

SKRIPSI

**KAJIAN PERUBAHAN GARIS PANTAI MENGGUNAKAN CITRA
LANDSAT DENGAN METODE *DIGITAL SHORELINE ANALYSIS
SYSTEM (DSAS)* PADA KAWASAN TANJUNG BUNGA KOTA
MAKASSAR**

Disusun dan diajukan oleh

REZKY HADI FIKRAN

L011171304



**PROGRAM STUDI ILMU KELAUTAN
FAKULTAS ILMU KELAUTAN DAN PERIKANAN
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR**

2022

**KAJIAN PERUBAHAN GARIS PANTAI MENGGUNAKAN CITRA
LANDSAT DENGAN METODE DIGITAL SHORELINE ANALYSIS
SYSTEM (DSAS) PADA KAWASAN TANJUNG BUNGA KOTA
MAKASSAR**

**REZKY HADI FIKRAN
L011171304**

SKRIPSI

Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana pada
Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan



**PROGRAM STUDI ILMU KELAUTAN
FAKULTAS ILMU KELAUTAN DAN PERIKANAN
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2022**

LEMBAR PENGESAHAN (TUGAS AKHIR)

**KAJIAN PERUBAHAN GARIS PANTAI MENGGUNAKAN CITRA LANDSAT
DENGAN METODE DIGITAL SHORELINE ANALYSIS SYSTEM (DSAS)
PADA KAWASAN TANJUNG BUNGA KOTA MAKASSAR**

Disusun dan diajukan oleh

REZKY HADI FIKRAN

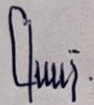
L011171304

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka Penyelesaian Studi Program Studi S1 Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan Universitas Hasanuddin pada tanggal 8 Februari 2022 dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui

Pembimbing Utama,

Pembimbing Anggota,

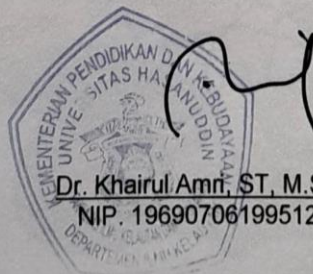


Dr. Nurjannah Nurdin, ST, M.Si.
NIP. 196809181997032001



Dr. Wasir Samad, S.Si, M.Si.
NIP. 197211232006041002

Ketua Program Studi Ilmu Kelautan,



Dr. Khairul Amri, ST, M.Sc.Stud
NIP. 196907061995121002

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya yang bertandatangan di bawah ini:

Nama : Rezky Hadi Fikran
NIM : L011171304
Program Studi : Ilmu Kelautan
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul

“Kajian Perubahan Garis Pantai Menggunakan Citra Landsat Dengan Metode Digital Shoreline Analysis System (DSAS) Pada Kawasan Tanjung Bunga Kota Makassar”

Adalah karya tulisan saya sendiri dan bukan merupakan pengambilan alihan tulisan orang lain bahwa skripsi yang saya tulis ini benar benar merupakan hasil karya saya sendiri.

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan skripsi ini hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Makassar, 21 Februari 2022

Yang menyatakan



Rezky Hadi Fikran
L011171304

PERNYATAAN AUTHORSHIP

Saya yang bertandatangan di bawah ini:

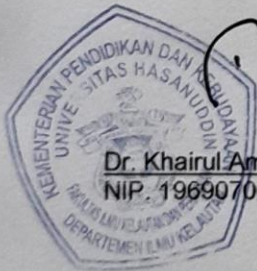
Nama : Rezky Hadi Fikran
NIM : L011171304
Program Studi : Ilmu Kelautan
Fakultas : Ilmu Kelautan dan Perikanan

Menyatakan bahwa publikasi sebagian atau keseluruhan isi Skripsi pada jurnal atau forum ilmiah lain harus seizin dan menyertakan tim pembimbing sebagai author dan Universitas Hasanuddin sebagai institusinya. Apabila dalam waktu sekurang-kurangnya dua semester (satu tahun sejak pengesahan Skripsi) saya tidak melakukan publikasi dari sebagian atau keseluruhan Skripsi ini, maka pembimbing sebagai salah seorang dari penulis berhak mempublikasikannya pada jurnal ilmiah yang ditentukan kemudian, sepanjang nama mahasiswa tetap diikutkan.

Makassar, 21 Februari 2022

Mengetahui,
Ketua Departemen Ilmu Kelautan

Penulis,



Dr. Khairul Amri, ST, M.Sc.Stud
NIP. 196907061995121002

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'Rezky Hadi Fikran', written over a light-colored background.

Rezky Hadi Fikran
NIM. L011171304

ABSTRAK

Rezky Hadi Fikran. L011171304. “Kajian Perubahan Garis Pantai Menggunakan Citra Landsat Dengan Metode Digital Shoreline Analysis System (DSAS) Pada Kawasan Tanjung Bunga Kota Makassar”, dibimbing oleh **Nurjannah Nurdin** sebagai Pembimbing Utama dan **Wasir Samad** sebagai Pembimbing Anggota.

Garis pantai merupakan batas antara air laut dan daratan di mana selalu berubah dengan sangat dinamis dan saling berinteraksi, biasanya disebabkan oleh adanya peristiwa abrasi dan akresi. Pesisir Makassar bagian Barat khususnya Kawasan Tanjung Bunga telah mengalami perubahan garis pantai yang dipengaruhi oleh adanya reklamasi. Oleh karena itu perlu adanya perhatian khusus terkait perubahan garis pantai yang terjadi di Kawasan Tanjung Bunga. Penelitian perubahan garis pantai difokuskan melalui data citra Landsat tahun 1990 – 2020 dengan metode *Digital Shoreline Analysis System* (DSAS) yang didukung dengan data oseanografi. Data primer yang digunakan yaitu citra Landsat, kecepatan dan arah arus, pasang surut, dan tracking garis pantai, sedangkan data sekunder meliputi angin, prediksi pasang surut, pola arus, peta RBI, dan kedalaman. Hasil penelitian diperoleh selama tahun 1990-2020 di Kawasan Tanjung Bunga mengalami pola perubahan garis pantai yang beragam. Akresi terbesar yang terjadi di Stadion Barombong dengan jarak rata-rata akresi sebesar 128,86 meter dan rata-rata laju akresi sebesar 4,33 meter/tahun. Sebaliknya abrasi terbesar yang terjadi di muara Sungai Jeneberang bagian selatan di sisi wilayah Tanjung Merdeka dengan jarak rata-rata abrasi sebesar 208,57 meter dan rata-rata laju abrasi sebesar 8,77 meter/tahun. Beragamnya pola perubahan garis pantai diakibatkan oleh faktor alam yaitu karakteristik gelombang disaat fenomena ekstrem (*El Nino & La Nina*) yang menimbulkan gelombang sedang hingga besar dengan kategori Skala *Beaufort* (skala 5-6). Arus sejajar pantai (*longshore current*) di Kawasan Tanjung Bunga merupakan salah satu faktor penting dalam pembentukan morfologi pantai, didapatkan aliran arus didominasi oleh aliran yang bergerak dari selatan menuju ke arah utara.

