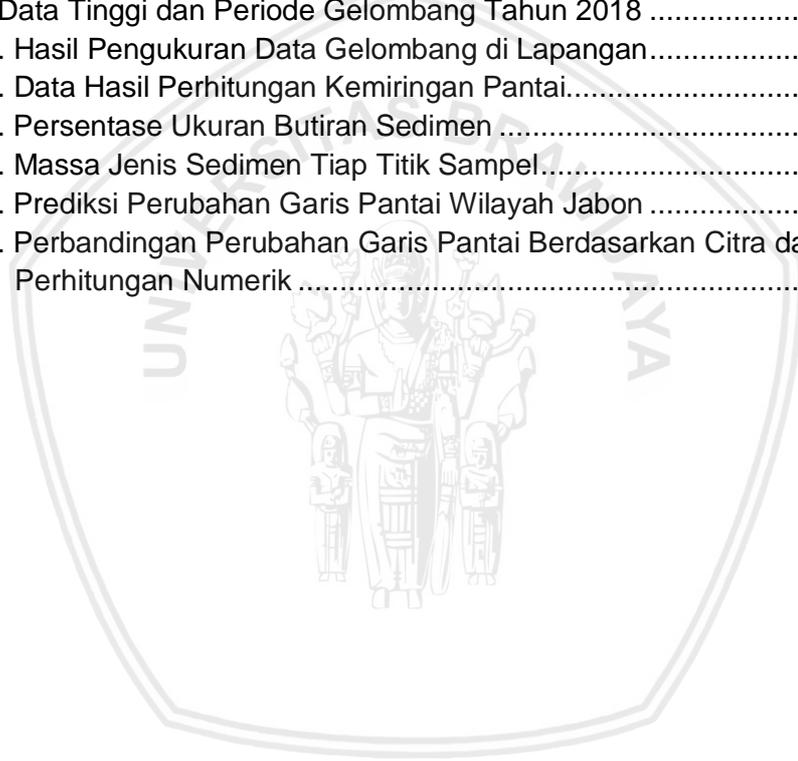
DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1. Penentuan Tinggi Gelombang Pecah.....	16
Gambar 2. Penentuan Kedalaman Gelombang Pecah.....	16
Gambar 3. Pembagian Pantai Menjadi Sejumlah Sel.....	17
Gambar 4. Peta Lokasi Penelitian Wilayah Jabon.....	22
Gambar 5. Peta Lokasi Pembagian Stasiun Garis Pantai	22
Gambar 6. Peta Lokasi Pengambilan Sampel Sedimen dan Arus.....	23
Gambar 7. Peta Lokasi Pengambilan Data Gelombang	25
Gambar 8. Data Citra Satelit Wilayah Jabon Tahun 2004-2018	36
Gambar 9. Hubungan α_0 , α_i dan α_b	39
Gambar 10. Alur Penelitian Analisis Perubahan Garis Pantai	42
Gambar 11. Perubahan Garis Pantai di Wilayah Jabon Menggunakan Citra Satelit	46
Gambar 12. Perubahan Garis Pantai Stasiun B1 Menggunakan Citra Satelit	47
Gambar 13. Perubahan Garis Pantai Stasiun C2 Menggunakan Citra Satelit	47
Gambar 14. Hasil Prediksi Pasang Surut.....	48
Gambar 15. Peta Kecepatan dan Arah Arus Berdasarkan Data Lapang.....	51
Gambar 16. Peta Kecepatan dan Arah Arus Februari 2018	51
Gambar 17. Peta Kecepatan dan Arah Arus Berdasarkan Musim.....	52
Gambar 18. Peta Kecepatan dan Arah Arus Rata-Rata Pada Tahun 2018.....	52
Gambar 19. Grafik Persentase Ukuran Butir Sedimen	56
Gambar 20. Prediksi Perubahan Garis Pantai Menggunakan Rumus Manohar .	59
Gambar 21. Grafik Prediksi Stasiun A1 dalam 5, 10, dan 25 Tahun.....	60
Gambar 22. Grafik Prediksi Stasiun A2 dalam 5, 10, dan 25 Tahun.....	60
Gambar 23. Grafik Prediksi Stasiun B1 dalam 5, 10, dan 25 Tahun.....	61
Gambar 24. Grafik Prediksi Stasiun B2 dalam 5, 10, dan 25 Tahun.....	62
Gambar 25. Grafik Prediksi Stasiun C1 dalam 5, 10, dan 25 Tahun	63
Gambar 26. Grafik Prediksi Stasiun C2 dalam 5, 10, dan 25 Tahun	63
Gambar 27. Grafik Prediksi Stasiun C3 dalam 5, 10, dan 25 Tahun	64
Gambar 28. Grafik Prediksi Stasiun C4 dalam 5, 10, dan 25 Tahun	64
Gambar 29. Grafik Prediksi Stasiun C5 dalam 5, 10, dan 25 Tahun	65
Gambar 30. Konversi Hutan Mangrove Pesisir Sidoarjo	69



DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1. Klasifikasi Ukuran Butiran Sedimen Berdasarkan Skala Wentworth.....	10
Tabel 2. Kriteria Kerusakan Garis Pantai	20
Tabel 3. Titik Koordinat Lokasi Pengambilan Sampel Sedimen dan Arus	23
Tabel 4. Titik Koordinat Lokasi Pengambilan Data Gelombang.....	24
Tabel 5. Alat dan Bahan Lapangan.....	26
Tabel 6. Alat-Alat di Laboratorium.....	26
Tabel 7. <i>Software</i> Pengolahan Data	28
Tabel 8. Perubahan Garis Pantai Menggunakan Citra Satelit	45
Tabel 9. Data Tinggi dan Periode Gelombang Tahun 2018	49
Tabel 10. Hasil Pengukuran Data Gelombang di Lapangan.....	50
Tabel 11. Data Hasil Perhitungan Kemiringan Pantai.....	53
Tabel 12. Persentase Ukuran Butiran Sedimen	55
Tabel 13. Massa Jenis Sedimen Tiap Titik Sampel.....	57
Tabel 14. Prediksi Perubahan Garis Pantai Wilayah Jabon	58
Tabel 15. Perbandingan Perubahan Garis Pantai Berdasarkan Citra dan Perhitungan Numerik	67



DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1. Kalibrasi <i>Picnometer</i>	76
Lampiran 2. Berat Jenis Tanah	77
Lampiran 3. Hasil Uji Hidrometer	79
Lampiran 4. Prosentase Ukuran Butir	83
Lampiran 5. Dokumentasi Pengambilan Data Lapangan	86
Lampiran 6. Dokumentasi Uji Sedimen di Laboratorium.....	87



BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan negara kepulauan yang memiliki garis pantai terpanjang nomor 2 (dua) di dunia dengan panjang 99.093 km (Ditjen Pengelolaan Ruang Laut, 2018). Secara garis besar, pantai adalah daerah di tepi perairan yang dipengaruhi oleh air pasang tertinggi dan air surut terendah. Sedangkan pesisir adalah daerah darat di tepi laut yang masih mendapat pengaruh laut seperti pasang surut, angin laut, dan perembesan air laut (Triatmodjo, 1999). Daerah pantai ini sangat intensif dimanfaatkan untuk kegiatan manusia seperti pusat pemerintahan, permukiman, industri, pelabuhan, pertambangan, pertanian, pariwisata, dan lain sebagainya (Halim *et al.*, 2016). Hal ini akan berakibat pada peningkatan kebutuhan lahan dan prasarana lainnya. Banyaknya potensi pantai yang bisa dimanfaatkan dapat menjadikan pantai sebagai wilayah yang rentan dengan terjadinya perubahan morfologi.

Perubahan garis pantai ditunjukkan oleh adanya perubahan kedudukan, tidak hanya ditentukan oleh suatu faktor tunggal tapi oleh sejumlah faktor beserta interaksinya yang merupakan gabungan dari proses alam dan manusia (Halim *et al.*, 2016). Masalah yang timbul terhadap perubahan garis pantai yaitu seperti erosi pantai, sedimentasi yang mengakibatkan majunya garis pantai dan atau pendangkalan muara sungai, penurunan tanah, dan intrusi air asin serta pencemaran lingkungan (Pranoto, 2007). Pada umumnya garis pantai akan mengalami perubahan dari waktu ke waktu sejalan dengan perubahan alam. Perubahan yang mempengaruhi seperti adanya aktivitas gelombang, angin, pasang surut, dan arus serta sedimentasi (Prameswari *et al.*, 2014). Garis pantai akan mengalami perubahan pengurangan garis pantai (erosi) maupun penambahan garis pantai (akresi).

Pada dua dekade terakhir ini, erosi dan akresi pantai telah menyebabkan mundurnya garis pantai di berbagai wilayah Indonesia yang dapat mengancam kehidupan dan penghidupan masyarakat pesisir. Sebagian wilayah di pesisir Jawa Timur dimanfaatkan untuk permukiman penduduk, pelabuhan ikan, serta daerah budi daya perikanan (tambak). Kerusakan yang terjadi di beberapa tempat di wilayah ini telah diakibatkan karena perubahan kondisi oseanografi, seperti pasang surut, arus, dan gelombang (Wahyudi *et al.*, 2009). Perubahan garis pantai ini dapat banyak disebabkan oleh aktivitas manusia, seperti pembukaan lahan, eksploitasi bahan galian di daratan pesisir yang dapat mengubah keseimbangan garis pantai melalui suplai muatan sedimen yang berlebihan ke wilayah pesisir dan laut (Halim *et al.*, 2016).

Salah satu permasalahan yang terjadi di wilayah Jawa Timur adalah perubahan garis pantai yang terjadi di daerah Jabon Sidoarjo. Menurut Budianto dan Hariyanto (2017), kerusakan laut maupun wilayah pesisir di Kota Sidoarjo salah satunya diakibatkan oleh bencana lumpur LAPINDO, hal itu yang dapat menyebabkan terjadinya sedimentasi karena adanya pembuangan material lumpur dalam jumlah yang besar dan terus menerus di Sungai Porong. Adanya aliran lumpur mengakibatkan material lumpur tidak banyak mengendap di sepanjang sungai, tetapi mengendap di daerah muara Sungai Porong yang berada di Selat Madura. Interaksi antara sedimen lumpur dengan kondisi hidrooseanografi di daerah tersebut menyebabkan rawan terjadi akresi. Pada beberapa pantai di wilayah ini juga memiliki muara sungai yang dapat menambah dinamika pantai yang ada. Kerusakan wilayah pantai di daerah ini perlu untuk diketahui karena sebagian besar mata pencaharian masyarakat adalah budi daya perikanan (tambak) dan nelayan. Hal tersebut membuat kajian perubahan garis pantai ini perlu untuk dilakukan agar dapat menjadi bahan informasi bagi masyarakat. Selain itu, sedimentasi tersebut tentu akan berakibat

pada perubahan garis pantai atau penambahan daratan di pesisir Kabupaten Sidoarjo sehingga dapat juga terjadi perubahan penggunaan lahan di daerah tersebut.

Berbagai cara dapat dilakukan untuk menganalisis perubahan garis pantai yang telah terjadi maupun dengan melakukan prediksi. Perubahan garis pantai dapat diamati dengan menganalisis citra satelit. Besar perubahan atau perpindahan posisi garis pantai dengan analisis citra satelit, dilakukan dengan menghitung perubahan jarak garis pantai menggunakan metode modifikasi *single transect* (Kasim, 2010). Ada pula cara lain yang bisa digunakan untuk mengetahui perubahan garis pantai, yakni dengan memprediksi perubahan garis pantai. Menurut Triatmodjo (1999), terdapat beberapa cara melakukan prediksi perubahan garis pantai dengan memprediksi angkutan sedimen sepanjang pantai menggunakan rumus empiris. Sebagian rumus-rumus tersebut merupakan hubungan energi gelombang dengan angkutan sedimen. Terdapat beberapa metode rumus perhitungan angkutan sedimen di antaranya adalah Rumus Cadwell; Rumus Savage; Rumus Ijima, Sato, Aono, Ishii; Rumus Ichikawa, Achiai, Tomita, Murobuse; Rumus Manohar; Rumus Ijima, Sato; Rumus Tanaka; Rumus Komar, Inman; Rumus Das; dan Rumus CERC. Rumus angkutan sedimen sepanjang pantai yang penulis gunakan adalah Rumus Manohar. Dimana Rumus Manohar memperhitungkan sifat sedimen dasar meliputi diameter sedimen (D) dan berat jenis sedimen (ρ_s), energi gelombang meliputi arah datang gelombang, kedalaman gelombang pecah, dan ketinggian gelombang. Walaupun Rumus Manohar dan rumus lainnya memiliki kekurangan tidak mempertimbangkan faktor hidrooseanografi lainnya dan debit muara sungai yang membawa sedimen (Hidayati, 2017).

1.2 Rumusan Masalah

Adapun beberapa rumusan masalah yang menjadi dasar pada penelitian ini adalah:

1. Bagaimana perubahan garis pantai yang terjadi di wilayah Jabon, Sidoarjo, Jawa Timur berdasarkan analisis citra satelit.
2. Bagaimana kondisi hidrooseanografi di wilayah perairan Jabon, Sidoarjo, Jawa Timur.
3. Bagaimana karakteristik sedimen di wilayah perairan Jabon, Sidoarjo, Jawa Timur.
4. Bagaimana prediksi perubahan garis pantai yang terjadi di wilayah Jabon, Sidoarjo, Jawa Timur selama 5, 10, dan 25 tahun menggunakan metode numerik Rumus Manohar.

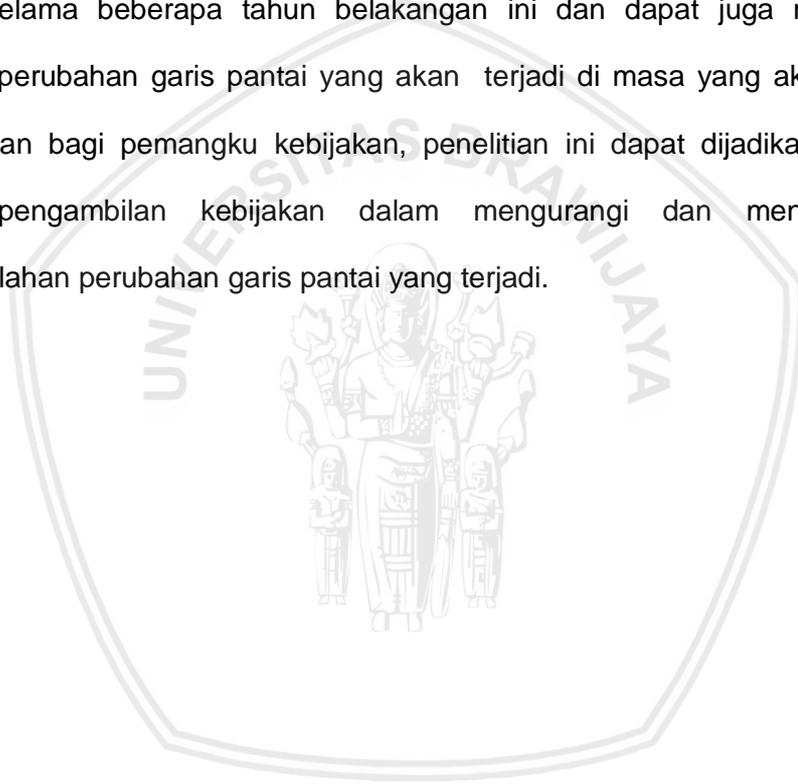
1.3 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mengetahui perubahan garis pantai yang terjadi di wilayah Jabon, Sidoarjo, Jawa Timur berdasarkan analisis citra satelit.
2. Mengetahui kondisi hidrooseanografi di wilayah perairan Jabon, Sidoarjo, Jawa Timur.
3. Mengetahui karakteristik sedimen di wilayah perairan Jabon, Sidoarjo, Jawa Timur.
4. Melakukan prediksi perubahan garis pantai selama 5, 10, dan 25 tahun yang akan datang di wilayah Jabon, Sidoarjo, Jawa Timur menggunakan metode numerik Rumus Manohar.

1.4 Kegunaan

Penelitian ini diharapkan dapat digunakan dan dimanfaatkan oleh beberapa pihak. Bagi mahasiswa, penelitian ini dapat menambah ilmu pengetahuan, wawasan, referensi dan menjadi sumber informasi mengenai analisis perubahan garis pantai dari citra satelit maupun prediksi perubahan garis pantai dari hasil perhitungan numerik. Bagi masyarakat, penelitian ini dapat dijadikan sebagai sumber informasi mengenai perubahan garis pantai yang telah terjadi selama beberapa tahun belakangan ini dan dapat juga mengetahui prediksi perubahan garis pantai yang akan terjadi di masa yang akan datang. Sedangkan bagi pemangku kebijakan, penelitian ini dapat dijadikan referensi dalam pengambilan kebijakan dalam mengurangi dan menanggulangi permasalahan perubahan garis pantai yang terjadi.



BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pantai

Pantai adalah sebuah bentuk geografis yang terdiri dari pasir, dan terdapat di daerah pesisir. Daerah pantai menjadi batas antara daratan dan perairan laut. Panjang garis pantai ini diukur mengelilingi seluruh pantai yang merupakan daerah territorial suatu negara (Arief *et al.*, 2011). Triatmodjo (1999) juga mengemukakan pendapatnya, pantai adalah daerah di tepi perairan yang dipengaruhi oleh pasang tertinggi dan air surut terendah. Sedangkan definisi garis pantai sesuai dengan Peraturan Menteri Kelautan dan Perikanan No. 23 (2016), dijelaskan bahwa garis pantai adalah batas pertemuan antara bagian laut dan daratan pada saat terjadi air laut pasang tertinggi. Garis pantai diukur pada saat terjadi air laut pasang tertinggi ke arah laut lepas dan/atau ke arah perairan kepulauan. Pantai yang menjadi batas pertemuan antara daratan dan laut menyebabkan daerah ini rentan terhadap perubahan dari waktu ke waktu.

Proses dinamis yang terjadi di pantai tersebut menyebabkan pantai dapat mengalami perubahan bentuk secara kontinu. Proses yang terjadi berada dalam satuan skala waktu atau *time scale* (kisaran perubahan dari waktu geologi untuk periode tunggal dari gelombang yang disebabkan oleh angin atau perubahan dalam kisaran musim tertentu). Selain itu, melibatkan skala ruang atau *spatial scale* (pada kisaran pantai atau kawasan tertentu dengan panjang yang berbeda atau bisa juga dalam sebuah region) (Kalay, 2008).

2.2 Perubahan Garis Pantai

Kawasan pantai merupakan suatu kawasan yang sangat dinamik begitu pula dengan garis pantainya. Menurut Triatmodjo (1999), garis pantai adalah garis batas pertemuan antara daratan dan air laut, di mana posisinya tidak tetap

dan dapat berpindah sesuai dengan pasang surut air laut dan erosi pantai yang terjadi. Perubahan garis pantai pada umumnya diakibatkan oleh interaksi gelombang secara terus menerus, angin (besar dan arahnya), pasang surut, dan transpor sedimen (Arafat dan Hidayat, 2011). Ungkapan itu sejalan dengan yang disampaikan oleh Purnaditya *et al.*, (2012) yang menyatakan, perubahan garis pantai terjadi akibat berbagai fenomena alam yang terjadi di lautan yang berlangsung secara terus menerus sehingga wilayah pantai akan mengalami tekanan sehingga semakin lama garis pantai tersebut akan berubah.

Pada penilaian terhadap perubahan pantai diperlukan suatu tolok ukur agar penilaian perubahan pantai dapat lebih objektif dalam penentuan tingkat kerusakan tersebut. Perubahan pantai harus dilihat tidak dalam keadaan sesaat, namun harus diamati dalam suatu kurun waktu tertentu (Setyandito dan Triyanto, 2009). Perubahan garis pantai bisa terjadi karena adanya angkutan sedimen. Untuk itu, salah satu cara mengetahui perubahan garis pantai harus dikaji besarnya transpor sedimen yang terjadi. Angkutan sedimen ini adalah gerakan sedimen di daerah pantai yang disebabkan oleh gelombang dan arus. Angkutan sedimen secara fisik dipengaruhi oleh interaksi antara elemen-elemen gelombang, arus, pasang surut, jenis, dan ukuran sedimen serta adanya bangunan di daerah pantai (Wahyudi *et al.*, 2009).

Salah satu studi kasus penelitian mengenai perubahan garis pantai berada di Pulau Gili Ketapang Probolinggo, Jawa Timur. Sebagai pulau kecil di perairan sebelah utara Probolinggo, kondisi pesisir pantai Pulau Gili Ketapang dipengaruhi kondisi hidrooseanografi dan berpotensi mengalami abrasi dan akresi. Analisis perubahan garis pantai Pulau Gili Ketapang menggunakan analisis citra satelit tahun 2004, 2006, 2009, dan 2014. Rentang 2004 sampai 2006, terjadi penambahan garis pantai sebesar 21,17 meter. Pada 2006 sampai 2009 terjadi penambahan garis pantai sebesar 124, 64 meter (Hidayati, 2017).

2.3 Sedimen

Bentuk profil pantai dipengaruhi oleh serangan gelombang, sifat-sifat sedimen, seperti rapat massa jenis dan tahanan erosi, ukuran dan bentuk partikel, kondisi gelombang dan arus, serta batimetri pantai. Sedimen pantai bisa berasal dari erosi garis pantai itu sendiri, dari daratan yang dibawa oleh sungai, dan dari laut yang terbawa arus ke daerah pantai. Sifat-sifat sedimen penting diketahui untuk mengetahui erosi dan sedimentasi. Sifat-sifat tersebut adalah ukuran partikel dan distribusi butir sedimen, rapat massa, bentuk, kecepatan endap, tahanan terhadap erosi, dan sebagainya (Triatmodjo, 1999). Dijelaskan pula Arafat dan Hidayat (2011), bahwa suatu pantai disebut mengalami erosi, akresi, atau tetap stabil tergantung pada sedimen yang masuk dan yang meninggalkan pantai tersebut.

Analisis keseimbangan sedimen pantai dapat digunakan dalam melakukan evaluasi terhadap terjadinya erosi pada pantai. Erosi yang terjadi biasanya disertai dengan maju atau mundurnya garis pantai. Imbangan sedimen pantai pada daerah yang ditinjau dapat dijadikan sebagai bahan untuk diolah menggunakan perhitungan matematika dalam analisis perubahan garis pantai (Luhwahyudin *et al.*, 2012). Triatmodjo (1999) juga mengungkapkan bahwa sifat-sifat sedimen yang penting untuk diketahui dalam analisis perubahan garis pantai, yaitu ukuran partikel, butir sedimen, rapat massa, bentuk, dan cepat endap sedimen sehingga perlu melakukan analisis sedimen.

Menurut Hidayati (2017), analisis ukuran butir sedimen adalah hal yang penting karena dapat memberikan petunjuk dari mana sedimen berasal, transportasi dan kondisi pengendapannya. Berbagai sifat fisik sedimen seperti tekstur sedimen meliputi ukuran butir sedimen (*grain size*), hubungan antar butir, bentuk butir (*particle shape*), komposisi mineral dan kandungan biota sudah di telaah sesuai dengan tujuan dan kegunaannya. Klasifikasi ukuran sedimen

dilakukan dengan asumsi partikel tersebut berupa lingkaran dan ukuran butir dapat diukur dari penampang melintangnya dan didasarkan pada skala Wentworth. Wentworth membagi ukuran butir kedalam empat kelas ukuran berdasarkan diameter partikel, yaitu: lumpur (<0,06 mm), pasir (0,05 – 2 mm), kerikil (2 – 64 mm), dan batu (>64 mm). Klasifikasi ukuran butir sedimen dapat dilihat pada Tabel 1. Berdasarkan analisis statistik sedimen menunjukkan bahwa distribusi ukuran partikel memiliki distribusi logaritmik. Ukuran butir sedimen dinyatakan dalam bentuk phi (ϕ), dimana nilai phi dihitung dengan rumus:

$$\phi = -3.3219 \log_{10} (D) \quad (1)$$

Dimana D adalah diameter partikel dalam mm. Phi dinotasikan dengan (ϕ). Sedangkan untuk konversi rumus *inversenya* yaitu:

$$D = 2^{-\phi} \quad (2)$$

Setelah didapatkan nilai phi dari masing-masing fraksi sedimen, kemudian ditentukan beberapa nilai phi yang merupakan nilai percentil, yaitu ϕ_5 , ϕ_{16} , ϕ_{25} , ϕ_{50} , ϕ_{75} , ϕ_{84} , dan ϕ_{95} dengan grafik tertahan ayakan pada tiap stasiun. Nilai-nilai phi pada masing-masing percentil yang telah ditentukan, digunakan sebagai nilai input dalam perhitungan parameter statistik sedimen meliputi *Mean*, *Sortasi*, *Skewness* dan *Kurtosis* sebagai berikut :

$$Mean (Mz) = \frac{\phi_{16} + \phi_{50} + \phi_{84}}{3} \quad (3)$$

$$Sorting = \frac{\phi_{84} - \phi_{16}}{4} + \frac{\phi_{95} - \phi_5}{6.6} \quad (4)$$

$$Skewness = \frac{\phi_{16} + \phi_{84} - (2\phi_{50})}{2(\phi_{84} - \phi_{16})} + \frac{\phi_5 + \phi_{95} - (2\phi_{50})}{2(\phi_{95} - \phi_5)} \quad (5)$$

$$Kurtosis = \frac{\phi_{95} - \phi_5}{2.44(\phi_{75} - \phi_{25})} \quad (6)$$



Tabel 1. Klasifikasi Ukuran Butiran Sedimen Berdasarkan Skala Wentworth (Hidayati, 2017)

	US Standard sieve mesh	Millimeters	Phi (ϕ) unitis	Wentworth size class
GRAVEL		4096	-12	
		1024	-10	Boulder
		256	-8	
		64	-6	Cobble
		16	-4	
	5	4	-2	Pebbles
	6	3.36	-1.75	
	7	2.83	-1.5	Granule
	8	2.50	-1.25	
	10	2.00	-1.0	
SAND	12	1.68	-0.75	
	14	1.41	-0.5	Very coarse sand
	16	1.19	-0.25	
	18	1.00	0.0	
	20	0.84	0.25	
	25	0.71	0.5	Coarse sand
	30	0.59	0.75	
	35	0.50	1.0	
	40	0.42	1.25	
	45	0.35	1.5	Medium sand
	50	0.30	1.75	
	60	0.25	2.0	
	70	0.210	2.25	
	80	0.177	2.5	Fine sand
	100	0.149	2.75	
	120	0.125	3.0	
	140	0.105	3.25	
	170	0.088	3.5	Very fine sand
200	0.074	3.75		
MUD	230	0.0625	4.0	
	270	0.053	4.25	
	325	0.044	4.5	Coarse silt
		0.037	4.75	
		0.031	5.0	
		0.0156	6.0	Medium silt
		0.0079	7.0	Fine silt
		0.0039	8.0	Very fine silt
		0.0020	9.0	
		0.00098	10.0	Clay
CLAY		0.00049	11.0	
		0.00024	12.0	
		0.00012	13.0	
		0.00006	14.0	

2.4 Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Perubahan Garis Pantai

2.4.1 Arus

Arus merupakan salah satu faktor yang berperan dalam pengangkutan sedimen di daerah pantai. Arus berfungsi sebagai media transpor sedimen dan sebagai agen pengerosi, yaitu arus yang dipengaruhi oleh hempasan gelombang. Gelombang yang datang menuju ke pantai dapat menimbulkan arus pantai (*nearshore current*) yang berpengaruh terhadap terjadinya proses sedimentasi atau abrasi pantai (Oktiarini *et al.*, 2015).

