

**ANALISIS PERUBAHAN GARIS PANTAI DI KABUPATEN MALANG
MENGUNAKAN METODE *DIGITAL SHORELINE ANALYSIS SYSTEM*
(DSAS)**

SKRIPSI

Oleh:
DANIEL ALLEGRIO
NIM.155080601111008



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

**ANALISIS PERUBAHAN GARIS PANTAI DI KABUPATEN MALANG
MENGUNAKAN METODE *DIGITAL SHORELINE ANALYSIS SYSTEM*
(DSAS)**

SKRIPSI

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

**Oleh:
DANIEL ALLEGRIO
NIM.155080601111008**



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

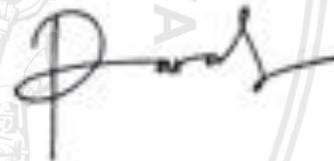
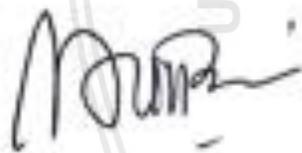
SKRIPSI

**ANALISIS PERUBAHAN GARIS PANTAI DI KABUPATEN MALANG
MENGUNAKAN METODE *DIGITAL SHORELINE ANALYSIS SYSTEM*
(DSAS)**

Oleh:
DANIEL ALLEGRIO
NIM.155080601111008

Menyetujui,
Dosen Pembimbing 1

Dosen Pembimbing 2



Nurin Hidayati, ST., M.Sc
NIP. 19781102 200502 2 001
Tanggal:

Rarasrum Dyah K., S. Kel., M.Si., M.Sc
NIP. 2013048609152001
Tanggal:

Mengetahui,
Ketua Jurusan Perencanaan Sumberdaya
Perikanan dan Kelautan



Dr. Eng Abu Bakar Sambah, S.PI., MT
NIP. 19780717 200502 1 004
Tanggal: 23 DEC 2019

UCAPAN TERIMA KASIH

Atas selesainya penulisan usulan, Penulis meyampaikan ucapan terimakasih kepada:

1. Tuhan Yesus Kristus yang telah memberikan anugrah dan berkat kepada penulis saat proses menyelesaikan skripsi.
2. Orang tua penulis yang selalu memberikan doa, semangat, motivasi, kepercayaan, dan dukungan kepada penulis selama proses pengerjaan skripsi. Serta kepada Uda Oscar, Tante Ratu, dan Uda Romel yang selalu memberikan motivasi, dukungan, dan arahan kepada penulis.
3. Ibu Nurin Hidayati, ST., M.Sc dan Ibu Rarasrum Dyah Kasitowati, S.Kel., M.Si., M.Sc selaku dosen pembimbing yang selalu memberikan bimbingan, arahan, saran, motivasi, dan pembelajaran kepada penulis.
4. Otniel dan Cleo yang telah menemani penulis selama melakukan verifikasi lapang.
5. Papang, Gita, Nimas, Marct, Dimas, Eca, dan teman-teman dari Laskar Dunamis yang telah memberikan semangat kepada penulis.
6. Keluarga PMK Immanuel dan KMKK yang telah memberikan doa, dukungan, dan motivasi kepada penulis.
7. Pakde, Jaka, Bray, Cacing, Reja, dan semua teman-teman dari Marson Fams yang selalu membuat hiburan kepada penulis.
8. Seluruh teman-teman dari Ilmu Kelautan 2015 (Polaris) yang selalu mendukung selama penelitian berlangsung.

RINGKASAN

Daniel Allegrio. Skripsi tentang Analisis Perubahan Garis Pantai di Kabupaten Malang Menggunakan Metode *Digital Shoreline Analysis System* (DSAS) (dibawah bimbingan: **Nurin Hidayati, ST., M.Sc** dan **Rarasrum Dyah Kasitowati, S.Kel., M.Si., M.Sc**).

Garis pantai merupakan garis pembatas antara daratan dan lautan yang letaknya berubah-ubah. Pantai mendapatkan interaksi langsung dengan gelombang dan arus laut yang mempengaruhi kondisi fisik pantai yaitu perubahan garis pantai. Lingkungan pantai dapat mengalami perubahan dalam rentang waktu yang berbeda baik secara lambat hingga cepat. Perubahan garis pantai disebabkan oleh faktor hidrooseanografi, dan juga aktivitas antropogenik menyebabkan perubahan garis pantai berubah semakin maju (akresi) dan mengalami mundurnya garis pantai (abrasi). Pemantauan perubahan garis pantai bertujuan untuk mengetahui proses dinamika pantai dan kondisi lingkungan yang mempengaruhinya. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui jarak dan laju perubahan garis pantai tahun 2004-2019 pada musim barat dan timur, dan mengetahui prediksi perubahan garis pantai dalam 30 tahun yang akan datang. Penelitian ini dilaksanakan di Kabupaten Malang, Jawa Timur. Penelitian dilakukan pada bulan Juli hingga September 2019. Pemantauan perubahan garis pantai dilakukan menggunakan aplikasi yaitu *Digital Shoreline Analysis System* (DSAS) dengan metode perhitungan *Net Shoreline Movement* (NSM) dan *End Point Rate* (EPR).

Lokasi penelitian ini berada di Kabupaten Malang yang terbagi menjadi 6 kecamatan. Penelitian ini membagi menjadi 3 wilayah yang pada tiap wilayah terdapat 2 kecamatan. Pemantauan perubahan garis pantai pada musim barat dilakukan dengan rentang waktu 4 tahun menggunakan data citra satelit Landsat tahun 2004, 2008, 2012, 2016, dan 2019. Pada musim timur dilakukan dengan rentang waktu 3 tahun menggunakan data citra satelit Landsat tahun 2004, 2007, 2010, 2013, 2016, dan 2019. Pengambilan data primer dilakukan pada tanggal 20 dan 22 Oktober 2019 yaitu pengambilan dokumentasi lapang dan kegiatan wawancara.

Garis pantai di Kabupaten Malang dalam kurun waktu selama 15 tahun yaitu tahun 2004-2019 mengalami akresi dan abrasi. Pada musim barat, rata-rata akresi tertinggi terdapat pada Wilayah A dengan nilai rata-rata jarak sebesar 81,99 m dan rata-rata abrasi tertinggi terdapat pada Wilayah C dengan rata-rata jarak sebesar -60,62 m. Pada musim timur, nilai rata-rata akresi tertinggi terdapat di Wilayah A dengan nilai rata-rata jarak sebesar 80,02 m dan nilai abrasi tertinggi terdapat di Wilayah B dengan nilai rata-rata jarak sebesar -19,77 m. Pada wilayah A merupakan nilai rata-rata laju akresi dan abrasi tertinggi. Rata-rata laju akresi sebesar 5,45 m/tahun dan rata-rata laju abrasi sebesar -3,91 m/tahun. Rata-rata nilai prediksi laju akresi tertinggi terdapat pada Wilayah C dengan nilai 3,2 m/tahun dan rata-rata nilai prediksi laju abrasi tertinggi pada Wilayah A dengan nilai laju sebesar -2,37 m/tahun.



KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa karena atas berkat dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “**Analisis Perubahan Garis Pantai di Kabupaten Malang Menggunakan Metode *Digital Shoreline Analysis System (DSAS)***”.

Laporan ini diharapkan dapat menjadi pegangan dalam kegiatan penelitian sekaligus menambah wawasan dan informasi mengenai perubahan garis pantai di Pantai Kabupaten Malang baik dalam penambahan maupun pengurangan garis pantai.

Penulis menyadari bahwa penulisan laporan ini tidak lepas dari kekurangan. Harapan penulis dalam pemberian kritik dan saran yang membangun agar lebih baik dan semoga laporan ini bisa bermanfaat bagi semua pihak.

Malang, September 2019

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
UCAPAN TERIMA KASIH.....	i
RINGKASAN	ii
KATA PENGANTAR.....	iii
DAFTAR ISI.....	iv
DAFTAR GAMBAR.....	vi
DAFTAR TABEL.....	vii
DAFTAR LAMPIRAN	viii
BAB I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	4
1.4 Manfaat Penelitian.....	4
1.5 Tempat dan Jadwal Pelaksanaan.....	4
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Definisi Pantai	5
2.2 Garis Pantai.....	6
2.3 Perubahan Garis Pantai	6
2.4 Pasang Surut.....	7
2.5 Abrasi.....	8
2.6 Akresi	8
2.7 Pembagian Musim di Indonesia.....	9
2.7.1 Musim Barat	9
2.7.2 Musim Peralihan I.....	10
2.7.3 Musim Timur.....	11
2.7.4 Musim Peralihan II.....	11
2.8 <i>Digital Shoreline Analysis System (DSAS)</i>	12
2.9 Landsat	13
BAB III. METODE PENELITIAN.....	15
3.1 Waktu dan Lokasi Penelitian.....	15
3.2 Alat dan Bahan Penelitian	16
3.2.1 Alat Penelitian	16
3.2.2 Bahan Penelitian	17
3.3 Pengumpulan Data.....	18
3.3.1 Peta Rupa Bumi Indonesia	18



3.3.2	Pasang Surut.....	18
3.3.3	Citra Satelit Landsat	19
3.3.4	Verifikasi Lapang.....	20
3.4	Pengolahan Data.....	20
3.4.1	Citra Satelit.....	20
3.4.2	Perubahan Garis Pantai	22
3.4.3	Prediksi Perubahan Garis Pantai.....	25
3.5	Analisis Data	26
3.6	Alur Penelitian	27
BAB IV.	HASIL DAN PEMBAHASAN.....	29
4.1	Gambaran Umum Lokasi Peneltian	29
4.2	Pasang Surut.....	30
4.2.1	Musim Barat	30
4.2.2	Musim Timur.....	33
4.3	Perubahan Garis Pantai	35
4.3.1	Musim Barat	35
4.3.2	Musim Timur.....	40
4.3.3	Laju Perubahan Garis Pantai.....	46
4.4	Verifikasi Lapang	46
4.4.1	Pantai Wonogoro.....	47
4.4.2	Pantai Teluk Asmara	48
4.4.3	Pantai Klatakan	50
4.4.4	Pelabuhan Sendang Biru.....	51
4.5	Prediksi Perubahan Garis Pantai.....	52
BAB V.	PENUTUP.....	54
5.1	Kesimpulan.....	54
5.2	Saran.....	55
DAFTAR PUSTAKA.....		56
LAMPIRAN		59



DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1. Komponen Parameter DSAS	13
Gambar 2. Peta Lokasi Penelitian.....	15
Gambar 3. Letak <i>Baseline</i> dan Transek Wilayah A.....	23
Gambar 4. Letak <i>Baseline</i> dan Transek Wilayah B.....	24
Gambar 5. Letak <i>Baseline</i> dan Transek Wilayah C.....	24
Gambar 6. Alur Penelitian.....	28
Gambar 7. Peta Perubahan Garis Pantai Tahun 2004-2019 Musim Barat.....	37
Gambar 8. Peta Perubahan Garis Pantai Tahun 2004-2019 Musim Barat Pada Wilayah A (a) Daerah Akresi Tertinggi (b) Daerah Abrasi Tertinggi	38
Gambar 9. Peta Perubahan Garis Pantai Tahun 2004-2019 Musim Barat Pada Wilayah B (a) Daerah Akresi Tertinggi (b) Daerah Abrasi Tertinggi	38
Gambar 10. Peta Perubahan Garis Pantai Tahun 2004-2019 Musim Barat Pada Wilayah C (a) Daerah Akresi Tertinggi (b) Daerah Abrasi Tertinggi	39
Gambar 11. Peta Perubahan Garis Pantai Tahun 2004-2019 Musim Timur	42
Gambar 12. Peta Perubahan Garis Pantai Tahun 2004-2019 Musim Timur Pada Wilayah A (a) Daerah Akresi Tertinggi (b) Daerah Abrasi Tertinggi	43
Gambar 13. Peta Perubahan Garis Pantai Tahun 2004-2019 Musim Timur Pada Wilayah B (a) Daerah Akresi Tertinggi (b) Daerah Abrasi Tertinggi	43
Gambar 14. Peta Perubahan Garis Pantai Tahun 2004-2019 Musim Timur Pada Wilayah C (a) Daerah Akresi Tertinggi (b) Daerah Abrasi Tertinggi	44
Gambar 15. Peta Lokasi Verifikasi Lapang	47
Gambar 16. Dokumentasi Pantai Wonogoro (a) Lebar Pantai (b) Sedimen Pantai (c) Gelombang Pantai (d) Vegetasi Pantai.....	48
Gambar 17. Dokumentasi Pantai Teluk Asmara (a) Tampak Sedimen Pantai (b) Garis Pantai (c) Vegetasi Pantai (d) Tampak Depan Pantai.....	49
Gambar 18. Dokumentasi Pantai Klatakan (a) Gelombang Pantai (b) Sedimen Pantai (c) Dampak Longsoran Tanah (d) Kapal-Kapal Nelayan Sekitar	51
Gambar 19. Pelabuhan Sendang Biru (a) Sedimen Pantai (b) Bangunan Berdiri Di Atas Daerah Reklamasi (c) Area Pantai Sebelum Pengerukan (d) Kapal-Kapal Nelayan	52



DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1. Pembagian Wilayah Penelitian.....	16
Tabel 2. Alat Penelitian.....	17
Tabel 3. Bahan Penelitian.....	17
Tabel 4. Data Citra Landsat Musim Barat	19
Tabel 5. Data Citra Landsat Musim Timur.....	19
Tabel 6. Pasang Surut Musim Barat	31
Tabel 7. Grafik Pasang Surut Pada Musim Barat.....	31
Tabel 8. Pasang Surut Musim Timur.....	33
Tabel 9. Grafik Pasang Surut Pada Musim Timur	34
Tabel 10. Hasil Perhitungan Nilai NSM Musim Barat	40
Tabel 11. Hasil Perhitungan Nilai NSM Tahun 2004-2019	45
Tabel 12. Prediksi Perubahan Garis Pantai	53



DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1. Contoh Data Perubahan Garis Pantai	59
Lampiran 2. Peta Perubahan Garis Pantai Musim Barat.....	60
Lampiran 3. Peta Perubahan Garis Pantai Musim Timur	62
Lampiran 4. Wawancara Masyarakat Sekitar.....	65
Lampiran 5. Daftar Pertanyaan Wawancara	65



BAB I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pantai merupakan sebuah bentuk geografis yang memiliki material pantai seperti pasir, lumpur, batuan, dan bahan organik yang terdapat di daerah pesisir laut. Daerah pantai menjadi batas antara daratan dan perairan laut. Pantai terbentuk karena adanya gelombang yang menghantam tepi pantai sehingga mengalami pengikisan dan menyebabkan perubahan bentuk garis pantai. Garis pantai merupakan salah satu penciri dari tipologi pantai dan perubahan garis pantai dapat berbeda antara satu dengan yang lain akibat perbedaan material pantai. Material pantai terdiri dari batuan padat, lumpur, pasir dan bahan organik dari terumbu karang yang sangat berpengaruh terhadap perubahan garis pantai. Sehingga dengan melihat material pantai mampu memprediksi seberapa besar perubahan pantainya. Material daerah pantai perlu diketahui untuk memantau penambahan dan pengurangan luas wilayah pantai. Perubahan garis pantai dapat terjadi secara lambat atau cepat tergantung pada daya imbang antara topografi, material pantai, gelombang, pasang surut, arus dan angin (Prayitno dan Bachrodin, 2015).

Secara administratif pantai di Kabupaten Malang terletak pada bagian selatan Kota Malang yang dikenal dengan pantai malang selatan. Daerah Malang selatan terdiri dari beberapa pantai dengan jumlah kurang lebih 10 pantai yang sudah diberi nama. Pantai-pantai di Kabupaten Malang ini masih belum dikenal banyak masyarakat karena letaknya terpencil dan jarang sekali dikunjungi oleh wisatawan. Dari Kota Malang, pantai ini berjarak sekitar 60 km dan dapat ditempuh sekitar 3 jam perjalanan dengan kendaraan bermotor. Pada tahun 2016, pemerintah telah membuat Jalur Lintas Selatan (JLS) di Kabupaten Malang. Jalur

tersebut memiliki panjang sekitar 24 km dan lebar sekitar 8 meter. Jalur Lintas Selatan tersebut juga sebagai jalur penghubung antara satu pantai dengan pantai lainnya sehingga memudahkan wisatawan lokal atau asing untuk mengakses pantai-pantai yang berada di Kabupaten Malang (Nugroho, 2016).

Bentuk pantai di Kabupaten Malang memiliki sifat yang dinamis. Hal tersebut kemungkinan dikarenakan letak pantai Kabupaten Malang berhadapan langsung dengan Samudra Hindia yang menyebabkan pantai Kabupaten Malang memiliki gelombang yang cukup tinggi dan menerjang sedimen yang berada di tepi pantai. Berdasarkan bentuk tersebut, pantai di Kabupaten Malang dapat diukur perubahan garis pantainya baik abrasi ataupun akresi dengan metode *Digital Shoreline Analysis System* (DSAS). *Digital Shoreline Analysis System* merupakan suatu perangkat lunak tambahan yang bekerja pada perangkat lunak *ArcGIS* dan dikembangkan oleh ESRI dan USGS yang dapat diperoleh secara gratis. *Digital Shoreline Analysis System* digunakan untuk menghitung perubahan posisi garis pantai berdasarkan waktu secara statistik dan berbasis geospasial. DSAS menggunakan titik sebagai acuan pengukuran, dimana titik dihasilkan dari perpotongan antara garis transek yang dibuat oleh pengguna dengan garis pantai dalam waktu yang berbeda. Selain itu, metode DSAS memiliki keunggulan yaitu dapat menggambarkan bentuk perubahan garis pantai dan dapat menghitung jarak dan laju perubahan garis pantai sehingga pergerakan total garis pantai dapat diketahui pada setiap bentuknya. Oleh sebab itu, metode DSAS dapat digunakan dalam perhitungan perubahan garis pantai di Kabupaten Malang (Istiqomah *et al.*, 2016).

Keberadaan garis pantai sangat penting, di antaranya untuk kegiatan perencanaan pembangunan dan perlindungan wilayah pesisir. Salah satu wilayah pesisir yang mengalami proses perubahan garis pantai adalah Kabupaten Malang,

Jawa Timur, karena banyak mengalami abrasi dan akresi. Pesisir Kabupaten Malang yang berhadapan langsung dengan Samudra Hindia menyebabkan wilayah tersebut dilalui oleh arus yang mengalir dari arah barat atau timur (tergantung dari arah angin bertiup pada musim barat dan musim timur) pada tiap tahunnya. Iklim pada musim barat dan timur sangat mempengaruhi kestabilan garis pantai di daerah tersebut. Hal ini ditandai oleh proses abrasi gelombang dan sedimentasi yang terjadi di sejumlah tempat. Endapan sedimen di sekitar muara sungai yang terlihat pada saat surut, menjadi bukti adanya sedimen yang dipasok dari darat terutama terjadi pada periode musim hujan. Proses abrasi pantai diantaranya akibat abrasi gelombang pada dua musim, yaitu musim barat dan musim timur yang ditandai dengan abrasi pantai di Kabupaten Malang. Proses abrasi tersebut merupakan indikasi adanya aktifitas gelombang yang memicu arus sejajar pantai bergerak dengan memasok sedimen ke beberapa lokasi. Faktor inilah yang mengakibatkan perubahan terhadap garis pantai di beberapa pesisir Kabupaten Malang (Illahude dan Usman, 2009). Oleh karena itu, diperlukan perhatian lebih untuk mengetahui lokasi pesisir yang mengalami perubahan garis pantai, salah satunya dengan melakukan deteksi perubahan garis pantai menggunakan teknologi penginderaan jauh. Salah satu citra satelit yang dapat digunakan untuk deteksi garis pantai adalah satelit Landsat.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Berapa jarak dan laju perubahan garis pantai di Kabupaten Malang tahun 2004-2019?
2. Berapa nilai prediksi laju perubahan garis pantai di Kabupaten Malang beberapa tahun kedepan?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk :

1. Mengetahui jarak dan laju perubahan garis pantai di Kabupaten Malang tahun 2004-2019.
2. Mengetahui prediksi perubahan garis pantai di Kabupaten Malang tahun 2029, 2039, dan 2049.

1.4 Manfaat Penelitian

Hasil penelitian diharapkan dapat berguna sebagai sumber informasi mengenai perubahan garis pantai yang terjadi di Pantai Kabupaten Malang. Selain itu, informasi mengenai perubahan garis pantai diharapkan dapat menjadi acuan dan bahan pertimbangan bagi pengambilan kebijakan yang berkaitan dengan pengelolaan wilayah pesisir, tata ruang wilayah pesisir, dan lain sebagainya.