Kata Kunci: Abrasi, Akresi, Garis Pantai, DSAS, Tanjung Bunga

ABSTRACT

Rezky Hadi Fikran. L011171304. "Study of Coastline Changes Using Landsat Imagery with the Digital Shoreline Analysis System (DSAS) in the Tanjung Bunga Area of Makassar City", supervised by **Nurjannah Nurdin** as the Supervisor and **Wasir Samad** as the Co-Supervisor.

The coastline is the boundary between seawater and land where it constantly changes very dynamically and interact with each other, usually caused by abrasion and accretion events. The west coast of Makassar, especially the Tanjung Bunga area, has undergone a change in the coastline, influenced by reclamation. Therefore, it is necessary to pay special attention to changes in the coastline that occur in the Tanjung Bunga area. Research on shoreline changes is focused on Landsat image data from 1990 – 2020 using the Digital Shoreline Analysis System (DSAS) method supported by oceanographic data. The primary data used are Landsat imagery, current velocity and direction, tides, and shoreline tracking, while secondary data includes wind, tidal predictions, current patterns, RBI maps, and depth. The study results were obtained during 1990-2020 in the Tanjung Bunga area experiencing various patterns of shoreline changes. The most significant accretion occurred at the Barombong Stadium, with an average accretion distance of 128.86 meters and an average accretion rate of 4.33 meters/year. On the other hand, the largest abrasion occurred in the southern part of the Jeneberang River estuary on the Tanjung Merdeka side with an average abrasion distance of 208.57 meters and an average abrasion rate of 8.77 meters/year. The various patterns of shoreline changes are caused by natural factors, namely the characteristics of waves during extreme phenomena (El Nino & La Nina) that cause moderate to large waves with the Beaufort Scale category (scale 5-6). The longshore current in the Tanjung Bunga area is one of the essential factors in the formation of coastal morphology; it is found that the current flow is dominated by flows that move from south to north.

Keywords: Erosion, Accretion, Shoreline, DSAS, Tanjung Bunga

KATA PENGANTAR

Segala puji bagi Allah SWT atas segala rahmat dan karunia-Nya dan tak lupa pula shalawat serta salam semoga selalu dilimpahkan kepada Nabi Muhammad SAW. Tak hentinya saya memanjatkan syukur atas nikmat pertolongan Allah sehingga saya dapat menyelesaikan tugas akhir ini yang berjudul **“KAJIAN PERUBAHAN GARIS PANTAI MENGGUNAKAN CITRA LANDSAT DENGAN METODE DIGITAL SHORELINE ANALYSIS SYSTEM (DSAS) PADA KAWASAN TANJUNG BUNGA KOTA MAKASSAR”**. Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat akademik untuk meraih gelar sarjana pada Program Studi Ilmu Kelautan Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan Universitas Hasanuddin.

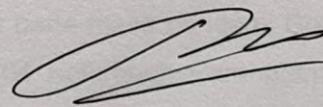
Penulis menyadari bahwa penyelesaian tugas akhir ini tidak luput dari bantuan dari berbagai pihak yang telah memberikan dukungan, bimbingan serta motivasi dalam menyelesaikan studi. Untuk itu dengan tulus hati saya mengucapkan terima kasih dan penghargaan sebesar-besarnya kepada:

1. Kepada kedua orang tua saya, Ayahanda Drajat Wiyono, Amd. dan Ibunda Ir. Marlina D. Haya yang dengan ikhlas membesarkan dengan kasih sayang serta selalu memberikan yang terbaik untuk saya atas doa yang tak pernah putus, memberi dorongan dan semangat serta kasih sayang yang tiada habisnya sehingga penulis dapat menyelesaikan studi ini. Serta adik saya Dhifan Dwi Anugrah yang selalu hadir untuk menghibur dan menemani saya dalam kondisi apapun.
2. Kepada Dr. Nurjannah Nurdin, ST, M.Si. selaku Dosen Penasehat Akademik serta pembimbing utama yang selalu sabar dalam memberikan arahan, nasehat dan dukungan kepada penulis.
3. Kepada Dr. Wasir Samad, S.Si, M.Si. selaku pembimbing pendamping dengan penuh kesabaran dalam memberikan saran serta meluangkan waktu untuk berdiskusi mulai dari tahap penyusunan proposal hingga terselesaikannya skripsi ini.
4. Kepada para dosen penguji, Dr. Muh. Banda Selamat, S.Pi., MT. dan Dr. Mahatma Lanuru, ST, M.Sc. yang telah memberikan semangat, masukan, kritik dan saran yang membangun dalam penyempurnaan penyusunan skripsi ini.

5. Kepada seluruh Dosen dan Civitas Akademik Departemen Ilmu Kelautan, Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan yang telah banyak memberi ilmu dan motivasi selama perkuliahan.
6. Kepada Kak Iqbal, Pak Odin, Kak Asdir, Pak Yesi dan Pak Razak selaku Staf Kasubag Kemahasiswaan Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan yang telah banyak memberikan bantuan demi kelancaran dokumen-dokumen yang berkaitan dengan tugas akhir ini.
7. Kepada tim lapangan Penulis: Callu, Axel, William, Arman, Afdal, Kris, Frengky, Cume, Rani, Nanda, Dinda, Ilmi, dan Fadilla yang telah banyak membantu saya pada saat di lapangan dalam proses pengambilan data dan sampel penelitian.
8. Kepada semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu-persatu, semoga segala dukungan dan partisipasi yang diberikan kepada penulis bernilai ibadah disisi Allah SWT.

Segala usaha secara maksimal penulis curahkan dalam perjalanan panjang perampung penulisan Skripsi untuk memperoleh hasil terbaik. Namun, penulis menyadari bahwa Skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan dikarenakan terbatasnya pengalaman dan pengetahuan yang dimiliki. Akhir kata semoga Skripsi ini dapat bermanfaat bagi para pembaca dan semua pihak khususnya dalam bidang Ilmu Kelautan. Amin Ya Rabbal Alamin.