Hubungan antara kecepatan arus dengan diameter ukuran butiran sedimen serta pengaruhnya terhadap pergerakan sedimen dapat diketahui dan dianalisis dengan menggunakan diagram Hjulstrom. Diagram tersebut

menjelaskan bahwa semakin besar arus di suatu perairan akan menyebabkan terjadinya pengendapan sedimen kasar, dan sebaliknya jika semakin kecil arus pada suatu perairan akan mengendapkan sedimen yang berukuran lebih kecil atau halus (Hidayati *et al.*, 2017)

2.4.2 Gelombang

Gelombang laut merupakan fenomena alam yang berupa naik dan turunnya air secara perlahan dan hal ini dapat dijumpai di seluruh perairan di dunia. Hal ini dapat dilihat pada pengamatan permukaan air laut yang diakibatkan oleh arah perambatan gelombang yang sangat bervariasi. Gelombang merambat ke segala arah dengan membawa energi yang kemudian dilepaskan ke pantai dalam bentuk hempasan ombak. Gelombang yang terjadi di gelombang pecah adalah salah satu penyebab utama terjadinya erosi dan sedimentasi di pantai (Opa, 2011).

Gelombang di laut dapat dibedakan menjadi beberapa macam, tergantung pada gaya pembangkitnya. Gelombang tersebut adalah gelombang angin yang dibangkitkan oleh tiupan angin di permukaan laut, gelombang pasang surut dibangkitkan oleh gaya tarik benda-benda langit terutama matahari dan bulan terhadap bumi, gelombang tsunami terjadi karena letusan gunung berapi atau gempa di laut, gelombang yang dibangkitkan oleh kapal yang bergerak, dan sebagainya (Triatmodjo, 1999). Gelombang tersebut akan merambat ke segala arah membawa energi yang dilepaskan ke pantai dalam bentuk hempasan ombak (Opa, 2011). Perubahan profil pantai sangat dipengaruhi oleh angkutan sedimen tegak lurus pantai. Gelombang badai yang terjadi dalam waktu yang singkat dapat menyebabkan terjadinya erosi pada pantai, sedangkan gelombang biasa yang terjadi sehari-hari akan membentuk kembali pantai yang sebelumnya tererosi (Arafat dan Hidayat, 2011).

2.4.3 Pasang Surut

Pasang surut adalah fluktuasi muka air laut karena gaya tarik benda-benda langit, terutama matahari dan bulan terhadap massa air laut di bumi. Meskipun massa bulan lebih kecil dari massa matahari, tetapi karena jaraknya terhadap bumi lebih besar dari pengaruh gaya tarik matahari. Gaya tarik bulan mempengaruhi pasang surut adalah 2,2 kali lebih besar daripada gaya tarik matahari. Tinggi pasang surut adalah jarak vertikal antara air tertinggi (puncak air pasang) dan air terendah (lembah air surut) yang berurutan. Periode pasang surut adalah waktu yang diperlukan dari posisi muka air pada muka air rerata ke posisi yang sama berikutnya. Periode pasang surut bisa 12 jam 25 menit atau 24 jam 50 menit, yang bergantung pada tipe pasang surut (Triatmodjo, 1999).

Dikemukakan oleh Opa (2011), bahwa perpindahan massa air laut dari suatu lokasi ke lokasi lain pada waktu pasang surut menyebabkan timbulnya arus pasang surut. Arus pasang surut ini memiliki peran terhadap terjadinya proses-proses di pantai seperti penyebaran sedimen dan abrasi pantai. Pasang naik akan menyebarkan sedimen ke dekat pantai, sedangkan surut akan menyebabkan majunya sedimentasi ke arah laut lepas.

2.5 Transformasi Gelombang

2.5.1 Koefisien Refraksi Gelombang

Refraksi gelombang ialah peristiwa perubahan arah gelombang yang bergerak ke arah pantai dari kedalaman air yang dalam menuju kedalaman air yang dangkal. Karena adanya perubahan kedalaman air, peristiwa refraksi gelombang diakibatkan oleh perbedaan kecepatan gelombang yang biasanya disertai juga dengan perubahan panjang gelombang yang mengecil (Hidayati, 2017), digunakan dalam persamaan berikut:

$$C^2 = \frac{gL}{2\pi} \tanh\left(\frac{2\pi d}{L}\right) \quad (7)$$

mendekati nilai,

$$C_o^2 = \frac{gL}{2\pi} \quad (8)$$

Pada persamaan ini C_o tidak tergantung pada kedalaman. Di perairan dalam, $\tanh(2\pi d/L)$ mendekati nilai sama dengan $(2\pi d/L)$ sehingga:

$$C^2 = gd \text{ atau } C = \sqrt{gd} \quad (9)$$

Persamaan tersebut menunjukkan bahwa cepat rambat gelombang oleh kedalaman. Sebagai pendekatan awal, energi total gelombang per lebar puncak gelombang adalah:

$$E = \frac{\rho g H^2 L}{8} \quad (10)$$

Sehingga koefisien refraksi gelombang dapat dilihat menjadi rumus berikut:

$$K_r = \sqrt{\frac{b_o}{b}} = \sqrt{\frac{\cos \alpha_o}{\cos \alpha}} \quad (11)$$

dimana b_o adalah jarak antara orthogonal di perairan dalam. Dari persamaan tersebut, template pembuatan diagram refraksi gelombang dapat dibuat yang akan menunjukkan perubahan sudut yang terjadi ketika orthogonal melewati interval kontur tertentu dan berubah-arah orthogonal. Keterangan notasi pada persamaan (7) sampai dengan (11) adalah:

- C : Kecepatan Rambat Gelombang
- g : Gravitasi Bumi
- L : Panjang Gelombang
- d : Kedalaman Perairan (m)
- E : Energi Total Gelombang
- ρ : Rapat Massa Air Laut (kg/m³)
- K_r : Koefisien Refraksi Gelombang
- b_o : Jarak antara Orthogonal di Perairan Dalam

2.5.2 Gelombang Pecah

Menurut Hidayati (2017), ketika gelombang menjalar dari perairan dalam menuju ke perairan dangkal (pantai) maka gelombang akan pecah ketika mengenai kemiringan dasar laut. Gelombang pecah dapat semakin tinggi daripada gelombang yang datang, atau bahkan sebaliknya. Hal itu tergantung pada kemiringan pantainya. Gelombang pecah diklasifikasikan sebagai berikut:

1. *Spilling*, gelombang pecah yang terjadi ketika gelombang menjalar dari perairan dalam menuju perairan dangkal dan mengenai pantai dengan kemiringan kecil. Gelombang pecah ini berada cukup jauh dari garis pantai ditandai dengan buih putih di puncak gelombang.
2. *Plunging* adalah gelombang pecah dengan puncak gelombang memutar dan massa air puncak gelombang akan jatuh ke depan seiring bertambahnya kemiringan dasar perairan.
3. *Surging*, ketika gelombang menjalar dari perairan dalam menuju ke pantai mengenai dasar perairan dengan kemiringan yang sangat besar. Gelombang pecah ini mirip plunging namun puncak gelombang tidak terjun jatuh.
4. *Collapsing* adalah tipe gelombang pecah menyerupai plunging, namun puncak gelombang pecahnya menggulung dan muka gelombang jatuh.

Menurut Triatmodjo (1999), dalam penentuan tinggi gelombang pecah, dilakukan analisis transformasi gelombang dengan konsep gelombang laut dalam ekuivalen yaitu tinggi gelombang di laut dalam jika tidak mengalami refraksi. Tinggi gelombang laut dalam ekuivalen diberikan dalam persamaan:

$$H'_0 = K' K_r H_0 \quad (12)$$

Sedangkan tinggi gelombang pecah (H_b) tergantung pada kemiringan dasar pantai (m), dihitung dengan kemiringan gelombang datang dalam persamaan:

$$H'_0/gT^2 \quad (13)$$

Kemiringan gelombang datang dihubungkan dengan kurva kemiringan dasar

pantai (m) yang merupakan perbandingan jarak garis pantai ke titik pengukuran kedalaman dasar pantai berbanding kedalaman pada titik tersebut. Kemudian dapat dihitung dengan persamaan:

$$H_b/H'_0 \quad (14)$$

Serupa dengan penentuan gelombang pecah, menurut Triatmodjo (1999) bahwa dalam penentuan kedalaman gelombang pecah, dihitung dengan kemiringan gelombang pecah dalam persamaan:

$$H_b/gT^2 \quad (15)$$

Dihubungkan dengan kurva kemiringan dasar pantai (m) yang merupakan perbandingan jarak garis pantai ke titik pengukuran kedalaman dasar pantai berbanding kedalaman pada titik tersebut. Kemudian dapat dihitung dengan persamaan:

$$d_b/H_b \quad (16)$$

Keterangan untuk persamaan (12) – (16) yaitu :

H'_0 = Tinggi Gelombang Laut Dalam Ekuivalen

H_0 = Tinggi Gelombang Laut Dalam (meter)

K' = Koefisien Difraksi

K_r = Koefisien Refraksi

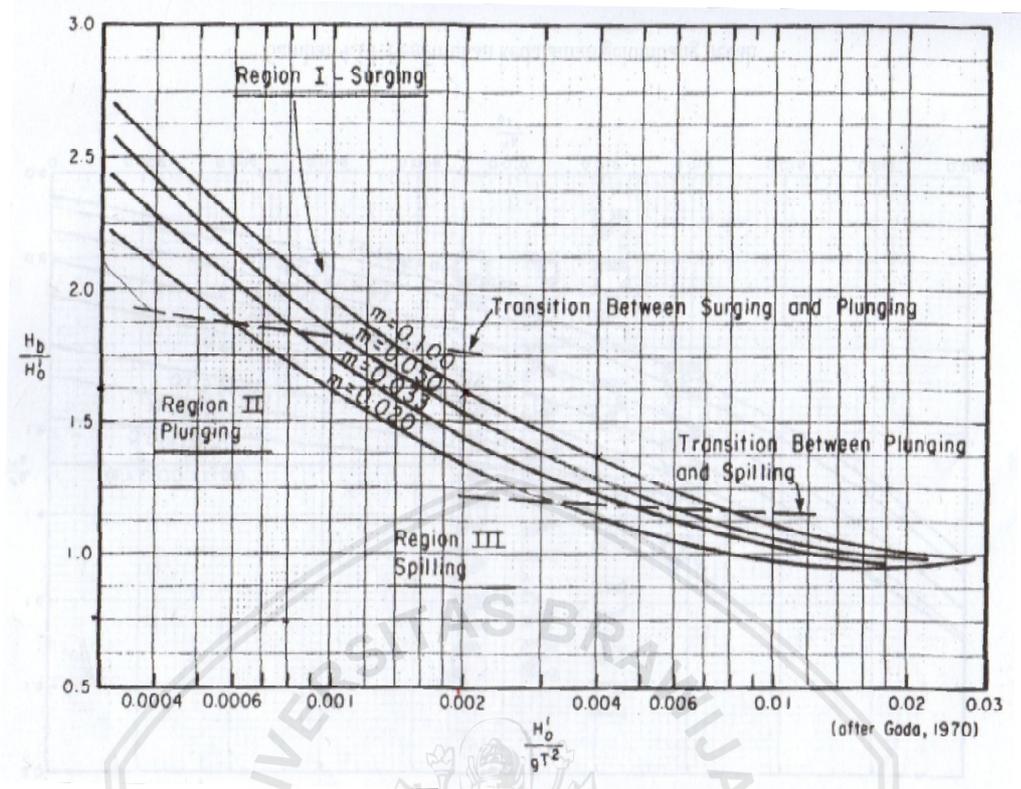
g = Gravitasi Bumi (m/s^2)

T = Periode Gelombang (s)

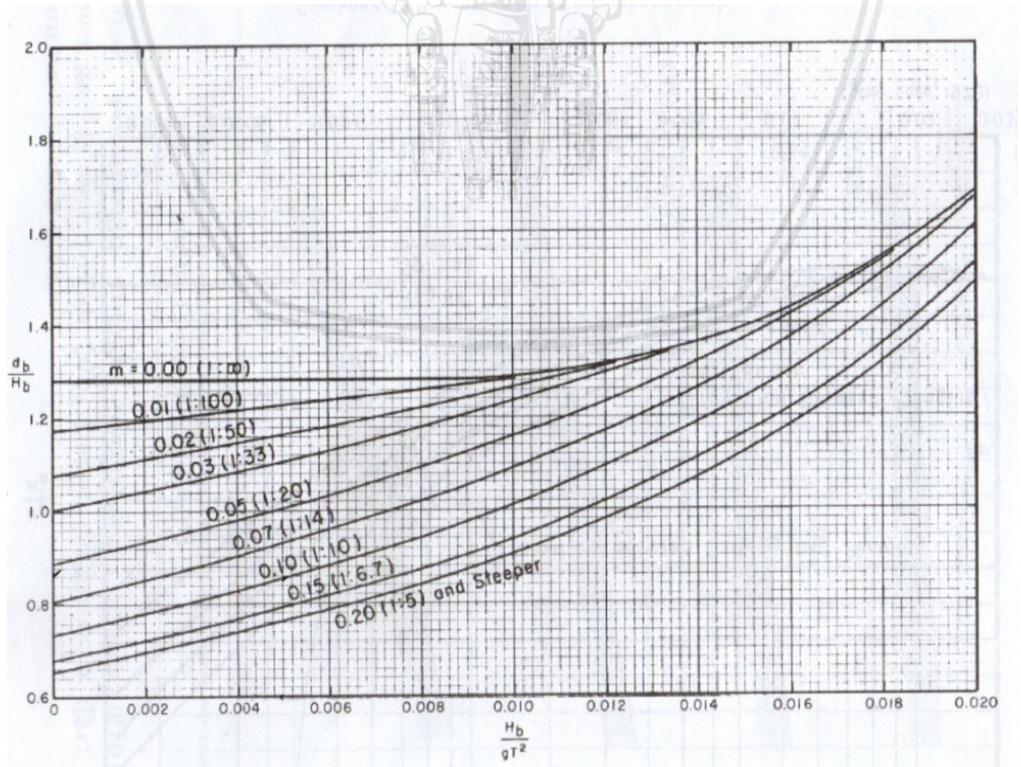
H_b = Tinggi Gelombang Pecah (meter)

d_b = Kedalaman Gelombang Pecah (meter)

Visualisasi persamaan 12 hingga 16 yaitu penentuan tinggi gelombang pecah (H_b) dan penentuan kedalaman gelombang pecah (d_b) ditampilkan pada Gambar 1 dan Gambar 2.



Gambar 1. Penentuan Tinggi Gelombang Pecah (Hidayati, 2017)

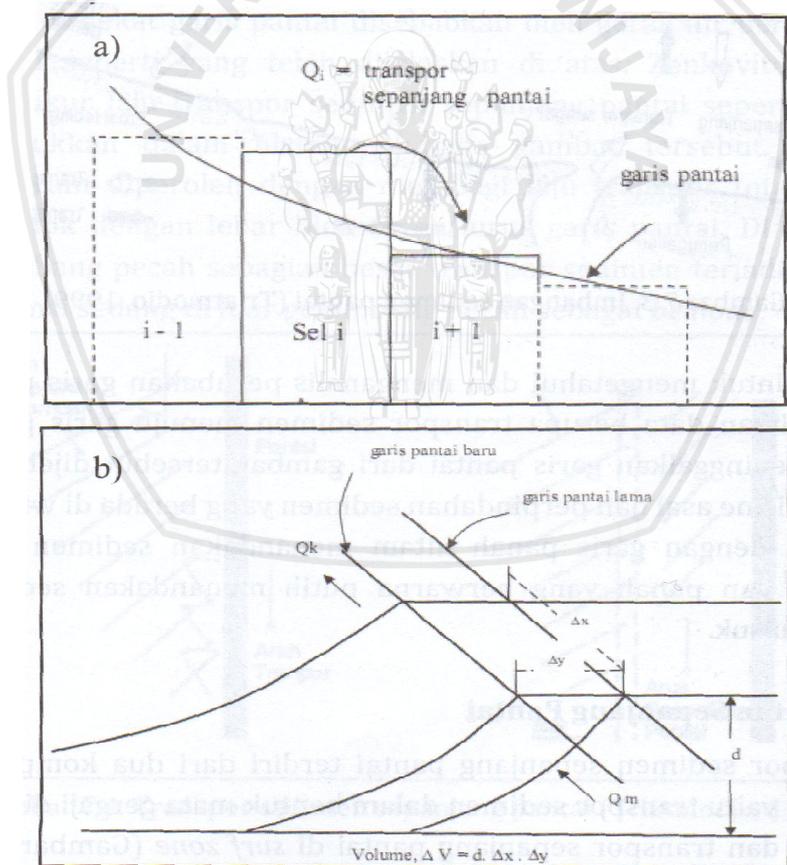


Gambar 2. Penentuan Kedalaman Gelombang Pecah (Hidayati, 2017)

2.6 Model Perubahan Garis Pantai

2.6.1 Profil Pantai Dibagi Menjadi Sejumlah Sel (Ruas)

Persamaan kontinuitas sedimen menjadi dasar untuk model perubahan garis pantai. Untuk itu, pantai dibagi menjadi sejumlah sel (ruas). Pada setiap sel ditinjau angkutan sedimen yang masuk dan keluar. Sesuai dengan hukum kekekalan berat, jumlah laju aliran berat netto di dalam sel adalah sama dengan laju perubahan berat di dalam sel tiap satuan waktu. Gambar 3 adalah pembagian pantai menjadi sejumlah sel dengan panjang yang sama yaitu Δx , dimana menunjukkan angkutan sedimen yang masuk dan keluar sel dan perubahan volume sedimen yang terjadi didalamnya (Hidayati, 2017).



Gambar 3. Pembagian Pantai Menjadi Sejumlah Sel
 (a) Pembagian Pantai Menjadi Sejumlah Sel dengan Panjang yang Sama yaitu Δx ; (b) Angkutan Sedimen yang Masuk dan Keluar Sel dan Perubahan Volume Sedimen yang Terjadi di Dalamnya (Hidayati, 2017)

2.6.2 Transpor Sedimen

Transpor sedimen menurut Adipradana (2013), didefinisikan sebagai perpindahan tempat neto sedimen yang melalui suatu tampang lintang selama periode waktu tertentu. Banyaknya transpor sedimen dinyatakan dalam (berat, massa, volume) per satuan waktu. Walaupun menghitung transpor sedimen mempunyai akurasi yang kurang baik, hal ini disebabkan oleh:

- a. Interaksi antara pergerakan air dan transpor sedimen sangat kompleks dan sulit untuk dideskripsikan dengan formulasi tematik
- b. Karena pengukuran transpor sedimen mempunyai akurasi yang kurang baik maka formulasi (rumus) yang ada tidak dapat dijadikan acuan.

Definisi transpor sedimen pantai juga dijelaskan oleh Triatmodjo (1999), yakni gerakan sedimen di daerah pantai yang disebabkan oleh gelombang dan arus yang dibangkitkannya. Transpor sedimen pantai dapat diklasifikasikan menjadi transpor menuju dan meninggalkan pantai dan transpor sepanjang pantai. Transpor menuju dan meninggalkan pantai mempunyai arah rata-rata tegak lurus garis pantai, sedangkan transpor sepanjang pantai mempunyai arah rata-rata sejajar pantai.

2.6.3 Angkutan Sedimen Sepanjang Pantai

Transpor sedimen sepanjang pantai terdiri dari dua komponen utama, yaitu transpor sedimen dalam bentuk mata gergaji di garis pantai dan transpor sepanjang pantai di *surf zone*. Pada waktu gelombang menuju pantai dengan membentuk sudut terhadap garis pantai maka gelombang tersebut akan naik ke pantai (*uprush*) yang juga membentuk sudut. Massa air yang naik tersebut kemudian turun lagi dalam arah tegak lurus pantai. Gerak air tersebut membentuk lintasan seperti mata gergaji, yang disertai dengan terangkutnya sedimen dalam arah sepanjang pantai. Komponen kedua adalah transpor

sedimen yang ditimbulkan oleh arus sepanjang pantai yang dibangkitkan oleh gelombang pecah. Transpor sedimen ini terjadi di *surf zone* (Hidayati, 2017)

Cara mengetahui dan menganalisis perubahan garis pantai dibutuhkan data transpor sedimen menuju garis pantai dan meninggalkan garis pantai. Cara ini bertujuan untuk memprediksi transpor sedimen sepanjang pantai dengan menggunakan rumus empiris. Rumus-rumus yang ada untuk menghitung transpor sedimen sepanjang pantai dikembangkan berdasarkan data pengukuran model dan prototipe pada pantai berpasir. Sebagian rumus merupakan hubungan sederhana antara komponen fluks energi (persamaan 12) dan transpor sedimen gelombang sepanjang pantai (persamaan 13) dalam bentuk Rumus Manohar (Triatmodjo, 1999) sebagai berikut:

$$P_1 = \frac{\rho g}{8} H_b^2 C_b \sin a_b \cos a_b \quad (17)$$

$$Q_s = 55,7 D^{0,59} \left(\frac{\rho_s - \rho}{\rho} \right)^{-0,41} P_1^{0,91} \quad (18)$$

Keterangan notasi pada persamaan (17) sampai dengan (18) adalah:

- Q_s : Angkutan Sedimen Sepanjang Pantai ($m^3/hari$)
- P_1 : Komponen Fluks Energi Gelombang Sepanjang Pantai Pada Saat Pecah ($ton\ m/hari/m$)
- ρ : Rapat massa air laut (kg/m^3)
- ρ_s : Rapat massa jenis sedimen (kg/m^3)
- g : Gravitasi Bumi (m/s^2)
- H_b : Tinggi Gelombang Pecah (m)
- C_b : Cepat Rambat Gelombang Pecah
- a_b : Sudut Datang Gelombang Pecah
- d_b : Kedalaman Gelombang Pecah
- D : Diameter Sedimen (10^{-3} m)

2.7 Kriteria Kerusakan Garis Pantai

Kriteria dalam kerusakan garis pantai dapat dikelompokkan dalam beberapa jenis kerusakan, seperti erosi, abrasi, pendangkalan muara dan sedimentasi, serta kerusakan lingkungan (Setyandito dan Triyanto, 2009). Selanjutnya dari keempat jenis kerusakan pantai tersebut dinilai tingkat kerusakannya. Tingkat kerusakan tersebut dibagi dalam lima kelas yang tergantung pada kondisi lapangan. Contoh kriteria dari masing-masing tingkat erosi atau gerusan perubahan garis pantai terdapat pada tabel 2.

Tabel 2. Kriteria Kerusakan Garis Pantai
Sumber: Setyandito dan Triyanto (2009)

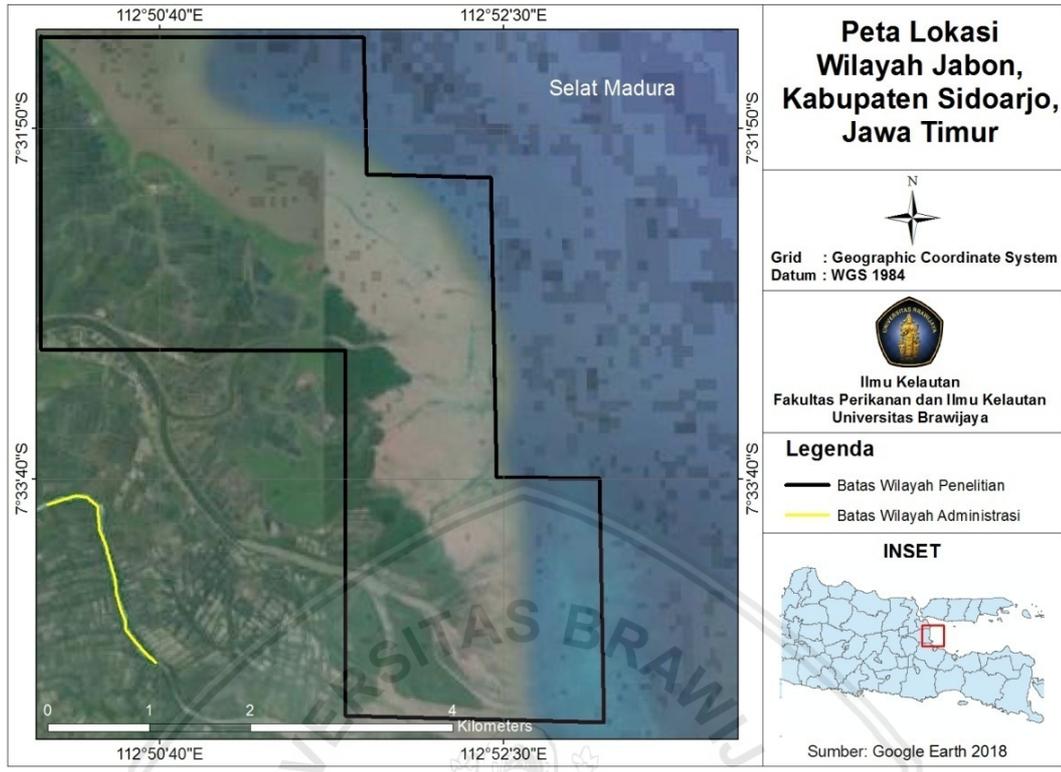
No.	Kriteria	Tingkat Erosi
1	Ringan	<0,5 m/tahun
2	Sedang	0,5 – 2,0 m/tahun
3	Berat	2,0 – 5,0 m/tahun
4	Amat berat	5,0 – 10,0m/tahun
5	Amat sangat berat	>10 m/tahun

BAB 3. METODE PENELITIAN

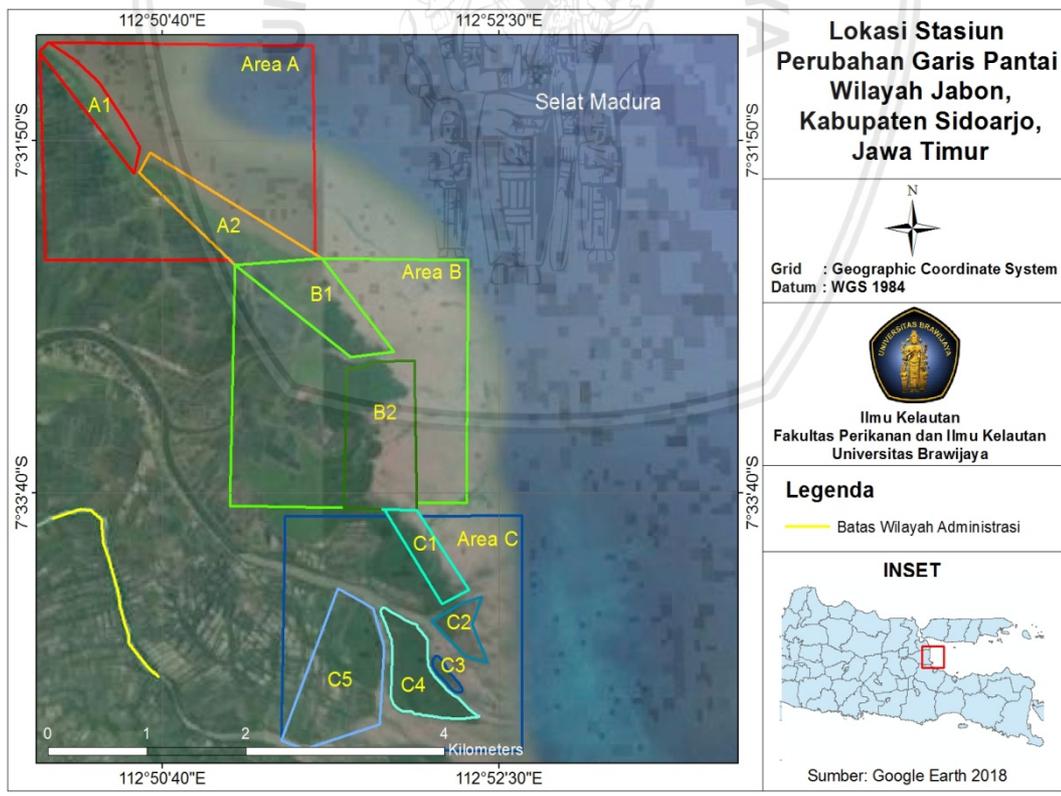
3.1 Waktu dan Lokasi Penelitian

Penelitian mengenai analisis perubahan garis pantai ini dilaksanakan mulai dari bulan Februari hingga April 2019. Pelaksanaan penelitian dibagi menjadi dua tahap utama, yaitu pengambilan data di lapangan dan uji jenis sedimen yang dilakukan di Laboratorium Air dan Tanah, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya. Tahapan penelitian dimulai dengan pengambilan data di lapangan yang dilakukan selama dua hari, pada 12 dan 13 Februari 2019 di wilayah Jabon, Sidoarjo, Jawa Timur. Penentuan titik *sampling* dilakukan berdasarkan pendekatan *purposive sampling*, yaitu dengan cara menetapkan ciri-ciri khusus sesuai dengan tujuan penelitian.