1.5 Tempat dan Jadwal Pelaksanaan

Penelitian ini akan dilaksanakan pada kawasan wisata Pantai Kabupaten Malang. Proses pengolahan data dilaksanakan pada bulan Juli hingga bulan Oktober 2019 dan verifikasi lapang dilakukan pada bulan Oktober 2019.

BAB II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Definisi Pantai

Pantai adalah daerah di tepi perairan yang dipengaruhi oleh air pasang tertinggi dan surut terendah. Pantai merupakan batas antara wilayah yang bersifat daratan dengan wilayah yang bersifat lautan. Dimana daerah daratan adalah daerah yang terletak diatas dan dibawah permukaan daratan dimulai dari batas garis pasang tertinggi. Sedangkan daerah lautan adalah daerah yang terletak diatas dan dibawah permukaan laut dimulai dari sisi laut pada garis surut terendah. Perubahan garis pantai bersifat sangat dinamis dan terus menerus disebabkan adanya pergerakan sedimen, arus, terjangan gelombang maupun perubahan penggunaan lahan (Triatmodjo,1999).

Pantai merupakan bagian wilayah pesisir yang bersifat dinamis, artinya ruang pantai (bentuk dan lokasi) dapat berubah dengan cepat sebagai respon terhadap proses alam dan aktivitas manusia. Faktor-faktor yang mempengaruhi dinamisnya lingkungan pantai diantaranya adalah iklim (temperatur, hujan), hidro-oseanografi (gelombang, arus, pasang surut), pasokan sedimen (sungai, abrasi pantai), perubahan muka air laut (tektonik, pemanasan global) dan aktivitas manusia seperti reklamasi pantai dan penambangan pasir. Pantai memiliki beberapa tipe seperti pantai berbatu, berpasir, berlumpur, dan bertebing. Pantai bertebing atau flaise merupakan pantai yang curam di muka tebing karena adanya pegunungan melintang tegak lurus terhadap pantai. Pantai bertebing sering dijumpai laut yang dangkal. Terjadinya bentuk pantai ini dikarenakan penimbunan hasil perusakan tebing yang disebabkan oleh proses abrasi (Solihuddin, 2011).

2.2 Garis Pantai

Garis pantai merupakan daerah pertemuan antara darat dan laut. Pada daerah ke arah darat wilayah pantai meliputi bagian daratan, baik kering maupun terendam air, yang masih dipengaruhi oleh sifat-sifat fisik laut seperti pasang surut, angin laut serta perembesan air laut. Sedangkan daerah ke arah laut wilayah pantai mencakup bagian laut yang masih dipengaruhi oleh proses alami yang terjadi di daratan seperti akresi. Perubahan secara sementara garis pantai seperti adanya pasang surut maupun perubahan akibat abrasi dan akresi dalam kurun waktu yang lama sehingga zona tersebut menghasilkan lingkungan yang unik serta rentan terhadap perubahan (Baskoro *et al.*, 2018).

Garis pantai terletak di kawasan pantai yang merupakan kawasan yang mempunyai beberapa ekosistem tersendiri dimana setiap kehidupan pantai saling berkaitan antara satu sama lain, antara satu ekosistem dengan ekosistem lainnya saling mempunyai keterkaitan serta berbagai fungsi yang terkadang saling menguntungkan maupun merugikan. Oleh karena itu, kawasan pantai merupakan satu kawasan yang sangat dinamik begitu pula dengan garis pantainya (Arief *et al.*, 2011).

2.3 Perubahan Garis Pantai

Perubahan garis pantai ditunjukkan dengan adanya perubahan garis pantai maju dan pantai mundur, pengangkatan pantai atau progradasi oleh deposisi merupakan penyebab utama perubahan garis pantai menjadi maju, sedangkan pantai mundur dapat disebabkan oleh abrasi yang menjadi pantai tenggelam atau retrogradasi. Perubahan garis pantai yang terjadi di kawasan pantai berupa pengikisan badan pantai (abrasi) dan penambahan badan pantai (akresi). Proses-proses tersebut terjadi sebagai akibat dari pergerakan sedimen, arus, dan

gelombang yang berinteraksi dengan kawasan pantai secara langsung (Raihansyah *et al.*, 2016).

Perubahan garis pantai dapat terjadi secara lambat atau cepat tergantung pada daya imbang antara topografi, material pantai, gelombang, pasang surut dan angin. Gaya yang bekerja pada pantai adalah ombak, angin, arus, gelombang dan pasang surut. Proses dinamis pantai sangat dipengaruhi oleh litoral transport, yang didefinisikan sebagai gerak sedimen di daerah dekat pantai (*nearshore zone*) oleh gelombang dan arus (Prayitno dan Bachrodin, 2015).

2.4 Pasang Surut

Pasang-surut (pasut) merupakan salah satu gejala alam yang tampak nyata di laut, yakni suatu gerakan vertikal (naik turunnya air laut secara teratur dan berulang-ulang) dari seluruh partikel massa air laut dari permukaan sampai bagian terdalam dari dasar laut. Gerakan tersebut disebabkan oleh pengaruh gravitasi (gaya tarik menarik) antara bumi dan bulan, bumi dan matahari, atau bumi dengan bulan dan matahari. Pasang-surut laut merupakan hasil dari gaya tarik gravitasi dan efek sentrifugal, yakni dorongan ke arah luar pusat rotasi. Hukum gravitasi Newton menyatakan, bahwa semua massa benda tarik menarik satu sama lain dan gaya ini tergantung pada besar massanya, serta jarak di antara massa tersebut. Gravitasi bervariasi secara langsung dengan massa, tetapi berbanding terbalik terhadap jarak (Surinati, 2007).

Menurut Triatmodjo (1999), 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 rata-rata ke posisi yang sama berikutnya. Periode pasang surut tergantung pada tipe pasang surut. Periode pada muka air naik disebut pasang, sedangkan pada saat air turun disebut surut. Pasang surut tidak hanya

mempengaruhi lapisan di bagian teratas, melainkan seluruh massa air dan energinya pun sangat besar. Di perairan-perairan pantai, terutama di teluk-teluk atau di selat-selat yang sempit, gerakan naik turun atau variasi muka air menimbulkan arus yang disebut dengan arus pasang surut, yang menyangkut massa air dalam jumlah sangat besar dan arahnya kurang lebih bolak-balik.

2.5 Abrasi

Abrasi pantai adalah proses pengikisan pantai oleh tenaga gelombang laut dan arus laut yang bersifat merusak. Erosi pantai dengan abrasi pantai memiliki perbedaan. Erosi pantai diartikannya sebagai proses mundurnya garis pantai dari kedudukan semula yang disebabkan oleh tidak adanya keseimbangan antara pasokan dan kapasitas angkutan sedimen, sedangkan abrasi pantai diartikan dengan proses terkikisnya batuan atau material keras seperti dinding atau tebing batu yang biasanya diikuti oleh longsor dan runtuh material (Wibowo, 2012).

Menurut Damayanti (2013), abrasi merupakan pengikisan atau pengurangan daratan (pantai) akibat aktivitas gelombang, arus dan pasang surut. Dalam kaitan ini pemadatan daratan mengakibatkan permukaan tanah turun dan tergenang air laut sehingga garis pantai berubah. Pantai dikatakan mengalami abrasi bila angkutan sedimen yang terjadi ke suatu titik lebih besar bila dibandingkan dengan jumlah sedimen yang terangkut ke luar dari titik tersebut.

2.6 Akresi

Akresi adalah peristiwa pengendapan material batuan yang telah diangkut oleh tenaga air atau angin. Pada saat pengikisan terjadi, air membawa batuan mengalir ke sungai, danau, dan akhirnya sampai di laut. Pada saat kekuatan pengangkutannya berkurang atau habis, batuan diendapkan di daerah aliran air. Karena itu pengendapan ini bisa terjadi di sungai, danau, dan di laut. Batuan hasil

pelapukan secara berangsur diangkut ke tempat lain oleh tenaga air, angin, dan gletser (es yang mengalir secara lambat). Air mengalir di permukaan tanah atau sungai membawa batuan halus baik terapung, melayang atau digeser di dasar sungai menuju tempat yang lebih rendah. Hembusan angin juga bisa mengangkat debu, pasir, bahkan bahan material yang lebih besar. Makin kuat hembusan itu, makin besar pula daya angkutnya. Di padang pasir misalnya, timbunan pasir yang luas dapat dihembuskan angin dan berpindah ke tempat lain. Sedangkan gletser, walaupun lambat gerakannya, tetapi memiliki daya angkut besar (Khatib *et al.*, 2013).

Menurut Shuhendry (2004), akresi adalah pendangkalan atau penambahan daratan akibat adanya pengendapan sedimen yang dibawa oleh air laut. Proses pengendapan ini bisa berlangsung secara alami dari proses akresi dan aliran air tawar, maupun yang disebabkan oleh kegiatan manusia di darat seperti penggundulan hutan dan pencemaran. Dengan kata lain, akresi merupakan peristiwa bertambahnya daratan di wilayah berdekatan dengan laut karena adanya proses pengendapan. Akresi juga dapat merugikan masyarakat pesisir, karena selain mempengaruhi ketidakstabilan garis pantai, akresi juga dapat menyebabkan pendangkalan muara sungai tempat lalu lintas kapal maupun perahu. Suatu pantai akan mengalami abrasi, akresi atau tetap stabil tergantung dari sedimen yang masuk dan yang meninggalkan pantai tersebut.

2.7 Pembagian Musim di Indonesia

2.7.1 Musim Barat

Musim Barat (Muson Barat) terjadi pada bulan Desember hingga Februari, pada periode ini matahari berada di belahan bumi selatan, mengakibatkan belahan bumi selatan khususnya Australia lebih banyak memperoleh pemanasan matahari daripada benua Asia. Akibatnya di Australia bertemperatur tinggi dan tekanan

udaranya rendah (minimum). Sebaliknya, di Asia yang mulai ditinggalkan matahari temperaturnya rendah dan tekanan udaranya tinggi (maksimum). Oleh karena itu terjadi pergerakan angin dari benua Asia ke benua Australia. Angin dari benua Asia ini akan dibelokkan oleh gaya Coriolis pada saat melintasi khatulistiwa dan terbentuklah angin muson barat (Yananto dan Sibarani, 2016).

Arton (2015), angin muson barat bertiup pada bulan Desember sampai Februari, yaitu pada saat posisi semu matahari di berada belahan bumi selatan. Posisi inilah yang menyebabkan tekanan udara yang tinggi di Asia dan tekanan udara yang rendah di wilayah Australia membuat angin bertiup dari benua Asia ke benua Australia. Pada perjalanan dari Asia ke Australia Angin melewati samudra Hindia sehingga angin tersebut mengandung banyak uap air yang menyebabkan pada bulan Oktober sampai bulan Maret di Indonesia terjadi musim hujan.

2.7.2 Musim Peralihan I

Terdapat kondisi yang tidak menentu saat peralihan musim dari barat ke timur atau sebaliknya. Pada saat musim transisi atau peralihan, angin akan bertiup dengan arah yang tak menentu, namun pengaruh musim sebelumnya masih kuat. Saat bulan Mei dan Agustus, angin yang berhembus ialah angin musim timur. Angin tersebut mulai berhembus saat musim peralihan 1 dan akan mencapai puncaknya saat musim timur dengan bergerak dari arah tenggara menuju barat laut. Pada dasarnya, sirkulasi yang dipengaruhi oleh angin ini terbentuk hingga beberapa ratus meter di bawah permukaan laut (Bayhaqi *et al.*, 2017).

Pada periode April hingga Mei merupakan periode terjadinya fenomena alam yaitu gelombang Kelvin yang menjalar di ekuator akibat fase transisi angin di ekuator dari timur ke barat yang memunculkan anomali angin. Penjalaran gelombang Kelvin di Samudra India membentur pantai selatan Jawa di garis khatulistiwa terjadi pada musim peralihan I (Lestari *et al.*, 2015).

2.7.3 Musim Timur

Musim Timur (Muson Timur) terjadi pada bulan Juni hingga Agustus ketika matahari bergeser ke belahan bumi Utara. Di belahan bumi Utara khususnya Benua Asia temperaturnya menjadi tinggi dan tekanan udaranya rendah (minimum), sebaliknya di Benua Australia yang telah ditinggalkan matahari, temperaturnya rendah dan tekanan udaranya tinggi (maksimum). Sehingga terjadilah pergereakan angin dari benua Australia ke Benua Asia melalui Indonesia. Angin ini tidak banyak membawa uap air atau menurunkan hujan karena hanya melewati laut kecil dan jalur sempit seperti Laut Timor, Laut Arafuru, dan sebagian selatan Irian Jaya dan Nusa Tenggara (Yananto dan Sibarani, 2016).

Arton (2015), angin musim timur bertiup pada bulan Juni sampai Agustus. Saat musim timur, letak semu matahari di sebelah belahan bumi utara sehingga menyebabkan tekanan udara wilayah benua Asia menjadi rendah dan tekanan udara wilayah benua Australia menjadi tinggi. Hal tersebut menyebabkan angin bertiup dari benua Australia ke Benua Asia. Karena angin tersebut harus melewati daerah gurun yang luas di Benua Australia sehingga Udara sedikit mengandung uap air dan bersifat kering. Hal tersebutlah yang menyebabkan di Indonesia pada bulan-bulan tersebut menjadi musim kemarau.

2.7.4 Musim Peralihan II

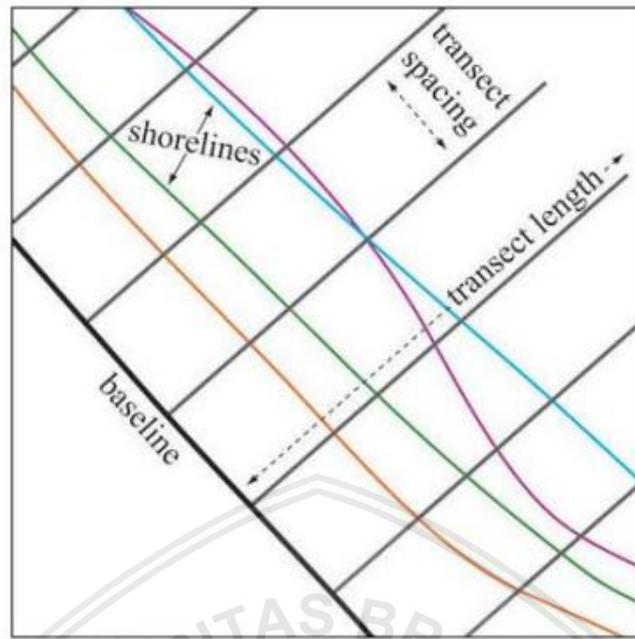
Menurut Yananto dan Sibarani (2016), pada musim peralihan matahari bergerak melintasi khatulistiwa sehingga angin menjadi lemah dan arahnya tidak menentu. Periode Maret hingga Mei dikenal sebagai Musim Peralihan I (periode awal musim kemarau) sedangkan periode September hingga November disebut sebagai musim Peralihan II (periode awal musim penghujan).

Perubahan pola angin muson menyebabkan di wilayah Indonesia dikenal dua pola musim yaitu musim timur pada saat terjadi angin muson tenggara dan

musim barat pada saat bertiup angin muson barat laut. Selain kedua sistem muson tersebut, ada pula musim transisi yang dikenal juga dengan musim peralihan. Musim peralihan I terjadi pada bulan Maret sampai Mei dan musim peralihan II terjadi pada bulan September sampai November. Musim peralihan I adalah periode saat muson barat laut hendak digantikan oleh muson tenggara, dan musim peralihan II adalah periode saat muson tenggara hendak digantikan oleh muson barat laut. Pada periode transisi arah angin sudah tidak menentu dan kekuatan angin pada umumnya lemah (Wyrski, 1961).

2.8 Digital Shoreline Analysis System (DSAS)

Menurut Sasmito dan Suprayogi (2017), *Digital Shoreline Analysis System* (DSAS) merupakan aplikasi perangkat lunak yang tersedia secara bebas dan bekerja dalam *Environmental Systems Research Institute* (ESRI), suatu perangkat lunak Sistem Informasi Geografis (SIG). DSAS menghitung tingkat perubahan statistik untuk *time series* data vektor garis pantai. Program ini memanfaatkan transek-transek sebagai acuan dari perubahan garis pantai. Pada program DSAS transek digunakan sebagai sarana untuk menghitung jarak antar satu garis pantai dengan garis pantai yang lainnya pada satu transek yang melewati garis-garis pantai tersebut. Fenomena akresi dan abrasi di wilayah pesisir dapat di analisis dengan program ini.



Gambar 1. Komponen Parameter DSAS
(Sumber: USGS, 2009)

Prinsip kerja analisis perubahan garis pantai menggunakan perangkat lunak DSAS (Gambar 1) adalah menghitung panjang transek yang bersinggungan antara dua garis pantai atau lebih dimana jarak dari panjang transek tersebut adalah jarak pergeseran/perubahan garis pantai dalam kurun waktu tertentu. Jika posisi garis pantai pembanding berada di belakang garis pantai awal maka disimpulkan pantai tersebut mengalami pengikisan (abrasi) dan apabila posisi garis pantai pembanding berada di depan garis pantai awal maka disimpulkan pantai tersebut mengalami akresi (Suhana dan Nurjaya, 2016).

2.9 Landsat

Landsat (*Land Satellite*) merupakan satelit sumberdaya bumi yang paling sering digunakan. Satelit Landsat, dimulai dengan Landsat-4 MMS (*Multi Spectral Scanner*) dengan resolusi spasial 80 meter. Landsat-5 TM (*Thematic Mapper*) hingga satelit Landsat-7 ETM (*Enhanced Thematic Mapper*) dengan resolusi spasial 30 meter dan 15 meter (Arief *et al.*, 2011).

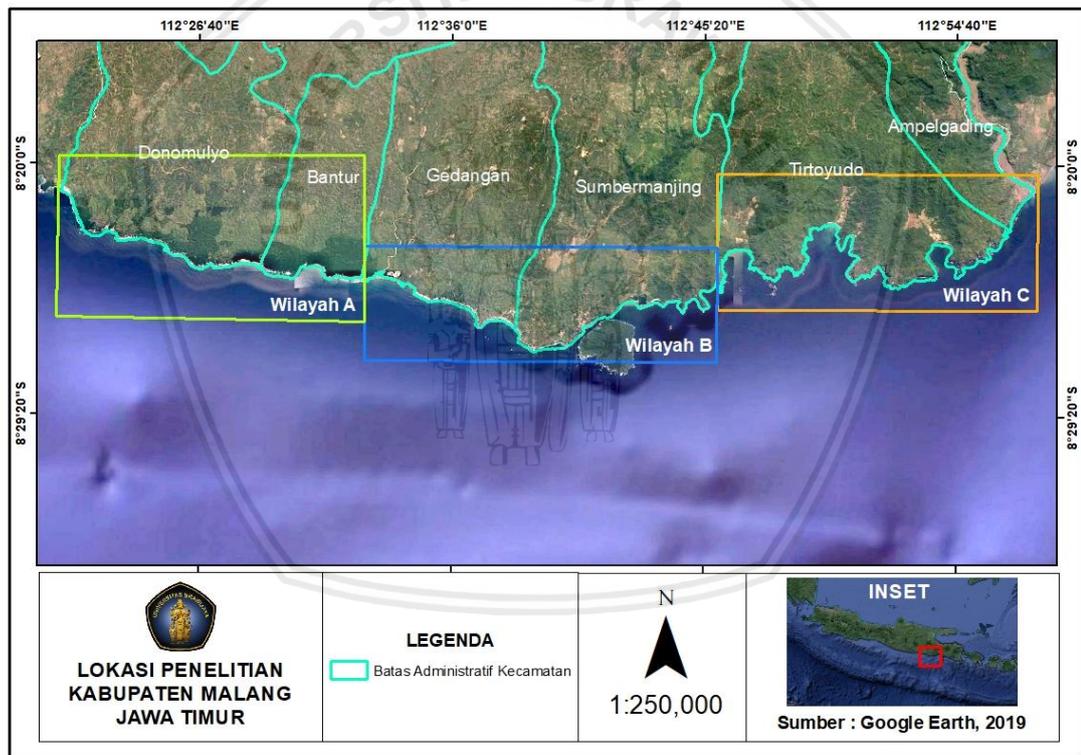
Landsat 8 merupakan misi kelanjutan dari satelit Landsat yang telah menyediakan lebih dari 40 tahun citra untuk penelitian jangka panjang. Namun, sangat penting untuk diketahui bahwa fitur spektral dari Landsat 8 sendiri hampir sama dengan citra Landsat sebelumnya yaitu citra Landsat 7 karena citra Landsat 8 memiliki kanal-kanal yang sempit terutama kanal-kanal yang digunakan pada perhitungan NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*) yang mana merupakan metode perhitungan indeks vegetasi yang paling sering digunakan (Amliana *et al.*, 2016).