Makassar, 21 Februari 2022



Rezky Hadi Fikran

BIODATA PENULIS



Rezky Hadi Fikran, anak pertama dari dua bersaudara dari pasangan Drajat Wiyono dan Marlina D. Haya, dilahirkan di Ujung Pandang, 26 Agustus 1999. Penulis memulai pendidikan jenjang kanak-kanak di TK Aisyiyah Bustanul Athfal Cabang Ujung Pandang pada tahun 2004-2006. Lalu melanjutkan pendidikan sekolah dasar di SD Negeri 77 Palopo pada tahun 2006-2009 dan SD Negeri 3 Parepare pada tahun 2009-2011. Kemudian melanjutkan pendidikan tingkat menengah pertama di SMP Negeri 2 Parepare pada tahun 2011-2014. Selanjutnya, penulis melanjutkan pendidikan tingkat menengah atas di SMA Negeri 2 Parepare pada tahun 2014-2017. Penulis diterima di Universitas Hasanuddin melalui jalur SBMPTN pada tahun 2017 dan sejak itu terdaftar sebagai mahasiswa pada Program Studi Ilmu Kelautan, Departemen Ilmu Kelautan, Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan, Universitas Hasanuddin, Makassar.

Selama menjadi mahasiswa penulis pernah menjadi asisten praktikum pada beberapa mata kuliah seperti Vertebrata Laut dan Ekologi Laut. Penulis juga tergabung dalam kegiatan organisasi BPH KEMAJIK FIKP-UH. Penulis aktif dalam kegiatan sosial dan lingkungan hidup diluar kampus dimana fokus dari penulis yaitu pemerataan pendidikan anak di pelosok dan pencegahan perubahan iklim. Dengan itu penulis memiliki aktivitas diluar kampus yaitu menjadi *volunteer* di 1000 Guru Sulsel dan Earth Hour Makassar.

Penulis melakukan rangkaian tugas akhir pada masa pandemi Covid-19 yaitu Kuliah Kerja Nyata (KKN) Gelombang 104 Kelurahan Parangtambung, Kecamatan Tamalate, Kota Makassar, Sulawesi Selatan. Akhirnya sebagai syarat untuk menyelesaikan studi, penulis melakukan penelitian dengan judul "Kajian Perubahan Garis Pantai Menggunakan Citra Landsat Dengan Metode Digital Shoreline Analysis System (DSAS) Pada Kawasan Tanjung Bunga Kota Makassar".

DAFTAR ISI

	Halaman
LEMBAR PENGESAHAN (TUGAS AKHIR).....	Error! Bookmark not defined.
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI.....	iii
PERNYATAAN AUTHORSHIP.....	Error! Bookmark not defined.
ABSTRAK.....	v
ABSTRACT.....	vi
KATA PENGANTAR.....	vii
BIODATA PENULIS.....	ix
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiv
I. PENDAHULUAN.....	1
A. Latar Belakang.....	1
B. Tujuan Penelitian.....	2
II. TINJAUAN PUSTAKA.....	3
A. Pantai.....	3
B. Perubahan Garis Pantai.....	4
C. Faktor Perubahan Garis Pantai.....	4
D. Satelit Landsat.....	5
E. Sistem Informasi Geografis.....	7
III. METODOLOGI PENELITIAN.....	11
A. Waktu dan Tempat.....	11
B. Alat dan Bahan.....	11
C. Prosedur Penelitian.....	12
D. Pengolahan Data.....	15
E. Analisis Data.....	21
IV. HASIL.....	23
A. Analisis Citra.....	23
B. Analisis Angin dan Gelombang.....	27
C. Kecepatan Arus.....	34
D. Perubahan Garis Pantai.....	38
V. PEMBAHASAN.....	51
A. Koreksi Garis Pantai terhadap Pasang Surut.....	51

B. Angin dan Gelombang	52
C. Arus	53
D. Perubahan Garis Pantai Tahun 1990-1996	54
E. Perubahan Garis Pantai Tahun 1996-2002	55
F. Perubahan Garis Pantai Tahun 2002-2008	56
G. Perubahan Garis Pantai Tahun 2008-2014	56
H. Perubahan Garis Pantai Tahun 2014-2020	57
VI. KESIMPULAN DAN SARAN.....	61
A. Kesimpulan	61
B. Saran.....	61
DAFTAR PUSTAKA.....	62
LAMPIRAN.....	66

DAFTAR TABEL

Nomor	Halaman
Tabel 1. Jenis - Jenis Satelit Landsat (USGS, 2013).....	5
Tabel 2. Spesifikasi <i>Band</i> Sensor MSS (USGS, 2013).....	6
Tabel 3. Spesifikasi <i>Band</i> Sensor TM dan ETM+ (USGS, 2013)	6
Tabel 4. Spesifikasi <i>Band</i> Sensor OLI dan TIRS (USGS, 2013)	7
Tabel 5. Jenis Alat yang digunakan beserta Keterangannya	11
Tabel 6. Jenis Bahan yang digunakan beserta Keterangannya	12
Tabel 7. Data Citra Satelit <i>Landsat</i>	14
Tabel 8. <i>Band</i> yang digunakan untuk deliniasi daratan dan perairan (6 band)	16
Tabel 9. Nilai RMSE dan Pergeseran Piksel pada Proses Koreksi Geometrik Citra	23
Tabel 10. Presentase Distribusi Angin Pada Tahun 1997 di Kawasan Tanjung Bunga	27
Tabel 11. Presentase Distribusi Angin Pada Tahun 2006 di Kawasan Tanjung Bunga	28
Tabel 12. Presentase Distribusi Angin Pada Tahun 2008 di Kawasan Tanjung Bunga	29
Tabel 13. Presentase Distribusi Angin Pada Tahun 2010 di Kawasan Tanjung Bunga	30
Tabel 14. Presentase Distribusi Angin Pada Tahun 2015 di Kawasan Tanjung Bunga	31
Tabel 15. Presentase Distribusi Angin Pada Tahun 2016 di Kawasan Tanjung Bunga	32
Tabel 16. Perhitungan <i>Fetch</i> Rerata Efektif	33
Tabel 17. Tinggi dan Periode Gelombang Signifikan Hasil Peramalan.....	34
Tabel 18. Data Pengukuran Kecepatan Arus.....	35
Tabel 19. Hasil Perhitungan Perubahan Garis Pantai Selama 30 Tahun	39
Tabel 20. Hasil Perhitungan Perubahan Garis Pantai Tahun 1990-1996 di Kawasan Tanjung Bunga	41
Tabel 21. Hasil Perhitungan Perubahan Garis Pantai Tahun 1996-2002 di Kawasan Tanjung Bunga	43
Tabel 22. Hasil Perhitungan Perubahan Garis Pantai Tahun 2002-2008 di Kawasan Tanjung Bunga	45
Tabel 23. Hasil Perhitungan Perubahan Garis Pantai Tahun 2008-2014 di Kawasan Tanjung Bunga	47
Tabel 24. Hasil Perhitungan Perubahan Garis Pantai Tahun 2014-2020 di Kawasan Tanjung Bunga	49