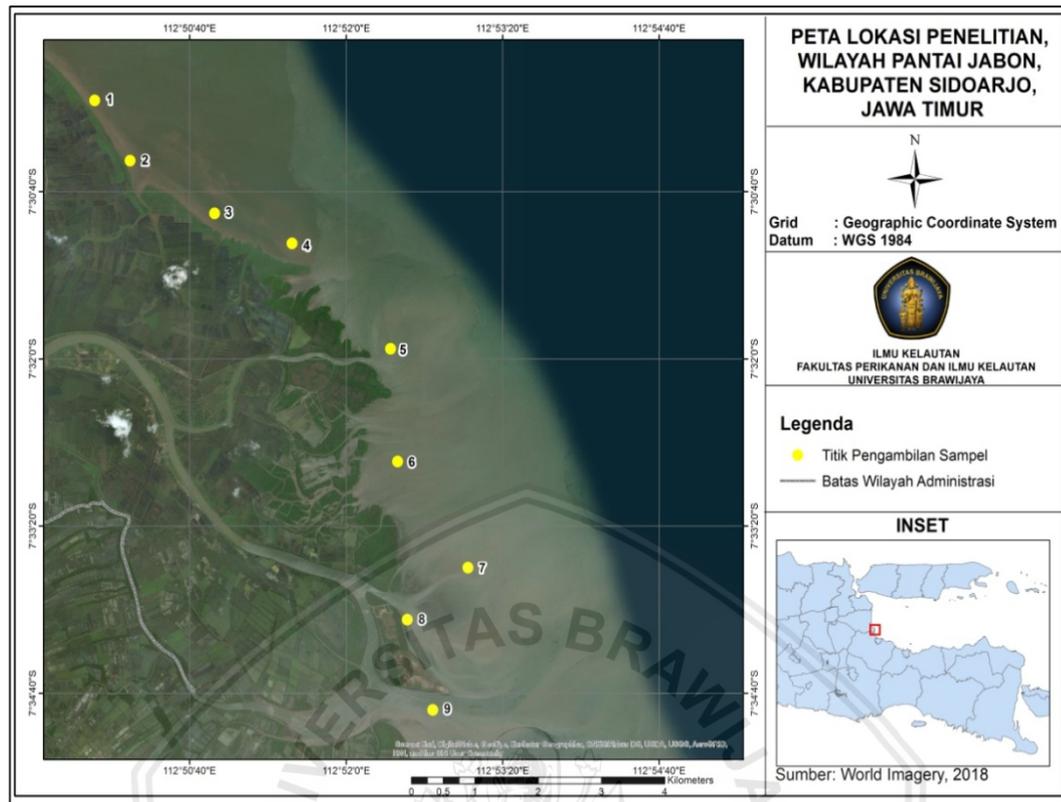
Lokasi penelitian dan pembagian stasiun dalam analisis perubahan garis pantai dapat dilihat pada gambar 4 dan 5. Pembagian area berdasarkan karakteristik gelombang dan topografi dasar yang berbeda ketika melakukan *tracking* garis pantai. Sedangkan pembagian stasiun perubahan garis pantai berdasarkan bentuk profil pantai yang dipisahkan oleh muara sungai. Pembagian stasiun dan area bertujuan untuk melakukan prediksi perubahan garis pantai menggunakan Rumus Manohar yang memiliki syarat pembagian lokasi menjadi sejumlah sel. Pembagian ini untuk mengetahui angkutan sedimen sepanjang pantai yang dipengaruhi karakteristik gelombang dan sifat dasar sedimen. Selanjutnya lokasi pengambilan sampel sedimen dan arus terdapat pada gambar 6 dan lokasi pengambilan data gelombang dapat dilihat pada gambar 7.



Gambar 4. Peta Lokasi Penelitian Wilayah Jabon



Gambar 5. Peta Lokasi Pembagian Stasiun Garis Pantai



Gambar 6. Peta Lokasi Pengambilan Sampel Sedimen dan Arus

Lokasi pengambilan sampel sedimen dan arus yang terdiri dari 9 titik memiliki koordinat masing-masing yang dapat dilihat pada Tabel 3. Kemudian, dilakukan uji sedimen di Laboratorium Air dan Tanah, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya. Rangkaian uji sedimen yang dilakukan adalah uji ayakan, uji hidrometer, dan uji massa jenis. Penelitian di laboratorium ini dilakukan sejak 19 Februari hingga 18 Maret 2019.

Tabel 3. Titik Koordinat Lokasi Pengambilan Sampel Sedimen dan Arus

Titik	Koordinat	Area	Keterangan
1	-7,499 LS 112,831 BT	A	Mewakili bagian utara garis pantai wilayah Kecamatan Jabon
2	-7,507 LS 112,836 BT		
3	-7,514 LS 112,848 BT		
4	-7,518 LS 112,859 BT		

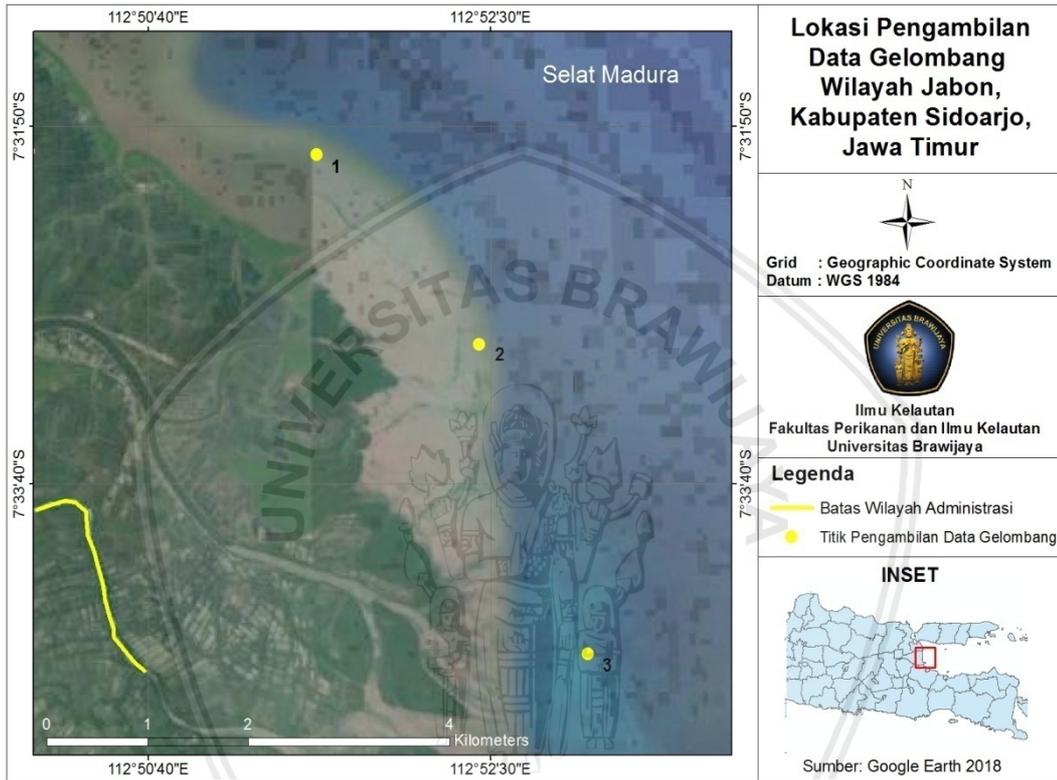
Titik	Koordinat	Area	Keterangan
5	-7,532 LS 112,873 BT	B	Mewakili daerah antara bagian utara Jabon dan percabangan Sungai porong bagian utara
6	-7,547 LS 112,874 BT		
7	-7,561 LS 112,884 BT	C	Mewakili daerah muara Sungai Porong dimana terdapat percabangan Sungai Porong yang membentuk dua muara yaitu bagian utara dan selatan pulau
8	-7,568 LS 112,875 BT		
9	-7,580 LS 112,879 BT		

Lokasi pengambilan data gelombang terdiri dari 3 titik yang mewakili setiap area dengan karakteristik gelombang yang berbeda. Karakteristik gelombang dapat memengaruhi persebaran sedimen di wilayah perairan Jabon, Sidoarjo. Karakteristik gelombang dipengaruhi gaya pembangkit utamanya yaitu angin, perubahan kedalaman, dan profil pantai. Lokasi pengambilan data gelombang memiliki koordinat masing-masing yang dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Titik Koordinat Lokasi Pengambilan Data Gelombang

Titik	Koordinat	Area	Keterangan
1	- 7,532 LS 112,859 BT	A	Gelombang laut akan mengalami refraksi sebab mengarah ke wilayah yang berdekatan dengan Teluk Permisan
2	-7,549 LS 112,873 BT	B	Gelombang laut akan mengalami perubahan arah datang gelombang karena bertemu dengan percabangan muara Sungai Porong di bagian utara

Titik	Koordinat	Area	Keterangan
3	-7,575 LS 112,883 BT	C	Gelombang laut akan mengalami perubahan ketinggian dan arah sebab bertemu dengan muara utama Sungai Porong



Gambar 7. Peta Lokasi Pengambilan Data Gelombang

3.2 Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan pada penelitian ini dibagi menjadi dua, yaitu alat dan bahan yang digunakan selama pengambilan data di lapangan dan alat dan bahan yang digunakan selama uji sedimen di laboratorium.

3.2.1 Alat dan Bahan Lapangan

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian selama di lapangan serta kegunaannya dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Alat dan Bahan Lapangan

No.	Nama Alat dan Bahan	Spesifikasi Alat	Kegunaan
1	GPS (<i>Global Positioning System</i>)	GPS Map Garmin 78s	Menentukan titik koordinat garis pantai
2	<i>Roll Meter</i>	-	Mengukur jarak
3	Plastik 1 kg	-	Wadah penyimpanan sampel sedimen
4	<i>Tide Staff</i>	-	Mengukur panjang kedalaman
5	<i>Ekman Grab</i>	Leg-200 (<i>Medium Size</i>)	Pengambilan sampel sedimen secara berkala
6	Kompas		Mengukur arah mata angin
7	Kertas Label	-	Untuk memberikan label pada sampel sedimen
8	Spidol Permanen	Snowman <i>Permanent Marker</i>	Untuk memberi label pada sampel
9	Kertas dan Alat Tulis	-	Untuk mencatat garis pantai, kemiringan pantai, dan tinggi gelombang
10	<i>Camera Handphone</i>	<i>Xiaomi Redmi 4x</i>	Untuk mendokumentasikan kegiatan
11	Laptop	Acer Aspire 4740	Untuk melakukan pengolahan data

3.2.2 Alat dan Bahan Laboratorium

Alat dan bahan beserta fungsinya yang digunakan selama penelitian sedimen di laboratorium dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Alat-Alat di Laboratorium

No	Alat	Spesifikasi Alat	Kegunaan
1	Loyang	Butterfly	Sebagai wadah sampel sedimen yang akan dimasukan ke oven
2	Oven	Memmert UNB 400	Untuk mengeringkan sampel
3	<i>Sieve Shaker</i>	Messgerate No. 60, No. 100, No. 200, dan pan	Untuk memisahkan sedimen yang ada di ayakan sesuai dengan ukuran sedimen

No	Alat	Spesifikasi Alat	Kegunaan
4	Ayakan	No. 40 dan pan	Untuk menyaring sampel yang sudah dihaluskan
5	Timbangan digital	SK-2000	Untuk menimbang berat sedimen
6	Timbangan analitik	AND GF-200	Untuk menimbang berat sedimen dalam satuan gram
7	Kuas	-	Untuk membersihkan sisa-sisa sedimen yang menempel pada ayakan
8	Mortal dan Alu	-	Untuk menghaluskan sedimen lumpur
9	<i>Erlenmeyer</i>	-	Untuk melarutkan sampel sedimen
10	<i>Mechanical Stirrer</i>	SSM 79-1	Untuk menghomogenkan sedimen
11	<i>Magnetic Stirrer</i>	SYBRON Thermolyne nuova 7	Menghomogenkan larutan pendispersi
12	Gelas Ukur	HERMA G.G.17 250 ml	Mengukur jumlah larutan disperse yang akan digunakan saat uji hidrometer
13	Tabung Hidrometer	1000 ml	Untuk wadah sampel dalam uji Hidrometer
14	Pelampung Hidrometer	-	Untuk membaca posisi muka air
15	Tabung <i>Picnometer</i>	-	Untuk wadah sampel dalam uji massa jenis dan kalibrasi tabung <i>picnometer</i>
16	Thermometer	Thermometer raksa	Untuk mengukur suhu sampel
17	Kompur Pemanas + Pasir	Maspion <i>Electric Stove</i> S-300	Untuk memanaskan sampel yang ada di dalam picno
18	Cawan	-	Wadah yang digunakan untuk mengeringkan sedimen sisa hasil uji hydrometer
19	Corong	-	Sebagai alat untuk mempermudah memasukan sampel kedalam picno
20	Kertas label	-	Untuk menandakan sampel
21	Larutan Pendispersi	-	Untuk melarutkan sedimen agar tidak menggumpal
22	Kantong Plastik	-	Untuk wadah sampel plastik
23	<i>Washing bottle</i>	-	Wadah air yang digunakan untuk membersihkan sisa-sisa sedimen di dalam tabung <i>picnometer</i>
24	<i>Stopwatch</i>	-	Pengukur waktu dalam

No	Alat	Spesifikasi Alat	Kegunaan
25	Sendok	-	pengujian sampel lumpur
26	Kamera <i>Handphone</i>	-	Mengambil sampel sedimen Dokumentasi

3.2.3 Aplikasi Pengolahan Data

Perangkat lunak (*software*) dan kegunaannya yang digunakan pada saat pengolahan data guna analisis hasil penelitian dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. *Software* Pengolahan Data

No	<i>Software</i>	Kegunaan
1	Microsoft Office Excel 2007	Pengolahan data gelombang dan perhitungan numerik
2	Ocean Data View	Pengolahan data angin dan gelombang
3	Google Earth	Membantu mendapatkan peta dasar
4	ArcGIS 10.3	Pengolahan data citra satelit
5	Matlab R2009	Pengolahan prediksi pasang surut untuk memunculkan bilangan formzhal menggunakan metode <i>Tide Model Driver</i> (TMD).

3.3 Teknik Pengambilan Data

Pada penelitian ini, data yang dikumpulkan adalah data primer dan data sekunder. Data primer didapatkan dari pengambilan langsung ke lokasi penelitian yang meliputi pengambilan data *tracking* garis pantai, pengukuran kemiringan pantai, pengukuran tinggi dan periode gelombang, arah datang gelombang, pengambilan data arus yang terjadi di lokasi penelitian, dan pengambilan sampel sedimen. Data sekunder untuk penelitian ini adalah citra satelit yang ditampilkan pada Google Earth, dan data prediksi pasang surut menggunakan metode TMD dan data Badan Informasi Geospasial (BIG). Selanjutnya, dilakukan analisis grafik hasil pengolahan data menggunakan citra satelit dan data hasil perhitungan numerik menggunakan data *tracking* yang diolah menggunakan Rumus Manohar.

3.3.1 Garis Pantai

Data garis pantai didapatkan dari hasil validasi *tracking* sepanjang garis pantai. Sebelum melakukan *tracking*, data pasang surut perlu diketahui terlebih dahulu, sebab kegiatan *tracking* hanya dapat dilakukan pada saat surut terendah. *Tracking* dilakukan dengan melakukan validasi koordinat garis pantai yang telah didapatkan dari Google Earth masing-masing stasiun 15 sampai 20 titik. *Tracking* garis pantai dilakukan sepanjang ± 15 km dengan menggunakan GPS. *Tracking* tersebut bertujuan mengetahui koordinat sebagai garis pantai. Kemudian, data tersebut dimasukkan ke Microsoft Excel untuk dilakukan konversi titik koordinat kedalam sistem koordinat *Projected Coordinate System*, yaitu *Universe Tranverse Mercator* (UTM). Selanjutnya, data ini digunakan sebagai titik awal perhitungan numerik.

3.3.2 Pasang Surut

Data pasang surut digunakan untuk mengetahui tipe pasang surut yang terjadi di sepanjang perairan. Data pasang surut didapatkan dari hasil prediksi ketinggian pasang surut. Hal ini dilakukan untuk menentukan jadwal yang tepat dalam melakukan *tracking* garis pantai. Nilai elevasi pasang surut diolah menggunakan data dari Badan Informasi Geospasial (BIG) tahun 2019 dan metode TMD. Data elevasi pasang surut BIG digunakan untuk mengetahui ketinggian dan waktu pasang surut. Sedangkan metode TMD dikembangkan oleh Y.Erofeeva dkk, berbasis bahasa pemrograman MATLAB dengan difasilitasi GUI. Metode ini digunakan untuk memproduksi data prediksi pasut dan menghasilkan nilai-nilai dari komponen pasut dalam menghitung formula *Formzhall* (F) untuk menentukan tipe pasut di lokasi penelitian (Yulius *et al.*, 2017). Setelah diketahui tipe dan waktu kondisi pasang surut maka dapat ditentukan garis pantai yang sebenarnya ketika dalam keadaan surut terendah.

3.3.3 Gelombang

Pengambilan data gelombang dilakukan untuk mengetahui nilai ketinggian gelombang pecah dan kedalaman gelombang pecah. Data primer didapatkan dari pengukuran tinggi dan periode gelombang, serta arah angin yang diambil di titik setelah zona gelombang pecah (Gambar 7). Pengukuran data primer berupa nilai puncak dan lembah gelombang dilakukan di daerah gelombang pecah selama 10 menit. Setelah itu, dilakukan pencatatan arah datang gelombang menggunakan kompas. Sedangkan data sekunder didapatkan dari citra satelit *European Centre for Medium-Range Weather Forecast (ECMWF)* tahun 2018 yang dapat diunduh pada *website* <https://www.ecmwf.int/>.

3.3.4 Arus

Data primer arus untuk nilai arah dan kecepatan arus didapatkan dari hasil pengukuran menggunakan alat *current meter* yang dilakukan pada titik pengambilan sampel sedimen yang telah ditentukan (Gambar 6). Pengukuran arus dilakukan selama 1 menit di kedalaman 20, 40, dan 60 cm dengan memperhatikan kecepatan arus di *display instrument* dan arah arus yang diukur menggunakan kompas. Sedangkan data sekunder diperoleh dari pada *website* <https://podaac.jpl.nasa.gov> untuk bulan Februari tahun 2018, sebaran arus per musim 2018, dan rata-rata pada tahun 2018. Hasil pengukuran kemudian diolah menggunakan *software Surfer* untuk menghasilkan visualisasi arah dan kecepatan arus di perairan tersebut.

3.3.5 Kemiringan Pantai

Pengukuran kemiringan pantai dilakukan pada titik sampling dengan menyesuaikan bentuk profil pantai (Gambar 5). Data yang didapatkan dari hasil pengukuran dilakukan dengan menarik garis lurus dari bibir pantai pada jarak 5, 10, dan 15 meter ke arah laut dengan menggunakan tali rafia. Selanjutnya,

dilakukan pengukuran kedalaman perairan tersebut dengan menggunakan tongkat skala.

3.3.6 Sedimen

Pengambilan sampel sedimen dilakukan untuk identifikasi jenis sedimen, ukuran diameter butiran sedimen, dan massa jenis sedimen. Sampel diambil menggunakan alat *Ekman Grab* di titik sampling yang telah ditentukan (Gambar 6). Selanjutnya, dilakukan uji sedimen di laboratorium dengan menggunakan metode hidrometri. Distribusi ukuran butir sedimen dapat diketahui dengan menggunakan metode hidrometri. Data sedimen yang telah diolah selanjutnya digunakan untuk perhitungan transpor sedimen pantai yang menjadi dasar dalam penentuan perubahan garis pantai dengan perhitungan numerik menggunakan Rumus Manohar.

3.4 Uji Laboratorium

Penelitian yang dilakukan di laboratorium terdiri dari beberapa tahapan seperti pengeringan sampel dan pengayakan serta analisis hidrometer untuk analisis sedimen jenis lumpur.

3.4.1 Pengeringan Sampel dan Pengayakan

Tahapan pertama dalam uji laboratorium adalah melakukan pengeringan sampel menggunakan oven yang dilakukan selama 24 jam dengan suhu kurang lebih 100°C. Tahap selanjutnya, sampel yang telah kering dihaluskan menggunakan mortal dan alu agar proses pengayakan sampel sedimen lebih mudah. Sampel sedimen di sini berupa lumpur sehingga pengayakan sampel sedimen dilakukan dengan menggunakan saringan nomor 40 dengan ukuran lubang saringan 0,425 mm. Uji hidrometer membutuhkan sampel sedimen yang telah diayak minimal 70 gram dan tertahan di pan pada setiap sampel. Sampel sedimen seberat 70 gram tersebut dibagi dua yaitu 50 gram dan 20 gram

masing-masing digunakan untuk uji hidrometer dan analisis berat jenis tanah.

3.4.2 Analisis Hidrometer

Analisis hidrometer dilakukan untuk mengetahui ukuran butir tanah yang memiliki kecenderungan berbutir lanau sampai lempung. Analisis hidrometer terdiri dari beberapa tahapan yaitu kalibrasi tabung *picnometer*, uji berat jenis tanah dan uji hidrometer.

3.4.2.1 Kalibrasi Tabung *Picnometer*

Sebelum melakukan uji berat jenis tanah, langkah pertama yang dilakukan adalah kalibrasi tabung *picnometer* untuk menentukan persamaan linier antara suhu dengan berat jenis tabung. Langkah ini dilakukan untuk dapat mengetahui berat jenis tanah suatu sampel sedimen. Penelitian ini menggunakan 5 buah tabung *picnometer*.

Hal pertama yang dilakukan adalah mengisi tabung *picnometer* dengan air suling sampai batas leher tabung, kemudian panaskan tabung hingga mendidih menggunakan kompor listrik. Tabung *picnometer* yang berisi air suling setelah mendidih diangkat dan diisi dengan air suling hingga penuh kemudian tutup tabung dan tidak boleh terdapat gelembung. Tabung *picnometer* dibersihkan terlebih dahulu sebelum melakukan ditimbang kemudian dicatat berat labu ukur +air. Pengukuran suhu dilakukan menggunakan termometer air raksa. Data berat labu ukur + air dan suhu dicatat sebanyak 5 kali dengan perhitungan pada menit ke 0, 3, 6, 9, dan 12. Pengulangan dilakukan tanpa pemanasan tabung sehingga tabung dibiarkan terbuka atau tanpa tutup. Data yang telah diperoleh kemudian dimasukkan ke dalam Microsoft Excel dan dibuat grafik linier sebagaimana pada Lampiran 1. dengan persamaan:

$$y = ax + b \quad (19)$$

dimana:

y = sumbu y (berat air)

a = konstanta dari garis linier

x = sumbu x (suhu)

b = konstanta dari garis linier

Nilai konstanta a dan b akan digunakan untuk menentukan berat labu ukur + air dalam perhitungan berat jenis tanah.

3.4.2.2 Uji Berat Jenis Tanah

Uji berat jenis tanah dilakukan untuk mendukung data perhitungan analisis hidrometer yaitu untuk mencari nilai k . Nilai k merupakan faktor koreksi suhu dalam analisis hidrometer. Berat sampel sedimen yang dibutuhkan untuk uji ini adalah 20 gram. Langkah-langkah dalam uji berat jenis tanah sama seperti pada kalibrasi tabung *picnometer*. Jumlah tabung *picnometer* adalah 5 buah dan catat kode sampel sesuai kode tabung yang digunakan.

Langkah pertama, memasukkan sedimen seberat 20 gram ke dalam tabung kemudian diisi dengan air suling hingga leher tabung. Panaskan tabung dengan menggunakan kompor listrik, angkat tabung setelah mendidih kemudian tambahkan air suling ke dalam tabung hingga penuh dan tutup sampai tidak terdapat gelembung. Sebelum melakukan penimbangan, tabung dibersihkan terlebih dahulu. Catat berat labu ukur + air + tanah, kemudian diukur suhunya menggunakan termometer. Pengulangan dilakukan sebanyak 5 kali pada perhitungan menit ke 0, 3, 6, 9 dan 12 dan dilakukan tanpa pemanasan sehingga tabung dibiarkan terbuka atau tanpa tutup. Hasil pencatatan penimbangan terdapat pada Lampiran 2.

3.4.2.3 Uji Hidrometer

Sampel sedimen seberat 50 gram diperlukan untuk uji hidrometer. Langkah pertama yaitu membuat larutan pendispersi dengan melarutkan 40 gram serbuk *Na-Hexametaphospat* ke dalam 1 liter air suling menggunakan *magnetic stirrer*. Larutan pendispersi sebanyak 200 mL dicampur dan diaduk hingga merata dengan 50 gram sedimen pada *Erlenmeyer* dan didiamkan minimal 12 jam. Sampel sedimen yang telah direndam dimasukkan ke dalam mangkuk dispersi tambahkan air suling secukupnya kemudian diaduk menggunakan *mechanical stirrer* selama 3-5 menit. Tuangkan sampel sedimen dari mangkok dispersi ke tabung hidrometer dan tambahkan air suling hingga tanda batas atau 1000 mL. Tutup bagian atas tabung hidrometer dengan menggunakan telapak tangan, kemudian kocok tabung secara bolak-balik sebanyak 20 kali. Masukkan pelampung hidrometer ke dalam tabung kemudian baca posisi muka air pada skala pelampung hidrometer sebagai pembacaan hidrometer (rh) dan ukur suhu larutan benda uji sebagai suhu (T). Waktu pembacaan dimulai pada menit 0, 0.5, 1, 2, 15, 30, 60, 120, 1440. Data pembacaan hidrometer (rh) dan suhu larutan dimasukkan tabel pengukuran hidrometer (Lampiran 3) untuk mengetahui komposisi fraksi sedimen setiap ukuran butir sedimen. Saring endapan sedimen pada tabung hidrometer dengan saringan no. 200 (0,075mm). Selanjutnya, cuci dengan air mengalir sehingga didapatkan sedimen yang bersih dari lanau maupun lempung. Keringkan endapan dan saring menggunakan saringan no. 60 – saringan no 200 kemudian tentukan komposisi fraksi sedimen berdasarkan ukuran butir sedimen (Lampiran 4) dengan klasifikasi yaitu, Pasir Halus berdiameter (D) 0,435 mm – 0,075 mm, Lanau/*Silt* berdiameter (D) 0,075mm – 0,002 mm, dan Lempung/*Clay* berdiameter (D) <0,002 mm – 0,001 mm.