BAB III. METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Lokasi Penelitian

Waktu pelaksanaan penelitian dilakukan pada bulan Juli hingga Oktober 2019. Waktu pelaksanaan verifikasi lapang dilakukan pada bulan Oktober 2019. Penelitian ini dilaksanakan di pantai yang terletak di Kabupaten Malang dengan batas wilayah administratif Kabupaten Malang yang diunduh dari *website* Info Geospasial. Peta lokasi penelitian dapat dilihat pada Gambar 2. Lokasi pantai terletak di bagian selatan Kota Malang.



Gambar 2. Peta Lokasi Penelitian

Untuk mempermudah analisis perubahan garis pantai di Kabupaten Malang, wilayah pada penelitian ini dibagi menjadi 3 wilayah. Jumlah kecamatan di Kabupaten Malang yang memiliki pantai sebanyak 6 kecamatan. Jumlah kecamatan tersebut kemudian dibagi menjadi 3 wilayah sehingga pada tiap wilayah meliputi 2 kecamatan. Pembagian kecamatan dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Pembagian Wilayah Penelitian

Wilayah Penelitian	Kecamatan	Pantai
A	Donomulyo Bantur	Modangan-Balekambang
B	Gedangan Sumbermanjing	Balekambang-Prabonan
C	Tirtoyudo Ampelgading	Prabonan-Pasir Hitam

3.2 Alat dan Bahan Penelitian

Alat dan bahan pada penelitian ini merupakan hal yang penting. Hal tersebut dikarenakan alat dan bahan dapat membantu kelancaran selama proses penelitian. Oleh karena itu, perlu dilakukan persiapan alat dan bahan yang dibutuhkan.

3.2.1 Alat Penelitian

Terdapat beberapa alat untuk membantu penelitian ini yang dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Alat Penelitian

No	Nama Alat	Spesifikasi	Fungsi
1	<i>Global Positioning System (GPS)</i>	GMaps	Penyesuaian titik koordinat peta saat verifikasi lapang
2	<i>Google Earth Pro</i>	2017	Mendapatkan citra untuk peta lokasi dan <i>base map</i> hasil penelitian
3	<i>ENVI</i>	5.1	<i>Cropping</i> , koreksi radiometrik, pemisahan darat dan laut
4	<i>ArcGis</i>	10.3	Melihat perubahan garis pantai
5	<i>Digital Shoreline Analysis System</i>	DSAS 4.3	Analisa jarak dan laju perubahan garis pantai
6	Laptop	AMD A8	Proses pengolahan data
7	Kamera	18 <i>Mega Pixel</i>	Dokumentasi lapang
8	Alat tulis	-	Mencatat kondisi lapang saat verifikasi lapang

3.2.2 Bahan Penelitian

Terdapat juga beberapa bahan untuk membantu penelitian ini yang dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Bahan Penelitian

No	Bahan	Fungsi
1	Data Pasang Surut	Mengetahui kondisi pasang surut perairan di Kabupaten Malang
2	Data Landsat	Mengetahui data garis pantai
3	Data Peta Rupa Bumi Indonesia	Mengetahui batas administratif Kabupaten Malang

3.3 Pengumpulan Data

Jenis data yang dilakukan pada penelitian ini adalah data primer dan data sekunder. Data primer didapatkan dengan cara melakukan dokumentasi lapang yang dilakukan di lokasi penelitian. Sedangkan data sekunder merupakan data atau informasi dalam bentuk catatan yang didapatkan dari jurnal, laporan seseorang, atau literatur. Selain itu, data sekunder pada penelitian ini juga merupakan peta Rupa Bumi Indonesia (RBI), data pasang surut, dan data citra satelit landsat.

3.3.1 Peta Rupa Bumi Indonesia

Peta Rupa Bumi Indonesia (RBI) digunakan sebagai peta dasar untuk mengetahui batas wilayah administrasi Kabupaten Malang. Pengambilan data peta Rupa Bumi Indonesia dilakukan dengan mengunduh data pada *website* Info Geospasial (www.info-geospasial.com). Peta Rupa Bumi Indonesia yang diunduh adalah peta RBI dengan batas wilayah Kecamatan dan Kabupaten di Indonesia.

3.3.2 Pasang Surut

Data pasang surut dalam penelitian ini digunakan untuk mengoreksi data citra Landsat terhadap pasang surut yang terjadi di lokasi penelitian. Data pasang surut yang digunakan diperoleh dari Badan Informasi Geospasial (BIG). Pengambilan data pasang surut dilakukan dengan mengunduh data pada *website* DEMNAS (<http://tides.big.go.id/DEMNAS/>). Data pasang surut yang diunduh adalah data pada wilayah Jawa Timur terutama di wilayah Kabupaten Malang.

3.3.3 Citra Satelit Landsat

Data Landsat yang digunakan tahun 2004, 2008, 2012, 2016, dan 2019 pada musim barat. Sedangkan pada musim timur data Landsat yang digunakan tahun 2004, 2007, 2010, 2013, 2016, dan 2019. Data Landsat yang digunakan didapatkan dari *website* <https://earthexplorer.usgs.gov/>. Data citra satelit Landsat digunakan untuk deliniasi batas darat dan laut untuk menentukan nilai perubahan garis pantai. *Path* dan *row scene* citra satelit yang diunduh adalah *path* 118 dan *row* 66 dimana *scene* tersebut mencakup wilayah Kabupaten Malang, Jawa Timur. Data citra satelit Landsat yang digunakan dipilih dari data yang memiliki kualitas yang baik. Penelitian ini menggunakan data citra satelit landsat 7 dan 8 dengan resolusi citra satelit sebesar 30 meter. Spesifikasi citra satelit Landsat musim barat dan timur dapat dilihat pada Tabel 4 dan 5.

Tabel 4. Data Citra Landsat Musim Barat

No.	Citra Satelit	Tanggal Akuisisi	Waktu Akuisisi (UTC)	Jenis Sensor
1	Landsat 7	22/01/2004	2:25:17	<i>Enhanced Thematic Mapper Plus (ETM+)</i>
2	Landsat 7	12/01/2008	2:26:31	<i>Enhanced Thematic Mapper Plus (ETM+)</i>
3	Landsat 7	08/02/2012	2:30:16	<i>Enhanced Thematic Mapper Plus (ETM+)</i>
4	Landsat 7	19/02/2016	2:38:02	<i>Enhanced Thematic Mapper Plus (ETM+)</i>
5	Landsat 7	26/01/2019	2:30:36	<i>Enhanced Thematic Mapper Plus (ETM+)</i>

Tabel 5. Data Citra Landsat Musim Timur

No.	Citra Satelit	Tanggal Akuisisi	Waktu Akuisisi (UTC)	Jenis Sensor
1	Landsat 7	28/08/2004	2:24:55	<i>Enhanced Thematic Mapper Plus (ETM+)</i>
2	Landsat 7	05/08/2007	2:26:16	<i>Enhanced Thematic Mapper Plus (ETM+)</i>
3	Landsat 7	29/08/2010	2:28:26	<i>Enhanced Thematic Mapper Plus (ETM+)</i>
4	Landsat 8	13/08/2013	2:38:10	<i>Operational Land Imager (OLI)</i>
5	Landsat 7	29/08/2016	2:38:50	<i>Enhanced Thematic Mapper Plus (ETM+)</i>
6	Landsat 8	13/07/2019	2:36:06	<i>Operational Land Imager (OLI)</i>

3.3.4 Verifikasi Lapang

Pada verifikasi lapang dilakukan pada bulan Oktober 2019. Dokumentasi lapang dilakukan setelah proses pengolahan data perubahan garis pantai. Kegiatan dokumentasi lapang dilakukan pada 12 titik lokasi yang merupakan lokasi yang mengalami abrasi dan akresi tertinggi tahun 2004-2019 pada musim barat dan musim timur. Namun dikarenakan 6 titik lokasi tidak dapat diakses sehingga verifikasi lapang hanya dilakukan pada 6 titik lokasi. Enam titik lokasi tersebut terletak di 3 pantai dan 1 pelabuhan. Titik lokasi tersebut yaitu 1 titik pada Pantai Wonogoro, 1 titik pada Pantai Teluk Asmara, 2 titik pada Pantai Klatakan, dan 2 titik pada Pelabuhan Sendang Biru. Pada kegiatan verifikasi lapang dilakukan dokumentasi terhadap profil pantai, sedimen, gelombang, dan vegetasi pantai. Selain itu, kegiatan dokumentasi lapang juga melakukan wawancara terhadap masyarakat setempat terkait dengan kegiatan masyarakat setempat dalam penggunaan pantai dan perubahan-perubahan yang terjadi di sekitar pantai.

3.4 Pengolahan Data

3.4.1 Citra Satelit

Pengolahan data citra satelit perubahan garis pantai menggunakan metode DSAS terdapat beberapa tahapan yaitu pemotongan data citra, penghilangan *stripping image* (Landsat 7), koreksi radiometrik, dan pemisahan darat dan laut. Pengolahan data citra satelit dalam penelitian ini menggunakan *software ENVI 5.1*. Pembahasan tahapan pengolahan data citra satelit sebagai berikut.

3.4.1.1 Pemotongan Citra (*Cropping*)

Pemotongan citra dilakukan untuk membatasi daerah lokasi penelitian. Pemotongan citra dilakukan dengan tujuan untuk memperoleh wilayah fokus penelitian yang berada di Kabupaten Malang. Daerah pemotongan citra disesuaikan dengan peta Rupa Bumi Indonesia pada batas administratif Kabupaten Malang.

3.4.1.2 Penghilangan *Stripping Image*

Stripping image merupakan kerusakan citra Landsat 7 terhadap *Scan Line Correction* (SLC) yang terdapat garis-garis berwarna hitam dan menimbulkan celah atau gap yang tidak memiliki nilai pixel pada data citra tersebut. Citra satelit Landsat 7 mengalami *stripping* sejak tahun 2004. Oleh sebab itu dilakukan proses penghilangan *stripping image*. Proses penghilangan *stripping image* pada penelitian ini menggunakan *software* ENVI 5.1 dengan melakukan proses *gap and fill* yang terdapat pada *toolbox* ENVI 5.1.

3.4.1.3 Koreksi Radiometrik

Koreksi radiometrik dilakukan dengan tujuan untuk memperbaiki kualitas citra yang kurang baik akibat kerusakan satelit atau adanya gangguan dari atmosfer. Kalibrasi citra dilakukan menggunakan *Radiometric Calibration* yang terdapat pada *toolbox* ENVI 5.1. *Radiometric Calibration* digunakan untuk mempertajam tampilan citra dan koreksi atmosfer menggunakan FLAASH (*Fast Line-of-sight Atmospheric Analysis of Spectral Hypercubes*) untuk menghilangkan gangguan atmosfer.

3.4.1.4 Pemisahan Darat dan Laut

Pemisahan atau deliniasi darat dan laut bertujuan untuk menggambarkan dengan jelas batas antara darat dan laut dan dapat menghasilkan posisi garis pantai secara jelas. Pemisahan darat dan laut dilakukan menggunakan metode *Modified Normalised Difference Water Index* (MNDWI). Proses pemisahan darat dan laut pada data citra Landsat 7 dengan jenis sensor ETM+ menggunakan rumus (3.1) dari Xu (2006) dan data citra Landsat 8 dengan jenis sensor OLI menggunakan rumus (3.2) dari Luyan Ji (2015). Rumus-rumus tersebut yaitu :

$$MNDWI = \frac{Green - MIR}{Green + MIR} \quad (3.1)$$

$$MNDWI = \frac{Green - SWIR}{Green + SWIR} \quad (3.2)$$

3.4.2 Perubahan Garis Pantai

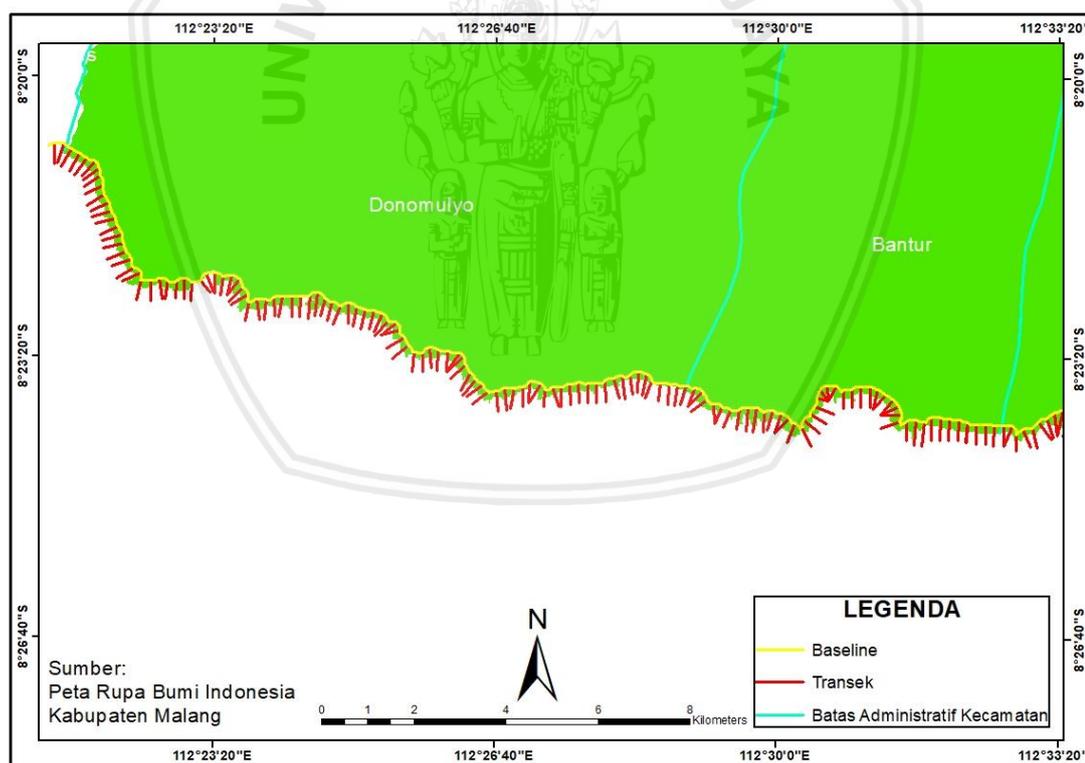
3.4.2.1 Digitasi Garis Pantai

Proses digitasi garis pantai dilakukan dengan *software* ArcGis versi 10.3. Digitasi dilakukan pada batas darat dan laut menggunakan cara digitasi layar (*on screen digitizing*) yang dibuat dalam bentuk *polyline*. Digitasi batas darat dan laut dibuat dengan metode *tracing* pada garis pantai. *Tracing* dilakukan dengan menggunakan pilihan *Trace* yang terdapat pada *toolbars* di *software* ArcGis. Data citra yang dilakukan digitasi merupakan data citra yang telah dilakukan proses koreksi radiometrik dan proses pemisahan antara darat dan laut.

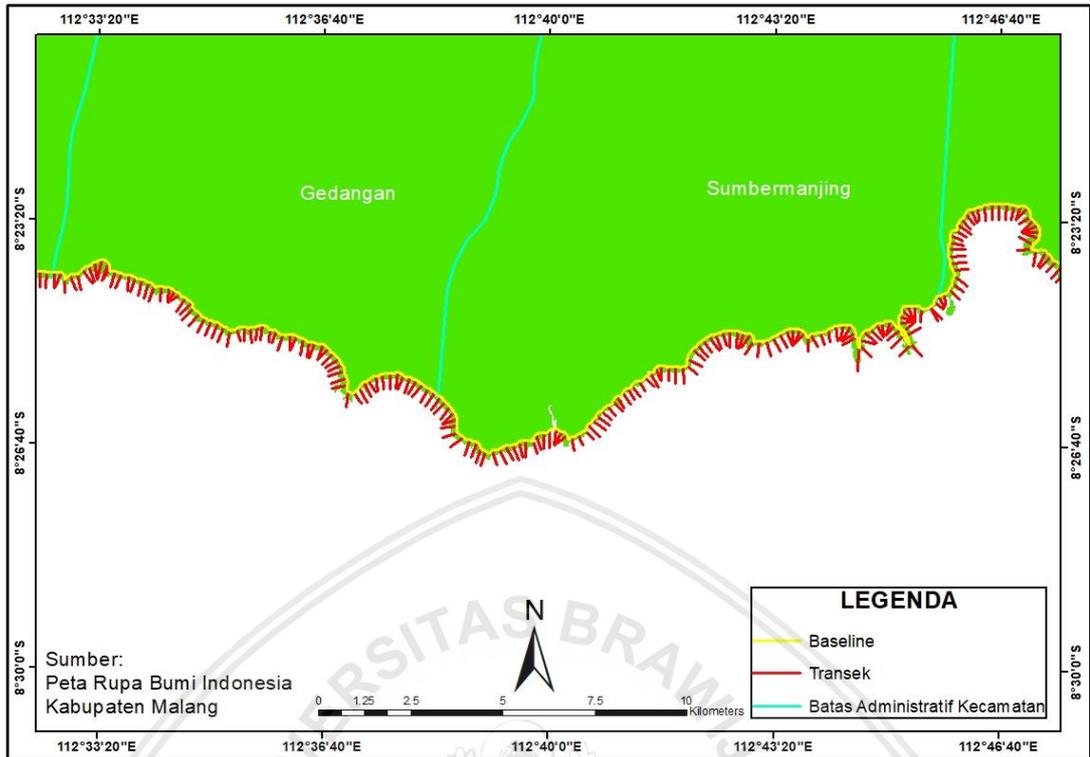
3.4.2.2 Digital Shorelines Analysis System (DSAS)

Perhitungan dengan metode DSAS dimulai dengan membuat *personal database* terdiri dari dua *feature class* yaitu *shoreline* dan *baseline*. *Shoreline* digunakan untuk menggabungkan garis pantai pada setiap tahun di musim barat dan musim timur menggunakan pilihan *load data* pada *feature class* bagian

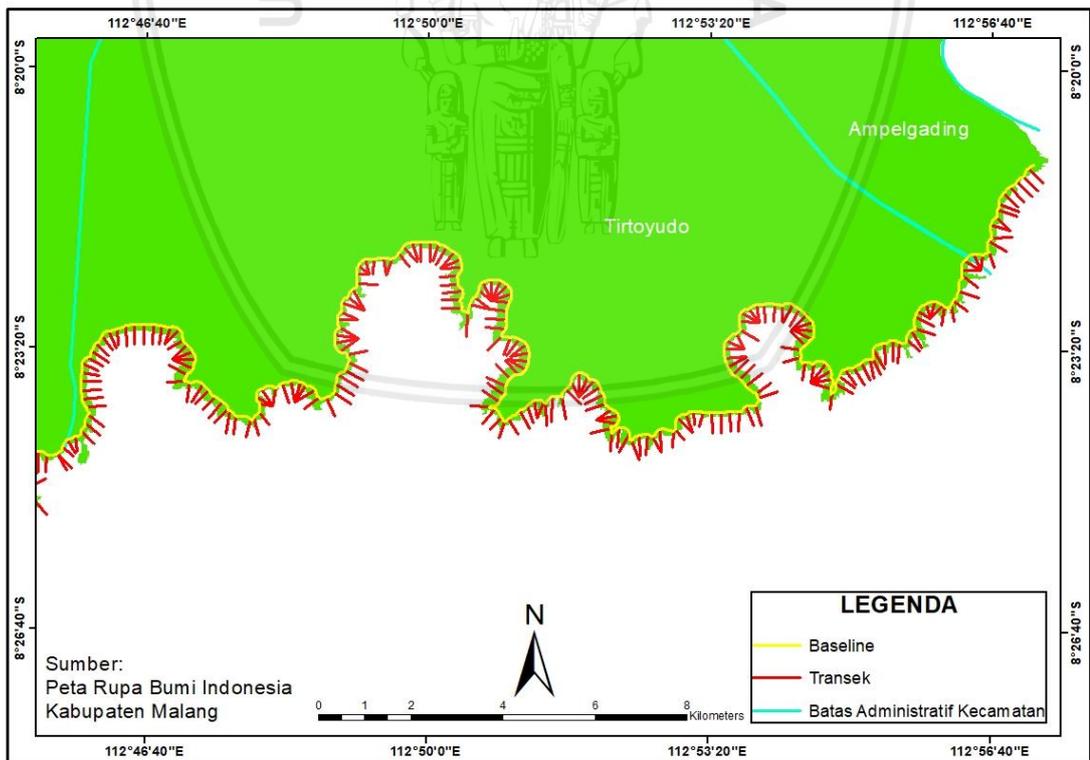
shoreline. *Baseline* digunakan sebagai penunjuk daratan dan dibuat secara manual menggunakan *toolbox buffer*. *Baseline* pada penelitian ini dibagi menjadi 3 wilayah, yaitu Wilayah A, B, dan C. *Baseline* Wilayah A yang memiliki panjang ± 27 km, *baseline* Wilayah B memiliki panjang ± 34 km, dan *baseline* pada Wilayah C memiliki panjang ± 47 km. Metode DSAS juga menggunakan bantuan transek yang berfungsi sebagai garis pemotong tiap garis pantai untuk mendapatkan nilai jarak tiap garis pantai. Jarak antar transek pada penelitian ini sebesar 200 meter dengan panjang transek sebesar 450 meter. Data *baseline* dan transek digunakan untuk menghitung perubahan garis pantai pada tiap wilayah di musim barat dan musim timur. Letak *baseline* dan transek tiap wilayah dapat dilihat pada Gambar 3, 4, dan 5.