DAFTAR GAMBAR

Nomor	Halaman
Gambar 1. Parameter yang dibutuhkan pada DSAS	9
Gambar 2. Peta Lokasi Penelitian	11
Gambar 3. Kelerengan Pantai	17
Gambar 4. Posisi Garis Pantai pada saat Perekaman Citra dan MSL	18
Gambar 5. Hubungan antara Kecepatan Angin di Laut dan Darat	19
Gambar 6. Peramalan Fetch	20
Gambar 7. Grafik Peramalan Gelombang.....	21
Gambar 8. Metode analisa <i>Net Shoreline Movement (NSM) & End Point Rate (EPR)</i>	22
Gambar 9. Hasil Pemotongan dan Koreksi Citra (kiri: tahun 1990, kanan: tahun 2020)	23
Gambar 10. Hasil Deliniasi Daratan dan Perairan (kiri: tahun 1990, kanan: tahun 2020)	24
Gambar 11. Hasil <i>Overlay</i> Digitasi dengan Citra (kiri: tahun 1990, kanan: tahun 2020)	25
Gambar 12. Diagram Pasang Surut Kawasan Tanjung Bunga	25
Gambar 13. Posisi Garis Pantai (A : sebelum, B: sesudah) Koreksi Terhadap Pasang Surut (atas: tahun 1990, bawah: tahun 2020).....	26
Gambar 14. <i>Windrose</i> dan Frekuensi Distribusi Angin Pada Tahun 1997 di Kawasan Tanjung Bunga	27
Gambar 15. <i>Windrose</i> dan Frekuensi Distribusi Angin Pada Tahun 2006 di Kawasan Tanjung Bunga	28
Gambar 16. <i>Windrose</i> dan Frekuensi Distribusi Angin Pada Tahun 2008 di Kawasan Tanjung Bunga	29
Gambar 17. <i>Windrose</i> dan Frekuensi Distribusi Angin Pada Tahun 2010 di Kawasan Tanjung Bunga	30
Gambar 18. <i>Windrose</i> dan Frekuensi Distribusi Angin Pada Tahun 2015 di Kawasan Tanjung Bunga	31
Gambar 19. <i>Windrose</i> dan Frekuensi Distribusi Angin Pada Tahun 2016 di Kawasan Tanjung Bunga	32
Gambar 20. Ilustrasi <i>Fetch</i>	33
Gambar 21. Pola Arus pada Kondisi Menuju Pasang (RISTEKDIKTI, 2017)	36
Gambar 22. Pola Arus pada Kondisi Pasang (RISTEKDIKTI, 2017)	36
Gambar 23. Pola Arus pada Kondisi Menuju Surut (RISTEKDIKTI, 2017)	37

Gambar 24. Pola Arus pada Kondisi Surut (RISTEKDIKTI, 2017)	38
Gambar 25. Perubahan Garis Pantai Tahun 1990 – 2020 Menggunakan Metode <i>Net Shoreline Movement</i> (NSM)	38
Gambar 26. Perubahan Garis Pantai Tahun 1990 – 2020 Menggunakan Metode <i>End Point Rate</i> (EPR)	39
Gambar 27. Pola Perubahan Garis Pantai Kawasan Tanjung Bunga dari Tahun 1990-2020	40
Gambar 28. Perubahan Garis Pantai Tahun 1990 – 1996 di Kawasan Tanjung Bunga	41
Gambar 29. Pola Perubahan Garis Pantai Kawasan Tanjung Bunga dari Tahun 1990-1996	42
Gambar 30. Perubahan Garis Pantai Tahun 1996 – 2002 di Kawasan Tanjung Bunga	43
Gambar 31. Pola Perubahan Garis Pantai Kawasan Tanjung Bunga dari Tahun 1996-2002	44
Gambar 32. Perubahan Garis Pantai Tahun 2002 – 2008 di Kawasan Tanjung Bunga	45
Gambar 33. Pola Perubahan Garis Pantai Kawasan Tanjung Bunga dari Tahun 2002-2008	46
Gambar 34. Perubahan Garis Pantai Tahun 2008 – 2014 di Kawasan Tanjung Bunga	47
Gambar 35. Pola Perubahan Garis Pantai Kawasan Tanjung Bunga dari Tahun 2008-2014	48
Gambar 36. Perubahan Garis Pantai Tahun 2014 – 2020 di Kawasan Tanjung Bunga	49
Gambar 37. Pola Perubahan Garis Pantai Kawasan Tanjung Bunga dari Tahun 2014-2020	50
Gambar 38. Proses Terjadinya Arus Sejajar Pantai (<i>longshore current</i>) (Trujillo & Thurman, 2005)	54
Gambar 39. Kondisi Garis Pantai di Kawasan Tanjung Bunga	58
Gambar 40. Kondisi Abrasi di Muara Sungai Jeneberang Bagian Selatan di Sisi Wilayah Tanjung Merdeka	58
Gambar 41. Kondisi Akresi di Stadion Barombong (Kiri) dan Pantai Akkarena (Kanan)	59
Gambar 42. Kondisi Garis Pantai di Wilayah Barombong Bagian Selatan (kiri: Muara Bagian Selatan, kanan: Muara Bagian Utara)	59