3.5 Teknik Pengolahan Data

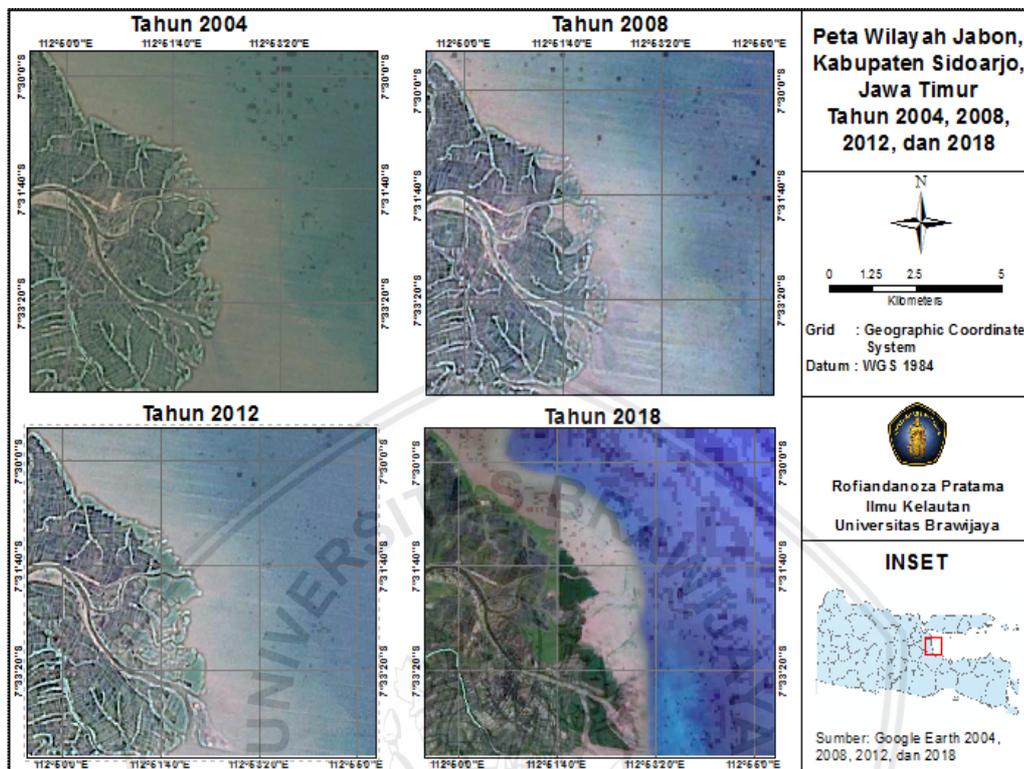
Teknik pengolahan data penelitian ini terdiri dari pengolahan data citra satelit yang ditampilkan pada Google Earth menggunakan software ArcGIS 10.3. Sedangkan untuk data *tracking* pantai, kemiringan pantai, data gelombang berupa ketinggian dan periode gelombang serta data kecepatan dan arah angin, dan pengambilan data sedimen digunakan untuk melakukan perhitungan menggunakan Rumus Manohar.

3.5.1 Pengolahan Data Citra Satelit

Data citra satelit yang digunakan adalah data citra yang didapatkan dari Google Earth. Data citra yang ditampilkan pada Google Earth yang didapatkan pada waktu sama saat akuisisi suatu citra gambar pada pukul 12.00 *local time*. Data citra yang digunakan adalah tanggal 13 Februari 2004, 13 Februari 2008, 13 Februari 2012 dan 13 Februari 2018. Selanjutnya, pengolahan data dilakukan dengan menggunakan software ArcGIS 10.3. Tahap yang pertama kali dilakukan dalam pengolahan data citra satelit ini adalah melakukan koreksi geometrik yang berfungsi untuk menyesuaikan posisi objek yang terekam dengan koordinat di lapangan (*real world coordinate*). Tahap selanjutnya dilakukan digitasi pada masing-masing citra dan jika telah dilakukan digitasi di tiap tahunnya, dilakukan *overlay* atau tumpang susun untuk mengetahui seberapa besar perubahan garis yang terjadi dalam kurun waktu yang diperoleh dari citra.

Perhitungan jarak perubahan garis pantai erosi atau akresi menggunakan modifikasi metode *single transect*. Pada metode modifikasi ini *baseline* yang digunakan adalah hasil *overlay* garis pantai tahun pertama ke tahun selanjutnya. Pada metode ini juga dilihat perpindahan garis pantainya, jika terjadi akresi maka ditandai dengan nilai positif, dan sebaliknya jika erosi, itu akan ditandai dengan nilai negatif (Kasim, 2010). Data citra satelit yang digunakan untuk mengetahui

perubahan garis pantai dari masa lampau hingga saat ini disajikan dalam gambar 8 sampai dengan gambar 11.



Gambar 8. Data Citra Satelit Wilayah Jabon Tahun 2004-2018

3.5.2 Pengolahan Data Hasil Ayakan Sedimen

Data hasil ayakan sedimen dalam penelitian ini diolah menggunakan Microsoft Excel. Data yang diolah terdiri dari data kalibrasi tabung *picnometer*, data uji berat jenis tanah, data uji hidrometer dan pembuatan diagram Hjulström.

3.5.2.1 Kalibrasi Tabung Picnometer

Data yang telah diperoleh dalam kalibrasi tabung *picnometer* kemudian dimasukkan ke dalam Microsoft Excel dan dibuat grafik linier dengan persamaan:

$$y = ax + b \quad (20)$$

dimana: y = sumbu y (berat air)

a = konstanta dari garis linier

x = sumbu x (suhu)

b = konstanta dari garis linier

Nilai konstanta a dan b akan digunakan untuk menentukan berat labu ukur + air dalam perhitungan berat jenis tanah.

3.5.2.2 Uji Berat Jenis Tanah

Perhitungan berat jenis tanah dilakukan dengan mencari rata-rata berat jenis tanah dari setiap pengulangan. Hal yang perlu diperhatikan adalah kode sampel harus sesuai dengan kode tabung *picnometer* yang digunakan. Perhitungan untuk menentukan berat jenis tanah dilakukan dengan persamaan 21. Berat jenis air (G_t) yang ditentukan dengan melihat tabel berat jenis air (Lampiran 2) sesuai dengan suhu pengukuran dikalikan dengan berat tanah kering (W_s) sebesar 20 gram kemudian dibagi berat tanah kering (W_s) dikurangi berat labu ukur + air + tanah (W_1) sesuai dengan pengukuran berat ditambah berat labu ukur + air (W_2) yang ditentukan menggunakan persamaan linier pada kalibrasi tabung *picnometer* dengan suhu sesuai pengukuran untuk menentukan berat jenis tanah (G_s).

3.5.2.3 Uji Hidrometer

Perhitungan uji hidrometer menggunakan tabel hidrometer seperti pada Lampiran 3. Pengolahan data menggunakan Microsoft Excel, tabel hidrometer terdiri dari 11 kolom antara lain data waktu pengamatan (t), suhu (T), dan pembacaan hidrometer (rh) masing-masing pada kolom 1, 2, dan 3. Kolom 4 berisi data pembacaan terkoreksi (rh, k) yang ditentukan dengan rumus (22). Kolom 5 berisi data koreksi suhu (K) yang didapatkan dari nilai rata-rata berat jenis sampel dimasukkan sebagai nilai x dalam persamaan linier hasil dari tabel koreksi suhu. Kolom 6 berisi data R yang ditentukan dengan rumus (23). Kolom 7 dan 8 masing-masing merupakan data kalibrasi (Kedalaman Efektif Hidrometer) (Z_r) dan diameter (D) yang ditentukan secara berurutan dengan rumus (24) dan (25). Kolom 9 dan 10 adalah nilai Finner dan persentasenya yang ditentukan

secara berurutan dengan rumus (26) dan (27). Kolom 11 adalah persentase mengendap terhadap seluruh contoh yang ditentukan dengan rumus (28).

$$G_s = \frac{(Gt \times W_s)}{(W_s - W_1 + W_2)} \quad (21)$$

$$rh, k = rh + 0.001 \quad (22)$$

$$R = 1000 \times ((rh, k) - 1) \quad (23)$$

$$Zr = (-0.2954 \times R) + 11 \quad (24)$$

$$D = K \times \left(\frac{Zr}{t}\right)^{0.5} \quad (25)$$

$$Finner = (100 - \%Finner) \quad (26)$$

$$\%Finner = \left(\frac{1000 \times 100}{50}\right) \times \left(\frac{G_s}{(G_s - 1)}\right) \times ((rh, k) - 1) \quad (27)$$

$$Prosentase = \frac{Persentase\ finner}{100} \times \%lolos\ saringan\ no.\ 200 \quad (28)$$

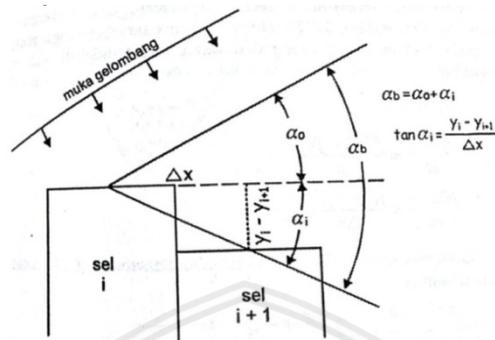
3.5.3 Perhitungan Numerik Analisis Perubahan Garis Pantai

Menurut Hidayati (2017), perhitungan pemodelan numerik dari perubahan garis pantai dapat dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Diketahui data Xawal dan Yawal berupa data garis pantai awal yang akan dimodelkan.
2. Diketahui gelombang datang yang membentuk sudut (α_0), tinggi gelombang pecah (H_b), kedalaman gelombang pecah (db), berat jenis air laut ($\rho=1,03$ ton/ m^3), dan gravitasi bumi ($g=9,8$ m/ s^2). Hubungannya dapat dilihat pada Gambar 12.
3. Dihitung cepat rambat gelombang pecah (C_b) dengan persamaan:

$$C_b = \sqrt{g \times db} \quad (29)$$

4. Transpor sedimen dipengaruhi oleh sudut datang gelombang pecah (α_b). Sudut datang gelombang pecah akan berubah dari satu sel ke sel lain karena profil pantai.



Gambar 9. Hubungan α_o , α_i dan α_b (Triatmodjo, 1999)

5. Sudut α_i yang dibentuk oleh garis pantai dengan garis sejajar sumbu x, antara sel I dan i+1 dinyatakan ke dalam persamaan berikut:

$$\tan \alpha_i = \frac{y_i - y_{i+1}}{\Delta x} \quad (30)$$

6. Sudut gelombang pecah dapat diketahui melalui persamaan berikut:

$$\tan \alpha_b = \frac{\tan \alpha_i + \tan \alpha_o}{1 + (\tan \alpha_i \cdot \tan \alpha_o)} \quad (31)$$

7. Untuk mengetahui besarnya α_b maka dilakukan perhitungan:

$$\alpha_b = \arctan(\alpha_b) \quad (32)$$

8. Masuk kedalam persamaan prediksi perubahan garis pantai yang menghitung transpor sedimen sepanjang pantai yang dikembangkan berdasarkan data pengukuran model dan prototip pada wilayah penelitian. Persamaan tersebut merupakan hubungan sederhana antara transpor sedimen dan komponen fluks energi gelombang sepanjang pantai dalam bentuk persamaan sebagai berikut:

$$P_1 = \frac{\rho g}{8} H_b^2 C_b \sin a_b \cos a_b \quad (33)$$

$$Q_s = 55,7 D^{0,59} \left(\frac{\rho_s - \rho}{\rho} \right)^{-0,41} P_1^{0,91} \quad (34)$$

Keterangan notasi pada persamaan (29) sampai dengan (34) adalah:

P_1 : Komponen Fluks Energi Gelombang Sepanjang Pantai Pada Saat Pecah
(ton m/hari/m)

ρ : Rapat massa air laut (ton/m³)

α_0 : Sudut Gelombang Datang

H_b : Tinggi Gelombang Pecah (m)

C_b : Cepat Rambat Gelombang Pecah

g : Gravitasi Bumi (m/s²)

a_b : Sudut Datang Gelombang Pecah

d_b : Kedalaman Gelombang Pecah

α_i : Sudut yang Dibentuk Oleh Garis Pantai dengan Garis Sejajar Sumbu x

y_i : Sudut yang Dibentuk Sejajar Sumbu y

Q_s : Angkutan Sedimen Sepanjang Pantai (m³/hari)

ρ_s : Rapat massa jenis sedimen (kg/m³)

D : Diameter Sedimen (10⁻³ m)

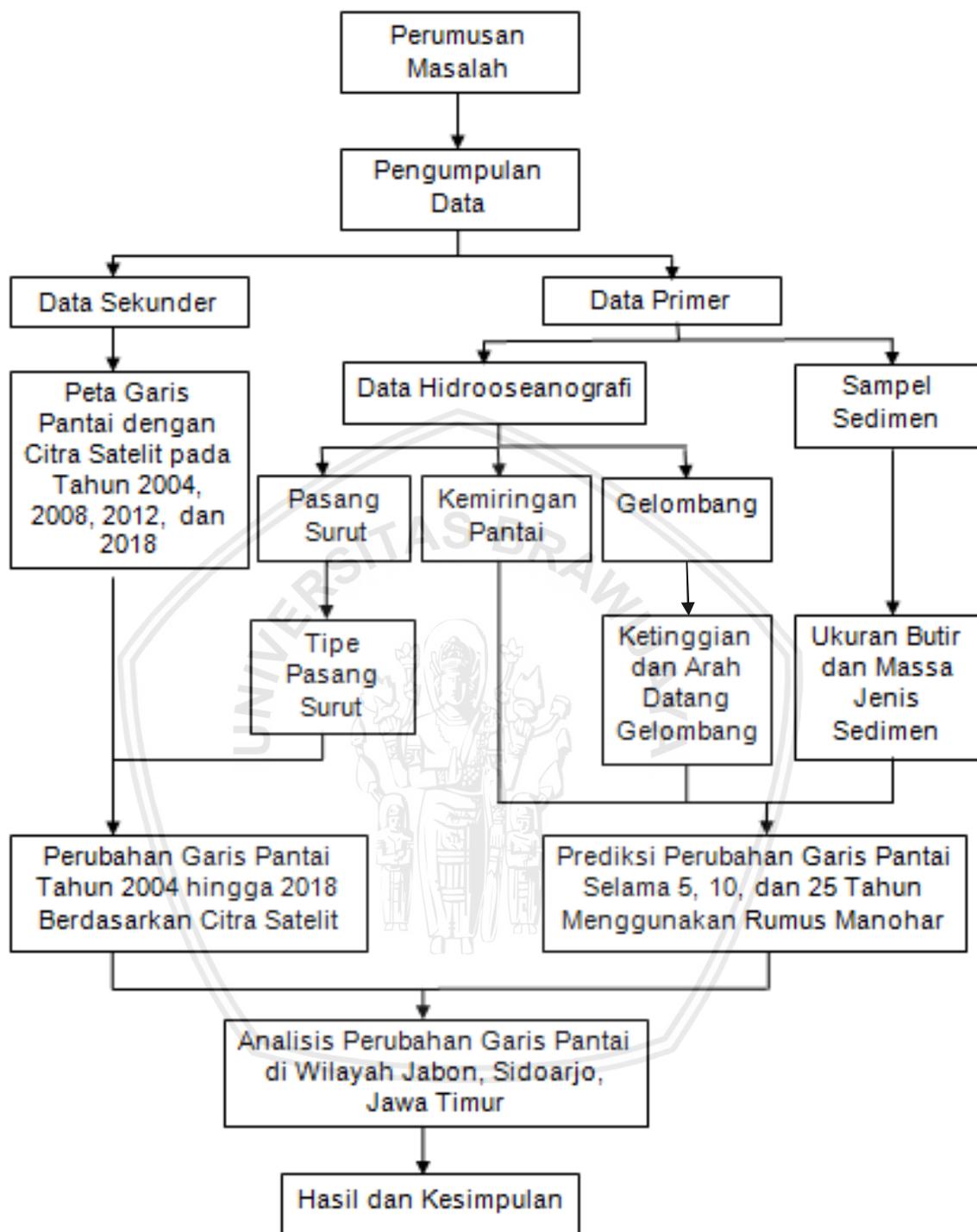
3.6 Analisis Data

Prosedur penelitian ini terdiri dari hasil pengolahan data citra satelit yang diperoleh dari Google Earth menggunakan software ArcGIS 10.3. Sedangkan untuk data *tracking* pantai, kemiringan pantai, data gelombang berupa ketinggian dan periode gelombang serta data kecepatan dan arah angin, dan pengambilan data sedimen digunakan untuk melakukan perhitungan dengan menggunakan Rumus Manohar. Di antara beberapa rumus transpor sedimen sepanjang pantai, hanya rumus yang diberikan oleh manohar yang memperhitungkan sifat sedimen. Oleh karena itu, rumus tersebut cocok digunakan dalam penelitian ini yang mana memiliki sedimen lumpur dan pasir.

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah deskriptif analitik, yakni metode penelitian yang dilaksanakan untuk mendeskripsikan kondisi lapangan yang sesungguhnya dengan menganalisis hasil dari pengolahan data. Metode ini nantinya dapat digunakan untuk membandingkan hasil dari olahan data citra satelit dengan prediksi garis pantai yang dihitung dari perhitungan numerik menggunakan Rumus Manohar yang telah dijelaskan dan tercantum pada Subbab 2.6.3 Angkutan Sedimen Sepanjang Pantai, serta dibandingkan dengan penelitian yang sudah dilakukan sebelumnya pada lokasi yang sama.

3.7 Alur Penelitian

Alur penelitian secara singkat dijelaskan pada diagram alir di gambar 13. Pengumpulan data berupa data citra satelit, data kemiringan pantai, data hidrooseanografi, dan sampel sedimen akan menghasilkan peta perubahan garis pantai dan prediksi perubahan garis pantai. Kemudian dilakukan analisis perubahan garis pantai di wilayah Jabon, Sidoarjo, Jawa Timur.



Gambar 10. Alur Penelitian Analisis Perubahan Garis Pantai

BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Gambaran Umum Lokasi Penelitian

Kabupaten Sidoarjo sebagai salah satu penyangga Ibu kota Propinsi Jawa Timur dan berada di antara dua sungai, sehingga terkenal sebutan kota “Delta”. Secara geografis, Kabupaten Sidoarjo terletak antara 112,5^o – 112,9^o bujur timur dan 7,3^o – 7,5^o lintang selatan. Kabupaten Sidoarjo, sebelah utara berbatasan dengan Kota Surabaya dan Kabupaten Gresik. Sebelah timur berbatasan dengan Selat Madura, sebelah selatan berbatasan dengan Kabupaten Pasuruan dan sebelah barat berbatasan dengan Kabupaten Mojokerto. Luas wilayah Kabupaten Sidoarjo 714.243 km², dengan sejumlah 40,81% terletak di ketinggian 3-10 m berada di bagian tengah dan berair tawar, sebesar 29,99% berketinggian 0-3 meter berada di sebelah timur dan merupakan daerah pantai dan pertambakan, sebesar 29,20% terletak di ketinggian 10-25 meter di bagian barat. Secara administratif, Kabupaten Sidoarjo terdiri dari 18 kecamatan dan 322 desa yang merupakan daerah dataran rendah dengan ketinggian antara 2 – 25 meter diatas permukaan laut (dpl) (BPS Kabupaten Sidoarjo, 2017).

Pada 29 Mei 2006 terjadi semburan lumpur pada jarak 100 m sebelah tenggara titik pemboran eksplorasi minyak dan gas bumi Banjarpanji-1 (BJP-1) di Desa Siring, Kecamatan Porong, Kabupaten Sidoarjo, Jawa Timur. Pada tanggal 1 Juni 2006 terjadi lagi dua semburan lumpur di titik baru di Desa Renokenongo. Sungai Porong melalui Kecamatan Porong dan bermuara di Kecamatan Jabon yang merupakan bagian hilir dari aliran Sungai Brantas yang mengalirkan sedimen baik secara alami maupun akibat kegiatan manusia. Sungai Porong tersebut juga termasuk digunakan dalam pengaliran luapan lumpur Lapindo. Pada saat lumpur dialirkan menuju badan sungai dan mengalir ke muara, maka

terjadi proses pencampuran dengan sedimen tersuspensi dari badan air laut. Dinamika perairan laut berpengaruh dalam proses pencampuran dan transport sedimen (Sudarsono dan Sudjarwo, 2008)

4.2 Perubahan Garis Pantai Menggunakan Citra Satelit

Pengolahan data perubahan garis pantai dengan menggunakan pencitraan satelit yang ditampilkan pada Google Earth yang didapatkan pada waktu yang sama saat satelit melakukan akuisisi gambar yaitu pada pukul 12.00 *local time*. Data citra satelit yang digunakan pada tanggal 13 Februari 2004, 13 Februari 2008, 13 Februari 2012 dan 13 Februari 2018. Perhitungan perubahan garis pantai yang mengalami erosi atau akresi menggunakan metode yang dijelaskan pada subbab 3.6 yaitu dengan pendekatan modifikasi metode *single transect* (Kasim, 2010).

Analisis perubahan garis pantai dilakukan berdasarkan pembagian dalam beberapa stasiun dengan hasil pada sebagian besar stasiun mengalami akresi. Penyebab utama akresi yaitu pada bulan Oktober 2006 Lumpur Lapindo dialirkan ke Kali Porong yang memicu terjadinya perubahan signifikan pada keadaan alam sepanjang Kali Porong dan Muara Kali Porong. Hal ini mempengaruhi wilayah pesisir Surabaya Timur - Sidoarjo, terlihat dengan adanya penambahan daratan dan meningkatnya kekeruhan air laut pada area tersebut. Sebaran perubahan daratan terbesar di Muara Kali Ketingan dan Muara Kali Porong mencapai 0 – 111 meter dengan penelitian menggunakan citra satelit ALOS/AVNIR-2 tahun 2008-2010 dan SPOT 4 tahun 2011. Terdapat dangkalan di Muara Kali Porong seluas 6 Ha, dan tahun 2008 meluas mencapai 11 Ha (Fatmawati dan Handayani 2012). Analisis perubahan garis pantai dilakukan berdasarkan pembagian dalam beberapa stasiun dijelaskan dalam subbab berikut.

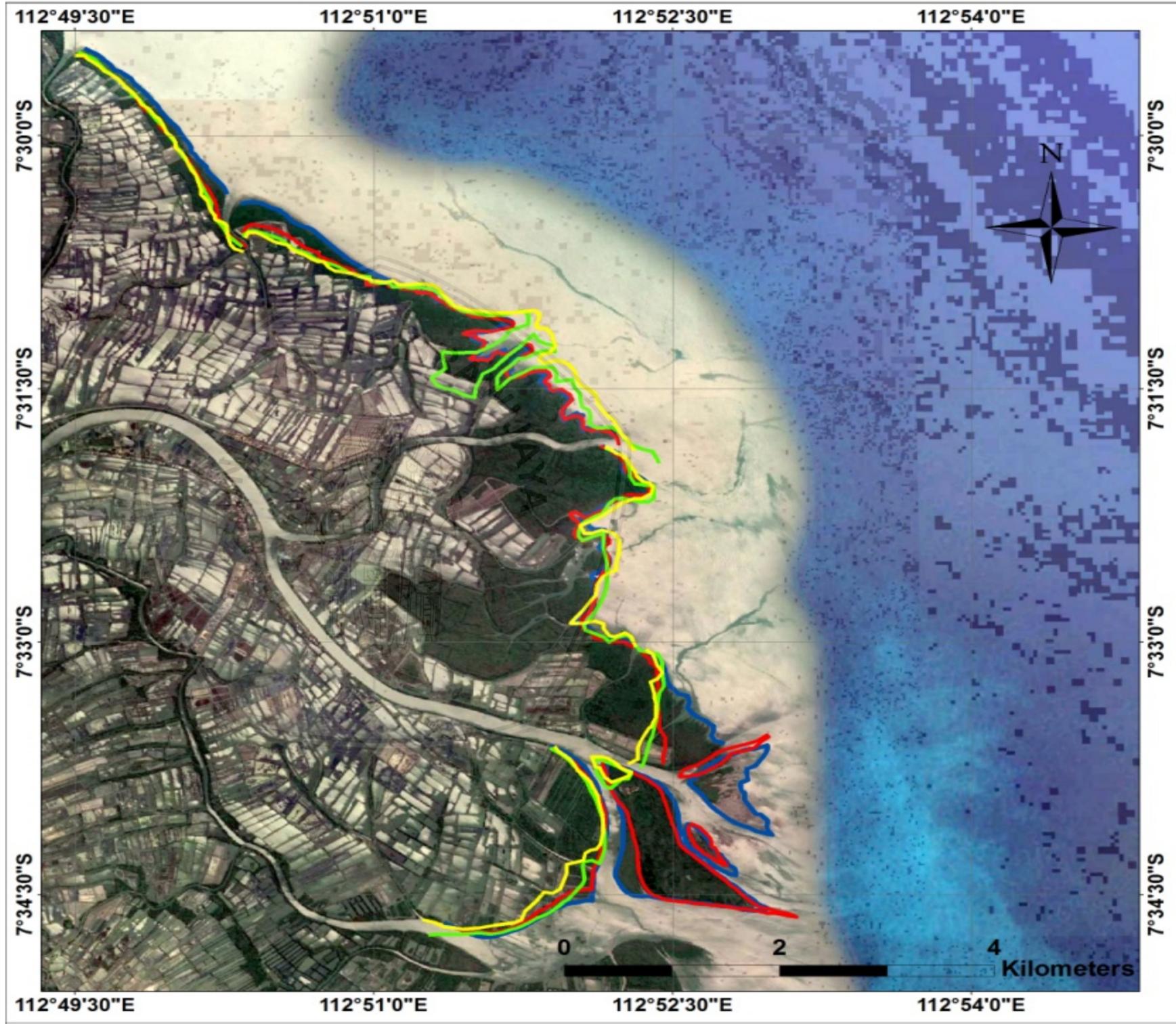
Hasil pengolahan data perubahan garis pantai wilayah Jabon dengan

menggunakan pencitraan satelit yang ditampilkan pada Google Earth tahun 2004, 2008, 2012, dan tahun 2018 disajikan dalam tabel perubahan garis pantai berdasarkan citra satelit dan hasil digitasi garis pantai pada gambar 11.

Tabel 8. Perubahan Garis Pantai Menggunakan Citra Satelit

Stasiun	Hasil Pengolahan Citra Google Earth			
	2004-2008 (m/tahun)	2008-2012 (m/tahun)	2012-2018 (m/tahun)	2004-2018 (m/tahun)
A1	7,7	12,9	4,6	7,6
A2	9,2	-1,09	13,2	7,6
B1	-33,7	-23,44	6,15	-17,27
B2	14,03	14,56	7,7	3,52
C1	14,86	17,54	68,26	20,27
C2	0	0	38,97	38,97
C3	0	0	7,10	7,10
C4	10,85	70,3	7,68	27,29

Berdasarkan tabel tersebut dapat diketahui perubahan garis pantai di wilayah Jabon menggunakan citra satelit menghasilkan rata-rata perubahan garis pantai 10,5 m pertahun. Pada sebagian besar stasiun pengamatan mengalami akresi atau penambahan garis pantai. Akresi terbesar terjadi pada Stasiun C2 yang berada di Kelurahan Kedungpandan. Akresi ini diindikasikan dengan munculnya pulau baru di muara Sungai Porong mulai tahun 2012 hingga tahun 2018 dengan besar perubahan garis pantai 38,97 m pertahun. Namun terdapat satu stasiun yang mengalami erosi atau kemunduran garis pantai ke arah daratan yaitu Stasiun B1 yang berada di Kelurahan Kupang dengan besar perubahan garis pantai -17,27 m pertahun. Kondisi erosi Stasiun B1 dan akresi terbesar Stasiun C2 disajikan pada gambar 12 dan 13.