Gambar 3. Letak *Baseline* dan Transek Wilayah A



Gambar 4. Letak *Baseline* dan Transek Wilayah B



Gambar 5. Letak *Baseline* dan Transek Wilayah C

Metode DSAS (*Digital Shoreline Analysis System*) digunakan untuk melihat perubahan garis pantai dengan melakukan perhitungan *Net Shoreline Movement* (NSM) dan *End Point Rate* (EPR). *Net Shoreline Movement* untuk mengukur total jarak antara garis pantai terlama dan terbaru. Analisis statistik NSM dan EPR dilakukan dengan rentang tahun 2004-2019 dan rentang waktu kurang lebih 4 tahun pada musim barat (2004-2008, 2008-2012, 2012-2016, dan 2016-2019) dan rentang waktu selama 3 tahun pada musim timur (2004-2007, 2007-2010, 2010-2013, 2013-2016, dan 2016-2019). *End Point Rate* digunakan untuk menghitung laju perubahan garis pantai dengan perbandingan jarak perubahan garis pantai dan selang waktu yang berlalu antara garis pantai terlama dan terbaru. *Net Shoreline Movement* digunakan untuk menghitung jarak perubahan garis pantai pada tiap tahunnya.

3.4.3 Prediksi Perubahan Garis Pantai

Prediksi dilakukan dengan menganalisis hasil dari perhitungan laju perubahan garis pantai dengan *Digital Shoreline Analysis System* (DSAS). Analisis dilakukan dengan metode analisis regresi sederhana. Analisis regresi sederhana yang dilakukan menghasilkan persamaan y dan x . Nilai y digunakan untuk menghitung perubahan yang akan terjadi di masa yang akan datang. Nilai x pada persamaan y yang dihasilkan diganti dengan tahun yang akan diprediksi untuk perubahan garis pantainya. Istiqomah *et al.*, (2016) menambahkan bahwa prediksi perubahan garis pantai menggunakan metode DSAS dilakukan tiap garis transek yang dianalisis pada tahapan sebelumnya. Hasil regresi dari laju perubahan garis pantai menunjukkan nilai R^2 mendekati 1 pada akresi dan abrasi yang maksimum. Sedangkan pada akresi dan abrasi minimum menunjukkan nilai R^2 mendekati nilai 0. Hasil nilai R^2 mendekati nilai 1 menunjukkan bahwa variable X dan variable Y memiliki korelasi yang cukup tinggi, sebaliknya jika nilai R^2

mendekati nilai 0 menunjukkan semakin kecil korelasi antara variable X dan variable Y.

Prediksi perubahan garis pantai pada penelitian ini dipilih dari beberapa sampel transek pada tiap wilayah. Jumlah sampel transek yang dipilih pada tiap wilayah sebanyak 10 transek. Pemilihan sampel transek tersebut berdasarkan dari jumlah total transek yang dibagi rata, sehingga mendapatkan jarak antar sampel transek yang sama. Jarak antar sampel transek pada musim barat di Wilayah A sebanyak 15 sampel transek, Wilayah B sebanyak 19 sampel transek, dan Wilayah C sebanyak 26 sampel transek. Jarak antar sampel transek pada musim timur di Wilayah A sebanyak 15 sampel transek, Wilayah B sebanyak 20 sampel transek, dan Wilayah C sebanyak 26 sampel transek.

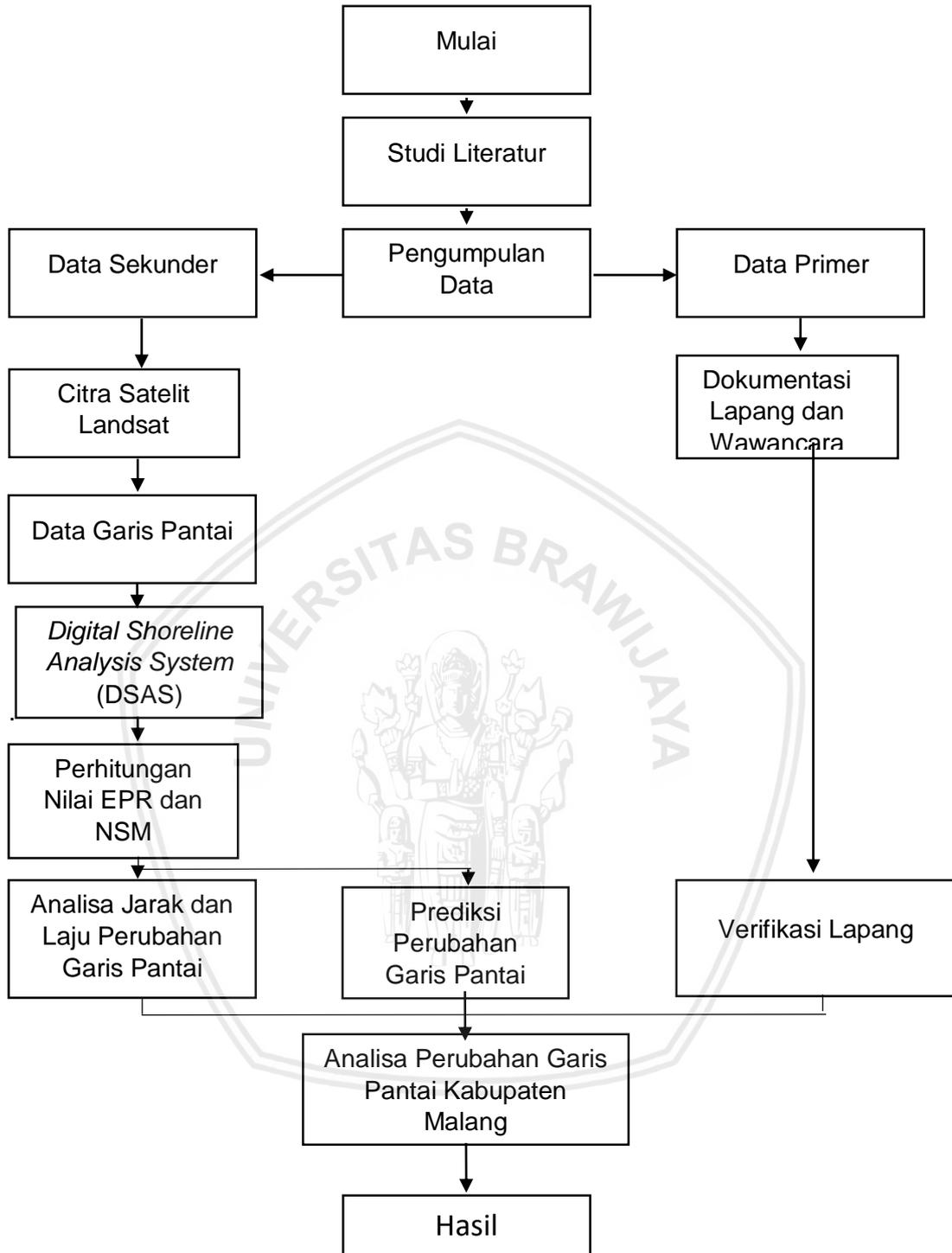
3.5 Analisis Data

Analisis perubahan garis pantai dapat dilakukan dengan menggunakan peta garis pantai multi tahun. Digitasi garis pantai dilakukan pada beberapa peta dengan tahun yang berbeda dan kemudian dilakukan *overlay*, sehingga diperoleh informasi perubahan garis pantai yang ada. Analisa perubahan garis pantai mampu bekerja untuk proses *monitoring* perubahan garis pantai yang terjadi dimasa lampau (Hidayati, 2017). Analisis data yang dilakukan dengan membandingkan garis pantai dari citra satelit. Hasil perubahan garis pantai menggunakan citra satelit Landsat 7 ETM+ dan Landsat 8 OLI. Perbandingan hasil perubahan garis pantai dianalisis dan mendeskripsikan kondisi lapangan yang berasal dari hasil pengolahan data.

3.6 Alur Penelitian

Pada alur penelitian terdapat beberapa proses atau tahapan. Tahapan tersebut diawali pengumpulan data hingga mendapatkan hasil akhir analisis perubahan garis pantai. Untuk penjelasan alur penelitian lebih spesifik dapat dilihat pada Gambar 6.





Gambar 6. Alur Penelitian

BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Gambaran Umum Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian ini dibatasi oleh batas administratif Kabupaten Malang. Batas administratif tersebut didapatkan dengan mengunduh dari *website* Info Geospasial. Batas administratif Kabupaten Malang pada wilayah pantai bagian barat terletak pada titik -8,348276 LS dan 112,360005 BT. Sedangkan pada batas wilayah pantai bagian timur terletak pada titik -8,354922 LS dan 112,949989 BT. Luas Kabupaten Malang sebesar 3.535 km² dengan panjang garis pantai sebesar 102,5 km. Total kecamatan di Kabupaten Malang sebanyak 33 kecamatan. Dari 33 kecamatan yang terdapat di Kabupaten Malang, 6 diantaranya merupakan kecamatan pada wilayah pesisir. Nama 6 kecamatan tersebut antara lain Kecamatan Donomulyo, Bantur, Gedangan, Sumbermanjing, Tirtoyudo, dan Ampelgading.

Morfologi pantai di Kabupaten Malang didominasi memiliki dengan hamparan pasir putih serta keadaan fisik pantai yang unik. Beberapa kawasan pantai di Kabupaten Malang biasanya dijadikan sebagai lokasi pelepasan penyu abu-abu karena beberapa pantai memiliki lingkungan pantai yang masih sepi dari para wisatawan. Beberapa pantai di Kabupaten Malang juga memiliki upaya pelestarian penyu. Jika upaya pelestarian penyu berhasil, pengunjung bisa melihat dari dekat kehidupan penyu saat menepi dan bertelur di pasir pantai. Sebagian besar pantai di Kabupaten Malang memiliki pemandangan yang sangat indah, sebagian besar pantai ini terdapat terumbu karang dalam kondisi masih baik.

Pada pantai di Kabupaten Malang juga terdapat pelabuhan perikanan yang bernama Pelabuhan Sendang Biru. Pelabuhan ini dijadikan sebagai Tempat

Pelelangan Ikan (TPI). Pelabuhan Sendang Biru juga akan dikembangkan menjadi pelabuhan tangkap yang cukup representatif serta menjadi salah satu *Outering Fishing Port* di Indonesia. Fasilitas yang dipersiapkan cukup lengkap antara lain : dermaga, Tempat Pelelangan Ikan, pabrik es, sarana air bersih dan fasilitas penjualan solar khusus nelayan (SPDN). Pelabuhan ini juga dilengkapi Kantor Badan Pengelola Pelabuhan, gedung pertemuan, mess dan perbengkelan kapal.

4.2 Pasang Surut

Menurut Yunita (2018), pasang surut merupakan salah satu parameter penting untuk mengetahui perubahan garis pantai di suatu daerah. Hal tersebut dikarenakan kondisi pasang atau surut dapat mengubah garis pemisah antara darat dan laut. Oleh sebab itu, data garis pantai yang bersumber dari data citra satelit perlu diketahui pasang surutnya. Data pasang surut yang digunakan pada penelitian ini bersumber dari situs resmi Badan Informasi Geospasial (BIG) yaitu <http://tides.big.go.id/>. Pasang surut pada citra Landsat yang digunakan sebaiknya berada pada kondisi pasang atau surut yang sama. Hal tersebut bertujuan agar menghasilkan nilai perubahan garis pantai yang akurat.

4.2.1 Musim Barat

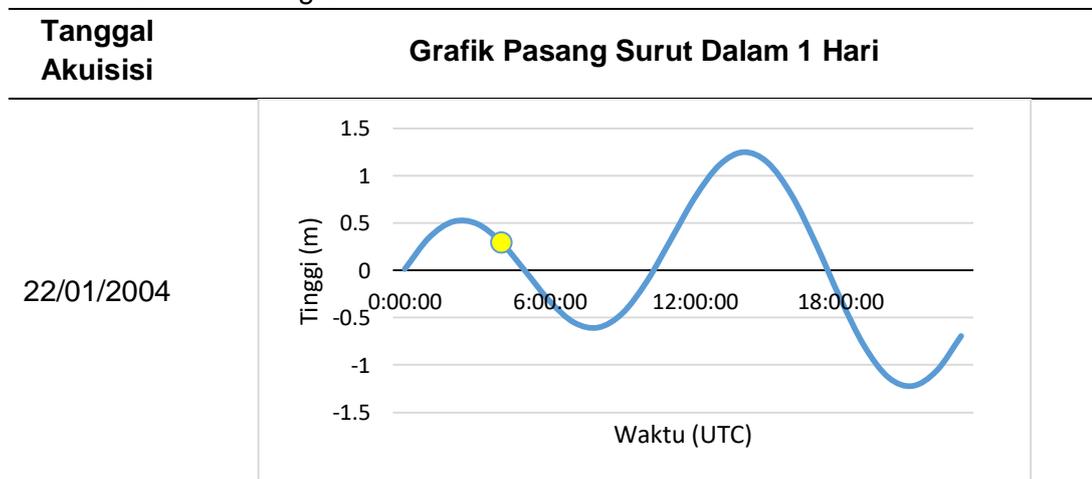
Menurut Yananto dan Sibarani (2016), musim barat merupakan angin yang berhembus dari Benua Asia menuju Benua Australia. Pada saat musim barat terjadi Benua Asia mengalami musim dingin, sedangkan pada Benua Australia mengalami musim panas. Musim barat terjadi tiga bulan dalam satu tahun, yaitu pada bulan Januari, Februari, dan Desember. Berdasarkan data yang bersumber dari situs resmi Badan Informasi Geospasial (BIG) didapatkan nilai pasang surut pada musim barat tahun 2004-2019 yang dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 6. Pasang Surut Musim Barat

Tanggal Akuisisi	Waktu Akuisisi		Kondisi Pasang Surut	Ketinggian (m)
	UTC	WIB		
22/01/2004	2:25:17	9:25:17	Pasang	0,48
12/01/2008	2:26:31	9:26:31	Pasang	0,54
08/02/2012	2:30:16	9:30:16	Pasang	0,06
19/02/2016	2:38:02	9:38:02	Pasang	0,08
26/01/2019	2:30:36	9:30:36	Pasang	0,34

Berdasarkan data pasang surut pada musim barat tahun 2004-2019, dapat dikatakan bahwa kondisi perairan laut Malang Selatan mengalami pasang dan memiliki ketinggian pasang yang relatif kecil. Ketinggian pasang pada tiap tahunnya tidak memiliki perbedaan nilai yang drastis. Hal tersebut kemungkinan dikarenakan waktu akuisisi pada pasang surut yang tidak jauh berbeda pada tiap tahunnya. Ketinggian pasang yang paling besar terdapat pada tanggal 12 Januari 2008 yaitu sebesar 0,54 meter. Sedangkan kondisi pasang yang paling kecil terdapat pada tanggal 19 Februari 2016 yaitu sebesar 0,06 meter. Selain nilai pasang surut, didapatkan juga grafik pasang surut selama 1 hari pada tiap waktu akuisisi. Pada grafik pasang surut terdapat simbol berwarna kuning yang menandakan waktu akuisisi citra satelit. Grafik pasang surut tersebut dapat dilihat pada Tabel 6.

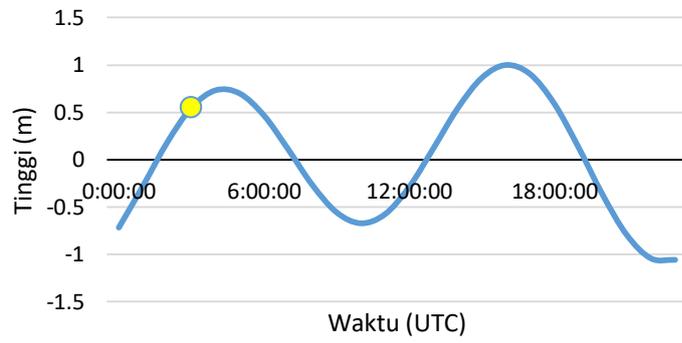
Tabel 7. Grafik Pasang Surut Pada Musim Barat



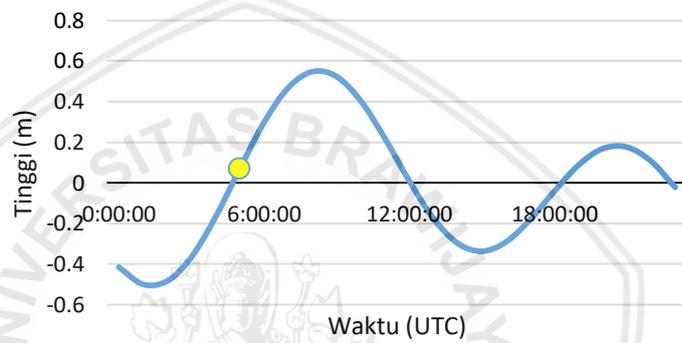
Tanggal
Akuisisi

Grafik Pasang Surut Dalam 1 Hari

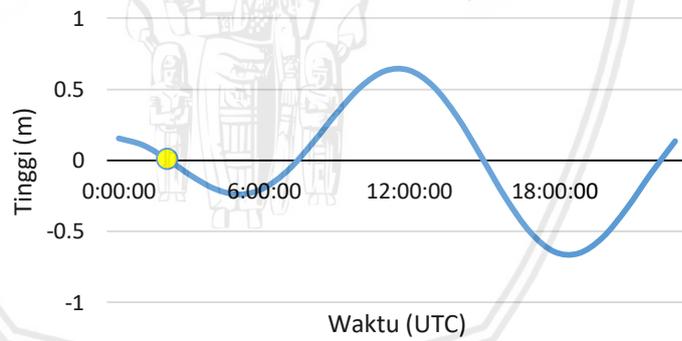
12/01/2008



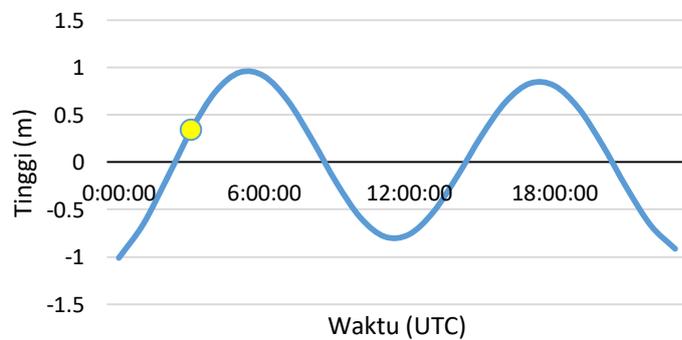
08/02/2012



19/02/2016



26/01/2019



4.2.2 Musim Timur

Menurut Yananto dan Sibarani (2016), musim timur terjadi ketika angin berhembus dari Benua Australia menuju Benua Asia. Ketika musim timur terjadi Benua Australia mengalami musim dingin, sedangkan pada Benua Asia mengalami musim panas. Sama halnya dengan musim barat, musim timur terjadi tiga bulan dalam satu tahun, yaitu pada bulan Juni, Juli, dan Agustus. Hasil perolehan data pasang surut dari situs resmi Badan Informasi Geospasial (BIG) dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 8. Pasang Surut Musim Timur

