

**GEOMORFOLOGI LAGUNA DI WILAYAH PESISIR MANJALLING
KABUPATEN BULUKUMBA**



UZLIFATUL JANNAH ASHAR

L011 20 1025



**DEPARTEMEN ILMU KELAUTAN
FAKULTAS ILMU KELAUTAN DAN PERIKANAN
UNIVERSITAS HASANUDDIN**

MAKASSAR

2024

**GEOMORFOLOGI LAGUNA DI WILAYAH PESISIR MANJALLING
KABUPATEN BULUKUMBA**

**UZLIFATUL JANNAH ASHAR
L011 20 1025**



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

2024

**GEOMORFOLOGI LAGUNA DI WILAYAH PESISIR MANJALLING
KABUPATEN BULUKUMBA**

UZLIFATUL JANNAH ASHAR

L011 20 1025

Skripsi

sebagai salah satu syarat untuk mencapai gelar sarjana

Program Studi Ilmu Kelautan

pada

**PROGRAM STUDI ILMU KELAUTAN
DEPARTEMEN ILMU KELAUTAN
FAKULTAS ILMU KELAUTAN DAN PERIKANAN
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2024**

SKRIPSI

GEOMORFOLOGI LAGUNA DI WILAYAH PESISIR MANJALLING
KABUPATEN BULUKUMBAUZLIFATUL JANNAH ASHAR
L011 20 1025

Skripsi,

telah dipertahankan di depan Panitia Ujian Sarjana pada 05 Agustus 2024
dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan
pada

Program Studi Ilmu Kelautan
Departemen Ilmu Kelautan
Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan
Universitas Hasanuddin
Makassar

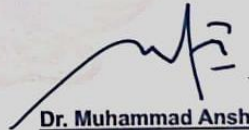
Mengesahkan:

Pembimbing Utama,



Prof. Dr. Ahmad Faizal, S.T., M.Si.
NIP. 19750727 200112 1 003

Pembimbing Pendamping,



Dr. Muhammad Anshar Amran, M.Si.
NIP. 19640218 199203 1 002

Mengetahui:

Ketua Program Studi,

Dr. Khairul Amri, S.T., M.Sc.Stud
NIP. 19690706 199512 1 002

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI DAN PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa, skripsi berjudul "Geomorfologi Laguna di Wilayah Pesisir Manjalling Kabupaten Bulukumba" adalah benar karya saya dengan arahan dari pembimbing (Prof. Dr. Ahmad Faizal, S.T., M.Si. dan Dr. Muhammad Anshar Amran, M.Si.). Karya ilmiah ini belum diajukan dan tidak sedang diajukan dalam bentuk apa pun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka skripsi ini. Apabila di kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan skripsi ini adalah karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut berdasarkan aturan yang berlaku.

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta (hak ekonomis) dari karya tulis saya berupa skripsi ini kepada Universitas Hasanuddin.

Makassar, 05 Agustus 2024



Jzlfatul Jannah Ashar

NIM L011 20 1025

UCAPAN TERIMA KASIH

Bismillahirrahmanirrahiim

Dengan nama Allah Yang Maha Pengasih dan Maha Penyayang, segala puji hanya milik-Nya yang telah memberikan rahmat, kesempatan, kesehatan serta petunjuk-Nya kepada penulis sehingga mampu menyelesaikan skripsi ini yang berjudul **“Geomorfologi Laguna di Wilayah Pesisir Manjalling Kabupaten Bulukumba”**. Skripsi ini disusun berdasarkan data-data hasil penelitian sebagai tugas akhir untuk memperoleh gelar sarjana di Departemen Ilmu Kelautan, Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan, Universitas Hasanuddin. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi dan manfaat bagi banyak orang.

Penulis menyadari bahwa tanpa bantuan dan dukungan dari berbagai pihak, maka penyusunan skripsi ini tidak dapat terselesaikan dengan baik. Hingga selesainya penulisan skripsi ini telah banyak menerima bantuan, tenaga dan pikiran dari banyak pihak. Melalui skripsi ini, perkenankan penulis mempersembahkan dan menyampaikan terima kasih kepada:

1. Teriring doa dan terima kasih kepada cinta pertama penulis Ayahanda (Alm.) Ashar Anni yang terhenti kebersamai penulis dibangku perkuliahan, semangat dan cintanya selalu membimbing langkah-langkah penulis hingga saat ini selalu menjadi motivasi penulis untuk tetap menyelesaikan skripsi ini. Serta Ibunda A. Munira yang selalu memberikan dukungan, mendoakan kemudahan dan kelancaran untuk penulis agar tetap semangat dalam setiap langkah.
2. Ashar team: Abang Halil Fuady Ashar, Hidayatullah Ashar, Kakak Nurul Jihadah Ashar, Adik Said Agil Ashar, Ashabul Kahfi Ashar, Zurriyatussalihah Ashar dan Atiyatul Maula Ashar yang selalu menjadi tempat pulang, mendukung, memotivasi dan menjadikan penulis tetap semangat.
3. Bapak Dr. Ahmad Faizal, ST., M.Si. selaku pembimbing utama sekaligus penasehat akademik, yang telah berkontribusi sedari awal masa studi hingga akhir masa studi, senantiasa berbagi ilmu, pengalaman, dan memotivasi penulis hingga terselesaikannya skripsi.
4. Bapak Dr. Muhammad Anshar Amran, M.Si. selaku pembimbing pendamping yang senantiasa memberikan kritik, saran serta ilmunya, terutama semangat dan dorongan yang diberikan dalam penulisan skripsi.
5. Bapak Dr. Wasir Samad, S.Si., M.Si selaku penguji yang senantiasa mengarahkan dan memberikan kritikan yang membangun untuk penyelesaian skripsi ini.
6. Bapak Prof. Dr. Ir. Abd. Rasyid J, M.Si selaku penguji selaku penguji yang selalu memberi saran dan arahan hingga terselesaikannya skripsi ini.
7. Pemilik NIM 026 Sulfitra Gusmin yang telah kebersamai, bertukar pikiran, berbagi semangat, dan mendengar keluh kesah pada hari yang tidak mudah hingga terselesaikannya skripsi ini, terima kasih.
8. Teman-teman seperjuangan “Sobat Tejj” (Juhaini, Musfirah Mustamiada Susilawati, Muhammad Lutfi Maradhy, Nur Afif Bahmid, Yustinus Kristiyadi, Rhevialdyo Alva Frezka, Asrif Arestya, Sulfitra Gusmin, Alprian Madani, A. Rida Nurhidayat, Dany

- Triasfani, dan Alva Alvi Nu'Maa Hartono) yang telah banyak berbagi pengalaman, memberikan bantuan dan dukungan selama masa studi.
9. Tim Healing with Uzlii: Andi Muhammad Abdalah Rayhan, Alva Alvi Nu'Maa Hartono, Alprian Madani, A. Rida Nurhidayat, Sulfitra Gusmin, dan Susilawati yang telah berkontribusi besar dalam menyumbangkan waktu dan tenaga selama pengambilan data dilapangan dan Muhammad Azizir Furkhan D. yang telah membantu di laboratorium.
 10. Teman-teman "Tante Zafira" (Indian Puspitasari, Syifa Erlita Rahayu, Paramitha Ayu Lestari, Susilawati, Juhaini, Salwa Seskia Adelia) yang telah mengajarkan kekeluargaan dan berbagi semangat.
 11. Kepada teman-teman "Ocean 20" yang telah membersamai penulis sedari awal perkuliahan.
 12. Kepada seluruh pihak tanpa terkecuali yang namanya luput disebutkan satu persatu yang telah banyak memberikan bantuan selama menyelesaikan skripsi.
 13. Kepada Uzlifatul Jannah Ashar atas segala kerja keras, usaha dan semangatnya, terima kasih karena selalu berjuang dan tidak pernah memutuskan untuk menyerah dalam setiap prosesmu.

Semoga Allah SWT. senantiasa memberikan anugerah-Nya kepada semua pihak yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan skripsi ini. Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh mencapai kesempurnaan, namun penulis berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi penulis dan para pembaca pada umumnya. Akhir kata, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun untuk meningkatkan kemampuan penulis dalam menulis karya ilmiah.

Penulis,



Uzlifatul Jannah Ashar

ABSTRAK

UZLIFATUL JANNAH ASHAR. **Geomorfologi Laguna di Wilayah Pesisir Manjalling Kabupaten Bulukumba** (dibimbing oleh Ahmad Faizal dan Muhammad Anshar Amran).

Latar belakang. Pembentukan topografi suatu area sangat dipengaruhi oleh proses geomorfologi, salah satunya adalah geomorfologi pada wilayah pesisir. Berdasarkan kenampakan pada citra Google Earth adanya indikasi terbentuknya laguna di Bulukumba akibat proses Geomorfologi. **Tujuan.** Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis proses geomorfik dan faktor yang memengaruhi terbentuknya laguna di wilayah pesisir Manjalling kabupaten Bulukumba dalam kurun waktu 2013–2024. **Metode.** Penelitian ini menggunakan metode integrasi antara analisis citra digital dengan survei hidro-oseanografi. Hasil pengolahan data disajikan dalam berbagai bentuk visual seperti gambar, grafik, dan tabel. **Hasil.** Perhitungan luas pantai dilakukan menggunakan perangkat pengolah data spasial. Berdasarkan hasil dari interpretasi yang telah dilakukan, ditemukan perubahan garis pantai Pesisir Manjalling dari tahun 2013-2024 terjadi abrasi maupun akresi dan dominan mengalami akresi. **Kesimpulan.** Pemodelan menunjukkan bahwa morfologi wilayah pesisir Manjalling telah mengalami perubahan topografi yang signifikan, yang mengakibatkan pembentukan laguna. Perubahan ini dipengaruhi oleh beberapa komponen hidro-oseanografi seperti angin, gelombang, arus, pasang surut, dan sedimentasi. Faktor oseanografi ini dapat saling berinteraksi dan secara dinamis memengaruhi perubahan garis pantai.