Peta Perubahan Garis Pantai Wilayah Jabon, Sidoarjo, Jawa Timur Tahun 2004 - 2018

Legenda

- Garis Pantai Tahun 2004
- Garis Pantai Tahun 2008
- Garis Pantai Tahun 2012
- Garis Pantai Tahun 2018

INSET

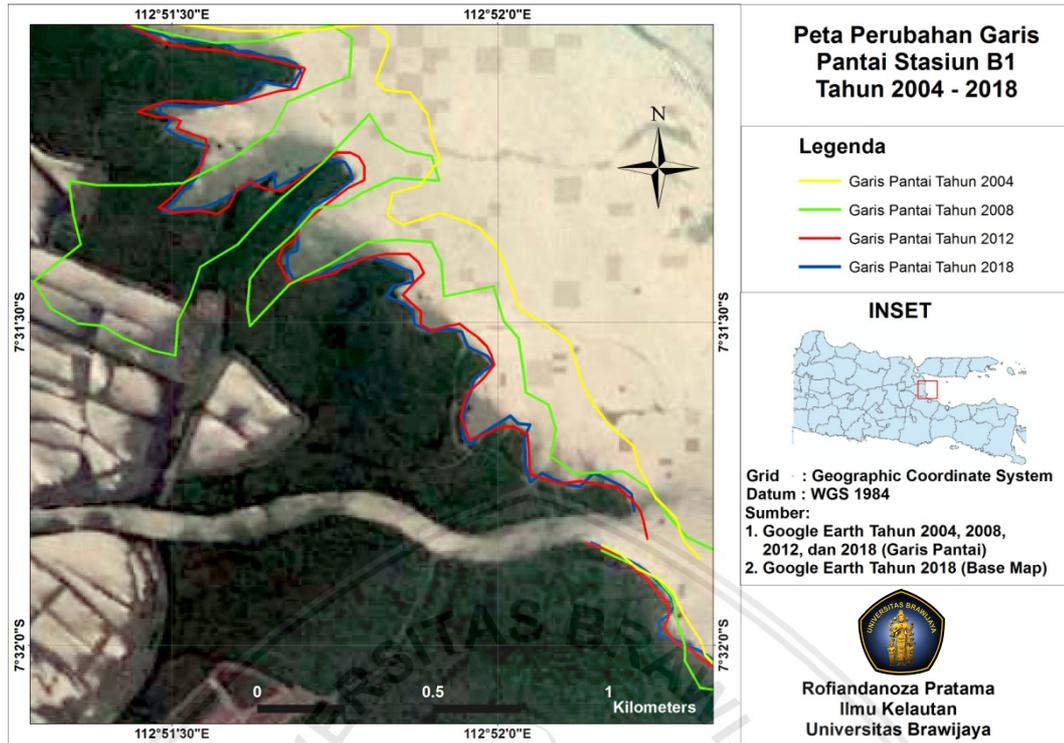


Grid : Geographic Coordinate System
Datum : WGS 1984
Sumber:
1. Google Earth Tahun 2004, 2008, 2012, dan 2018 (Garis Pantai)
2. Google Earth Tahun 2018 (Base Map)

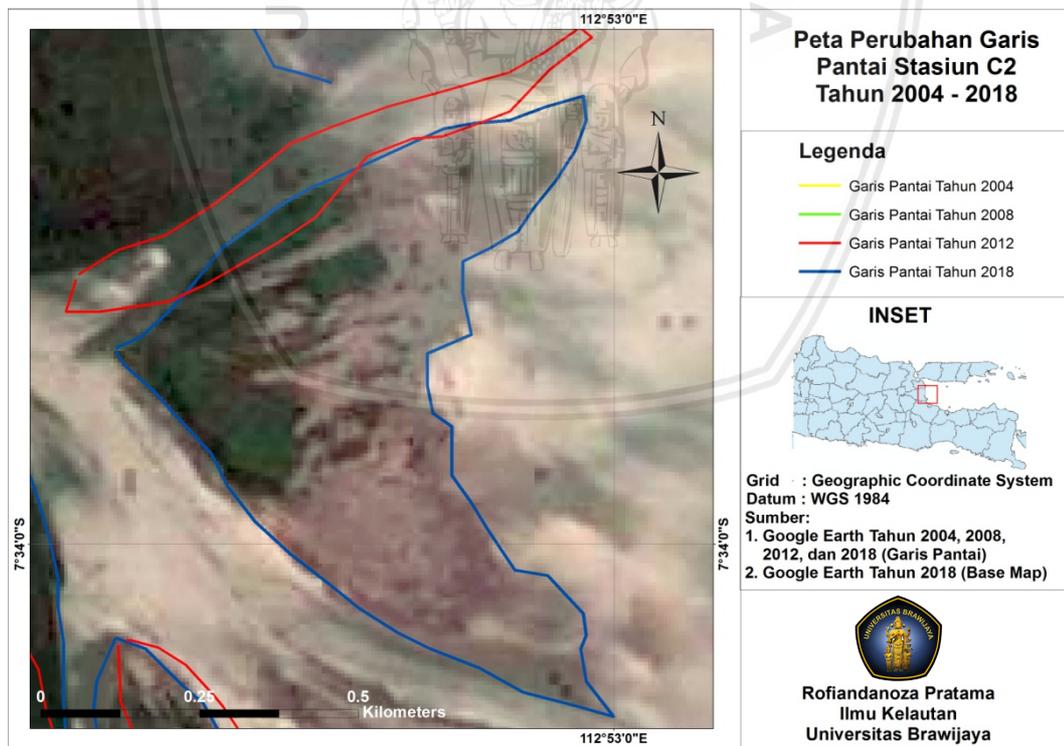


Rofiandanoza Pratama
Ilmu Kelautan
Universitas Brawijaya

Gambar 11. Perubahan Garis Pantai di Wilayah Jabon Menggunakan Citra Satelit



Gambar 12. Perubahan Garis Pantai Stasiun B1 Menggunakan Citra Satelit

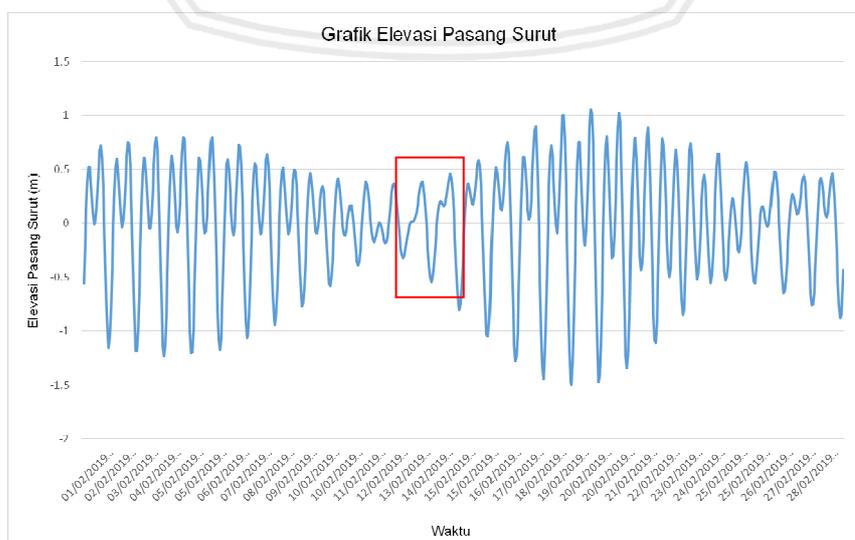


Gambar 13. Perubahan Garis Pantai Stasiun C2 Menggunakan Citra Satelit

4.3 Hasil Data Hidrooseanografi

4.3.1 Pasang Surut

Hasil grafik pasang surut didapatkan berdasarkan data Badan Informasi Geospasial (BIG) serta menggunakan metode TMD menghasilkan nilai *formzhal* untuk mengetahui tipe pasang surut di daerah Jabon. Hasil data elevasi pasang surut di Wilayah Jabon berdasarkan data BIG dapat dilihat pada grafik prediksi Gambar 23 digunakan untuk mengetahui elevasi pasang surut. Hasil prediksi menunjukkan bahwa pasang surut di Perairan Jabon pada 13 Februari 2019 memiliki rata-rata elevasi pasang surut sebesar -0,03 m, dimana kejadian surut terjadi pada pukul 13.00 WIB. Sedangkan nilai *Formzhal* (F) yaitu 0,695 yang didapatkan dari metode TMD digunakan untuk menentukan tipe pasang surut. Dapat dikatakan nilai *Formzhal* berada diantara $0,25 < F \leq 1,5$ yang berarti tipe pasang surut adalah *mixed mainly semi diurnal* atau campuran condong harian ganda (Rahmawan, 2012). Keadaan pasang surut campuran condong ganda adalah kondisi pasang surut suatu wilayah dalam satu hari terjadi dua kali pasang dan dua kali surut dengan ketinggian elevasi dan periode yang berbeda. Data hasil prediksi ini digunakan untuk mengetahui waktu melakukan validasi *tracking* garis pantai.



Gambar 14. Hasil Prediksi Pasang Surut

4.3.2 Gelombang

4.3.2.1 Data Gelombang Sekunder

Data gelombang yang diolah adalah data kecepatan dan arah datang gelombang yang didapatkan dari ECMWF. Hasil olahan data ini terdiri dari tinggi gelombang signifikan (H_s) dan periode gelombang signifikan (T_s), lalu tinggi maksimum (H_{max}) dan periode maksimum (T_{max}), serta rata-rata tinggi dan periode gelombang. Data gelombang yang diolah adalah data selama tahun 2018 yang dapat dilihat pada tabel 18.

Tabel 9. Data Tinggi dan Periode Gelombang Tahun 2018

Bulan	H (meter)			T (detik)		
	H_s	H_{max}	H Rata-Rata	T_s	T_{max}	T Rata-Rata
Januari	0,86	1,19	0,55	3,82	6,34	4,57
Februari	0,72	0,97	0,47	4,99	5,61	4,29
Maret	0,39	0,87	0,22	4,82	6,29	3,81
April	0,31	0,48	0,21	4,02	4,99	3,36
Mei	0,48	0,65	0,32	3,86	4,72	3,38
Juni	0,49	0,72	0,34	3,72	4,09	3,23
Juli	0,46	0,60	0,35	3,57	4,07	3,23
Agustus	0,44	0,62	0,36	3,52	4,17	3,20
September	0,53	0,71	0,40	3,67	4,37	3,28
Oktober	0,49	0,74	0,32	3,52	4,06	3,03
November	0,30	0,61	0,17	3,79	5,36	3,06
Desember	0,44	0,72	0,25	4,82	5,45	3,88
Rata – Rata	0,49	0,74	0,33	4,01	4,96	3,53

4.3.2.2 Data Gelombang Hasil Pengukuran Lapangan

Hasil pengukuran gelombang di lapang berupa data tinggi, periode, dan arah datang gelombang. Pengukuran gelombang dilakukan selama 10 menit pada lokasi dekat laut lepas dimana gelombang tidak mengalami refraksi gelombang. Hasil pengukuran gelombang di lapang dapat dilihat pada tabel 19.

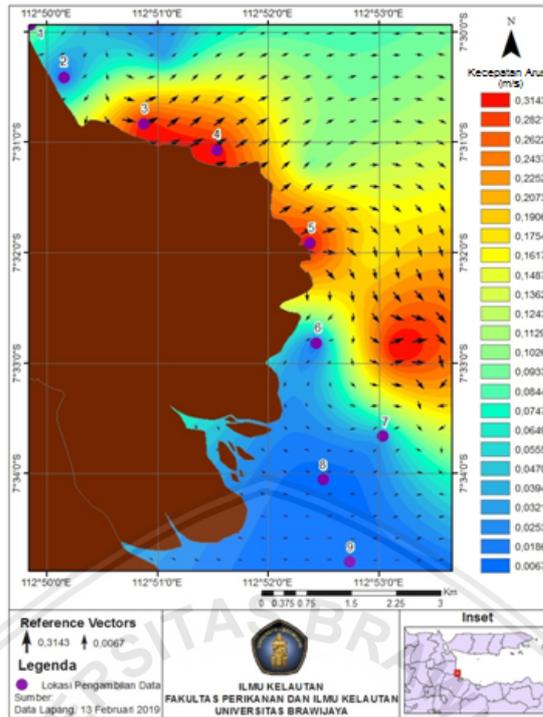
Tabel 10. Hasil Pengukuran Data Gelombang di Lapangan

Area	Titik Pengambilan Data	Tinggi Gelombang (meter)	Periode Gelombang (sekon)	Arah Datang Gelombang
A	1	0,18	5,2	110°
B	2	0,16	5,06	100°
C	3	0,15	5,45	120°

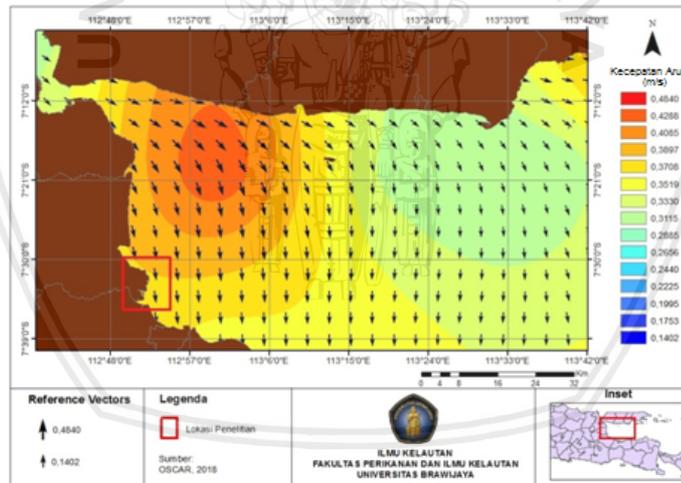
Berdasarkan hasil pengukuran tinggi, periode, dan arah gelombang diketahui nilai gelombang tertinggi adalah 0,18 m dengan periode sebesar 5,2 s, sedangkan nilai tinggi gelombang terendah adalah 0,15 m dengan periode gelombang sebesar 5,45 s. Pada masing-masing titik pengambilan data memiliki nilai gelombang dan arah yang berbeda disebabkan profil pantai yang tidak sama di tiap stasiunnya.

4.3.3 Arus

Data arus diambil dengan menggunakan *current meter* pada tanggal 13 Februari 2019. Hasil data pengamatan arus dapat dilihat pada Gambar 24. Arah panah menunjukkan arah arus sedangkan ekor panah menunjukkan kecepatan arus yang terjadi. Kecepatan maksimum arus yang terjadi adalah 0,31 m/s dan yang terendah adalah 0,006 m/s. Arah arus yang terjadi di perairan Jabon rata-rata bergerak dari Barat menuju ke Timur. Pengambilan data lapangan dilakukan pada Musim Barat. Hasil pengolahan data menggunakan data sekunder yaitu *Ocean Surface Current Analysis Realtime (OSCAR)* (Gambar 25), pada bulan yang sama di tahun sebelumnya memiliki kecepatan arus antara 0,14 – 0,48 m/s dan arah arus dari Barat Laut menuju Tenggara dibelokkan ke arah Selatan.



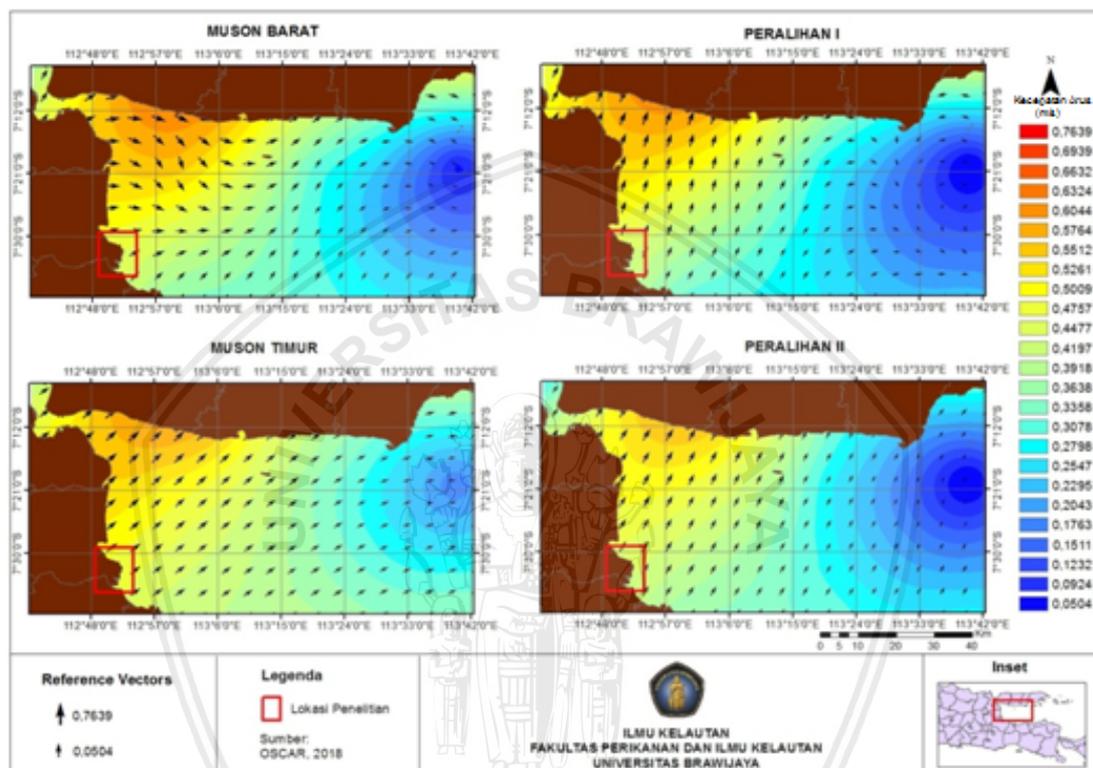
Gambar 15. Peta Kecepatan dan Arah Arus Berdasarkan Data Lapangan



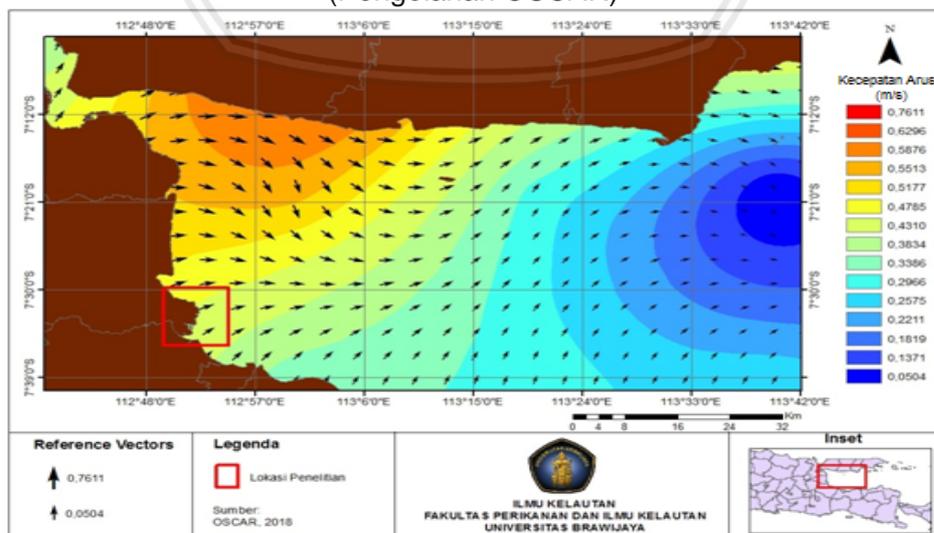
Gambar 16. Peta Kecepatan dan Arah Arus Februari 2018 (Pengolahan OSCAR)

Hasil data kecepatan dan arah arus lainnya dari data sekunder yang diperoleh dari OSCAR terdiri dari data kecepatan dan arah arus berdasarkan musim (Gambar 26) dan rata-rata tahun 2018 (Gambar 27). Hasil data arus pada daerah Selat Madura khususnya Perairan Jabon antara lain arus rata-rata tahun 2018 memiliki kecepatan arus sekitar 0,05 – 0,76 m/s. Arus berdasarkan musim pada tahun 2018 terutama pada musim muson barat dimana musimnya serupa

dengan saat pengambilan data lapang menunjukkan hasil kecepatan arus sekitar 0,05 – 0,76 m/s. Berdasarkan gambar arah arus berdasarkan musim, rata-rata arah arus berasal dari Barat menuju Timur dan Timur Laut. Secara keseluruhan dalam satu tahun pada tahun 2018, arah arus rata-rata berasal dari Barat menuju Tenggara dan Timur.



Gambar 17. Peta Kecepatan dan Arah Arus Berdasarkan Musim (Pengolahan OSCAR)



Gambar 18. Peta Kecepatan dan Arah Arus Rata-Rata Pada Tahun 2018 (Pengolahan OSCAR)

4.3.4 Hasil Data Kemiringan Pantai

Data kemiringan (Y) didapatkan dari hasil bagi antara nilai kedalaman perairan dengan jarak dari pantai ke daerah yang di ukur. Pengukuran kemiringan dilakukan pada tanggal 12 dan 13 Februari 2019. Bersamaan dengan *tracking* garis pantai yang dilakukan saat kondisi perairan mengalami surut, hal ini dilakukan agar dapat diketahui batas antara daratan dan lautan.

Pengukuran kemiringan pantai dilakukan pada tujuh titik yang telah ditentukan. Data kemiringan pantai digunakan untuk menghitung nilai tinggi gelombang pecah (H_b) dan kedalaman gelombang pecah (db). Berdasarkan hasil perhitungan diketahui bahwa Pantai Wilayah Jabon memiliki kemiringan yang hampir datar (Setyawan *et al.*, 2017).

Tabel 11. Data Hasil Perhitungan Kemiringan Pantai

Area	X (m)	Y (m)	α (m)	Rata – Rata Per Area (m)
A	5	0,1	1 : 50	1 : 100
	10	0,1	1 : 100	
	15	0,1	1 : 150	
B	5	0,3	1 : 16,67	1 : 33,33
	10	0,3	1 : 33,33	
	15	0,3	1 : 50	
C	5	0,2	1 : 25	1 : 75
	10	0,2	1 : 50	
	15	0,2	1 : 75	

4.4 Karakteristik Sedimen

4.4.1 Ukuran Butir Sedimen

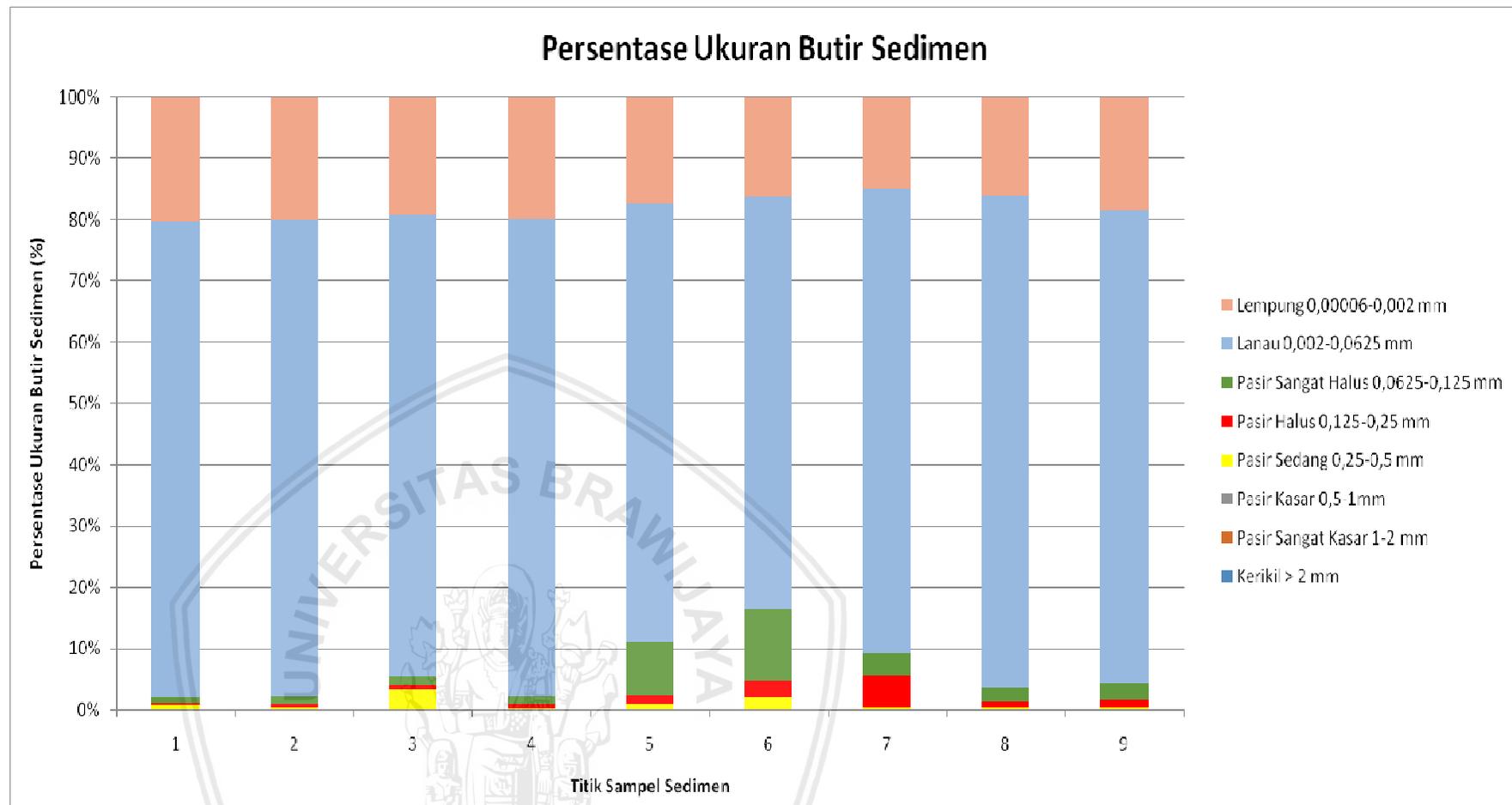
Hasil pengukuran butir sedimen pada masing-masing stasiun yaitu titik sedimen 1 – 9 disajikan dalam bentuk tabel persentase partikel penyusun sedimen tiap stasiun terdapat pada tabel 21. Pada Tabel 21 dapat diketahui jenis sedimen yang mendominasi di tiap area. Pada Area A yang diwakilkan oleh stasiun pengambilan sedimen 1 sampai 4 didominasi oleh sedimen jenis lanau dengan persentase sebesar 77,54%, 77,67%, 75,26%, dan 77,78%. Pada Area B

yang diwakilkan oleh stasiun sedimen 5 dan 6 memiliki sedimen yang sedikit beragam dengan jenis pasir sangat halus cukup besar yaitu 8,62% dan 11,6% sedangkan dominasi sedimen yaitu jenis lanau dengan persentase sebesar 71,519% dan 77,675%. Pada Area C didominasi oleh sedimen jenis lanau dengan prosentase sebesar 75,74%, 80,41%, dan 77,30%. Persentase ukuran butir sedimen yang terdapat di Pantai Jabon, Sidoarjo dapat dilihat pada Gambar 29. grafik persentase ukuran butir sedimen. Karakteristik sedimen dengan sebagian besar karakternya adalah lanau dengan penyebab utamanya hasil pembuangan Lumpur Lapindo ke Sungai Porong.

Bencana lumpur panas Sidoarjo, juga dikenal dengan sebutan Lumpur Lapindo adalah peristiwa menyemburnya lumpur panas di lokasi pengeboran Lapindo Brantas Inc. di Dusun Balongnongo, Desa Renokenongo, Kecamatan Porong, Kabupaten Sidoarjo, Jawa Timur. Kali Porong merupakan area pembuangan Lumpur Lapindo untuk mencegah jebolnya tanggul akibat penuhnya tanggul Lumpur Lapindo. Pembuangan material lumpur dalam jumlah yang besar tidak menutup kemungkinan aliran lumpur lapindo tersebut mengakibatkan material lumpur tidak banyak mengendap di sepanjang kali, tetapi mengendap di daerah muara Kali Porong, yang berada di Selat Madura. Hal ini menyebabkan bertambahnya TSS (*Total Suspended Solid*) di daerah perairan Sidoarjo, tepatnya di Muara Kali Porong yang merupakan areal pembuangan lumpur Sidoarjo. TSS merupakan material yang halus di dalam air yang mengandung lanau, bahan organik, mikroorganisme, limbah industri dan limbah rumah tangga (Budianto dan Hariyanto, 2017).