Tanggal Akuisisi	Waktu		Kondisi Pasang Surut	Ketinggian (m)
	UTC	WIB		
28/08/2004	2:24:55	9:24:55	Pasang	0,12
05/08/2007	2:26:16	9:26:16	Pasang	0,06
29/08/2010	2:28:26	9:28:26	Pasang	0,66
13/08/2013	2:38:10	9:38:10	Pasang	0,23
29/08/2016	2:38:50	9:38:50	Pasang	0,12
13/07/2019	2:36:06	9:36:06	Pasang	0,02

Menurut hasil perhitungan nilai pasang surut dari Badan Informasi Geospasial (BIG), dapat disimpulkan bahwa kondisi pasang surut di perairan laut Malang Selatan cenderung mengalami pasang pada tiap tahunnya. Nilai ketinggian pasang surut pada tiap tahunnya tidak terdapat perbedaan nilai yang drastis. Hal tersebut kemungkinan dikarenakan bahwa hasil waktu akuisisi pasang surut pada tiap tahunnya memiliki jam yang hampir sama. Nilai ketinggian pasang surut yang terbesar terdapat pada tanggal 29 Agustus 2010 dengan nilai ketinggian sebesar 0,66 meter, sedangkan nilai pasang surut yang terkecil terdapat pada tanggal 13 Juli 2019 yaitu sebesar 0,02 meter. Selain nilai pasang surut, didapatkan juga grafik pasang surut selama 1 hari pada tiap waktu akuisisi. Pada grafik pasang surut terdapat simbol berwarna kuning yang menandakan

waktu akuisisi citra satelit. Grafik pasang surut tersebut dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 9. Grafik Pasang Surut Pada Musim Timur

Tanggal Akuisisi	Grafik Pasang Surut Dalam 1 Hari
28/08/2004	
05/08/2007	
29/08/2010	

Tanggal Akuisisi	Grafik Pasang Surut Dalam 1 Hari
13/082013	
29/08/2016	
13/07/2019	

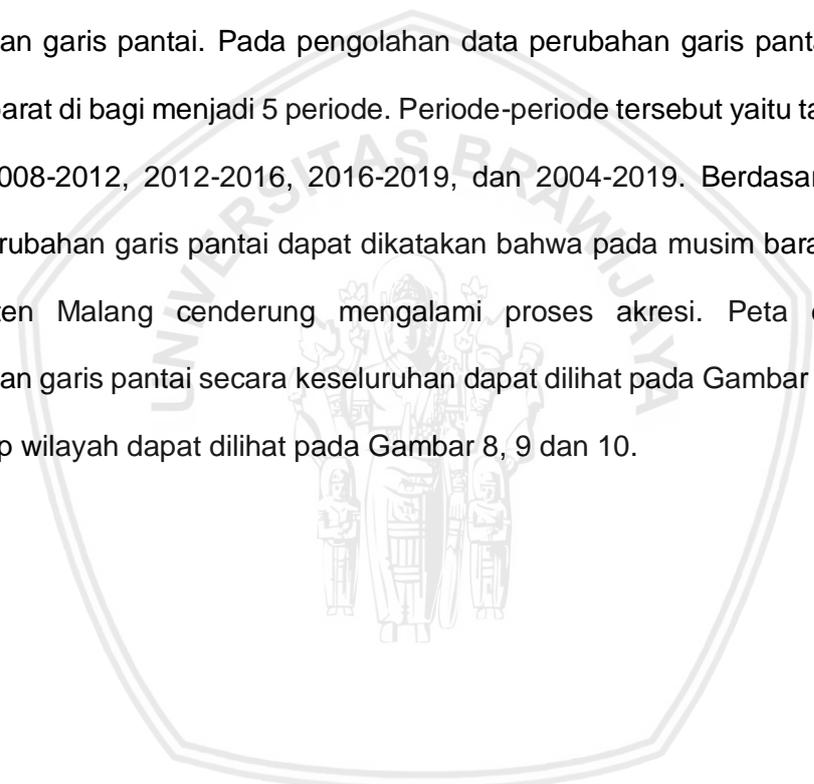
4.3 Perubahan Garis Pantai

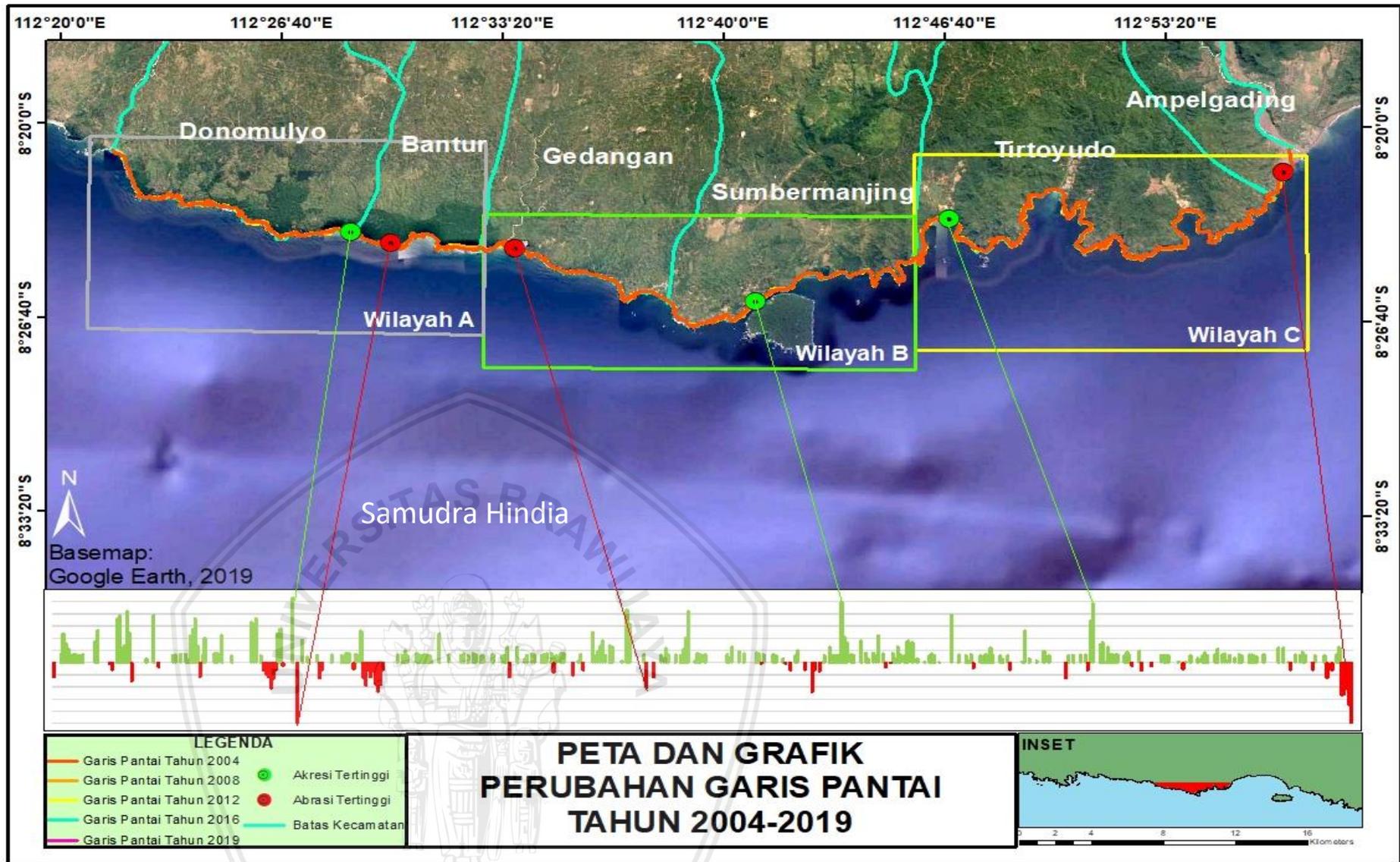
4.3.1 Musim Barat

Analisa perubahan garis pantai digunakan untuk menghitung secara otomatis berdasarkan waktu dengan data berbasis geospasial. Metode yang digunakan berdasarkan posisi garis pantai terhadap waktu yang diolah. Garis pantai dipotong oleh transek pada tiap meter untuk proses perhitungan. DSAS

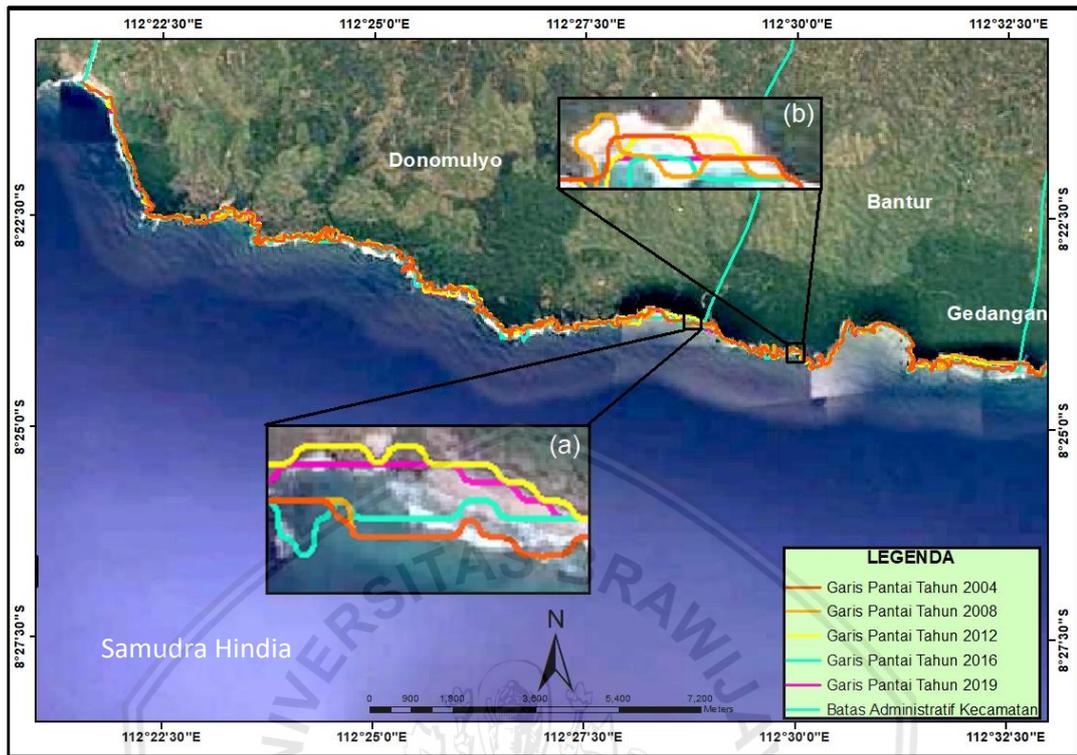
menggabungkan perhitungan modul individual dan hasil dimunculkan sebagai tabel di ArcMap.

Pantai di Kabupaten Malang Selatan pada musim barat tahun 2004 sampai 2019 mengalami perubahan garis pantai dengan analisa menggunakan metode *Digital Shoreline Analysis System* (DSAS). Hasil deteksi perubahan garis pantai menggunakan metode *Digital Shoreline Analysis System* (DSAS) dengan perhitungan *Net Shoreline Movement* (NSM) untuk mendapatkan nilai jarak perubahan garis pantai. Pada pengolahan data perubahan garis pantai tahun di musim barat di bagi menjadi 5 periode. Periode-periode tersebut yaitu tahun 2004-2008, 2008-2012, 2012-2016, 2016-2019, dan 2004-2019. Berdasarkan grafik jarak perubahan garis pantai dapat dikatakan bahwa pada musim barat pantai di Kabupaten Malang cenderung mengalami proses akresi. Peta dan grafik perubahan garis pantai secara keseluruhan dapat dilihat pada Gambar 7 dan peta pada tiap wilayah dapat dilihat pada Gambar 8, 9 dan 10.

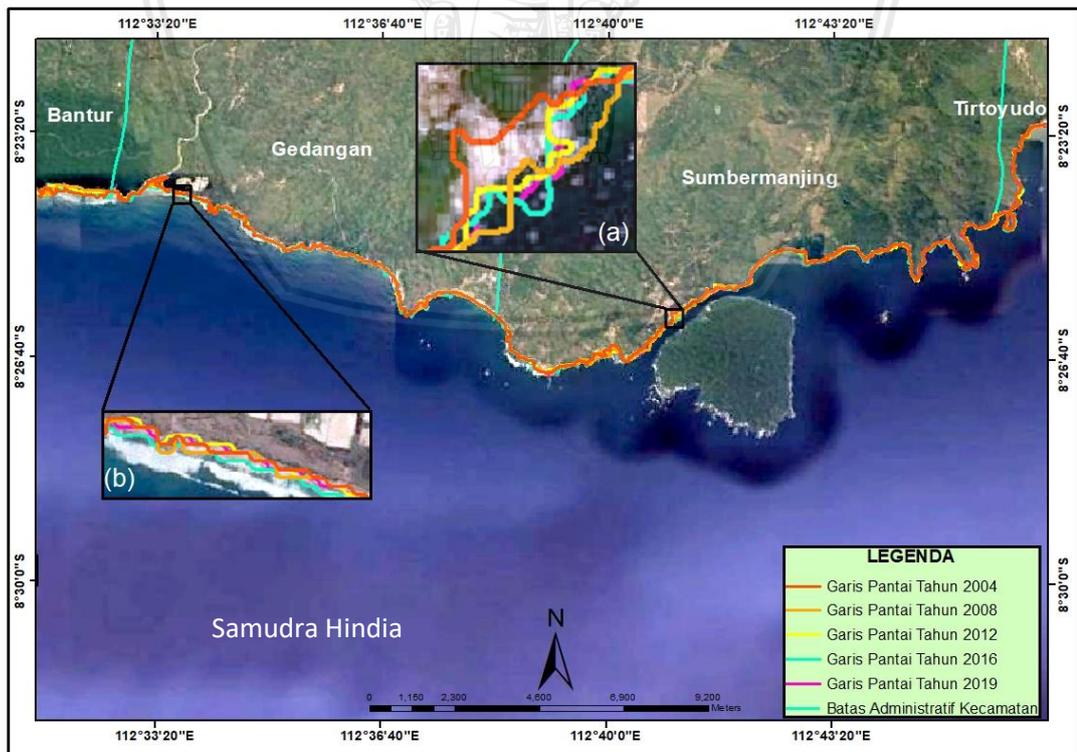




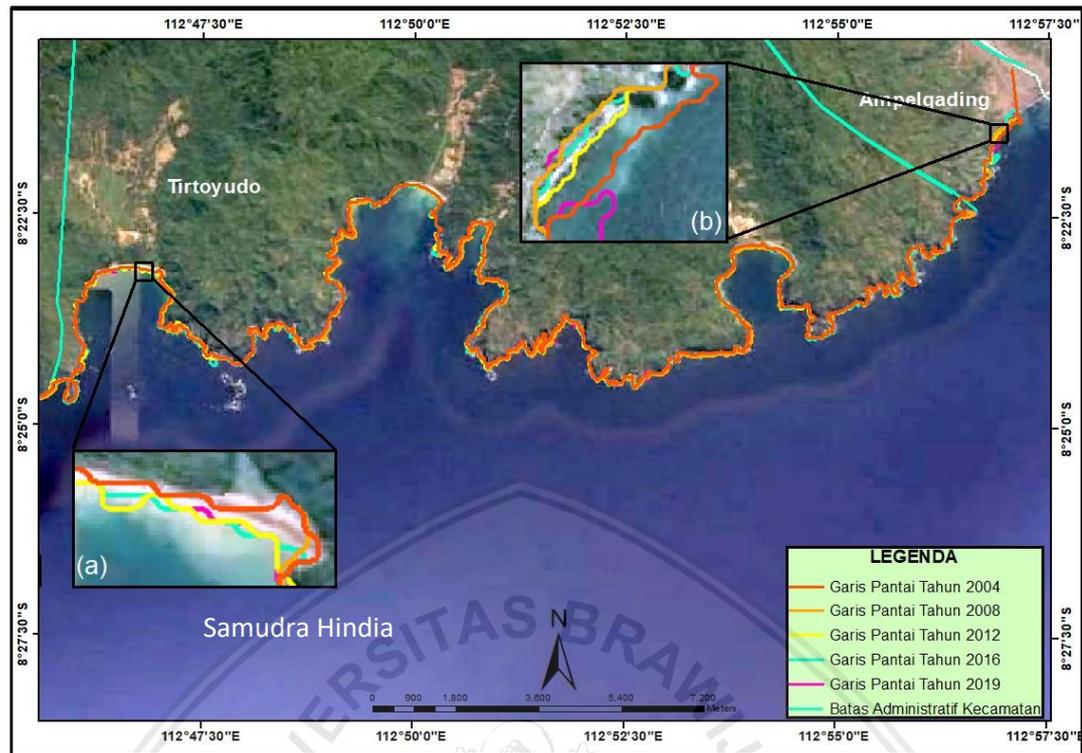
Gambar 7. Peta Perubahan Garis Pantai Tahun 2004-2019 Musim Barat



Gambar 8. Peta Perubahan Garis Pantai Tahun 2004-2019 Musim Barat Pada Wilayah A (a) Daerah Akresi Tertinggi (b) Daerah Abrasi Tertinggi



Gambar 9. Peta Perubahan Garis Pantai Tahun 2004-2019 Musim Barat Pada Wilayah B (a) Daerah Akresi Tertinggi (b) Daerah Abrasi Tertinggi



Gambar 10. Peta Perubahan Garis Pantai Tahun 2004-2019 Musim Barat Pada Wilayah C (a) Daerah Akresi Tertinggi (b) Daerah Abrasi Tertinggi

Wilayah pesisir pantai di Kabupaten Malang mengalami maju dan mundurnya garis pantai pada tahun 2004-2019. Hal tersebut merupakan hasil perhitungan nilai NSM tahun 2004-2019 yang dapat dilihat pada Tabel 10. Nilai positif merupakan daerah yang mengalami kemajuan garis pantai atau akresi, sedangkan nilai negatif merupakan daerah yang mengalami kemunduran garis pantai atau abrasi. Rata-rata akresi tertinggi terdapat pada Wilayah A dengan nilai rata-rata jarak sebesar 81,99 m. Nilai rata-rata abrasi tertinggi terdapat pada Wilayah C dengan rata-rata jarak sebesar -60,62 m. Pada tiap periode, nilai rata-rata akresi tertinggi terdapat pada tahun 2004 hingga 2008 di Wilayah A dengan nilai rata-rata jarak sebesar 91,74 m. Nilai rata-rata abrasi tertinggi terdapat pada tahun 2008 hingga 2012 dengan nilai rata-rata jarak abrasi sebesar -101,93 m.