Gambar 43. Hasil Pemotongan dan Koreksi Citra (kiri: tahun 1996, kanan: tahun 2002)	67
Gambar 44. Hasil Pemotongan dan Koreksi Citra (kiri: tahun 2008, kanan: tahun 2014)	67
Gambar 45. Hasil Deliniasi Daratan dan Perairan (kiri: tahun 1996, kanan: tahun 2002)	68
Gambar 46. Hasil Deliniasi Daratan dan Perairan (kiri: tahun 2008, kanan: tahun 2014)	68
Gambar 47. Hasil <i>Overlay</i> Digitasi dengan Citra (kiri: tahun 1996, kanan: tahun 2002)	69
Gambar 48. Hasil <i>Overlay</i> Digitasi dengan Citra (kiri: tahun 2008, kanan: tahun 2014)	69
Gambar 49. Kondisi Pasang Surut Akusisi Citra 16 Desember 1990, Perekaman Data Citra dalam Kondisi Pasang (BIG, 1990)	70
Gambar 50. Kondisi Pasang Surut Akusisi Citra 3 September 1996, Perekaman Data Citra dalam Kondisi Pasang (BIG, 1996)	70
Gambar 51. Kondisi Pasang Surut Akusisi Citra 28 September 2002, Perekaman Data Citra dalam Kondisi Pasang (BIG, 2002)	70
Gambar 52. Kondisi Pasang Surut Akusisi Citra 14 Oktober 2008, Perekaman Data Citra dalam Kondisi Pasang (BIG, 2008)	71
Gambar 53. Kondisi Pasang Surut Akusisi Citra 17 Juni 2014, Perekaman Data Citra dalam Kondisi Pasang (BIG, 2014)	71
Gambar 54. Kondisi Pasang Surut Akusisi Citra 5 September 2020, Perekaman Data Citra dalam Kondisi Pasang (BIG, 2020)	71
Gambar 55. Posisi Garis Pantai (A: sebelum, B: sesudah) koreksi terhadap pasang surut (atas: tahun 1996, bawah: tahun 2002)	72
Gambar 56. Posisi Garis Pantai (A: sebelum, B: sesudah) koreksi terhadap pasang surut (atas: tahun 2008, bawah: tahun 2014)	73

DAFTAR LAMPIRAN

Nomor	Halaman
Lampiran 1. Pemotongan dan Koreksi Citra	67
Lampiran 2. Deliniasi Daratan dan Perairan	68
Lampiran 3. Digitasi Citra	69
Lampiran 4. Hasil Prediksi Pasang Surut.....	70
Lampiran 5. Koreksi Garis Pantai di Citra	72
Lampiran 6. Koreksi Garis Pantai terhadap Pasang Surut	74

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Garis pantai merupakan batas antara air laut dan daratan di mana selalu berubah dengan sangat dinamis dan saling berinteraksi, perubahan secara sementara 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 (Ismail, 2012).

Perubahan garis pantai pada kondisi wilayah pantai biasanya disebabkan oleh adanya peristiwa abrasi dan akresi. Abrasi merupakan kondisi di mana daratan mengalami erosi yang disebabkan oleh hempasan air laut. Sementara akresi merupakan penambahan daratan yang disebabkan adanya sedimentasi di wilayah pantai atau perpindahan sedimen dari wilayah pantai di sebelahnya. Tetapi secara umum faktor penyebab terjadinya abrasi dan akresi terbagi menjadi dua, yaitu faktor alami dan non-alami. Faktor alami meliputi adanya gelombang pasang surut, kondisi pantai yang terbuka (tidak ada pelindung pantai), dan tidak adanya muara sungai sebagai penyuplai sedimen. Sementara untuk faktor non-alami biasanya dikaitkan dengan kegiatan manusia seperti penambang pasir pantai, reklamasi, perubahan lahan, dsb (Hariyoni *et al.*, 2013).

Kota Makassar yang merupakan Ibukota Provinsi Sulawesi Selatan terletak di Pantai Barat pulau Sulawesi. Secara administratif Kota Makassar terbagi atas 15 kecamatan dan 153 kelurahan. Kota Makassar memiliki panjang garis pantai 52,8 Km yang terdiri dari garis pantai daerah pesisir sepanjang 36,1 Km serta garis pantai pulau-pulau dan gusung sepanjang 16,7 Km (BAPPEDA Kota Makassar, 2016; Kamal, 2017).

Kota Makassar telah mengalami perubahan garis pantai akibat adanya reklamasi khususnya di kawasan Tanjung Bunga yang mencakup Kecamatan Tamalate, terlihat dari tahun 2014-2015 terjadi perubahan garis pantai signifikan dengan luas 23,48 Ha. Pada periode berikutnya 2015-2016 perubahan garis pantai mengalami kenaikan yang tercatat 7,81 Ha dan di tahun 2016-2017 mengalami kenaikan sebesar 27,55 Ha (Anggereni, 2018). Berdasarkan data tersebut, maka perlu adanya perhatian khusus terkait perubahan garis pantai yang terjadi di kawasan Tanjung Bunga. Penelitian perubahan garis pantai difokuskan melalui data citra satelit landsat tahun 1990 - 2020. Penelitian perubahan garis pantai menggunakan data citra satelit dan metode *Digital Shoreline Analysis System* (DSAS) serta data hasil *Ground Truthing*, sehingga dapat

diketahui perubahan garis pantai Kawasan Tanjung Bunga yang terjadi dalam rentang waktu yang panjang.

B. Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perubahan garis pantai di kawasan Tanjung Bunga, Kota Makassar pada tahun 1990 – 2020. Penelitian ini melingkupi pengukuran parameter fisika dan analisis spasial serta *Ground Truthing*. Adapun parameter fisika yaitu pasang surut, kecepatan dan arah arus, serta gelombang.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Pantai

Menurut Arief *et al.* (2011) pantai merupakan sebuah bentuk geografis yang mempunyai sedimen penyusun berupa pasir. Daerah pantai memiliki batas antara daratan dan perairan laut. UU No.27 Tahun 2007 pantai adalah daratan sepanjang tepian yang lebarnya proporsional dengan bentuk dan kondisi fisik pantai, minimal 100 meter dari titik pasang tertinggi ke arah darat. Tidak semua pantai terdiri atas pasir, terdapat juga pantai dengan gelombang dan arus laut yang sangat kuat sehingga pasir yang hanyut lebih cepat daripada pasir yang terbawa ke pinggir pantai, yang meninggalkan kerikil dan batuan hasil pengikisan oleh gelombang. Adapun pantai dengan gelombang yang tidak cukup kuat akan memiliki struktur kerikil yang bercampur pasir (Ayuningtyas, 2008).

Secara alami pantai biasanya terbentuk di daerah dekat dengan terjadinya sedimentasi, misalnya pada dasar tebing pantai atau di dekat muara sungai. Gelombang mendominasi dalam proses pembentukan pantai. Arus dan perputaran air (*turbulence*) menghasilkan gelombang yang menyeret sedimen bersamanya, dan arus sejajar pantai (*longshore currents*) yang disebabkan oleh gelombang dan pasang surut membawa sedimen sejajar dengan pantai. Perpindahan sedimen ini biasanya terjadi pada batas atas gelombang menuju batas pada kedalaman 15 meter, sedangkan pasir dalam jumlah besar hanyut dalam bentuk suspensi. Sedangkan secara non alami pantai terbentuk karena faktor pembangunan maupun pemanfaatan, misalnya pembangunan pelabuhan, reklamasi dan penambangan (Ayuningtyas, 2008).