Tabel 12. Persentase Ukuran Butiran Sedimen

Jenis Partikel Tiap Titik Sampling	Nilai Rata - Rata (%)								
	Area A			Area B			Area C		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Kerikil	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pasir Sangat Kasar	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pasir Kasar	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pasir Sedang	0,81	0,42	3,39	0,27	0,97	2,21	0,52	0,51	0,53
Pasir Halus	0,29	0,52	0,70	0,65	1,49	2,60	5,18	0,78	1,14
Pasir Sangat Halus	1,12	1,35	1,46	1,37	8,62	11,6	3,59	2,34	2,72
Lanau	77,54	77,67	75,26	77,78	71,51	67,34	75,74	80,41	77,30
Lempung	20,22	20,02	19,16	19,90	17,38	16,23	14,94	15,93	18,28



Gambar 19. Grafik Persentase Ukuran Butir Sedimen

4.4.2 Massa Jenis Sedimen

Nilai massa jenis sedimen tiap stasiun disajikan pada Tabel 21. Diketahui berdasarkan tabel tersebut bahwa pada Area A yang diwakilkan oleh titik sampel sedimen 1, 2, 3, dan 4 memiliki rata-rata massa jenis sebesar $2,41 \text{ gr/cm}^3$. Sedangkan Area B yang diwakilkan oleh stasiun 5 dan 6 memiliki rata-rata massa jenis $2,61 \text{ gr/cm}^3$. Kemudian Area C yang diwakilkan oleh stasiun 7, 8, dan 9 memiliki nilai massa jenis sebesar $2,58 \text{ gr/cm}^3$.

Tabel 13. Massa Jenis Sedimen Tiap Titik Sampel

Area	Titik Sampel Sedimen	Massa Jenis Sedimen (gr/cm^3)
A	1	2,38
	2	2,41
	3	2,45
	4	2,43
B	5	2,60
	6	2,62
C	7	2,54
	8	2,53
	9	2,68

4.5 Prediksi Perubahan Garis Pantai Menggunakan Rumus Manohar

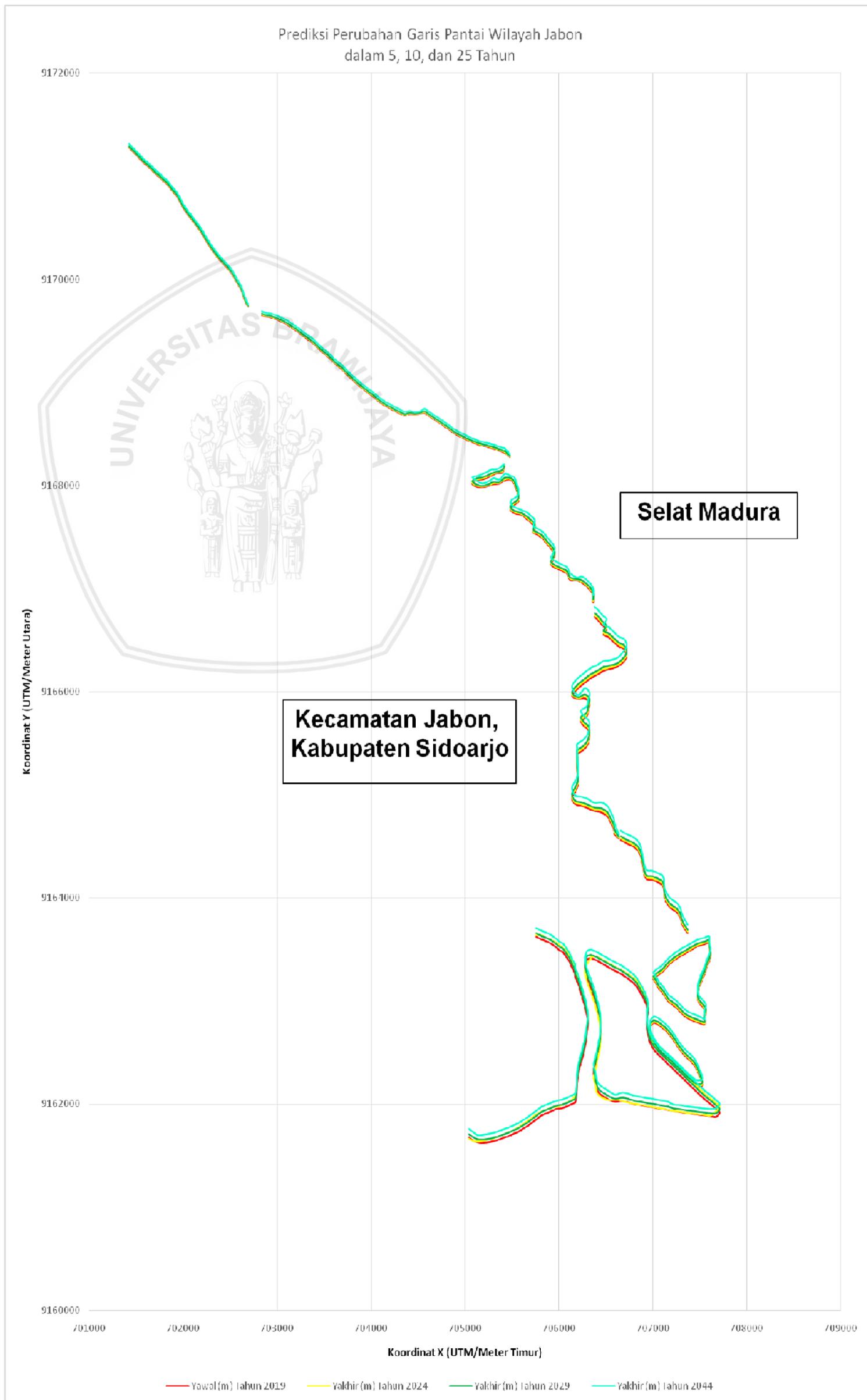
Hasil perhitungan perubahan garis pantai menggunakan perhitungan numerik merupakan prediksi perubahan garis pantai yang akan terjadi di beberapa tahun yang akan datang. Pada penelitian ini, akan diprediksi perubahan garis pantai di Wilayah Jabon, Kabupaten Sidoarjo dalam jangka waktu 5, 10, dan 25 tahun. Nilai prediksi perubahan garis pantai ini didasarkan pada nilai transpor sedimen dengan menggunakan Rumus Manohar sebagaimana dijelaskan pada bab metode penelitian, subbab 3.5.3 perhitungan numerik analisis perubahan garis pantai. Data awal adalah koordinat X dan Yawal yang didapatkan dari hasil digitasi pencitraan Google Earth yang telah di validasi dari *tracking* garis pantai di lapangan menggunakan GPS. Koordinat yang diperoleh kemudian dikonversi kedalam satuan meter menggunakan sistem

koordinat *Universal Transverse Mercator* (UTM). Analisis prediksi perubahan garis pantai menggunakan Rumus Manohar dilakukan berdasarkan pembagian dalam beberapa stasiun. Pada tabel 14 didapatkan hasil prediksi perubahan garis pantai selama 5, 10, dan 25 tahun.

Tabel 14. Prediksi Perubahan Garis Pantai Wilayah Jabon

Prediksi Perubahan Garis Pantai Tiap Stasiun	m/5 tahun	m/10 tahun	m/25 tahun	m/tahun
A1	7,42	14,85	37,12	1,48
A2	7,99	15,98	39,95	1,47
B1	11,83	23,67	59,19	2,36
B2	19,1	38,21	96,53	3,82
C1	18,36	36,72	91,8	3,67
C2	13,36	26,74	66,84	2,67
C3	12,67	25,34	63,36	2,53
C4	16,87	33,74	84,35	3,37
C5	17,12	34,23	85,57	3,42

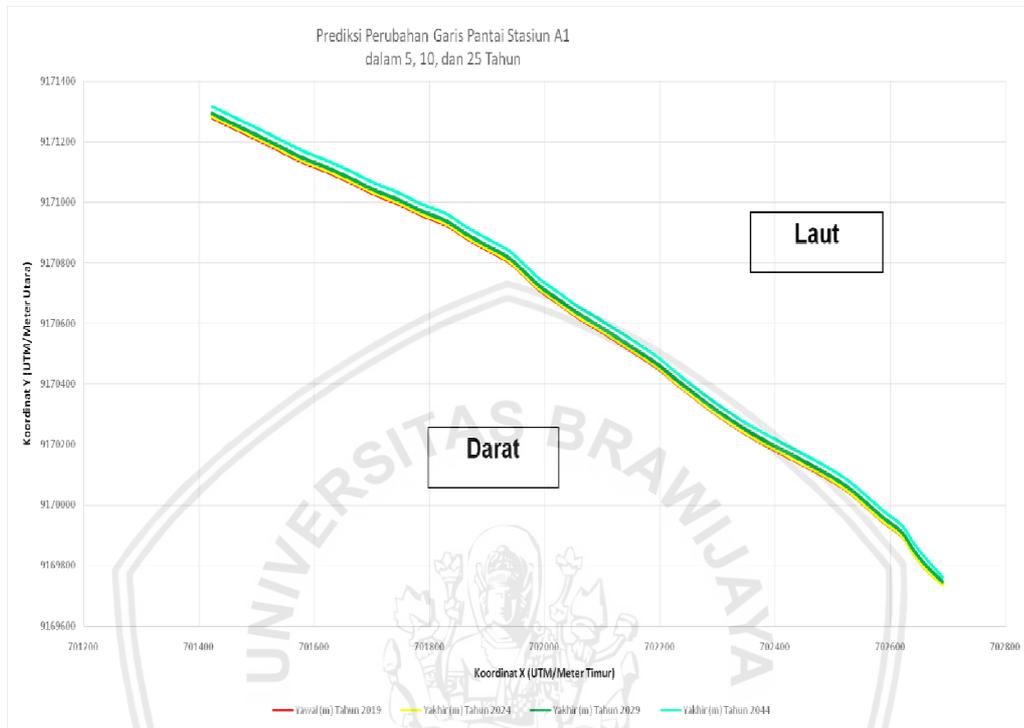
Pada tabel prediksi perubahan garis pantai diketahui bahwa semua stasiun memiliki hasil perubahan yang positif menunjukkan pantai wilayah Jabon mengalami akresi atau penambahan garis pantai ke arah laut. Jika dihitung rata-rata perubahan garis pantai untuk semua stasiun maka dapat disimpulkan berdasarkan perhitungan numerik menggunakan Rumus Manohar wilayah Jabon mengalami akresi sebesar 2,75 m pertahun. Hal tersebut diperkuat dengan hasil grafik prediksi perubahan garis pantai untuk semua stasiun disajikan pada gambar 20. Analisis prediksi perubahan garis pantai menggunakan Rumus Manohar dilakukan berdasarkan pembagian dalam beberapa stasiun yang dijelaskan pada beberapa subbab per area berikut.



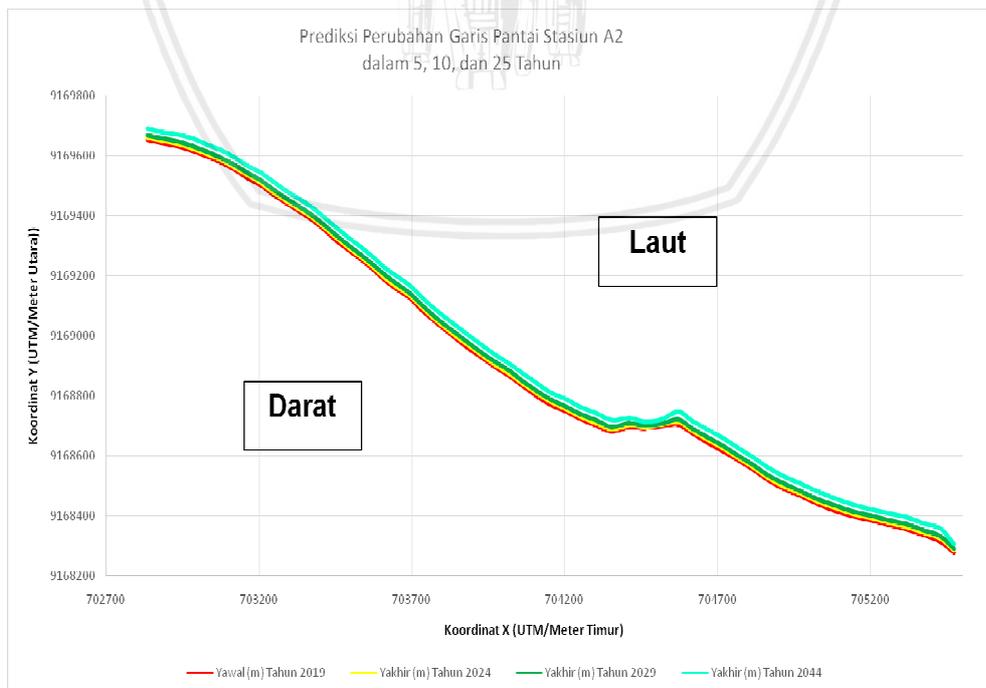
Gambar 20. Prediksi Perubahan Garis Pantai Menggunakan Rumus Manohar

4.5.1 Prediksi Perubahan Garis Pantai Area A

Pada stasiun A1 dan A2 dapat dilihat perubahan garis pantai pada semua bagian mengalami penambahan garis pantai selama 5, 10, dan 25 tahun.



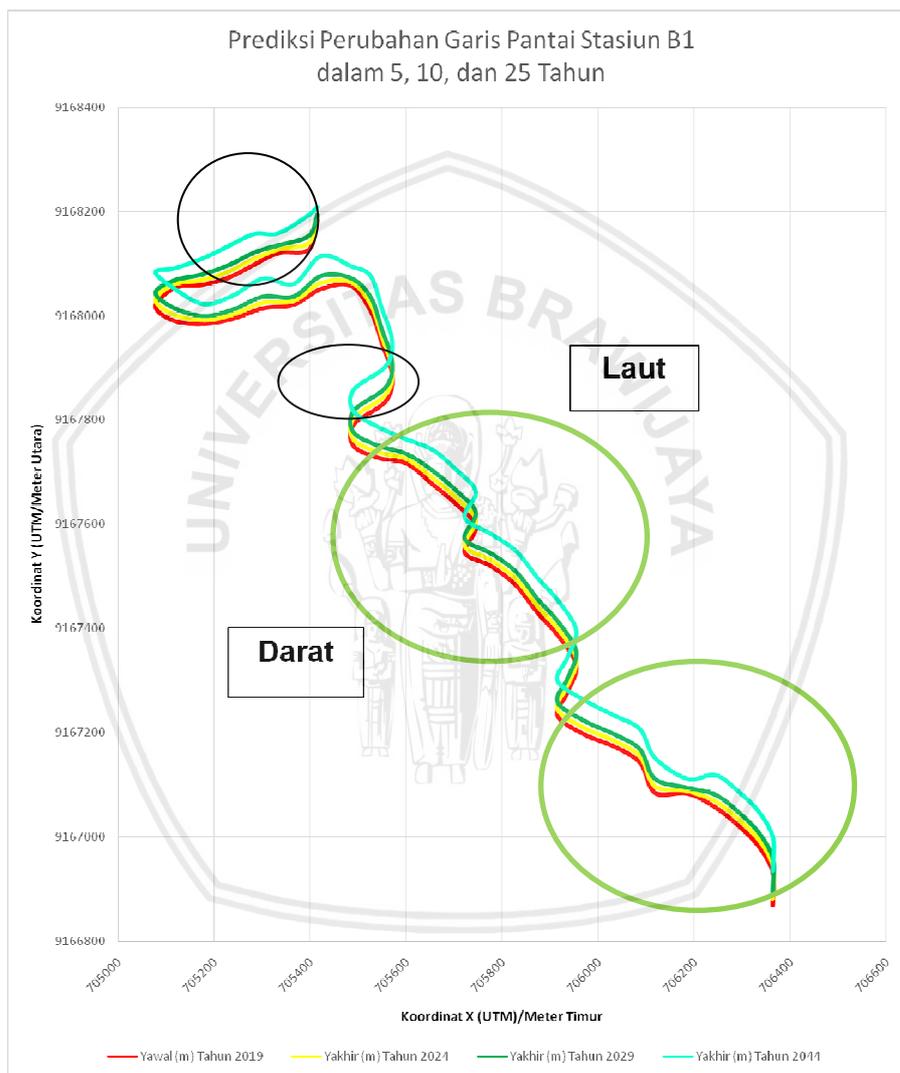
Gambar 21. Grafik Prediksi Stasiun A1 dalam 5, 10, dan 25 Tahun



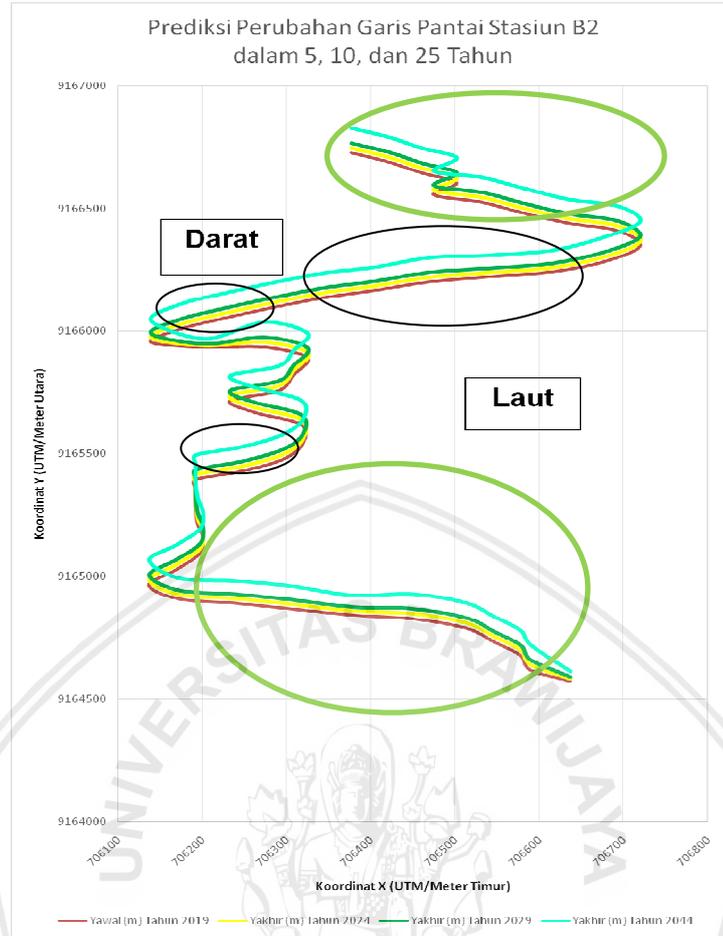
Gambar 22. Grafik Prediksi Stasiun A2 dalam 5, 10, dan 25 Tahun

4.5.2 Prediksi Perubahan Garis Pantai Area B

Pada stasiun B1 dan B2 dapat dilihat perubahan garis pantai ada bagian yang mengalami penambahan garis pantai maupun berkurang. Garis pantai yang bertambah disimbolkan bulatan warna hijau dan garis pantai yang berkurang disimbolkan bulatan warna hitam. Dapat dilihat pada gambar 23 dan 24 berikut.



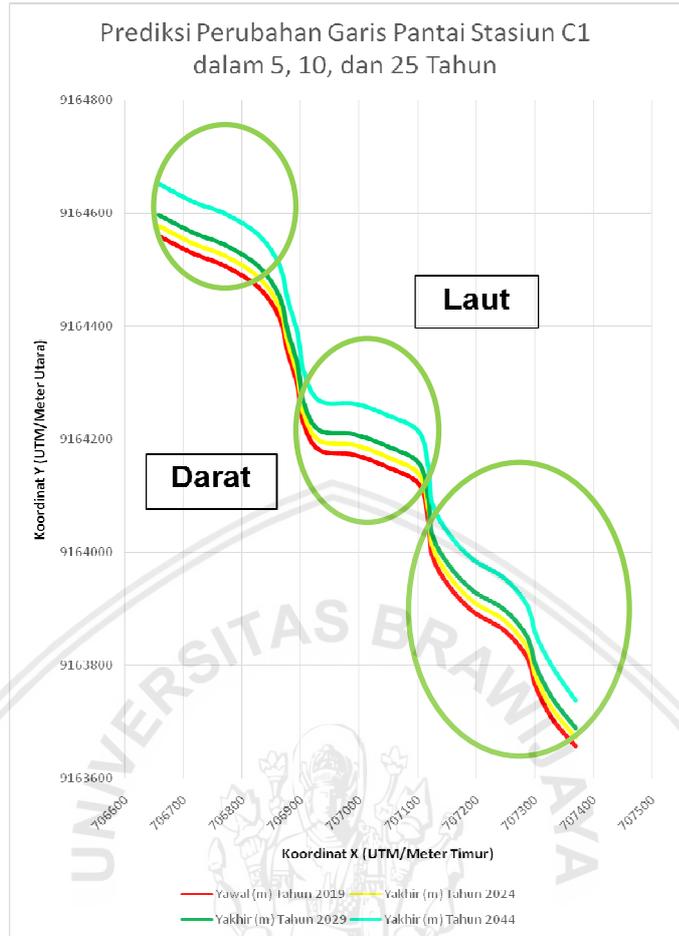
Gambar 23. Grafik Prediksi Stasiun B1 dalam 5, 10, dan 25 Tahun



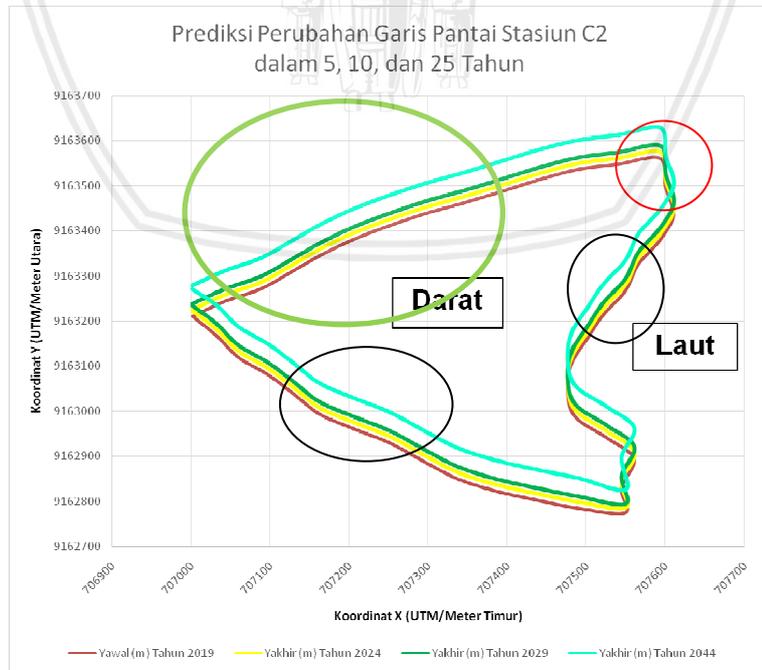
Gambar 24. Grafik Prediksi Stasiun B2 dalam 5, 10, dan 25 Tahun

4.5.3 Prediksi Perubahan Garis Pantai Area C

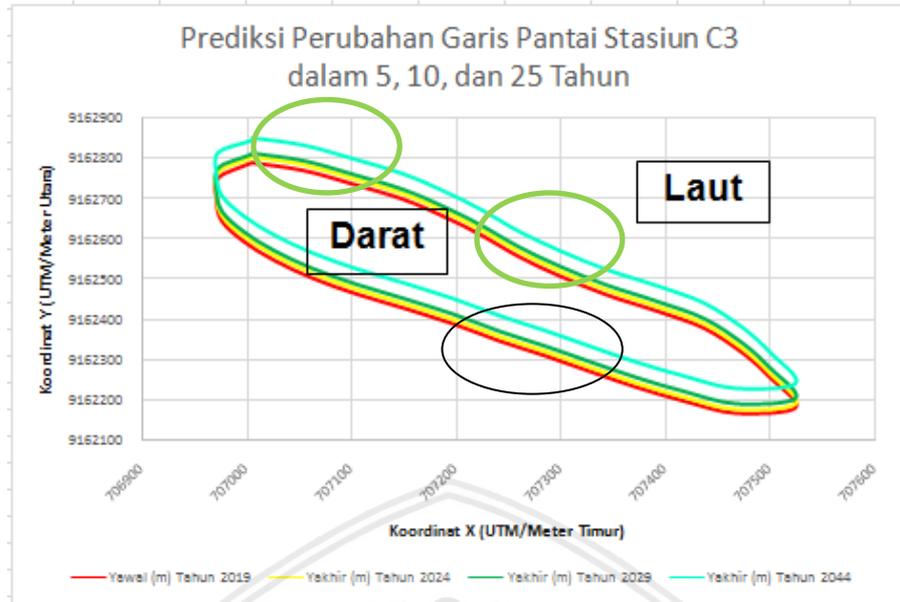
Pada stasiun C1, C2, C3, C4, dan C5 dapat dilihat perubahan garis pantai ada bagian yang mengalami penambahan garis pantai, berkurang, maupun tidak ada perubahan. Garis pantai yang bertambah disimbolkan bulatan warna hijau, garis pantai yang berkurang disimbolkan bulatan warna hitam, dan garis pantai yang tidak mengalami perubahan disimbolkan bulatan warna merah.