Tabel 10. Hasil Perhitungan Nilai NSM Musim Barat

Tahun	Wilayah	Rata-Rata NSM (m)	Keterangan
2004-2019	A	81,99 -59,82	Akresi
	B	45,38 -59,44	Abrasi
	C	42,39 -60,62	Abrasi
2004-2008	A	91,74 -40,08	Akresi
	B	50,75 -24,98	Akresi
	C	49,82 -32,56	Akresi
2008-2012	A	59,01 -101,93	Abrasi
	B	41,37 -57,41	Abrasi
	C	30,47 -37,23	Abrasi
2012-2016	A	83,3 -56,4	Akresi
	B	30,5 -46,7	Abrasi
	C	45,2 -31,0	Akresi
2016-2019	A	35,01 -72,68	Abrasi
	B	39,26 -40,20	Abrasi
	C	35,18 -50,34	Abrasi

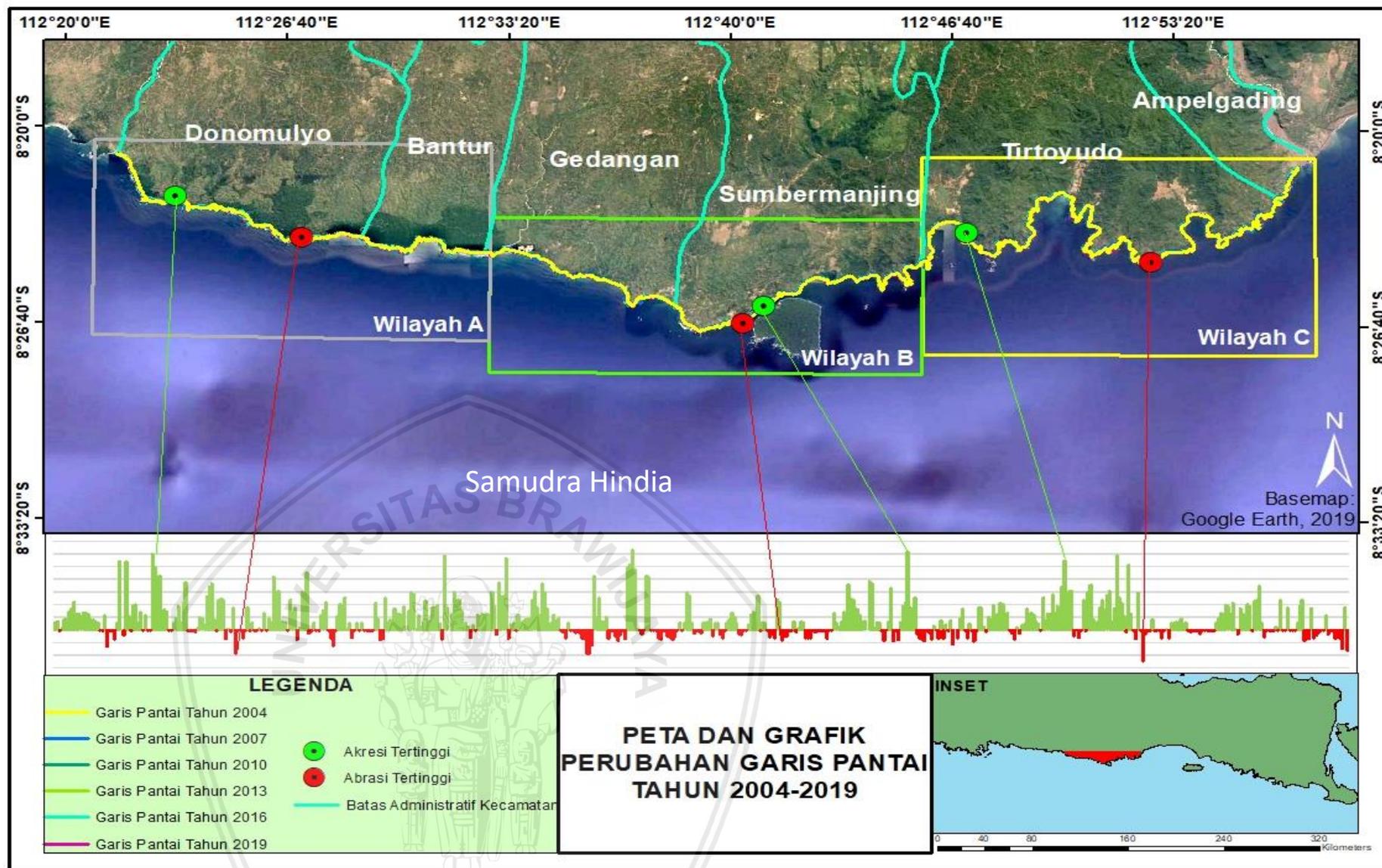
4.3.2 Musim Timur

Digital Shoreline Analysis System (DSAS) merupakan perangkat lunak dikembangkan oleh *United States Geological Survey* (USGS) dan ESRI untuk menganalisis perubahan garis pantai secara statistik. Istiqomah *et al.* (2016), menambahkan dalam menghitung perubahan posisi garis pantai maupun batas suatu wilayah dari waktu ke waktu DSAS menggunakan titik yang dihasilkan dari perpotongan garis transek berdasarkan waktu acuan pengukuran.

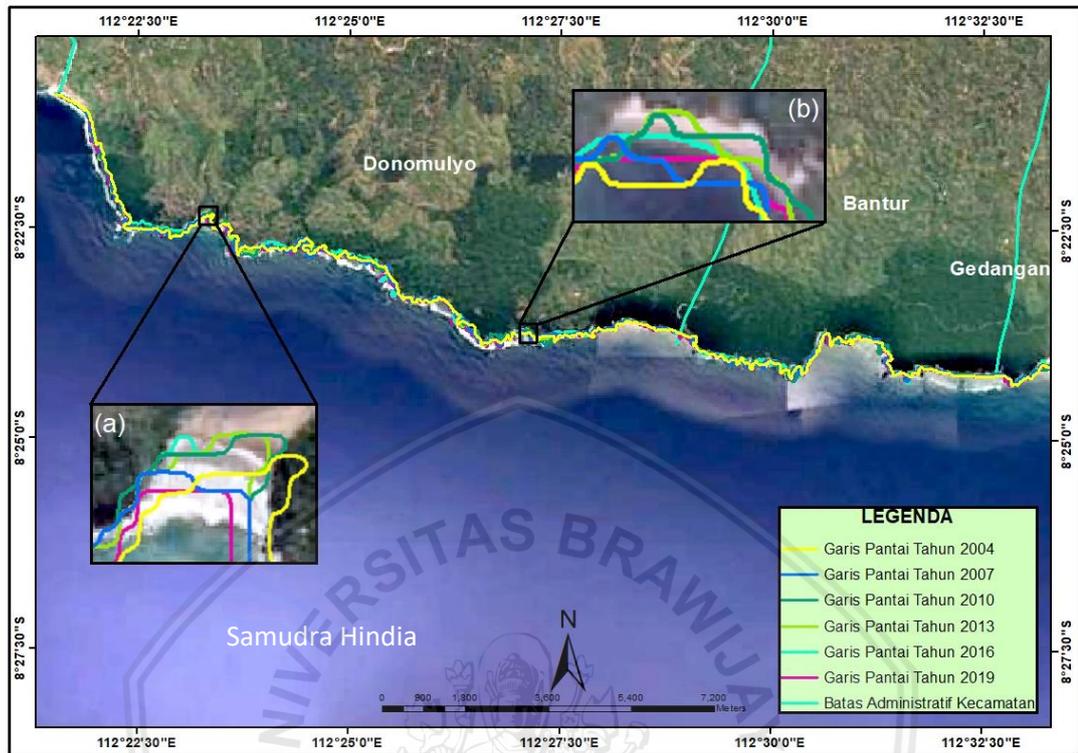
Peta dan grafik perubahan garis pantai secara keseluruhan dapat dilihat pada Gambar 11 dan peta pada tiap wilayah dapat dilihat pada Gambar 12, 13

dan 16. Sama halnya dengan musim barat, grafik jarak perubahan garis pantai dapat dikatakan bahwa pada musim timur pantai di Kabupaten Malang cenderung mengalami proses akresi. Pada pengolahan data perubahan garis pantai pada musim timur dibagi 6 periode. Periode-periode tersebut meliputi tahun 2004-2007, 2007-2010, 2010-2013, 2013-2016, 2016-2019, dan 2004-2019.

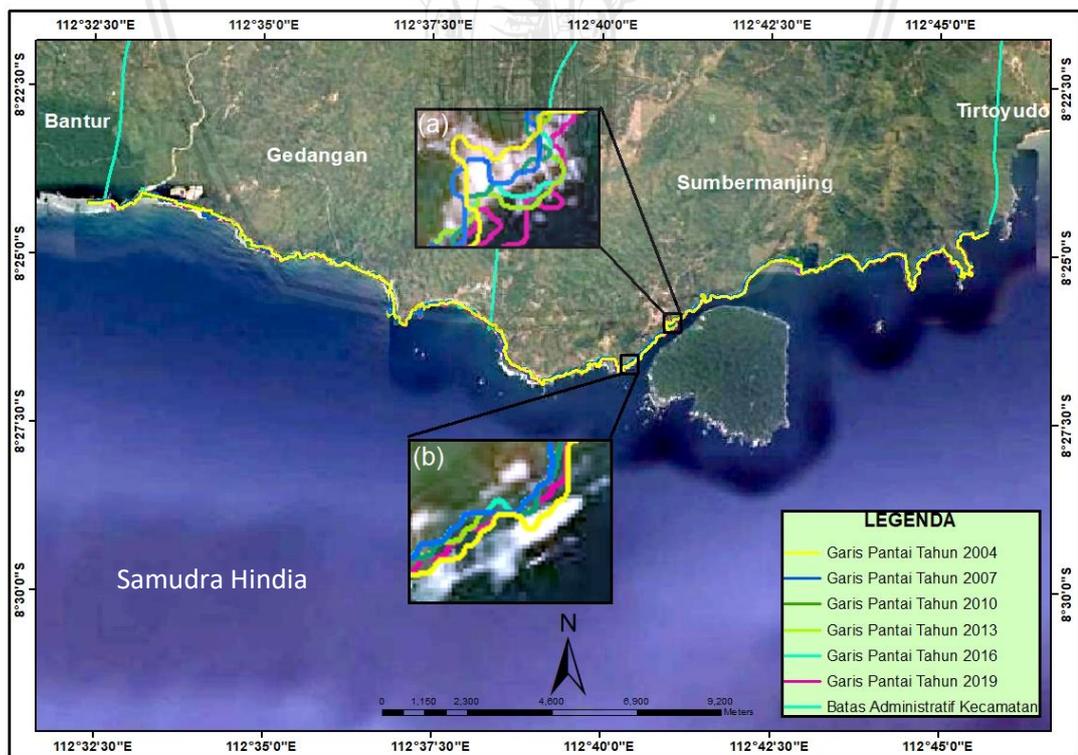




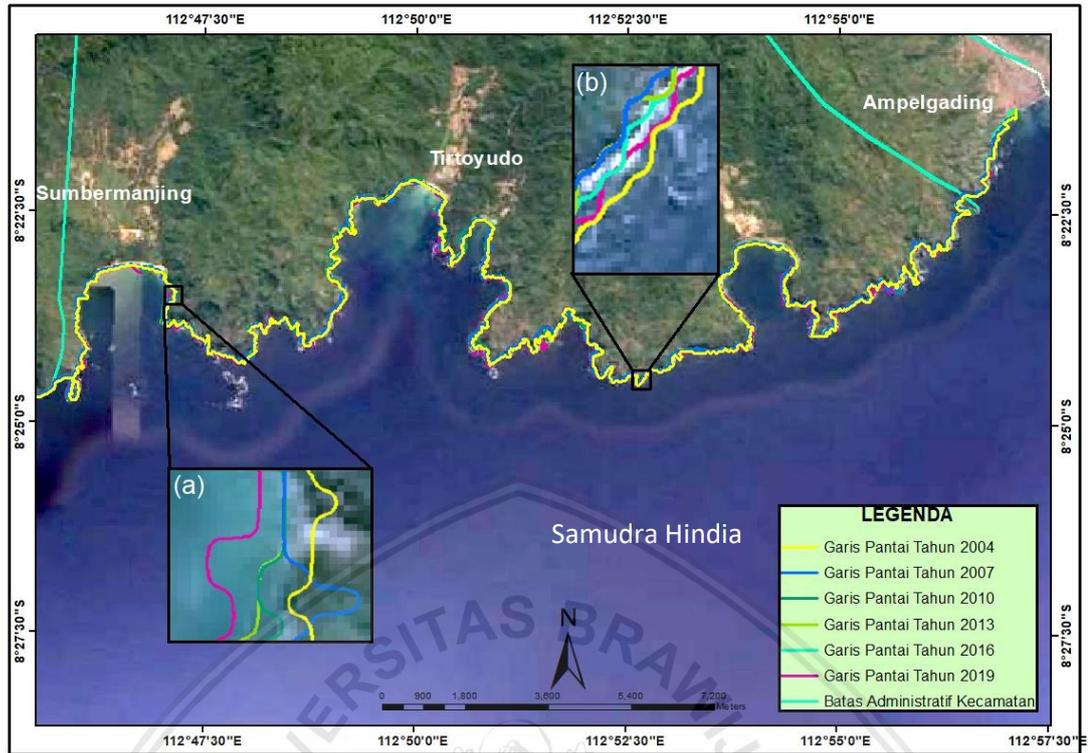
Gambar 11. Peta Perubahan Garis Pantai Tahun 2004-2019 Musim Timur



Gambar 12. Peta Perubahan Garis Pantai Tahun 2004-2019 Musim Timur Pada Wilayah A (a) Daerah Akresi Tertinggi (b) Daerah Abrasi Tertinggi



Gambar 13. Peta Perubahan Garis Pantai Tahun 2004-2019 Musim Timur Pada Wilayah B (a) Daerah Akresi Tertinggi (b) Daerah Abrasi Tertinggi



Gambar 14. Peta Perubahan Garis Pantai Tahun 2004-2019 Musim Timur Pada Wilayah C (a) Daerah Akresi Tertinggi (b) Daerah Abrasi Tertinggi

Berdasarkan grafik perubahan garis pantai tahun 2004-2019 dapat dikatakan bahwa garis pantai di Kabupaten Malang cenderung mengalami akresi. Hasil perhitungan nilai rata-rata EPR dan NSM tahun 2004-2019 dapat dilihat pada Tabel 15. Berdasarkan hasil tersebut, dapat dilihat nilai rata-rata akresi dan abrasi tertinggi. Pada tahun 2004-2019 nilai rata-rata akresi tertinggi terdapat di Wilayah A dengan nilai rata-rata jarak sebesar 80,02 m dan nilai abrasi tertinggi terdapat di Wilayah B dengan nilai rata-rata jarak sebesar -19,77 m. Pada tiap periode didapatkan nilai rata-rata akresi tertinggi terdapat pada tahun 2004-2007 di Wilayah B dengan rata-rata jarak sebesar 64,96 m. Nilai abrasi tertinggi terdapat pada tahun 2007-2010 pada Wilayah A dengan rata-rata jarak sebesar -55,98 m.

Tabel 11. Hasil Perhitungan Nilai NSM Tahun 2004-2019

Tahun	Wilayah	Rata-Rata NSM (m)	Keterangan
2004-2019	A	80,02 -13,17	Akresi
	B	79,14 -19,77	Akresi
	C	77,79 -16,81	Akresi
2004-2007	A	49,30 -25,11	Akresi
	B	64,96 -32,04	Akresi
	C	52,70 -35,60	Akresi
2007-2010	A	46,80 -55,98	Abrasi
	B	57,43 -48,22	Akresi
	C	35,55 -38,48	Abrasi
2010-2013	A	42,59 -10,31	Akresi
	B	44,02 -19,34	Akresi
	C	37,23 -16,30	Akresi
2013-2016	A	12,44 -45,40	Abrasi
	B	10,26 -27,57	Abrasi
	C	10,06 -28,70	Abrasi
2016-2019	A	58,49 -32,07	Akresi
	B	41,44 -33,22	Akresi
	C	49,80 -36,20	Akresi

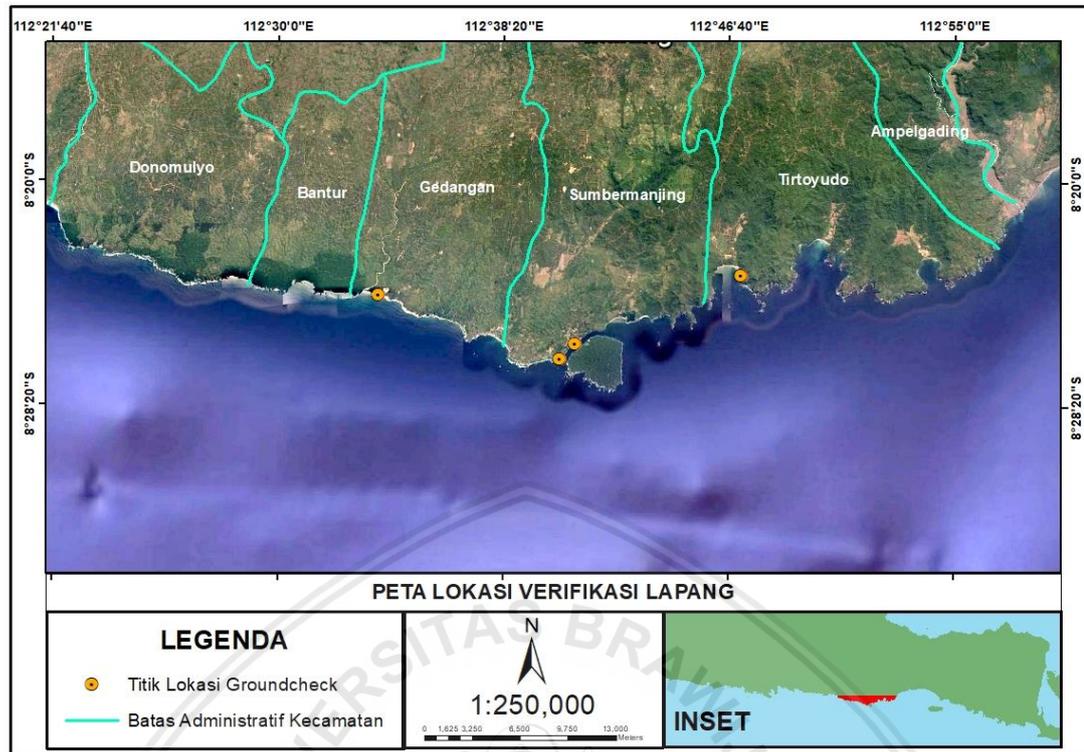
4.3.3 Laju Perubahan Garis Pantai

Setelah lokasi abrasi dan akresi teridentifikasi, tahapan selanjutnya adalah analisa statistik laju perubahan garis pantai menggunakan DSAS. Hal ini dalam rangka untuk mengetahui laju akresi dan laju abrasi garis pantai secara detail. Nilai laju perubahan garis pantai pada penelitian ini didapatkan dari hasil pengolahan data tahun 2004-2019. Nilai tersebut merupakan nilai gabungan dari rata-rata laju akresi dan laju abrasi pada musim barat dan musim timur di tiap wilayah.

Pada wilayah A, rata-rata laju akresi sebesar 5,45 m/tahun dan rata-rata laju abrasi sebesar -3,91 m/tahun. Nilai rata-rata laju akresi pada Wilayah B sebesar 4,23 m/tahun dan rata-rata laju abrasi sebesar -2,68 m/tahun. Pada wilayah C nilai rata-rata laju akresi sebesar 4,09 m/tahun dan rata-rata laju abrasi sebesar -2,64 m/tahun.

4.4 Verifikasi Lapangan

Kegiatan verifikasi lapangan dilakukan di 4 titik lokasi yang terdiri dari 3 wilayah pantai dan 1 pelabuhan. Pantai dan pelabuhan tersebut antara lain Pantai Wonogoro, Pantai Bangsong, Pantai Klatakan, dan Pelabuhan Sendang Biru. Penentuan lokasi tersebut berdasarkan daerah yang mengalami penambahan dan pengurangan garis pantai tertinggi yang didapatkan dari hasil analisis perubahan garis pantai menggunakan metode DSAS. Hasil verifikasi lapangan antara lain dokumentasi lapangan dan wawancara terhadap masyarakat sekitar. Pengambilan data dokumentasi lapangan merupakan dokumentasi profil pantai, vegetasi pantai, sedimen, gelombang, dan bangunan sekitar pantai. Sedangkan data wawancara terkait dengan kegiatan masyarakat setempat dalam penggunaan pantai dan perubahan-perubahan yang terjadi di daerah sekitar pantai. Gambar peta lokasi verifikasi lapangan dapat dilihat pada Gambar 15.