Dalam melakukan pemantauan perubahan garis pantai dapat dilakukan baik secara langsung in situ dengan pengukuran lapangan, maupun dengan teknologi penginderaan jarak jauh dan Sistem Informasi Geografis (GIS) (Kasim, 2012). Dalam pengukuran dengan survei lapang. Teknik ini dapat menghasilkan pengukuran dengan akurasi yang tinggi, kelemahannya membutuhkan tenaga dan waktu yang banyak serta terkadang pendekatan ini dibatasi oleh kesulitan akses ke lokasi (Zhao *et al.*, 2008). Sedangkan pemanfaatan teknologi penginderaan jarak jauh dapat memonitor cakupan wilayah daerah yang memiliki panjang garis pantai yang luas atau wilayah yang memiliki banyak pulau seperti pulau-pulau di Indonesia (Winarso *et al.*, 2001). Metode untuk mengetahui jarak perubahan garis pantai yaitu dengan menggunakan *Digital Shoreline Anlysis System* (DSAS). DSAS merupakan perangkat lunak yang dapat

digunakan untuk mengetahui laju perubahan garis pantai dari waktu ke waktu (Hakim *et al.*, 2014).

B. Perubahan Garis Pantai

Pantai memiliki ke khasan berupa energi gelombang yang besar. Butiran pasir penyusun pantai akan semakin besar ketika energi gelombang yang menerpa daerah tersebut juga besar. Hal ini terjadi karena pantai merupakan suatu sistem yang saling mempengaruhi antara daratan dan lautan. Sehingga seberapa besar daratan mempengaruhi lautan dan seberapa besar lautan mempengaruhi daratan, dinyatakan sebagai suatu sistem pantai (Sulaiman & Soehardi, 2008).

Dalam kawasan pantai sering terjadi proses yang sangat dinamik terhadap perubahan, salah satunya perubahan morfologi atau perubahan garis pantai. Perubahan garis pantai merupakan proses yang terjadi secara terus menerus yang diakibatkan oleh proses alam di pantai yang meliputi pergerakan sedimen, arus susur pantai (*longshore current*), tindakan ombak dan penggunaan lahan (Arief *et al.*, 2011).

Garis pantai merupakan pertemuan antara pantai (daratan) dan air (lautan). Dalam penentuan tinggi muka air dapat menjelaskan posisi garis pantai, yaitu garis air tertinggi (*high water line*) sebagai garis pantai dan garis air terendah (*low water line*) sebagai acuan kedalaman (Sudarsono, 2011).

Perubahan garis pantai tiap tahun dapat dihitung dan dipantau. Perubahan alam yang terjadi di pantai sangat cepat dibandingkan dengan yang terjadi di lingkungan yang lain. Perubahan garis pantai ada dua macam, yaitu perubahan maju (*akresi*) dan perubahan mundur (*abrasi*). Perubahan garis pantai maju diakibatkan adanya pengendapan dan atau pengangkatan daratan (*emerge*). Sedangkan perubahan garis pantai mundur diakibatkan adanya proses abrasi dan atau penenggelaman daratan (*sub merge*) (Sudarsono, 2011).

C. Faktor Perubahan Garis Pantai

Faktor yang berperan dalam mekanisme perubahan pantai, yakni antara lain besarnya energi gelombang yang menghempas di pantai, sudut yang dibentuk antara muka gelombang saat pecah dengan garis pantai, lereng dasar perairan, jenis dan ukuran sedimen yang terdeposit, keterbukaan pantai terhadap hantaman gelombang dan bentuk morfologi garis pantai. Garis pantai akan mengalami erosi yang intensif jika morfologinya berupa tonjolan, lereng dasar perairan yang relatif curam, tingkat keterbukaan yang tinggi terhadap hantaman gelombang dan energi gelombang yang tinggi (Purba & Jaya, 2004).

Proses perubahan garis pantai terdiri atas akresi dan abrasi. Akresi atau majunya garis pantai disebabkan oleh adanya proses sedimentasi yang dibawa oleh sungai maupun laut serta kegiatan masyarakat dalam menambah lahan tambak/perikanan di sekitar pantai. Sedangkan abrasi atau mundurnya garis pantai disebabkan oleh energi gelombang laut yang mengikis garis pantai. Sedimentasi yang terjadi dalam proses penambahan lahan merupakan hasil proses erosi atau abrasi (Arief *et al.*, 2011). Tetapi secara umum faktor penyebab terjadinya abrasi dan akresi terbagi menjadi dua, yaitu faktor alami dan non-alami. Faktor alami meliputi adanya sedimentasi, abrasi, pemadatan sedimen pantai, kenaikan muka air laut dan kondisi geologi. Sedangkan faktor non-alami terdiri dari penanggulangan pantai, penggalian sedimen pantai, penimbunan pantai, pembabatan tumbuhan pelindung pantai, pembuatan kanal banjir dan pengaturan pola Daerah Aliran Sungai (DAS) (Sudarsono, 2011).

D. Satelit Landsat

Landsat merupakan salah satu satelit penginderaan jauh yang dikembangkan oleh *National Aeronautics and Space Administration (NASA)* dan *United States Geological Survey (USGS)*. Landsat telah meluncurkan delapan satelit (Tabel 1) yang mana tiap citra satelit landsat dapat diunduh secara gratis pada website USGS (USGS, 2013). Pemanfaatan citra Landsat telah banyak digunakan untuk beberapa kegiatan survei maupun penelitian diberbagai bidang seperti geologi, pertambangan, geomorfologi, hidrologi, serta kehutanan. Dalam setiap perekamannya citra Landsat mempunyai cakupan area 185 km x 185 km, sehingga aspek dari objek tertentu dapat diidentifikasi tanpa harus menjelajah seluruh daerah yang ingin disurvei atau yang diteliti (Saripin, 2003).