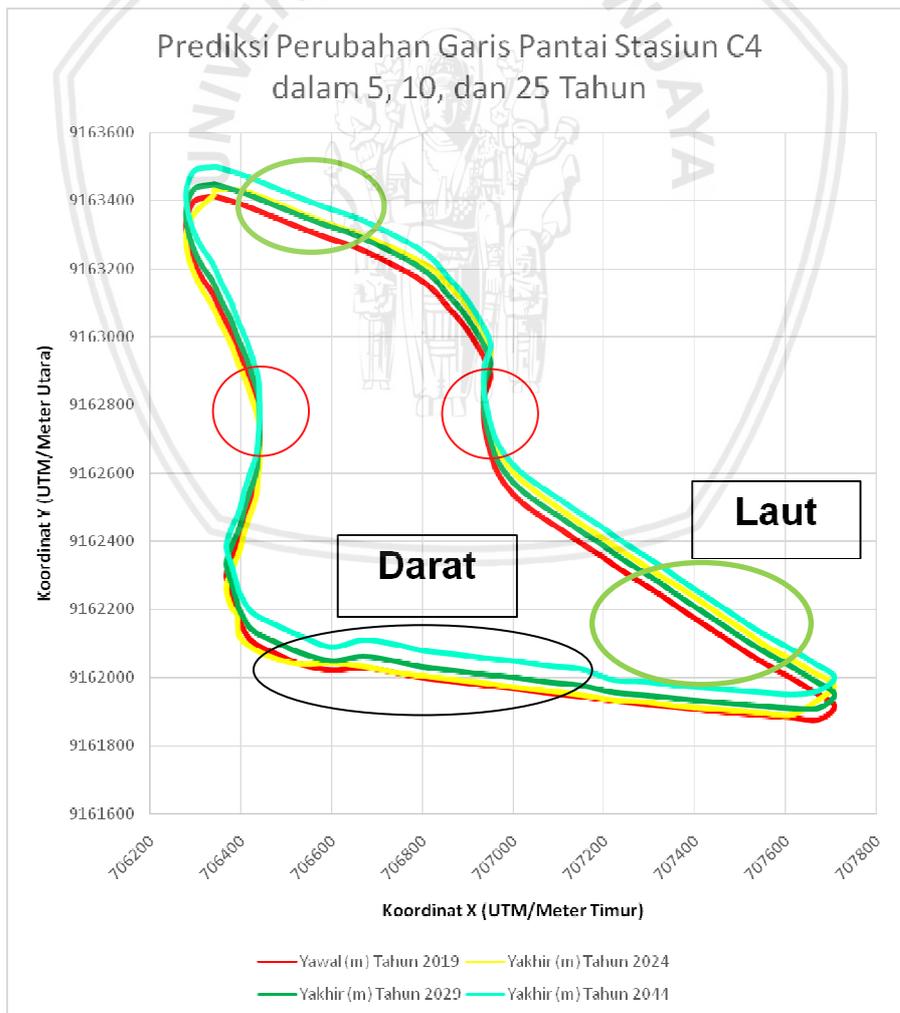
Gambar 25. Grafik Prediksi Stasiun C1 dalam 5, 10, dan 25 Tahun



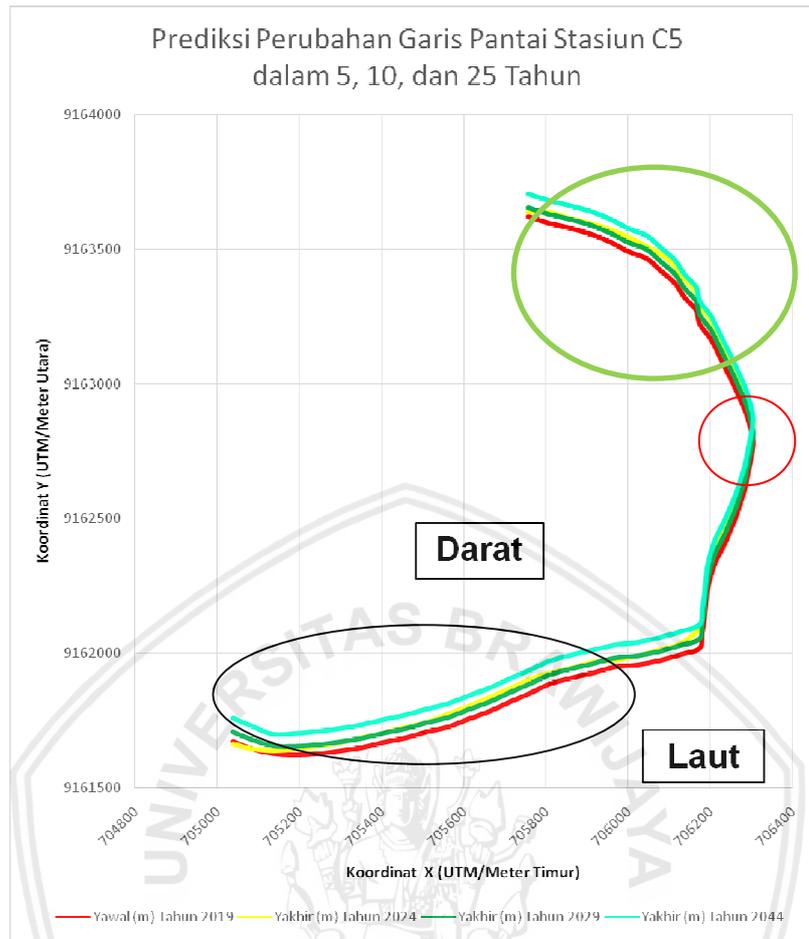
Gambar 26. Grafik Prediksi Stasiun C2 dalam 5, 10, dan 25 Tahun



Gambar 27. Grafik Prediksi Stasiun C3 dalam 5, 10, dan 25 Tahun



Gambar 28. Grafik Prediksi Stasiun C4 dalam 5, 10, dan 25 Tahun



Gambar 29. Grafik Prediksi Stasiun C5 dalam 5, 10, dan 25 Tahun

4.6 Analisis Perubahan Garis Pantai Berdasarkan Data Citra Satelit dan Menggunakan Rumus Manohar

Hasil pengolahan data jarak perubahan garis pantai dengan menggunakan perekaman satelit yang diperoleh dari Google Earth dan menggunakan Rumus Manohar ditampilkan pada Tabel 23. Analisis perubahan garis pantai ini dilakukan dengan metode deskriptif analitik, yakni dengan mendeskripsikan kondisi sesungguhnya dengan hasil pengolahan data dan perhitungan yang telah didapatkan.

Berdasarkan hasil pengolahan data menggunakan citra satelit yang diperoleh dari Google Earth dari tahun 2004 sampai 2018 terjadi erosi pada Stasiun B1, sedangkan stasiun lainnya mengalami akresi. Pada tahun 2004

sampai 2008, terjadi erosi di stasiun B1 sedangkan stasiun lainnya mengalami akresi. Pengolahan data citra dari tahun 2008 sampai 2012 terjadi erosi di Stasiun A2 dan B1, sedangkan stasiun lainnya mengalami akresi. Pengolahan data citra dari tahun 2012 sampai 2018 terjadi erosi di Stasiun C4 dan terjadi akresi di stasiun lainnya.

Perubahan garis pantai berdasarkan data citra satelit yang digunakan sejak tahun 2004 hingga 2018 sebagian besar mengalami akresi. Hal ini disebabkan pada tahun 2006 terjadi bencana semburan gas dan lumpur panas sebagai akibat dari aktivitas pengeboran minyak dan gas oleh PT Lapindo Brantas, inc. Volume semburan lumpur yang mencapai 50.000-120.000 m³/hari mendorong pemerintah untuk memutuskan luapan lumpur dibuang ke laut melalui Kali Porong. Kebijakan pembuangan lumpur ke Kali Porong membawa dampak yang besar terhadap Kawasan Pesisir Kabupaten Sidoarjo terutama terhadap wilayah pantai (Firmansyah dan Sukojo, 2013). Seperti disampaikan Ayunita dan Hariyanto (2012), perubahan garis pantai dari tahun 1999 hingga 2011 pada pesisir Sidoarjo selalu mengalami penambahan wilayah pantai. Penambahan wilayah pantai ini diindikasikan dari bertambahnya luasan bakau dari tahun ke tahun, dengan luasan yang terbesar pada Kecamatan Sedati dan Jabon. Peningkatan ini disebabkan karena penanaman bakau dan penambahan daratan di sepanjang pesisir.

Perubahan pesisir Sidoarjo terutama wilayah pantai disebabkan pembuangan semburan lumpur melalui aliran beberapa sungai yang membawa serta *Total Suspended Solid (TSS)*. TSS merupakan material yang halus di dalam air yang mengandung lanau, bahan organik, mikroorganisme, limbah industri dan limbah rumah tangga (Budianto dan Hariyanto, 2017). Selain disebabkan aliran lumpur melalui sungai, perubahan tata guna lahan juga dapat mempengaruhi wilayah pantai. Pada tahun 1999 hingga 2011 peningkatan luas

pemukiman paling besar terjadi di Kecamatan Waru, Sedati, Buduran, Sidoarjo dan Candi. Sedangkan wilayah sawah mengalami penurunan jumlah sebagai kebutuhan ruang untuk kegiatan sosial ekonomi. Selain itu, beberapa area pantai mengalami erosi karena terjadi penurunan luasan hutan bakau. Penurunan ini terjadi pada tahun 2006-2011 di sebagian besar kecamatan disebabkan adanya konversi tutupan lahan dari bakau menjadi tambak ikan karena dinilai lebih ekonomis oleh masyarakat sekitar (Ayunita dan Hariyanto, 2012). Seperti pada penjelasan perubahan garis pantai menggunakan citra satelit dan beberapa penelitian sebelumnya mengenai faktor penyebab perubahan garis pantai, maka diperlukan adanya prediksi perubahan garis pantai di wilayah Jabon.

Perhitungan numerik menghasilkan prediksi perubahan garis pantai yang akan terjadi di wilayah Jabon. Semua stasiun diprediksi akan mengalami akresi tiap tahunnya dengan prediksi perubahan paling besar terdapat pada Stasiun B2 yang mendapat suplai sedimen dari muara sungai dan arah arus sejajar pantai akan membawa sedimen ke area ini. Sedangkan prediksi perubahan yang paling kecil yaitu Stasiun A2 karena lokasinya berhadapan dengan Selat Madura dan berdekatan dengan Teluk Permisian sehingga arus maupun gelombang tergolong cepat dalam membawa partikel sedimen ke lokasi lainnya. Sedangkan untuk area lainnya hasil prediksi yang didapatkan yaitu akan mengalami akresi.

Tabel 15. Perbandingan Perubahan Garis Pantai Berdasarkan Citra dan Perhitungan Numerik

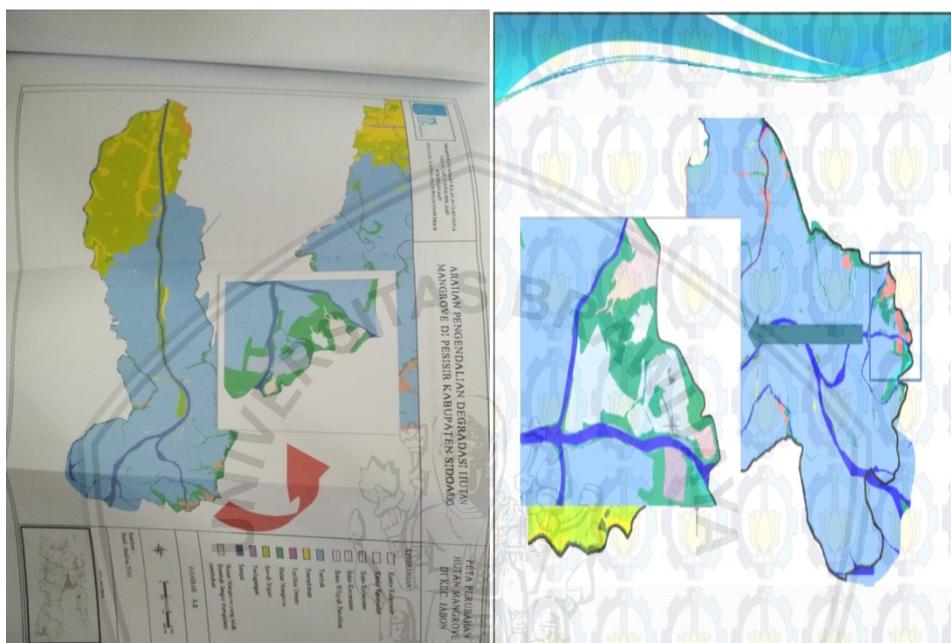
Stasiun	Hasil Pengolahan Citra Google Earth				Hasil Perhitungan Numerik m/tahun
	2004-2008 (m/tahun)	2008-2012 (m/tahun)	2012-2018 (m/tahun)	2004-2018 (m/tahun)	
A1	7,7	12,9	4,6	7,6	1,48
A2	9,2	-1,09	13,2	7,6	1,47
B1	-33,7	-23,44	6,15	-17,27	2,36

Stasiun	Hasil Pengolahan Citra Google Earth				Hasil Perhitungan Numerik
	2004-2008 (m/tahun)	2008-2012 (m/tahun)	2012-2018 (m/tahun)	2004-2018 (m/tahun)	m/tahun
B2	14,03	14,56	7,7	3,52	3,82
C1	14,86	17,54	68,26	20,27	3,67
C2	0	0	38,97	38,97	2,67
C3	0	0	7,10	7,10	2,53
C4	10,85	70,3	7,68	27,29	3,37
C5	3,81	13,25	6,37	8,77	3,42

Berdasarkan pengolahan data menggunakan citra diketahui di Stasiun B1 mengalami beberapa kali erosi maupun akresi dalam rentang waktu 14 tahun. Sejak tahun 2004-2018 stasiun ini mengalami erosi sebesar -17,27 m/tahun. Berdasarkan hasil perhitungan numerik untuk beberapa tahun mendatang stasiun ini diprediksi akan mengalami akresi dengan majunya garis pantai sebesar 2,36 m/tahun.

Pada Stasiun B1 sebagian besar pengolahan data citra satelit mengalami erosi pada garis pantainya. Hal ini dapat disebabkan oleh letak stasiun yang berhadapan langsung dengan Selat Madura dan sedikit jauh dari aliran muara sungai. Aliran muara sungai terletak di bagian Selatan stasiun ini, sedangkan arah aliran dan arus cenderung mengarah ke Tenggara membawa butir sedimen. Selain itu, penyebab lain erosi garis pantai adalah konversi garis pantai menjadi lahan tambak. Erosi dapat diindikasikan oleh pertahanan alami pantai yang tidak dapat menahan gelombang tinggi yang terjadi, serta disebabkan oleh pengurangan tumbuhan mangrove disempadan pantai karena aktivitas konversi lahan menjadi tambak (Prasetyo dan Santoso, 2017). Seperti disampaikan (Khairunnisa, 2010), bahwa karakteristik konversi hutan mangrove di pesisir

Kabupaten Sidoarjo, mengalami kecepatan perubahan dan arah persebaran konversi. Salah satu konversi mangrove terjadi di Kecamatan Jabon dengan persebaran di sepanjang garis pantai dengan kecepatan perubahan termasuk kategori cepat seperti terlihat pada gambar berikut sesuai dengan kondisi di Stasiun B1 yang cenderung mengalami erosi karena aktivitas konversi lahan.



Gambar 30. Konversi Hutan Mangrove Pesisir Sidoarjo (Khairunnisa, 2010)

Berdasarkan pengolahan data menggunakan citra diketahui di Stasiun B2 mengalami akresi dalam rentang waktu 14 tahun terakhir ini. Sejak tahun 2004-2018 terjadi perubahan garis pantai sebesar 3,52 m/tahun. Sedangkan berdasarkan hasil perhitungan numerik stasiun ini diprediksi akan mengalami akresi terbesar dengan majunya garis pantai sebesar 3,86 m/tahun.

Pada Stasiun B2 wilayah garis pantainya mengalami akresi atau penambahan garis pantai. Hal ini dapat disebabkan oleh letak stasiun yang berdekatan dengan dari aliran muara sungai percabangan Sungai Porong. Aliran muara sungai terletak di bagian Utara stasiun ini, sedangkan arah aliran dan arus yang akan mengendapkan sedimen kearah stasiun ini. Karakteristik sedimen

pada Area B yang sebagian besar lanau akan mudah tersuspensi maupun mengendap dengan aliran yang lambat. Salah satu faktor terjadinya akresi yaitu adanya pendangkalan disekitar muara hingga menutupi aliran sungai. Akibatnya aliran sungai oleh material sedimen tertutup sehingga muara sungai dapat membentuk beting pasir (*sandy spit*) dari hasil tingginya suplai sedimen yang dihempaskan kembali oleh gelombang laut kearah pantai dan dibawah oleh arus sejajar pantai (Solihuddin, 2011).



BAB 5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, adapun kesimpulan yang didapatkan adalah sebagai berikut:

1. Hasil pengolahan data menggunakan citra satelit yang ditampilkan pada Google Earth diketahui bahwa di wilayah Jabon telah mengalami erosi dan akresi dalam kurun waktu 14 tahun (tahun 2004 sampai 2018). Pada kurun waktu tersebut, erosi terjadi cukup besar di Kelurahan Kupang yaitu -17,27 m/tahun sedangkan untuk stasiun lainnya mengalami akresi. Akresi tertinggi terjadi di Kelurahan Kedungpandan yaitu 38,97 m/tahun.
2. Perairan Jabon memiliki arus dengan kecepatan rata-rata 0,16 m/detik bergerak dominan dari arah Barat Daya menuju ke Timur Laut dan Selatan. Tipe pasang surut di daerah ini adalah tipe *mixed semi diurnal* atau campuran condong harian ganda. Gelombang yang terjadi di Perairan Jabon untuk masing-masing area berbeda sesuai dengan morfologi perairan di area tersebut. Gelombang tertinggi terjadi di Area A yaitu 0,18 meter dengan periode sebesar 5,2 detik, dan untuk gelombang terendah terjadi di Area C yaitu 0,15 meter dengan periode sebesar 5,45 detik.
3. Sedimen di wilayah Jabon memiliki karakteristik jenis sedimen yaitu pasir sedang hingga lempung. Sebagian besar area titik pengambilan sampel memiliki karakteristik jenis sedimen yang didominasi lanau.
4. Hasil perhitungan numerik menghasilkan prediksi perubahan garis pantai yang akan terjadi dalam 5, 10, dan 25 tahun yang akan datang. Semua stasiun dan area di wilayah Jabon untuk beberapa tahun kedepan diprediksi akan mengalami akresi. Akresi terbesar terjadi di stasiun B2 yang berada di Kelurahan Kupang diprediksi mengalami akresi sebesar 3,82 m/tahun.

Sedangkan akresi terkecil terjadi di stasiun A2 pada wilayah Kelurahan Permisan dengan akresi sebesar 1,47 m/tahun. Namun, ada beberapa lokasi yang bertolak belakang antara hasil perubahan garis pantai citra satelit dan perhitungan numerik yaitu pada stasiun B1 pada Kelurahan Kupang disebabkan adanya konversi lahan menjadi tambak.

5.2 Saran

Penulis memberikan saran untuk penelitian selanjutnya agar melakukan survei lapangan yang maksimal sebelum melakukan pengambilan data. Hal ini dilakukan agar dapat mengetahui lebih awal tentang morfologi pantainya serta dapat dilakukan pembagian wilayah untuk mempermudah analisisnya. Selain itu, dapat melakukan analisis perubahan garis pantai menggunakan metode numerik lainnya. Kedepannya agar dapat dilakukan perbandingan antara metode yang satu dengan yang lain. Saran lainnya yaitu dapat dilakukan pengembangan Rumus Manohar yang mempertimbangkan faktor hidrooseanografi lainnya dan debit muara sungai yang membawa sedimen.

DAFTAR PUSTAKA

- Adipradana, A.Y., 2013. Transpor Sedimen (Hidrometri). Univ. Gadjah Mada.
- Arafat, Y., Hidayat, N., 2011. Model Perubahan Garis Pantai Kerang Menggunakan Genesis. *Infrastruktur* 1 No. 1, 18–25.
- Arief, M., Winarso, G., Prayogo, T., 2011. Kajian Perubahan Garis Pantai Menggunakan Data Satelit Landsat di Kabupaten Kendal. *J. Penginderaan Jauh* 8, 71–80.
- Ayunita, P., Hariyanto, T., 2012. Evaluasi Perubahan Kawasan Pesisir dan Laut Kabupaten Sidoarjo menggunakan Data Peta Tematik Multitemporal. *ITS Surabaya* 6.
- BPS Kabupaten Sidoarjo, 2017. Kabupaten Sidoarjo Dalam Angka Tahun 2017. Badan Pus. Stat. Kabupaten Sidoarjo.
- Budianto, S., Hariyanto, T., 2017. Analisis Perubahan Konsentrasi Total Suspended Solids (TSS) Dampak Bencana Lumpur Sidoarjo Menggunakan Citra Landsat Multi Temporal (Studi Kasus: Sungai Porong, Sidoarjo). *J. Tek. ITS* 6, 130–135. <https://doi.org/10.12962/j23373539.v6i1.21097>
- Dinas Kepemudaan, Olahraga, dan Pariwisata, K.S., 2018. KKP Kelola Pulau Lusi sebagai Destinasi Wisata Baru di Sidoarjo [WWW Document]. URL <http://disporabudpar.sidoarjokab.go.id/berita/detail/kkp-kelola-pulau-lusi-sebagai-destinasi-wisata-baru-di-sidoarjo> (accessed 4.8.19).
- Ditjen Pengelolaan Ruang Laut, K.K. dan P., 2018. Refleksi 2017 Dan Outlook 2018 Membangun Dan Menjaga Ekosistem Laut Indonesia Bersama Ditjen Pengelolaan Ruang Laut [www Document]. URL <https://kkp.go.id/djprl/artikel/2798-refleksi-2017-dan-outlook-2018-membangun-dan-menjaga-ekosistem-laut-indonesia-bersama-ditjen-pengelolaan-ruang-laut>
- Fatmawati, H., Handayani, H.H., 2012. Analysis For Change Of Coastline Surabaya-Sidoarjo Using Multi Temporal Satellite Imagery 2008-2011 7.
- Firmansyah, F., Sukojo, B.M., 2013. Aplikasi Data Penginderaan Jauh Untuk Evaluasi Penggunaan Lahan (Studi Kasus: Kawasan Pesisir Kabupaten Sidoarjo). *ITS Surabaya*.
- Halim, Halili, Afu, L.O.A., 2016. Studi Perubahan Garis Pantai Dengan Pendekatan Penginderaan Jauh Di Wilayah Pesisir Kecamatan Soropia. *Sapa Laut Univ. Halu Oleo Kendari* 1, 24–31.
- Hidayati, N., 2017. *Dinamika Pantai*. UB Press, Malang.
- Hidayati, N., Paluphi, W., Asadi, M.A., Purnawali, H.S., 2017. Kajian Dinamika Pantai : Studi Kasus di Pantai Rening, Jembrana, Bali. *Depik* 6,



31–43. <https://doi.org/10.13170/depik.6.1.5457>

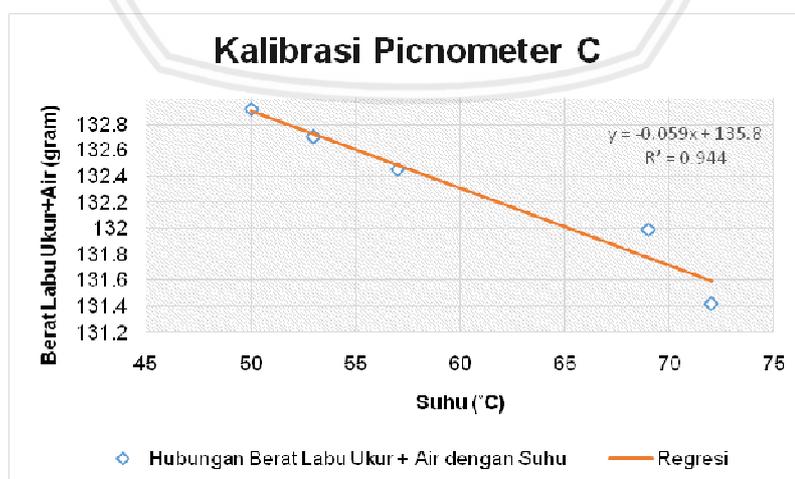
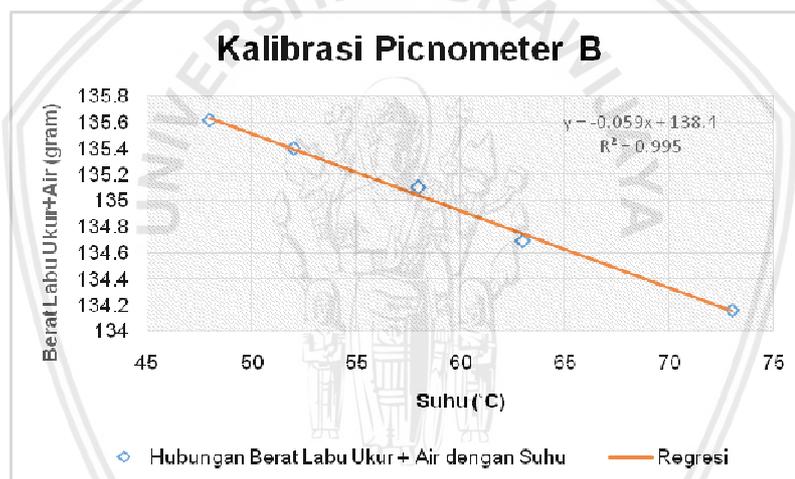
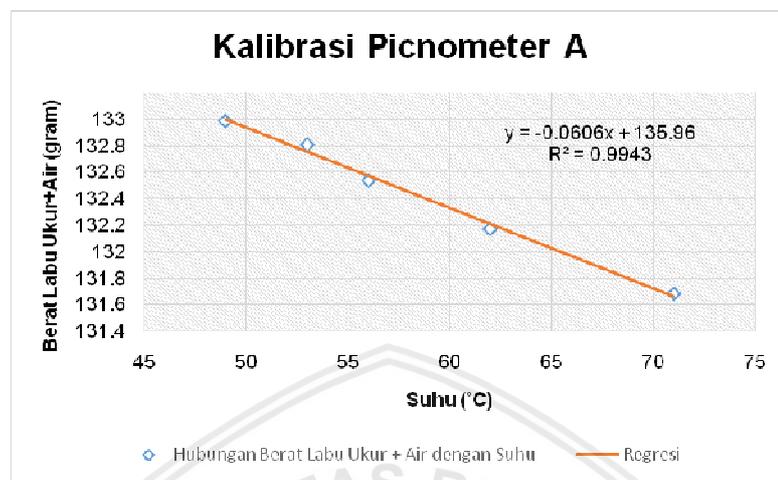
- Kalay, D.E., 2008. Perubahan Garis Pantai Di Sepanjang Pesisir Pantai Di Indramayu. Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Kasim, F., 2010. Laju Perubahan Garis Pantai Menggunakan Modifikasi Teknik Single Transect (ST) dan Metode End Point Rate (EPR): Studi Kasus Pantai Sebelah Utara Indramayu-Jawa barat. J. Ilm. Agropolitan Univ. Gorontalo 3.
- Khairunnisa, 2010. Arahana Pengendalian Konversi Hutan Mangrove di Pesisir Kabupaten Sidoarjo. ITS Surabaya.
- Luhwahyudin, M., Suntoyo, Citrosiswoyo, W., 2012. Analisa Perubahan Garis Pantai Tegal. J. Tek. ITS 1.
- Oktiarini, D., Atmodjo, W., Widada, S., 2015. Transport Sedimen Di Lokasi Perencanaan Pembangunan Pelabuhan Marunda, Jakarta Utara. J. Oceanogr. 4, 325–332.
- Opa, E.T., 2011. Perubahan Garis Pantai Desa Bentenan Kecamatan Pusomaen, Minahasa Tenggara 6.
- Peraturan Menteri Kelautan dan Perikanan, 2016. Peraturan Menteri Kelautan dan Perikanan No.23 Tahun 2016 Tentang Perencanaan Pengelolaan Wilayah Pesisir dan Pulau-Pulau Kecil. Menteri Kelaut. Dan Perikan. Repub. Indones.
- Prameswari, S.R., S, A.N.D., Rifai, A., 2014. Kajian Dampak Perubahan Garis Pantai Terhadap Penggunaan Lahan Berdasarkan Analisa Penginderaan Jauh Satelit Di Kecamatan Paiton, Kabupaten Probolinggo Jawa Timur. J. Oceanogr. UNDIP Vol. 3 No. 2, 267–276.
- Pranoto, S., 2007. Prediksi Perubahan Garis Pantai Menggunakan Model Genesis. Berk. Ilm. Tek. Pengair. 13, 145–154.
- Prasetyo, A., Santoso, N., 2017. KERUSAKAN EKOSISTEM MANGROVE DI KECAMATAN UJUNG PANGKAH KABUPATEN GRESIK PROVINSI JAWA TIMUR 08, 4.
- Purnaditya, N.P., Dharma, I.G.B.S., Dirgayusa, I.G.N.P., 2012. Prediksi Perubahan Garis Pantai Nusa Dua dengan One-line Model. J. Ilm. Elektron. Infrastruktur Tek. Sipil Fak. Tek. Univ. Udayana.
- Rahmawan, F., 2012. Analisa Perubahan Garis Pantai dengan Menggunakan Model Numerik di Wilayah Jabon Sidoarjo, Jawa Timur.
- Riyadi, A.S., Sarwono, B., 2009. Permodelan Aliran Sediment Di Muara Kali Porong 12.
- Setyandito, O., Triyanto, J., 2009. Analisa Erosi Dan Perubahan Garis Pantai Pada Pantai Pasir Buatan Dan Sekitarnya Di Takisung, Propinsi Kalimantan Selatan. J. Tek. Sipil Univ. Atma Jaya Yogjak. 7, pp–224.