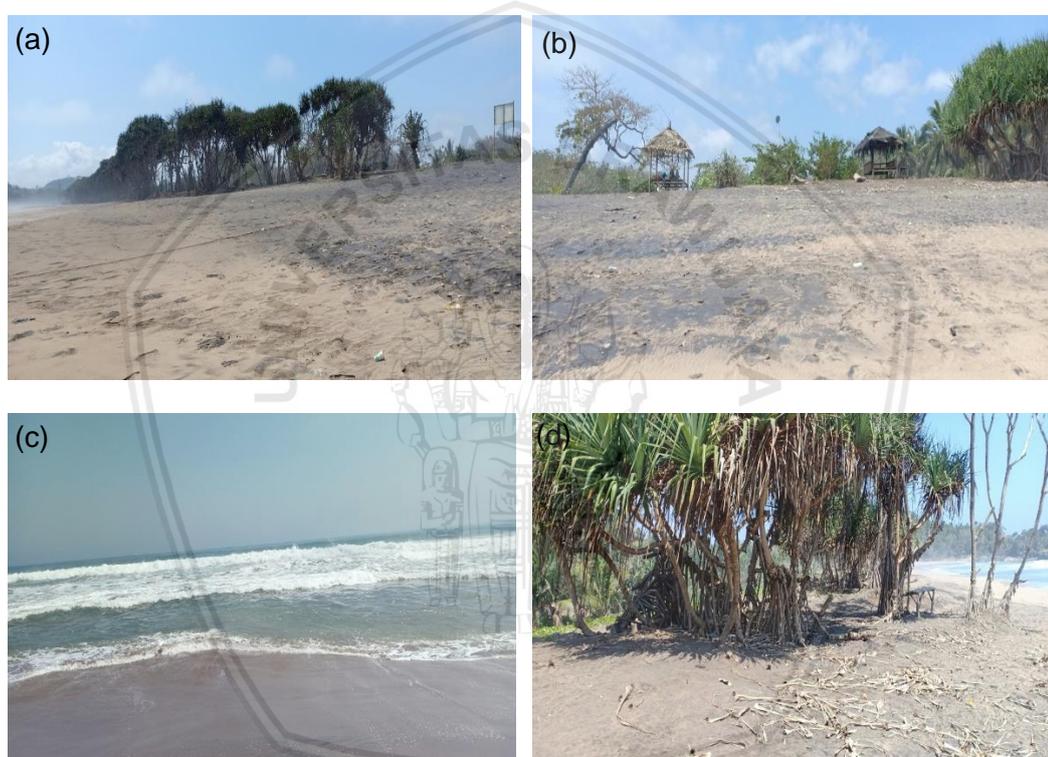


Gambar 15. Peta Lokasi Verifikasi Lapang

4.4.1 Pantai Wonogoro

Secara administratif, pantai ini terletak di Desa Sukorejo Kecamatan Gedangan. Dari hasil analisis perubahan garis pantai menggunakan metode DSAS pantai ini mengalami proses abrasi. Salah satu faktor dari proses abrasi tersebut kemungkinan dikarenakan perbedaan ketinggian pasang surut. Berdasarkan data pasang surut yang berasal dari Badan Informasi Geospasial (BIG), daerah Kabupaten Malang pada tahun 2004 terjadi pasang dengan ketinggian 0,48 m. Kondisi tersebut serupa dengan tahun 2019 yang juga mengalami pasang dengan ketinggian sebesar 0,34 m. Pantai Wonogoro memiliki pasir putih yang bercampur dengan pasir hitam yang mengkilap saat terkena sinar matahari. Berdasarkan hasil wawancara dari masyarakat setempat, pasir yang berwarna hitam di pantai ini mengandung logam besi. Selain itu, pantai ini memiliki panjang garis pantai lebih dari 1 kilometer dengan dibatasi 2 bukit kecil di kedua tepinya. Pada bagian timur pantai ini terdapat sungai kecil yang biasa digunakan

masyarakat setempat untuk kegiatan memancing. Pantai Wonogoro juga memiliki gelombang yang cukup besar di tiap harinya. Menurut masyarakat setempat, gelombang yang cukup besar di pantai ini kemungkinan dikarenakan garis Pantai Wonogoro yang cukup panjang dan tidak terdapat pulau kecil disekitar pantai sehingga gelombang yang disertai angin dapat melaju dengan kecepatan cukup besar. Pada sekitar pantai ini ditumbuhi pepohonan yang dibuat oleh masyarakat sekitar. Hasil dokumentasi di Pantai Wonogoro dapat dilihat pada Gambar 16.

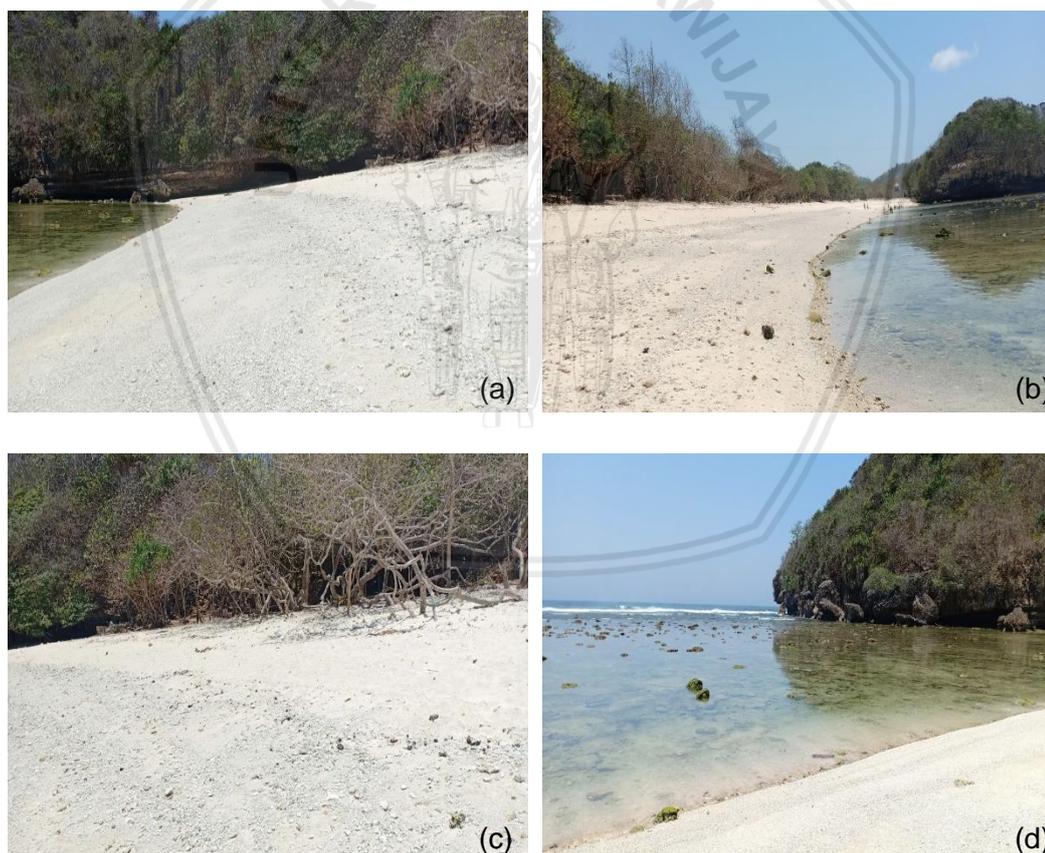


Gambar 16. Dokumentasi Pantai Wonogoro (a) Lebar Pantai (b) Sedimen Pantai (c) Gelombang Pantai (d) Vegetasi Pantai

4.4.2 Pantai Teluk Asmara

Hasil dokumentasi di Pantai Teluk Asmara dapat dilihat pada Gambar 52. Berdasarkan hasil analisis perubahan garis pantai menggunakan metode DSAS Pantai Teluk Asmara mengalami proses abrasi. Proses abrasi tersebut kemungkinan dikarenakan oleh perbedaan nilai ketinggian pasang surut. Pada tahun 2004 perairan di Kabupaten Malang mengalami pasang dengan ketinggian

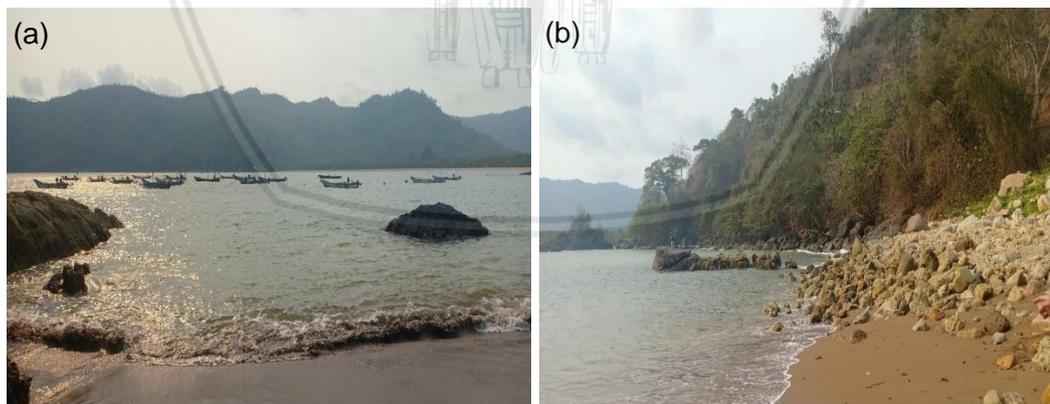
0,12 m. Kondisi serupa terjadi di tahun 2019 dengan nilai ketinggian pasang sebesar 0,02 m. Sama seperti Pantai Wonogoro, pantai ini dibatasi oleh 2 bukit kecil yang berada di sebelah barat dan timur pantai. Pasir di Pantai Teluk Asmara memiliki warna putih disertai dengan kepingan karang-karang yang sudah mati dan beberapa rumput laut yang terbawa oleh gelombang. Vegetasi yang berada di pantai ini merupakan beberapa jenis *mangrove* dengan substrat berpasir. Pada saat verifikasi lapang, tinggi gelombang di pantai ini relatif rendah dan sedang mengalami surut. Namun menurut hasil wawancara terhadap masyarakat setempat, pada saat awal dan pertengahan bulan pantai ini mengalami pasang dan surut tertinggi yang disertai dengan gelombang yang sangat tinggi.



Gambar 17. Dokumentasi Pantai Teluk Asmara (a) Tampak Sedimen Pantai (b) Garis Pantai (c) Vegetasi Pantai (d) Tampak Depan Pantai

4.4.3 Pantai Klatakan

Pantai Klatakan terletak di pedalaman Desa Tambak Asri dengan akses yang sangat sulit. Berdasarkan hasil analisis perubahan garis pantai menggunakan metode DSAS pantai ini mengalami proses akresi. Pada tahun 2004 pantai ini mengalami pasang dengan ketinggian 0,12 m dan pada tahun 2019 pantai ini juga mengalami pasang dengan ketinggian 0,02 m. Berdasarkan nilai pasang surut pantai ini mengalami proses abrasi. Namun dari hasil wawancara pada masyarakat setempat, pantai ini mengalami longsor tanah dari bukit yang terletak di belakang pantai. Longsor tanah di pantai ini terjadi pada bulan september tahun 2018. Masyarakat setempat biasa menggunakan pantai ini sebagai tempat bersandar kapal-kapal nelayan. Pantai Klatakan dikelilingi oleh vegetasi yang cukup luas. Pantai ini memiliki gelombang yang tidak terlalu besar. Hal tersebut kemungkinan dikarenakan pantai ini terletak di bentukan teluk sehingga arah gelombang datang tidak berasal dari laut lepas. Hasil dokumentasi di Pantai Klatakan dapat dilihat pada Gambar 18.





Gambar 18. Dokumentasi Pantai Klatakan (a) Gelombang Pantai (b) Sedimen Pantai (c) Dampak Longsor Tanah (d) Kapal-Kapal Nelayan Sekitar

4.4.4 Pelabuhan Sendang Biru

Pelabuhan ini diapit oleh 2 bukit yang berada di bagian barat dan timur pelabuhan. Berdasarkan data pasang surut dari Badan Informasi Geospasial (BIG) tahun 2004 pelabuhan ini mengalami pasang dengan ketinggian 0,48 m dan di tahun 2019 juga mengalami pasang dengan ketinggian sebesar 0,34 m. Pada saat verifikasi lapang, terlihat beberapa bangunan yang berdiri di atas tanah reklamasi. Berdasarkan hasil wawancara pada petugas keamanan Pelabuhan Sendang Biru, pelabuhan ini merupakan pelabuhan yang terjadi lantaran proses alam pada sebuah teluk Sendang Biru dengan latar depannya terlindungi oleh Pulau Sempu. Lantaran adanya Pulau Sempu menjadikan pelabuhan Sendang Biru menjadi relatif teduh atau terlindung dari hantaman gelombang besar yang datang dari lautan bebas. Pelabuhan ini mengalami reklamasi terbesar sekitar tahun 2005. Proses reklamasi tersebut memiliki luas kurang lebih 2 hektar dengan panjang penambahan garis pantai sekitar 200 meter. Dokumentasi di Pelabuhan Sendang Biru Dapat dilihat pada Gambar 19.



Gambar 19. Pelabuhan Sendang Biru (a) Sedimen Pantai (b) Bangunan Berdiri Di Atas Daerah Reklamasi (c) Area Pantai Sebelum Pengerukan (d) Kapal-Kapal Nelayan

4.5 Prediksi Perubahan Garis Pantai

Analisis perubahan garis pantai dilakukan dengan metode analisis regresi sederhana. Analisis regresi sederhana yang dilakukan menghasilkan persamaan y dan x . Pada penelitian ini dilakukan prediksi jarak perubahan garis pantai di tahun 2029, 2039, dan 2049. Nilai laju prediksi didapatkan dari selisih nilai jarak perubahan antara tahun terlama dengan tahun terbaru dibagi dengan rentang tahun.

Nilai prediksi perubahan garis pantai dapat dilihat pada Tabel 12. Pada tahun 2029 nilai rata-rata prediksi jarak akresi dan abrasi tertinggi terdapat pada Wilayah C dengan nilai 26,82 m dan rata-rata abrasi sebesar -30,8 m. Tahun 2039 rata-rata prediksi jarak akresi terdapat pada wilayah C dengan nilai 56,72 m dan rata-rata prediksi jarak abrasi terdapat pada Wilayah A dengan nilai -60,73 m.

Pada tahun 2049 rata-rata prediksi jarak akresi tertinggi pada Wilayah C dengan nilai 88,75 m dan rata-rata prediksi jarak abrasi tertinggi terdapat pada Wilayah A dengan nilai -81,47 m. Rata-rata nilai prediksi laju akresi tertinggi terdapat pada Wilayah C dengan nilai 3,2 m/tahun dan rata-rata nilai prediksi laju abrasi tertinggi pada Wilayah A dengan nilai laju sebesar -2,37 m/tahun. Berdasarkan hasil perhitungan tersebut dapat dikatakan bahwa kondisi garis pantai yang mengalami akresi dominan terdapat pada Wilayah C dan yang mengalami abrasi dominan terdapat pada Wilayah A.

Tabel 12. Prediksi Perubahan Garis Pantai

Wilayah	Rata-Rata Jarak Prediksi						Rata-Rata Laju Prediksi	
	2029		2039		2049		Akresi	Abrasi
	Akresi	Abrasi	Akresi	Abrasi	Akresi	Abrasi		
A	20,32	-26,40	51,42	-60,73	83,41	-81,47	3,02	-2,37
B	18,04	-15,74	32,14	-19,23	47,80	-23,22	1,45	-0,50
C	26,82	-30,80	56,72	-55,56	88,75	-75,14	3,20	-1,96

BAB V. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang dilakukan, adapun kesimpulan yang didapatkan sebagai berikut:

1. Garis pantai di Kabupaten Malang dalam kurun waktu selama 15 tahun yaitu tahun 2004-2019 mengalami akresi dan abrasi. Pada musim barat, rata-rata akresi tertinggi terdapat pada Wilayah A dengan nilai rata-rata jarak sebesar 81,99 m. Nilai rata-rata abrasi terdapat pada Wilayah C dengan rata-rata jarak sebesar -60,62 m. Pada musim timur rata-rata akresi tertinggi terdapat di Wilayah A dengan nilai rata-rata jarak sebesar 80,02 m. Nilai abrasi tertinggi terdapat di Wilayah B dengan nilai rata-rata jarak sebesar -19,77 m. Nilai laju akresi dan abrasi tertinggi pada Wilayah A dengan nilai rata-rata laju akresi 5,45 m/tahun dan rata-rata laju abrasi sebesar -3,91 m/tahun.
2. Berdasarkan hasil perhitungan prediksi perubahan garis pantai dapat dikatakan bahwa kondisi garis pantai yang mengalami akresi dominan pada Wilayah C dan yang mengalami abrasi dominan terdapat pada Wilayah A. Rata-rata nilai prediksi laju akresi tertinggi terdapat pada Wilayah C dengan nilai 3,2 m/tahun dan rata-rata nilai prediksi laju abrasi tertinggi pada Wilayah A dengan nilai laju sebesar -2,37 m/tahun.

5.2 Saran

Peneliti memberikan saran untuk penelitian selanjutnya agar dilakukan pengambilan data primer seperti data hidro oseanografi secara berkala agar dapat mengetahui morfologi pantai untuk mempermudah analisisnya. Peneliti juga menyarankan agar memperhatikan faktor-faktor yang mempengaruhi dinamika pantai seperti reklamasi dan aktivitas nelayan.



DAFTAR PUSTAKA

- Amliana, D. R., Prasetyo, Y., Sukmomo, A. 2016. Analisis Perbandingan Nilai NDVI Landsat 7 dan Landsat 8 Pada Kelas Tutupan Lahan. *Jurnal Geodesi Undip*. Vol. V. No. 1: 264-274.
- Anggraini, N., Marpaung, S., Hartuti, Maryani. 2017. Analisa Perubahan Garis Pantai Ujung Pangkah Dengan Menggunakan Metode Edge Detection dan Normalized Difference Water Index. *Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional*. Vol. 14. No. 2: 65-78.
- Arief, M., G. Winarso dan T. Prayogo. 2011. Kajian Perubahan Garis Pantai Menggunakan Data Satelit Landsat di Kabupaten Kendal. *Jurnal Penginderaan Jauh*, Vol. 8: 71 - 80.
- Arton. 2015. www.dearyoti.com. Diakses pada 12 September 2019.
- Baskoro, N.C., Joesidawati, M.I., dan Raka, N.S. 2018. Perubahan Garis Pantai Kecamatan Paciran Kabupaten Lamongan, Menggunakan Citra Landsat Dengan Metode *Digital Shoreline Analysis System (DSAS)*. *Universitas PGRI Ronggolawe Tuban*. Vol. 3: 200-208.
- Bayhaqi, A., Iskandar, M.R., Surinati, D. 2017. Pola Arus Permukaan dan Kondisi Fisika di Sekitar Pulau Selayar pada Musim Peralihan I dan Musim Timur. *Oseanologi dan Limnologi di Indonesia*. Vol. 2 No. 1: 83-95.
- Damayanti, K. 2013. Dampak Abrasi Pantai Terhadap Lingkungan Sosial (Studi Kasus di Desa Bedono, Sayung Demak). *Jurnal Ilmu Lingkungan, Prosiding Seminar Nasional Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan Universitas Diponegoro, Semarang*.
- Fuad, M. A. Z., Yunita, N., Kasitowati, R.D., Hidayati, N., Sartimbul, A. 2019. Pemantauan Perubahan Garis Pantai Jangka Panjang Dengan Teknologi Geo-Spasial di Pesisir Bagian Barat Kabupaten Tuban, Jawa Timur. *Jurnal Geografi*. Vol. 11 No. 1: 48-61
- Hidayati, Nurin. 2017. *Dinamika Pantai*. UB. Press, Malang.
- Illahude, Usman, D.E. 2009. Pendekatan Secara Empirik Terhadap Gejala Perubahan Garis Pantai Daerah Indramayu dan Sekitarnya. *Jurnal Geologi Kelautan*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi Kelautan. Vol. 7 No. 2: 99-110.
- Istiqomah, F., Sasmito, B., Amarrohman, F.J. 2016. Pemantauan Perubahan Garis Pantai Menggunakan Aplikasi *Digital Shoreline Analysis System (DSAS)* Studi Kasus : Pesisir Kabupaten Demak. *Jurnal Geodesi Undip*. Vol. 5 No. 1: 78-89.

- Ji, L., Ko, B. C., dan Kim, H. H. 2015. *Classification of potential water bodies using Landsat 8 OLI and a combination of two boosted random forest classifiers*. *Sensors*, 15: 13763-13777.
- Khatib, A., Adriati, Yolly., dan Wahyudi, A.E. 2013. Analisis Sedimentasi dan Alternatif Penanganannya di Pelabuhan Selat Baru Bengkalis. *Jurnal Konferensi Nasional Teknik Sipil 7 Universitas Sebelas Maret*. Hal: 31-38.
- Lestari, W.N., Lizalidiawati, Suwarsono, Ekawita, R. 2015. Sebaran Arus Permukaan Laut Pada Periode Terjadinya Fenomena Penjalaran Gelombang Kelvin di Perairan Bengkulu. *Jurnal Gradien*. Vol. 11 No. 2: 1014-1018.
- Nugroho, I. 2016. www.kompasiana.com. Keindahan Pantai-Pantai di Malang Selatan. Diakses pada 11 Juli 2019.
- Prayitno, Y., Bachrodin, I. 2015. Perubahan Garis Pantai di Kabupaten Indramayu Dengan Menggunakan Citra Satelit Landsat Multi Temporal. *The Journal of Fisheries Development*. Vol. 2 No. 3: 61-70.
- Raihansyah, T., Setiawan, I., dan Rizwan, T. 2016. Studi Perubahan Garis Pantai di Wilayah Pesisir Perairan Ujung Blang Kecamatan Banda Sakti Lhokseumawe. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Kelautan dan Perikanan Unsyiah*. Vol. 1. No. 1: 46-54.
- Sasmito, B., dan Suprayogi, A. 2017. Kajian Kerentanan Ekosistem Pesisir Kabupaten Demak berdasar Perubahan Garis Pantai dengan Teknologi Penginderaan Jauh dan Sistem Informasi Geografis. *Jurnal Teknik*. No. 38: 13-20.
- Shuhendry. 2004. Abrasi Pantai di Wilayah Pesisir Kota Bengkulu (Analisis Faktor Penyebab dan Konsep Penanggulangannya). *Jurnal Universitas Diponegoro*, Semarang.
- Solihuddin T. 2011. Karakteristik Pantai dan Proses Abrasi di Pesisir Padang Pariaman, Sumatera Barat. *Globe* Vol 13 (2): 112-120.
- Suhana, M. P., dan Nurjaya, I. W., 2016. Analisis Kerentanan Pantai Timur Pulau Bintan Menggunakan *Digital Shoreline Analysis System* dan *Coastal Vulnerability Index*. *Jurnal Teknologi Perikanan dan Kelautan*. Vol. VII. No. 1: 21 – 38.
- Surinati, D. 2007 Pasang Surut dan Energinya. *Jurnal Oseana*. Vol. 32. No. 1: 15-22.
- Triatmodjo, B. 1999. *Teknik Pantai*. Beta *Offset*. Yogyakarta.
- USGS. 2009. www.usgs.gov. *Digital Shoreline Analysis System*
- Wibowo, Y. A. 2012. Dinamika Pantai (Abrasi dan Sedimentasi/Akresi). *Jurnal Oseanografi Universitas Hang Tuah*.