Tabel 1. Jenis - Jenis Satelit Landsat (USGS, 2013)

Nama Satelit	Tanggal Peluncuran	Tanggal Dinonaktifkan	Sensor
Landsat 1	23 Juli 1972	6 Januari 1978	MSS/RBV
Landsat 2	22 Januari 1975	27 Juli 1983	MSS/RBV
Landsat 3	5 Maret 1978	7 September 1983	MSS/RBV
Landsat 4	16 Juli 1982	15 Juni 2001	MSS/TM
Landsat 5	1 Maret 1984	2013	MSS/TM
Landsat 6	5 Oktober 1993	Gagal mencapai orbit	ETM
Landsat 7	15 April 1999	Masih beroperasi	ETM+
Landsat 8	11 Februari 2013	Masih beroperasi	OLI/TIRS

Sensor pada Landsat 1, 2 dan 3 adalah *Multispectral Scanner (MSS)*, spesifikasinya dapat dilihat pada Tabel 2. Landsat 4 dan 5 ada yang memiliki sensor

MSS dan ada pula yang memiliki sensor *Thematic Mapper* (TM). Sensor pada Landsat 7 adalah *Enhanced Thematic Mapper Plus* (ETM+), spesifikasinya dapat dilihat pada Tabel 3. Landsat 8 memiliki dua macam jenis sensor yaitu *Operational Land Imager* (OLI) dan *Thermal Infrared Sensor* (TIRS). Sensor OLI mengumpulkan data menggunakan resolusi 15 meter. Pada sensor OLI terdapat delapan *band* yaitu band 1 hingga 8. Sensor TIRS mengumpulkan data menggunakan resolusi 100 meter. Pada sensor TIRS terdapat tiga *band* yaitu band 9 hingga 11, spesifikasinya dapat dilihat pada Tabel 4 (USGS, 2013).

Tabel 2. Spesifikasi *Band* Sensor MSS (USGS, 2013)

Landsat 1, 2, 3	Landsat 4, 5	Panjang Gelombang (micrometer)	Resolusi (meter)	Fungsi
<i>Band 4-green</i>	<i>Band 4-green</i>	0,5 – 0,6	80	Menenkankan sedimen, air pada perairan dangkal
<i>Band 5-red</i>	<i>Band 5-red</i>	0,6 – 0,7	80	Menekankan <i>cultural features</i>
<i>Band 6-NIR</i>	<i>Band 6-NIR</i>	0,7 – 0,8	80	Menekankan batas antara vegetasi dengan daratan, air dan bangunan
<i>Band 7-NIR</i>	<i>Band 7-NIR</i>	0,8 – 1,1	80	Paling baik untuk menembus awan halus;menekankan batas antara vegetasi dengan daratan, air dan bangunan

Tabel 3. Spesifikasi *Band* Sensor TM dan ETM+ (USGS, 2013)

<i>Spectral Bands</i>	Panjang Gelombang (micrometer)	Resolusi (meter)	Fungsi
<i>Band 1-blue</i>	0,45 – 0,52	30	Pemetaan batimetri, membedakan tanah dengan vegetasi
<i>Band 2-green</i>	0,52 – 0,61	30	Menekankan puncak pantulan vegetasi, untuk menilai kekuatan vegetasi
<i>Band 3-red</i>	0,63 – 0,69	30	Menekankan <i>vegetation slopes</i>
<i>Band 4-Near IR</i>	0,76 – 0,90	30	Menekankan kandungan biomassa dan garis pantai
<i>Band 5-Medium IR</i>	1,55 – 1,75	30	Membedakan kadar air tanah dan vegetasi, menembus awan halus
<i>Band 6-Thermal IR</i>	10,40 – 12,50	120	Digunakan untuk pemetaan termal dan mengestimasi kelembapan tanah
<i>Band 7-Shortwave IR</i>	2,08 – 2,35	30	Digunakan untuk pemetaan hidrotermal perubahan batu yang berhubungan dengan deposit mineral
<i>Band 8-Panchromatic</i>	0,52 – 0,90	15	Digunakan untuk mempertajam citra <i>multispectral</i>

Tabel 4. Spesifikasi *Band* Sensor OLI dan TIRS (USGS, 2013)

<i>Spectral Bands</i>	Panjang Gelombang (micrometer)	Resolusi (meter)	Fungsi
<i>Band 1-coastal/aerosol</i>	0,43 – 0,45	30	Meningkatkan observasi kawasan pesisir
<i>Band 2-blue</i>	0,45 – 0,51	30	Pemetaan batimetri, membedakan tanah dengan vegetasi
<i>Band 3-green</i>	0,53 – 0,59	30	Menekankan puncak pantulan vegetasi, untuk menilai kekuatan vegetasi
<i>Band 4-red</i>	0,64 – 0,67	30	Menekankan kemiringan vegetasi
<i>Band 5-NIR</i>	0,85 – 0,88	30	Menekankan batas antara vegetasi dengan daratan, air dan bangunan
<i>Band 6-SWIR 1</i>	1,57 – 1,65	30	Digunakan untuk mendeteksi tumbuhan kering, area yang terbakar, vegetasi yang terkena dampak kebakaran dan sensitif terhadap radiasi termal; dapat digunakan untuk mendeteksi kebakaran khususnya pada malam hari
<i>Band 7-SWIR 2</i>	2,11 – 2,29	30	Digunakan untuk mendeteksi wilayah yang mengalami kekeringan, area yang terkena dampak kebakaran dan mendeteksi kebakaran saat malam hari
<i>Band 8-Panchromatic</i>	0,50 – 0,68	15	Digunakan untuk mempertajam citra <i>multispectral</i>
<i>Band 9-cirrus</i>	1,36 – 1,38	30	Digunakan untuk mendeteksi awan <i>cirrus</i>
<i>Band 10-TIRS 1</i>	10,60 – 11,19	100	Digunakan untuk pemetaan termal dalam membedakan arus perairan, pemantauan kebakaran, pengamatan pada malam hari dan mengestimasi kelembapan tanah
<i>Band 11-TIRS 2</i>	11,50 – 12,51	100	Sama dengan <i>band 10</i>

E. Sistem Informasi Geografis

Sistem Informasi Geografis (SIG) merupakan sebuah sistem atau teknologi berbasis komputer yang dibangun dengan tujuan untuk mengumpulkan, menyimpan, mengolah dan menganalisa data geografis dan non geografis, serta menyajikan data dan informasi dari suatu objek atau fenomena yang berkaitan dengan letak atau keberadaannya di permukaan bumi (Sumantri *et al.*, 2019).