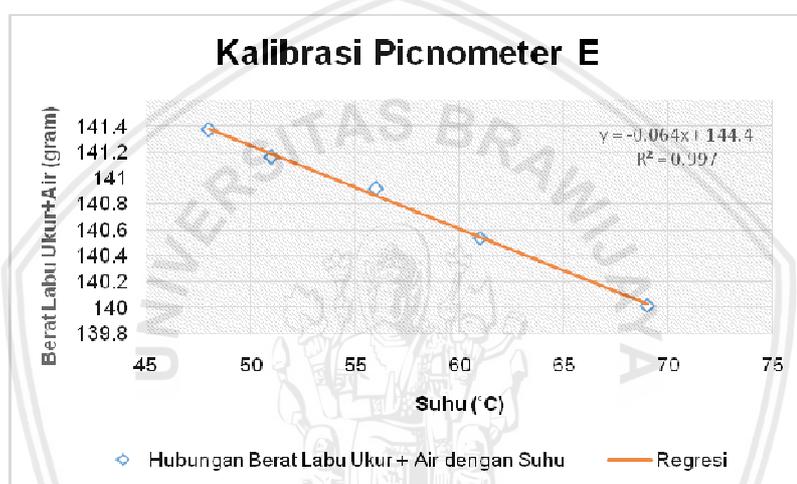
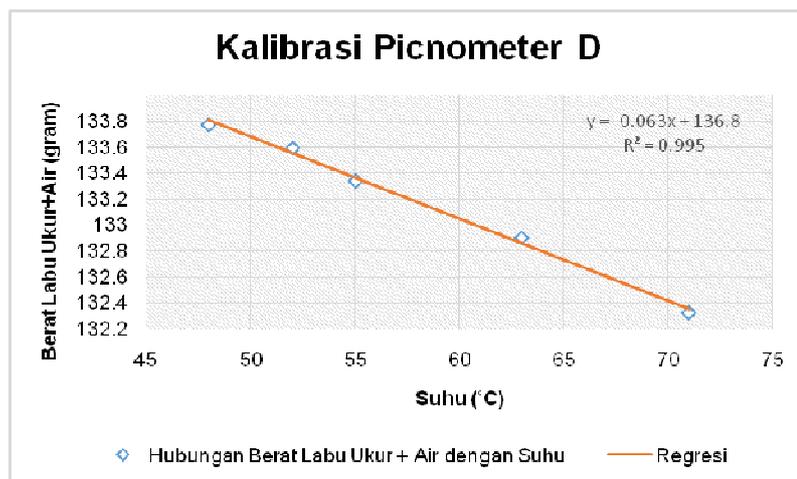
- Setyawan, R., Setiyono, H., Rochaddi, B., 2017. Studi Rip Current Di Pantai Taman, Kabupaten Pacitan. *J. Ose UNDIP* 6, 639–649.
- Solihuddin, T., 2011. Karakteristik Pantai dan Proses Abrasi di Pesisir Padang Pariaman, Sumatera Barat. *Maj. Ilm. GLOBE* 13.
- Sudarsono, U., Sudjarwo, I.B., 2008. Amblesan di daerah Porong, Kabupaten Sidoarjo, Jawa Timur. *Indones. J. Geosci.* 3, 1–9. <https://doi.org/10.17014/ijog.vol3no1.20081>
- Triatmodjo, B., 1999. Teknik Pantai. Beta Offset, Yogyakarta.
- Wahyudi, Hariyanto, T., Suntoyo, 2009. Analisa Kerentanan Pantai di Wilayah Pesisir Pantai Utara Jawa Timur. SENTA.
- Wisha, U.J., Gemilang, W.A., Rahmawan, G.A., Kusumah, G., 2017. Pola Sebaran Sedimen Dasar Berdasarkan Karakteristik Morfologi Dan Hidro-Oseanografi Menggunakan Model Interpolasi Dan Simulasi Numerik Di Perairan Utara Pulau Simeuluecut. *J. Kelaut. Indones. J. Mar. Sci. Technol.* 10, 29. <https://doi.org/10.21107/jk.v10i1.1618>
- Yulius, Heriati, A., Mustikasari, E., Zahara, R.I., 2017. Karakteristik Pasang Surut Dan Gelombang Di Perairan Teluk Saleh, Nusa Tenggara Barat. *ITB Bdg.* 13, 65–73.



LAMPIRAN

Lampiran 1. Kalibrasi *Picnometer*





Lampiran 2. Berat Jenis Tanah

Labu Ukur	Satuan	Tanah				
Kode Sampel	-	2				
Kode Labu	-	A				
Berat Tanah Kering (Ws)	Gram	20				
Berat Labu Ukur + Air + Tanah (W1)	Gram	143.2	144.1	144.4	144.7	144.8
Suhu	(°C)	76	60	58	51	48
Berat Labu Ukur + Air (W2)	Gram	131.4	132.3	132.5	132.9	133.1
Berat Jenis Air (Gt)	gram/cm ³	0.974	0.983	0.984	0.988	0.989
Berat Jenis Tanah (Gs)	gram/cm ³	2.402	2.394	2.449	2.411	2.409
Rata-rata Berat Jenis	gram/cm³	2.413				

Labu Ukur	Satuan	Tanah				
Kode Sampel	-	3				
Kode Labu	-	A				
Berat Tanah Kering (Ws)	Gram	20				
Berat Labu Ukur + Air +	gram	143.6	144.1	144.4	144.7	144.9

Labu Ukur	Satuan	Tanah				
Tanah (W1)						
Suhu	(°C)	78	65	56	51	47
Berat Labu Ukur + Air (W2)	Gram	131.2	132.0	132.6	132.9	133.1
Berat Jenis Air (Gt)	gram/cm ³	0.973	0.981	0.985	0.988	0.989
Berat Jenis Tanah (Gs)	gram/cm ³	2.546	2.469	2.413	2.407	2.397
Rata-rata Berat Jenis	gram/cm³	2.447				

Labu Ukur	Satuan	Tanah				
Kode Sampel	-	4				
Kode Labu	-	C				
Berat Tanah Kering (Ws)	Gram	20				
Berat Labu Ukur + Air + Tanah (W1)	Gram	142.9	144.2	144.6	144.8	145.0
Suhu	(°C)	78	62	55	51	48
Berat Labu Ukur + Air (W2)	Gram	131.2	132.2	132.6	132.8	133.0
Berat Jenis Air (Gt)	gram/cm ³	0.973	0.982	0.986	0.988	0.989
Berat Jenis Tanah (Gs)	gram/cm ³	2.323	2.466	2.466	2.454	2.454
Rata-rata Berat Jenis	gram/cm³	2.433				

Labu Ukur	Satuan	Tanah				
Kode Sampel	-	5				
Kode Labu	-	A				
Berat Tanah Kering (Ws)	Gram	20				
Berat Labu Ukur + Air + Tanah (W1)	Gram	143.8	144.6	144.9	145.2	145.3
Suhu	(°C)	70	65	59	53	51
Berat Labu Ukur + Air (W2)	Gram	131.7	132.0	132.4	132.8	132.9
Berat Jenis Air (Gt)	gram/cm ³	0.978	0.981	0.984	0.986	0.988
Berat Jenis Tanah (Gs)	gram/cm ³	2.459	2.636	2.631	2.599	2.620
Rata-rata Berat Jenis	gram/cm³	2.589				

Labu Ukur	Satuan	Tanah				
Kode Sampel	-	6				
Kode Labu	-	C				
Berat Tanah Kering (Ws)	Gram	20				
Berat Labu Ukur + Air + Tanah (W1)	Gram	144.0	144.6	144.9	145.1	145.3
Suhu	(°C)	73	64	59	55	51
Berat Labu Ukur + Air (W2)	Gram	131.5	132.1	132.4	132.6	132.8
Berat Jenis Air (Gt)	gram/cm ³	0.976	0.981	0.984	0.986	0.988
Berat Jenis Tanah (Gs)	gram/cm ³	2.573	2.615	2.635	2.640	2.622
Rata-rata Berat Jenis	gram/cm³	2.617				



Labu Ukur	Satuan	Tanah				
Kode Sampel	-	7				
Kode Labu	-	B				
Berat Tanah Kering (Ws)	Gram	20				
Berat Labu Ukur + Air + Tanah (W1)	Gram	146.5	147.1	147.4	147.6	147.3
Suhu	(°C)	74	63	59	55	50
Berat Labu Ukur + Air (W2)	Gram	134.1	134.7	135.0	135.2	135.5
Berat Jenis Air (Gt)	gram/cm ³	0.976	0.982	0.984	0.986	0.988
Berat Jenis Tanah (Gs)	gram/cm ³	2.578	2.555	2.589	2.590	2.400
Rata-rata Berat Jenis	gram/cm³	2.542				

Labu Ukur	Satuan	Tanah				
Kode Sampel	-	8				
Kode Labu	-	D				
Berat Tanah Kering (Ws)	Gram	20				
Berat Labu Ukur + Air + Tanah (W1)	Gram	144.5	145.1	145.4	145.6	145.8
Suhu	(°C)	77	61	57	54	53
Berat Labu Ukur + Air (W2)	Gram	132.0	133.0	133.2	133.4	133.5
Berat Jenis Air (Gt)	gram/cm ³	0.974	0.983	0.985	0.986	0.986
Berat Jenis Tanah (Gs)	gram/cm ³	2.587	2.477	2.498	2.516	2.564
Rata-rata Berat Jenis	gram/cm³	2.529				

Labu Ukur	Satuan	Tanah				
Kode Sampel	-	9				
Kode Labu	-	E				
Berat Tanah Kering (Ws)	Gram	20				
Berat Labu Ukur + Air + Tanah (W1)	Gram	152.5	153.0	153.3	153.5	153.7
Suhu	(°C)	79	69	58	52	49
Berat Labu Ukur + Air (W2)	Gram	139.4	140.0	140.7	141.1	141.3
Berat Jenis Air (Gt)	gram/cm ³	0.972	0.978	0.984	0.987	0.989
Berat Jenis Tanah (Gs)	gram/cm ³	2.821	2.779	2.637	2.594	2.587
Rata-rata Berat Jenis	gram/cm³	2.684				

Lampiran 3. Hasil Uji Hidrometer

Titik 1										
Waktu (menit)	Suhu (°C)	Pembacaan Hidrometer	Pemb, Terkoreksi	Koreksi Suhu	R	Kalibrasi	Diameter	Finner	Persentase Finner	Prosentasi mengendap terhadap contoh
0	25	1.0290	1.0300	0.01397	30	2.138	0.0000	-3.434	103.434	101.121
0,5	25	1.0260	1.0270	0.01397	27	3.024	0.0344	6.910	93.090	91.009
1	25	1.0250	1.0260	0.01397	26	3.320	0.0255	10.358	89.642	87.638
2	25	1.0240	1.0250	0.01397	25	3.615	0.0188	13.805	86.195	84.267

Titik 1										
Waktu (menit)	Suhu (°C)	Pembacaan Hidrometer	Pemb, Terkoreksi	Koreksi Suhu	R	Kalibrasi	Diameter	Finner	Persentase Finner	Prosentasi mengendap terhadap contoh
15	25	1.0130	1.0140	0.01397	14	6.864	0.0095	51.731	48.269	47.190
30	25	1.0100	1.0110	0.01397	11	7.751	0.0071	62.074	37.926	37.078
60	25	1.0060	1.0070	0.01397	7	8.932	0.0054	75.866	24.134	23.595
120	25	1.0050	1.0060	0.01397	6	9.228	0.0039	79.313	20.687	20.224
1440	25	1.0050	1.0060	0.01397	6	9.228	0.0011	79.313	20.687	20.224

Titik 2										
Waktu (menit)	Suhu (°C)	Pembacaan Hidrometer	Pemb, Terkoreksi	Koreksi Suhu	R	Kalibrasi	Diameter	Finner	Persentase Finner	Prosentasi mengendap terhadap contoh
0	26	1.0280	1.0290	0.01355	29	2.433	0.0000	0.951	99.049	96.767
0,5	26	1.0260	1.0270	0.01355	27	3.024	0.0333	7.782	92.218	90.094
1	26	1.0250	1.0260	0.01355	26	3.320	0.0247	11.197	88.803	86.757
2	26	1.0230	1.0240	0.01355	24	3.910	0.0189	18.028	81.972	80.083
15	26	1.0150	1.0160	0.01355	16	6.274	0.0088	45.352	54.648	53.389
30	26	1.0110	1.0120	0.01355	12	7.455	0.0068	59.014	40.986	40.042
60	26	1.0060	1.0070	0.01355	7	8.932	0.0052	76.092	23.908	23.358
120	26	1.0050	1.0060	0.01355	6	9.228	0.0038	79.507	20.493	20.021
1440	26	1.0050	1.0060	0.01355	6	9.228	0.0011	79.507	20.493	20.021

Titik 3										
Waktu (menit)	Suhu (°C)	Pembacaan Hidrometer	Pemb, Terkoreksi	Koreksi Suhu	R	Kalibrasi	Diameter	Finner	Persentase Finner	Prosentasi mengendap terhadap contoh
0	25	1.0270	1.0280	0.01371	28	2.729	0.0000	5.285	94.715	89.438
0,5	25	1.0250	1.0260	0.01371	26	3.320	0.0353	12.051	87.949	83.049
1	25	1.0230	1.0240	0.01371	24	3.910	0.0271	18.816	81.184	76.661
2	25	1.0220	1.0230	0.01371	23	4.206	0.0199	22.199	77.801	73.467
15	25	1.0160	1.0170	0.01371	17	5.978	0.0087	42.495	57.505	54.302
30	25	1.0120	1.0130	0.01371	13	7.160	0.0067	56.025	43.975	41.525
60	25	1.0060	1.0070	0.01371	7	8.932	0.0053	76.321	23.679	22.359
120	25	1.0050	1.0060	0.01371	6	9.228	0.0038	79.704	20.296	19.165
1440	25	1.0050	1.0060	0.01371	6	9.228	0.0011	79.704	20.296	19.165

Titik 4										
Waktu (menit)	Suhu (°C)	Pembacaan Hidrometer	Pemb, Terkoreksi	Koreksi Suhu	R	Kalibrasi	Diameter	Finner	Persentase Finner	Prosentasi mengendap terhadap contoh
0	25	1.0260	1.0270	0.01315	27	3.024	0.0000	11.997	88.003	65.992
0,5	25	1.0150	1.0160	0.01315	16	6.274	0.0466	47.850	52.150	39.106



Titik 4										
Waktu (menit)	Suhu (°C)	Pembacaan Hidrometer	Pemb, Terkoreksi	Koreksi Suhu	R	Kalibrasi	Diameter	Finner	Persentase Finner	Prosentasi mengendap terhadap contoh
1	25	1.0130	1.0140	0.01315	14	6.864	0.0344	54.369	45.631	34.218
2	25	1.0110	1.0120	0.01315	12	7.455	0.0254	60.887	39.113	29.330
15	25	1.0070	1.0080	0.01315	8	8.637	0.0100	73.925	26.075	19.553
30	25	1.0060	1.0070	0.01315	7	8.932	0.0072	77.184	22.816	17.109
60	25	1.0060	1.0070	0.01315	7	8.932	0.0051	77.184	22.816	17.109
120	25	1.0060	1.0070	0.01315	7	8.932	0.0036	77.184	22.816	17.109
1440	25	1.0060	1.0070	0.01315	7	8.932	0.0010	77.184	22.816	17.109

Titik 5										
Waktu (menit)	Suhu (°C)	Pembacaan Hidrometer	Pemb, Terkoreksi	Koreksi Suhu	R	Kalibrasi	Diameter	Finner	Persentase Finner	Prosentasi mengendap terhadap contoh
0	28	1.0270	1.0280	0.01260	28	2.729	0.0000	8.761	91.239	81.111
0,5	28	1.0220	1.0230	0.01260	23	4.206	0.0366	25.054	74.946	66.627
1	28	1.0200	1.0210	0.01260	21	4.797	0.0276	31.571	68.429	60.833
2	28	1.0180	1.0190	0.01260	19	5.387	0.0207	38.088	61.912	55.040
15	28	1.0120	1.0130	0.01260	13	7.160	0.0087	57.639	42.361	37.659
30	28	1.0080	1.0090	0.01260	9	8.341	0.0066	70.673	29.327	26.071
60	28	1.0050	1.0060	0.01260	6	9.228	0.0049	80.449	19.551	17.381
120	28	1.0050	1.0060	0.01260	6	9.228	0.0035	80.449	19.551	17.381
1440	28	1.0050	1.0060	0.01260	6	9.228	0.0010	80.449	19.551	17.381

Titik 6										
Waktu (menit)	Suhu (°C)	Pembacaan Hidrometer	Pemb, Terkoreksi	Koreksi Suhu	R	Kalibrasi	Diameter	Finner	Persentase Finner	Prosentasi mengendap terhadap contoh
0	26	1.0300	1.0310	0.01273	31	1.843	0.0000	-0.345	100.345	83.871
0,5	26	1.0260	1.0270	0.01273	27	3.024	0.0313	12.603	87.397	73.049
1	26	1.0200	1.0210	0.01273	21	4.797	0.0279	32.024	67.976	56.816
2	26	1.0170	1.0180	0.01273	18	5.683	0.0215	41.735	58.265	48.699
15	26	1.0100	1.0110	0.01273	11	7.751	0.0092	64.394	35.606	29.761
30	26	1.0080	1.0090	0.01273	9	8.341	0.0067	70.868	29.132	24.350
60	26	1.0050	1.0060	0.01273	6	9.228	0.0050	80.578	19.422	16.233
120	26	1.0050	1.0060	0.01273	6	9.228	0.0035	80.578	19.422	16.233
1440	26	1.0050	1.0060	0.01273	6	9.228	0.0010	80.578	19.422	16.233

Titik 7										
Waktu (menit)	Suhu (°C)	Pembacaan Hidrometer	Pemb, Terkoreksi	Koreksi Suhu	R	Kalibrasi	Diameter	Finner	Persentase Finner	Prosentasi mengendap terhadap contoh
0	25	1.0300	1.0310	0.01333	31	1.843	0.0000	-2.197	102.197	92.684



Titik 7

Waktu (menit)	Suhu (°C)	Pembacaan Hidrometer	Pemb, Terkoreksi	Koreksi Suhu	R	Kalibrasi	Diameter	Finner	Persentase Finner	Prosentasi mengendap terhadap contoh
0,5	25	1.0220	1.0230	0.01333	23	4.206	0.0387	24.177	75.823	68.766
1	25	1.0200	1.0210	0.01333	21	4.797	0.0292	30.770	69.230	62.786
2	25	1.0150	1.0160	0.01333	16	6.274	0.0236	47.253	52.747	47.837
15	25	1.0100	1.0110	0.01333	11	7.751	0.0096	63.737	36.263	32.888
30	25	1.0080	1.0090	0.01333	9	8.341	0.0070	70.330	29.670	26.908
60	25	1.0060	1.0070	0.01333	7	8.932	0.0051	76.923	23.077	20.929
120	25	1.0050	1.0060	0.01333	6	9.228	0.0037	80.220	19.780	17.939
1440	25	1.0040	1.0050	0.01333	5	9.523	0.0011	83.517	16.483	14.949

Titik 8

Waktu (menit)	Suhu (°C)	Pembacaan Hidrometer	Pemb, Terkoreksi	Koreksi Suhu	R	Kalibrasi	Diameter	Finner	Persentase Finner	Prosentasi mengendap terhadap contoh
0	25	1.0290	1.0300	0.01339	30	2.138	0.0000	0.746	99.254	95.629
0,5	25	1.0240	1.0250	0.01339	25	3.615	0.0360	17.288	82.712	79.691
1	25	1.0230	1.0240	0.01339	24	3.910	0.0265	20.597	79.403	76.503
2	25	1.0210	1.0220	0.01339	22	4.501	0.0201	27.214	72.786	70.128
15	25	1.0140	1.0150	0.01339	15	6.569	0.0089	50.373	49.627	47.815
30	25	1.0120	1.0130	0.01339	13	7.160	0.0065	56.990	43.010	41.439
60	25	1.0060	1.0070	0.01339	7	8.932	0.0052	76.841	23.159	22.313
120	25	1.0050	1.0060	0.01339	6	9.228	0.0037	80.149	19.851	19.126
1440	25	1.0040	1.0050	0.01339	5	9.523	0.0011	83.458	16.542	15.938

Titik 9

Waktu (menit)	Suhu (°C)	Pembacaan Hidrometer	Pemb, Terkoreksi	Koreksi Suhu	R	Kalibrasi	Diameter	Finner	Persentase Finner	Prosentasi mengendap terhadap contoh
0	26	1.0280	1.0290	0.01247	29	2.433	0.0000	7.551	92.449	88.370
0,5	26	1.0260	1.0270	0.01247	27	3.024	0.0307	13.927	86.073	82.276
1	26	1.0220	1.0230	0.01247	23	4.206	0.0256	26.678	73.322	70.087
2	26	1.0210	1.0220	0.01247	22	4.501	0.0187	29.866	70.134	67.040
15	26	1.0150	1.0160	0.01247	16	6.274	0.0081	48.994	51.006	48.756
30	26	1.0120	1.0130	0.01247	13	7.160	0.0061	58.557	41.443	39.614
60	26	1.0060	1.0070	0.01247	7	8.932	0.0048	77.685	22.315	21.331
120	26	1.0050	1.0060	0.01247	6	9.228	0.0035	80.873	19.127	18.284
1440	26	1.0050	1.0060	0.01247	6	9.228	0.0010	80.873	19.127	18.284



Lampiran 4. Prosentase Ukuran Butir

Titik 1				
No. Saringan	Berat tertahan saringan (gr)	Jumlah tertahan (gr)	% Tertahan saringan	% Lolos saringan
4	0.000	0.000	0.000	100.000
10	0.000	0.000	0.000	100.000
20	0.000	0.000	0.000	100.000
30	0.000	0.000	0.000	100.000
40	0.000	0.000	0.000	100.000
60	0.406	0.406	0.812	99.188
100	0.148	0.554	1.108	98.892
200	0.564	1.118	2.236	97.764
Pan	48.882	50.000	100.000	0.000

Titik 2				
No. Saringan	Berat tertahan saringan (gr)	Jumlah tertahan (gr)	% Tertahan saringan	% Lolos saringan
4	0.000	0.000	0.000	100.000
10	0.000	0.000	0.000	100.000
20	0.000	0.000	0.000	100.000
30	0.000	0.000	0.000	100.000
40	0.000	0.000	0.000	100.000
60	0.214	0.214	0.428	99.572
100	0.263	0.477	0.954	99.046
200	0.675	1.152	2.304	97.696
Pan	48.848	50.000	100.000	0.000

Titik 3				
No. Saringan	Berat tertahan saringan (gr)	Jumlah tertahan (gr)	% Tertahan saringan	% Lolos saringan
4	0.000	0.000	0.000	100.000
10	0.000	0.000	0.000	100.000
20	0.000	0.000	0.000	100.000
30	0.000	0.000	0.000	100.000
40	0.000	0.000	0.000	100.000
60	1.697	1.697	3.394	96.606
100	0.355	2.052	4.103	95.897
200	0.734	2.786	5.571	94.429
Pan	47.214	50.000	100.000	0.000

Titik 4

No. Saringan	Berat tertahan saringan (gr)	Jumlah tertahan (gr)	% Tertahan saringan	% Lolos saringan
4	0.000	0.000	0.000	100.000
10	0.000	0.000	0.000	100.000
20	0.000	0.000	0.000	100.000
30	0.000	0.000	0.000	100.000
40	0.000	0.000	0.000	100.000
60	0.138	0.138	0.276	99.724
100	0.327	0.465	0.930	99.070
200	0.689	1.154	2.308	97.692
Pan	48.846	50.000	100.000	0.000

Titik 5

No. Saringan	Berat tertahan saringan (gr)	Jumlah tertahan (gr)	% Tertahan saringan	% Lolos saringan
4	0.000	0.000	0.000	100.000
10	0.000	0.000	0.000	100.000
20	0.000	0.000	0.000	100.000
30	0.000	0.000	0.000	100.000
40	0.000	0.000	0.000	100.000
60	0.489	0.489	0.978	99.022
100	0.748	1.237	2.474	97.526
200	4.313	5.550	11.100	88.900
Pan	44.450	50.000	100.000	0.000

Titik 6

No. Saringan	Berat tertahan saringan (gr)	Jumlah tertahan (gr)	% Tertahan saringan	% Lolos saringan
4	0.000	0.000	0.000	100.000
10	0.000	0.000	0.000	100.000
20	0.000	0.000	0.000	100.000
30	0.000	0.000	0.000	100.000
40	0.000	0.000	0.000	100.000
60	1.106	1.106	2.212	97.788
100	1.303	2.409	4.818	95.182
200	5.800	8.209	16.418	83.582
Pan	41.791	50.000	100.000	0.000

Titik 7

No. Saringan	Berat tertahan saringan (gr)	Jumlah tertahan (gr)	% Tertahan saringan	% Lolos saringan
4	0.000	0.000	0.000	100.000
10	0.000	0.000	0.000	100.000
20	0.000	0.000	0.000	100.000
30	0.000	0.000	0.000	100.000
40	0.000	0.000	0.000	100.000
60	0.263	0.263	0.526	99.474
100	2.594	2.857	5.714	94.286
200	1.797	4.654	9.308	90.692
Pan	45.346	50.000	100.000	0.000

Titik 8

No. Saringan	Berat tertahan saringan (gr)	Jumlah tertahan (gr)	% Tertahan saringan	% Lolos saringan
4	0.000	0.000	0.000	100.000
10	0.000	0.000	0.000	100.000
20	0.000	0.000	0.000	100.000
30	0.000	0.000	0.000	100.000
40	0.000	0.000	0.000	100.000
60	0.258	0.258	0.516	99.484
100	0.394	0.652	1.304	98.696
200	1.174	1.826	3.652	96.348
Pan	48.174	50.000	100.000	0.000

Titik 9

No. Saringan	Berat tertahan saringan (gr)	Jumlah tertahan (gr)	% Tertahan saringan	% Lolos saringan
4	0.000	0.000	0.000	100.000
10	0.000	0.000	0.000	100.000
20	0.000	0.000	0.000	100.000
30	0.000	0.000	0.000	100.000
40	0.000	0.000	0.000	100.000
60	0.268	0.268	0.536	99.464
100	0.574	0.842	1.684	98.316
200	1.364	2.206	4.412	95.588
Pan	47.794	50.000	100.000	0.000



Lampiran 5. Dokumentasi Pengambilan Data Lapangan



Gambaran Lokasi



Mengambil sedimen menggunakan Ekman Grab



Mengukur kecepatan dan arah arus



Mengukur Tinggi, Periode, Arah Gelombang, dan Kemiringan

Lampiran 6. Dokumentasi Uji Sedimen di Laboratorium



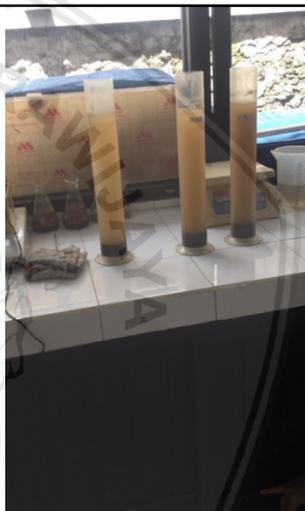
Memasukan sedimen ke dalam oven



Pemanasan picnometer di atas kompor pemanas sebagai kalibrasi picnometer



Penimbangan berat sedimen untuk perhitungan massa jenis



Membuat larutan untuk Uji Hidrometer



Mengamati pelampung hidro