- Wyrski, K. 1961. *Physical Oceanography of the South East Asian Water*. Naga Report Vol. 2. The University of California, La Jolla. California.
- Xu, H. 2006. Modification Of Normalised Difference Water Index (NDWI) To Enhance Open Water Features In Remotely Sensed Imagery. *Int. J. Remote sens.* 27, 3025–3033.
- Yananto, A. dan Sibarani, R.M. 2016. Analisis Kejadian El Nino dan Pengaruhnya Terhadap Intensitas Curah Hujan Di Wilayah Jabodetabek (Studi Kasus : Periode Puncak Musim Hujan Tahun 2015/2016). *Jurnal Sains dan Teknologi Modifikasi Cuaca*. Vol. 17 No. 2: 65-73.

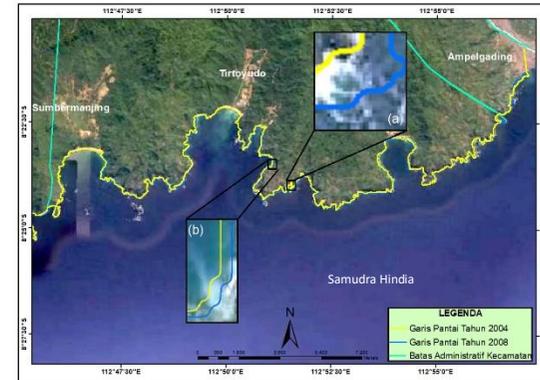
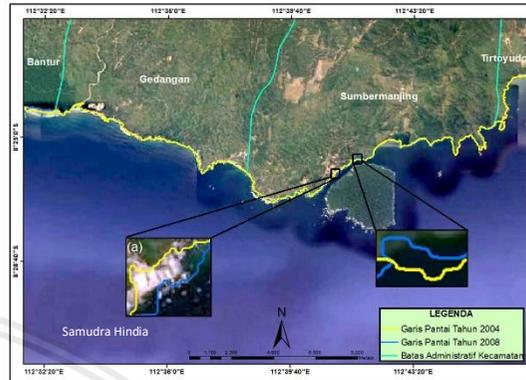
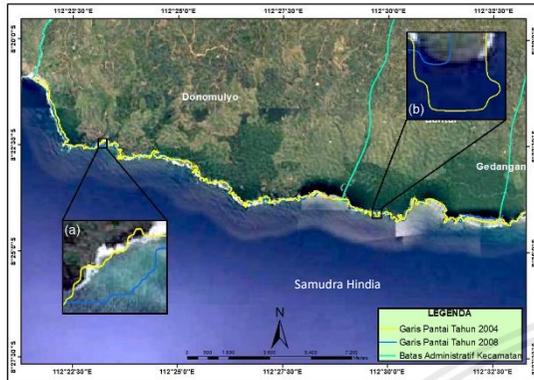


LAMPIRAN

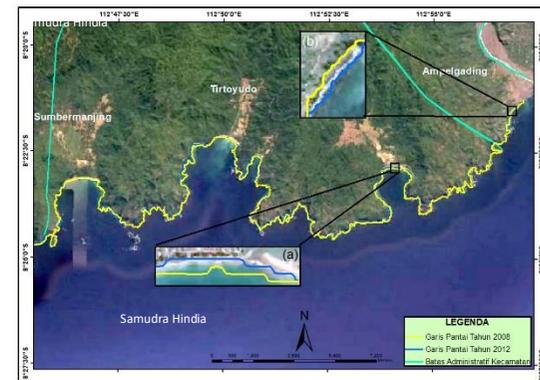
Lampiran 1. Contoh Data Perubahan Garis Pantai

Transek ID	2004-2008		2008-2012		2012-2016		2016-2019		2004-2019	
	NSM (m)	EPR (m/tahun)								
3	-33.12	-8.34	0	0	33.12	8.22	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	36.11	12.31	36.11	2.41
6	0	0	119.24	29.27	0	0	0	0	119.24	7.94
7	0	0	129.67	31.83	-51.79	-12.85	0	0	77.88	5.19
8	0	0	0	0	35.78	8.88	18.45	6.29	54.23	3.61
9	0	0	0	0	30	7.44	0	0	30	2
10	35.08	8.83	-18.3	-4.49	53.37	13.24	-35.07	-11.95	35.08	2.34
11	0.3	0.08	0	0	0	0	33.32	11.36	33.62	2.24
12	30.03	7.56	0	0	30.03	7.45	-30.03	-10.23	30.03	2
13	0	0	61.87	15.19	-30.93	-7.67	0	0	30.94	2.06
14	0	0	0	0	34.33	8.52	0	0	34.33	2.29
15	0	0	0	0	30.23	7.5	-30.23	-10.3	0	0
16	-30.06	-7.57	0	0	30.06	7.46	0	0	0	0
17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18	0	0	0	0	32.03	7.95	-32.03	-10.92	0	0
19	42.86	10.79	-40.99	-10.06	0	0	83.85	28.58	85.72	5.71
20	0	0	33.16	8.14	0	0	99.47	33.9	132.63	8.84
21	30.71	7.73	-61.42	-15.08	30.71	7.62	0	0	0	0
22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

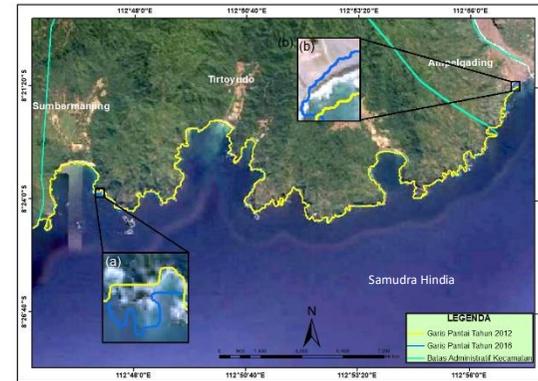
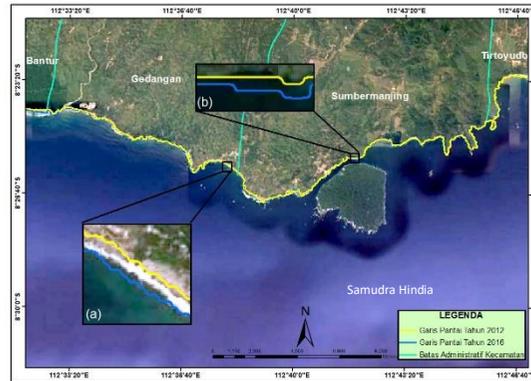
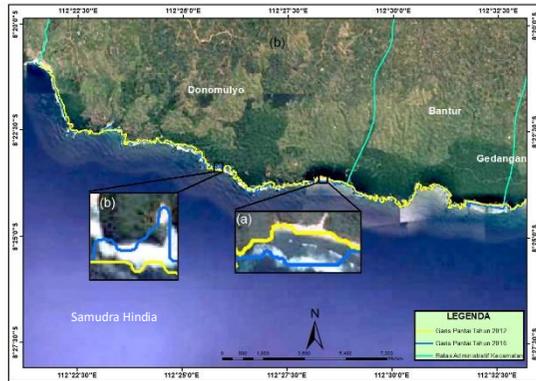
Lampiran 2. Peta Perubahan Garis Pantai Musim Barat



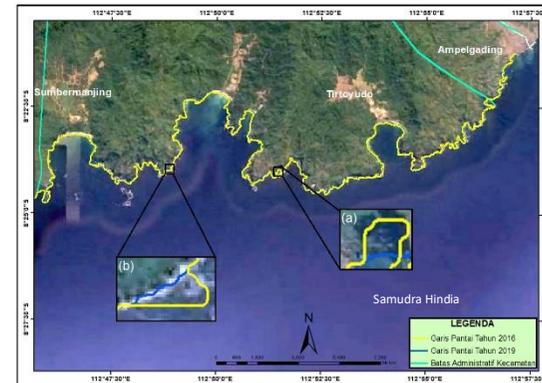
Peta Parubahan Garis Pantai Tahun 2004-2008



Peta Parubahan Garis Pantai Tahun 2008-2012

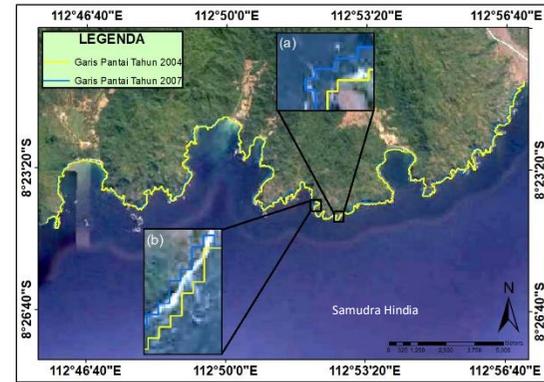
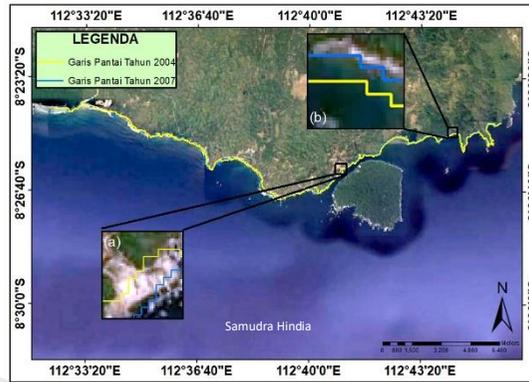
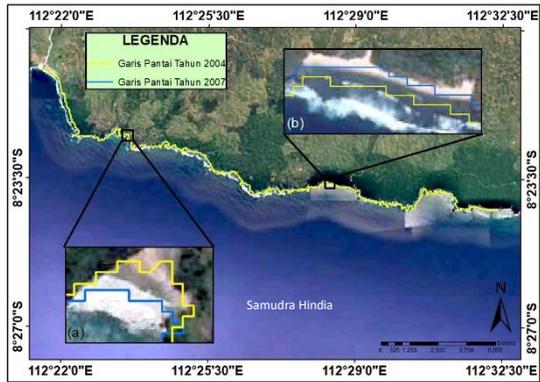


Peta Parubahan Garis Pantai Tahun 2012-2016

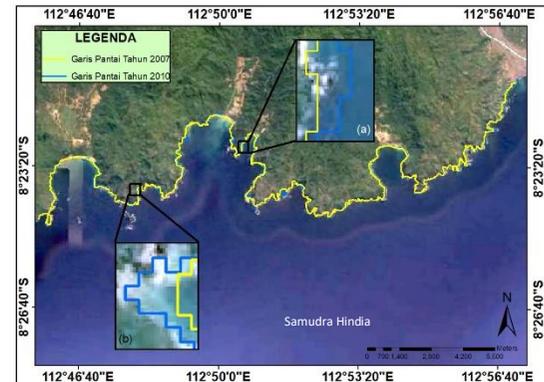
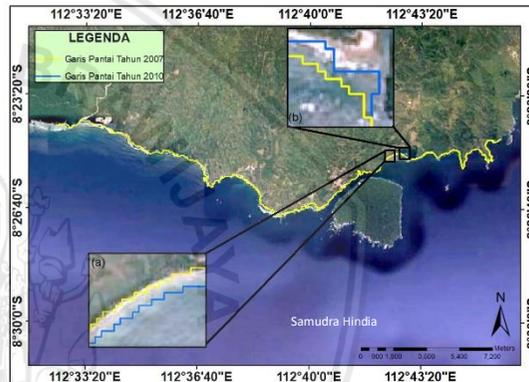
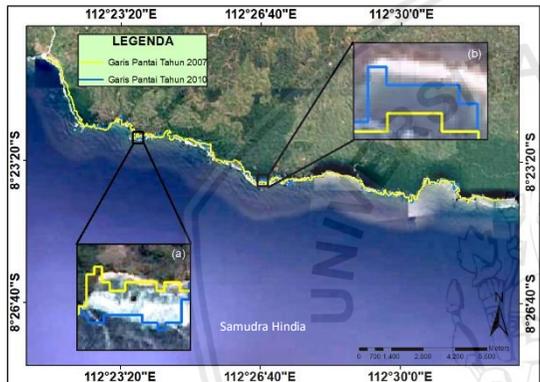


Peta Parubahan Garis Pantai Tahun 2016-2019

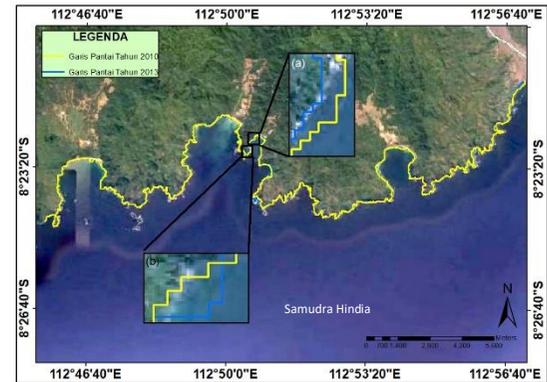
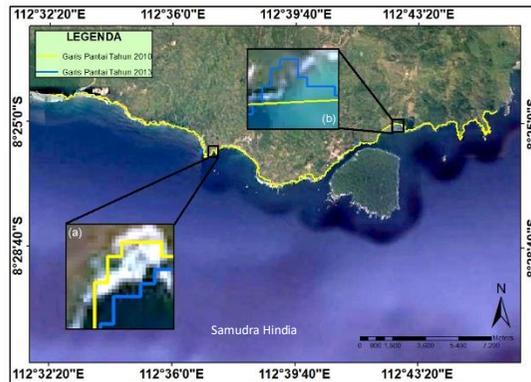
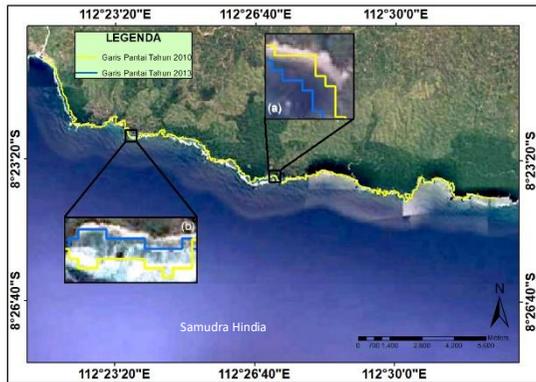
Lampiran 3. Peta Perubahan Garis Pantai Musim Timur



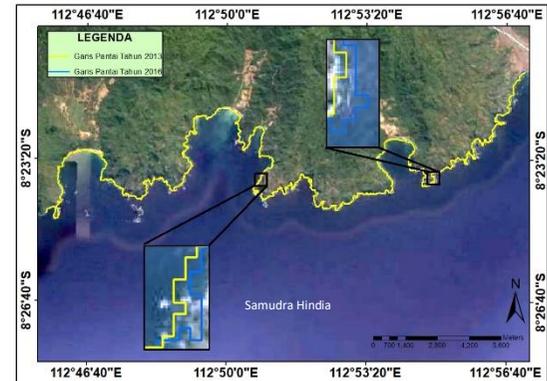
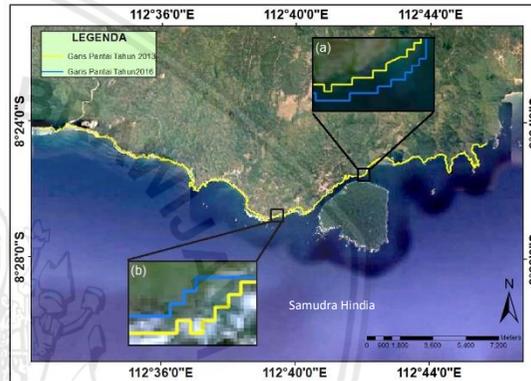
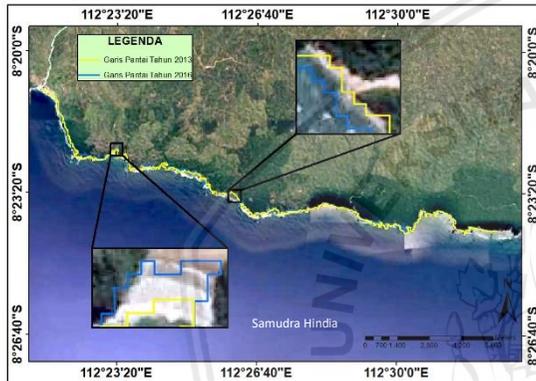
Peta Parubahan Garis Pantai Tahun 2004-2007



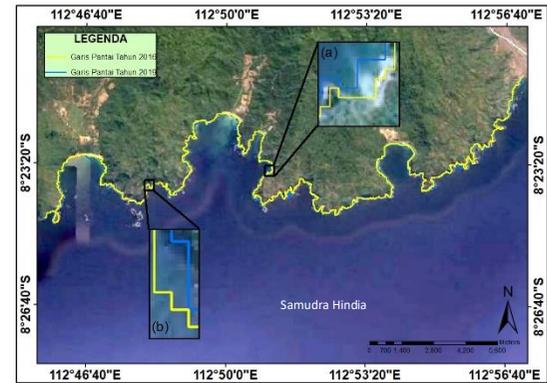
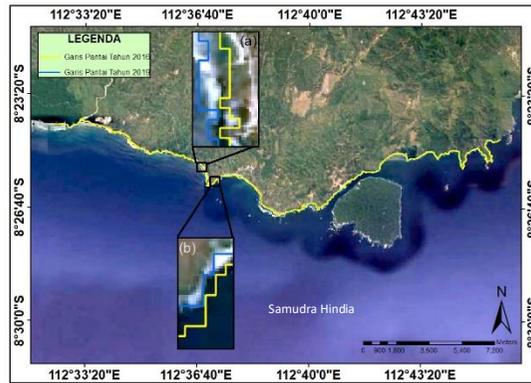
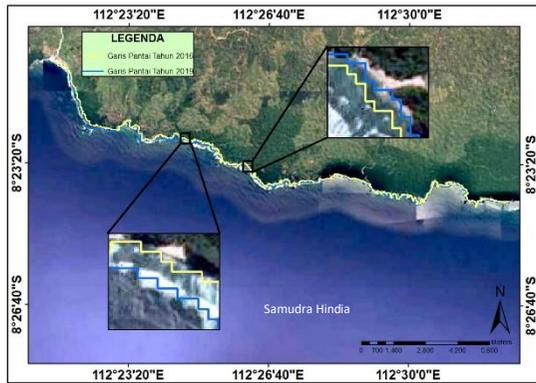
Peta Parubahan Garis Pantai Tahun 2007-2010



Peta Parubahan Garis Pantai Tahun 2010-2013



Peta Parubahan Garis Pantai Tahun 2013-2016



Peta Parubahan Garis Pantai Tahun 2016-2019



Lampiran 4. Wawancara Masyarakat Sekitar



Lampiran 5. Daftar Pertanyaan Wawancara

- Apa profesi anda?
- Apakah pantai ini sudah terdapat pengelola?
- Kalau sudah, pengelolaan apa yang telah dibuat?
- Apa saja kegiatan masyarakat setempat dalam penggunaan pantai tersebut?
- Perubahan-perubahan apa saja yang terjadi di daerah pantai?