1. ArcGIS

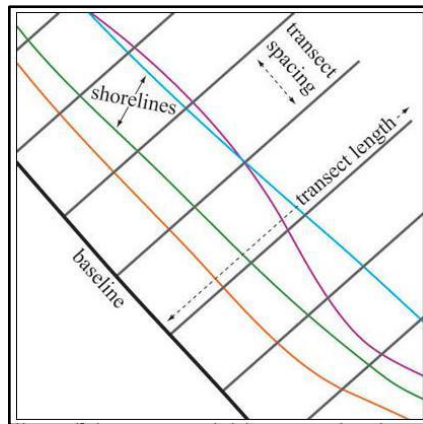
Perangkat lunak ArcGIS merupakan perangkat lunak SIG yang baru dari ESRI (*Environmental Systems Research Institute*), yang memungkinkan pengguna untuk memanfaatkan data dari berbagai format data. Dengan ArcGIS pengguna dapat memanfaatkan fungsi *desktop* maupun jaringan, selain itu juga pengguna bisa memakai fungsi *ArcMap*, *ArcCatalog* dan *ArcToolbox*. Materi yang disajikan adalah

konsep SIG, pengetahuan peta, pengenalan dan pengoperasian ArcGIS, input data dan manajemen data spasial, pengoperasian *ArcCatalog*, komposisi atau tata letak peta dengan *ArcMap*, memanfaatkan perangkat lunak SIG ArcGIS 10 untuk pengelolaan data spasial dan tabular serta untuk penyajian informasi peta (Setianingrum *et al.*, 2014). ArcGis banyak digunakan untuk mengakomodasi kebutuhan dalam pengelolaan sumberdaya alam dan lain lain.

ArcMap merupakan program aplikasi sentral di dalam *ArcGIS Desktop* untuk menampilkan, manipulasi data geografis, penggambaran peta, *query*, seleksi, dan *editing* peta. *ArcMap* memberikan pengguna sebuah kesempatan untuk membuat dan bekerja dengan dokumen peta. Sebuah dokumen peta terdiri dari *frame data*, *layer*, label, dan objek grafis. Sedangkan *ArcCatalog* merupakan sebuah aplikasi yang membantu mengatur dan mengelola informasi SIG yang meliputi data SIG, dokumen peta, *file layer*, dan lainnya. Data SIG terdiri dari berbagai macam format data dan tipe. Di dalam *ArcCatalog* pengguna dapat menghapus, memberi nama baru, membuat *file* peta baru, *preview* peta, melihat metadata, membuat *database* dan sebagainya. Pada hakikatnya, *ArcCatalog* adalah program *explorer* peta di ArcGIS. Banyak dari pekerjaan SIG menggunakan *ArcMap* dan *ArcCatalog* untuk mengelola, menampilkan, dan *query* data SIG. Di dalam *ArcToolbox* banyak terdapat alat untuk *geoprocessing*. *Geoprocessing* digunakan untuk otomasi data, kompilasi data, mengelola data, analisis data, modeling data, dan untuk kartografi tingkat lanjut. Berbagai macam *tool* antara lain 3D analisis *tool*, kartografi *tool*, konversi *tool*, data manajemen *tool*, dan lainnya (Setianingrum, 2014).

2. *Tools Digital Shoreline Analysis System (DSAS)*

DSAS (*Digital Shoreline Analysis System*) merupakan aplikasi perangkat lunak gratis yang bekerja sama dengan lembaga ESRI (*Environmental Systems Research Institute*) yang merupakan pengembang perangkat lunak ArcGIS. DSAS membantu peneliti dalam perhitungan statistik tingkat perubahan suatu garis pantai pada rentang waktu yang berbeda (Fathoni, 2017). DSAS menggunakan titik sebagai acuan pengukuran di mana titik dihasilkan dari perpotongan antara garis transek yang dibuat oleh pengguna dengan garis - garis pantai berdasarkan waktu, dapat dilihat pada Gambar 1 (Himmelstoss *et al.*, 2018).



Gambar 1. Parameter yang dibutuhkan pada DSAS

Parameter yang diperlukan dalam DSAS terdiri dari *baseline*, *shorelines* dan *transek*. *Baseline* merupakan garis dasar sejajar garis pantai yang digunakan sebagai garis acuan untuk mengukur perubahan garis pantai dan garis ini tidak termasuk dalam garis pantai. Garis yang dijadikan *baseline* ini diletakkan pada wilayah daratan (*Onshore*). *Shorelines* yaitu garis pantai yang akan diukur perubahannya. *Transek* merupakan garis tegak lurus dengan *baseline* yang membagi pias-pias pada garis pantai. *Transek* dibuat mengarah ke arah laut dengan jarak antar transek yang digunakan yaitu 60 meter. Jarak 60 meter digunakan mengingat data yang digunakan sebagian besar merupakan data citra satelit yang berbasis pixel dan dianggap sudah cukup detail untuk diterapkan pada garis pantai yang memiliki panjang ± 25 km (Setiani, 2017; Umami *et al.*, 2018).

Prinsip kerja analisa perubahan garis pantai menggunakan titik – titik yang dihasilkan dari perpotongan antara garis transek yang dibuat dengan garis pantai berdasarkan waktu sebagai acuan pengukuran (Istiqomah *et al.*, 2016). Metode perhitungan yang dapat digunakan untuk melakukan perhitungan laju perubahan garis pantai pada DSAS menurut Himmelstoss *et al.* (2018), yaitu:

- a) *Shoreline Change Envelope* (SCE) digunakan untuk mengukur jarak antara garis pantai yang terjauh dan terdekat dari *baseline* pada setiap transek tanpa memperhatikan tahun garis pantai.
- b) *Net Shoreline Movement* (NSM) digunakan untuk mengukur jarak perubahan garis pantai antara garis yang terlama dan garis pantai terbaru. Metode NSM hanya melibatkan dua garis pantai yaitu garis pantai tahun terlama dan terbaru.
- c) *End Point Rate* (EPR) digunakan untuk menghitung laju perubahan garis pantai dengan membagi jarak antara garis pantai terlama dan garis pantai terkini dengan waktunya.
- d) *Linear Regression Rate* (LRR) digunakan untuk menganalisa secara statistik tingkat perubahan dengan menggunakan regresi linear atau bisa juga ditentukan

dengan menggunakan garis regresi least-square (metode statistik untuk analisis time series) terhadap semua titik perpotongan garis pantai dengan transek.

- e) *Weighted Linear Regression* (WLR) diperoleh dengan cara melakukan *plotting* posisi garis pantai sesuai waktunya kemudian menghitung tingkat perubahan dengan cara memberikan pembobotan pada data yang memiliki tingkat *shoreline uncertainty* yang terendah. Pada perhitungan secara statistik tingkat perubahan untuk garis pantai penekanan lebih banyak ditempatkan pada data yang memiliki ketidakpastian posisi paling kecil.
- f) *Least Median of Square* (LMS) atau metode median kuadrat terkecil, LMS ditentukan melalui perhitungan semua kemungkinan tingkat perubahan dalam rentang sudut yang dibatasi.