Kata Kunci: hidro-oseanografi; abrasi; akresi; laguna; citra google earth

ABSTRACT

UZLIFATUL JANNAH ASHAR. **Lagoon Geomorphology in the Manjalling Coastal Area of Bulukumba** Regency (supervised by Ahmad Faizal and Muhammad Anshar Amran).

Background. The topographic formation of an area is strongly influenced by geomorphological processes, one of which is geomorphology in coastal areas. Based on the appearance of Google Earth images, there are indications of lagoon formation in Bulukumba due to geomorphological processes. **Objective.** This study aims to analyze the geomorphic processes and factors that influence the formation of lagoons in the Manjalling coastal area of Bulukumba district in the period 2013-2024. **Methods.** This research uses an integrated method between digital image analysis and hydro-oceanographic survey. The results of data processing are presented in various visual forms such as images, graphs, and tables. **Results.** The calculation of coastal area was carried out using spatial data processing tools. Based on the results of the interpretation that has been done, it was found that changes in the coastline of the Manjalling Coast from 2013-2024 occurred abrasion and accretion and dominantly experienced accretion. **Conclusion.** Modeling shows that the morphology of the Manjalling coastal area has undergone significant topographic changes, resulting in the formation of a lagoon. These changes are influenced by several hydro-oceanographic components such as wind, waves, currents, tides, and sedimentation. These oceanographic factors can interact with each other and dynamically influence shoreline changes.

Keywords: hydro-oceanography; abrasion; accretion; lagoons; google earth imagery

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
PERNYATAAN PENGAJUAN	ii
HALAMAN PENGESAHAN	Error! Bookmark not defined.
PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI	Error! Bookmark not defined.
UCAPAN TERIMA KASIH	v
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Landasan Teori	2
1.2.1. Geomorfologi Pesisir	2
1.2.2. Defenisi dan Karakteristik Laguna.....	3
1.2.3. Proses Terbentuknya Laguna.....	3
1.2.4. Pengaruh Oseanografi terhadap Perubahan Garis Pantai	4
1.2.5. Analisis Perubahan Garis Pantai.....	5
1.3. Tujuan dan Kegunaan Penelitian	6
BAB II METODE PENELITIAN	7
2.1. Waktu dan Tempat.....	7
2.2. Alat dan Bahan.....	7
2.3. Prosedur Penelitian	8
2.3.1. Penentuan stasiun.....	10
2.3.2. Pengambilan data	10
2.3.3. Pengambilan Data Sekunder	15
2.3.4. Pengolahan Citra	16

2.3.5. Analisis Data	19
BAB III HASIL PENELITIAN	20
3.1. Gambaran Umum Lokasi	20
3.2. Faktor Hidro-Oseanografi.....	20
3.2.1. Gelombang.....	20
3.2.2. Kecepatan dan Arah Arus.....	22
3.2.3. Pasang Surut	23
3.2.4. Kecepatan Akumulasi Sedimen	24
3.2.5. Transpor sedimen	25
3.2.6. Ukuran Butir Sedimen	25
3.2.7. Salinitas.....	25
3.2.8. Kemiringan Pantai	26
3.2.9. Pergerakan Angin.....	26
3.3. Pembentukan Laguna	28
BAB IV PEMBAHASAN	33
4.1. Faktor Hidro-Oseanografi.....	33
4.1.1. Gelombang.....	33
4.1.2. Kecepatan dan Arah Arus.....	34
4.1.3. Pasang Surut	34
4.1.4. Ukuran butir sedimen	35
4.1.5. Kecepatan Akumulasi Sedimen.....	36
4.1.6. Transpor sedimen	36
4.1.7. Kelandaian Pantai	37
4.1.8. Salinitas.....	37
4.2. Pembentukan Laguna	38
BAB V KESIMPULAN	41
DAFTAR PUSTAKA	42
LAMPIRAN	46

DAFTAR TABEL

Nomor Urut	Halaman
1. Alat-alat yang digunakan dalam penelitian beserta kegunaannya	7
2. Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian beserta kegunaannya	8
3. Tipe pasang surut berdasarkan bilangan Formzahl	12
4. Jenis substrat sedimen berdasarkan kelas ukuran butir	14
5. Kelas kemiringan lereng pantai	15
6. Data transpor sedimen dan arah transpor setiap stasiun	25
7. Ukuran butir sedimen yang telah dianalisis di Laboratorium Oseanografi Fisika dan Geomorfologi Pantai	25
8. Perbandingan Salinitas Perairan Terbuka dengan Laguna	26

DAFTAR GAMBAR

Nomor Urut	Halaman
1. Lokasi Penelitian.....	7
2. Citra Satelit Tahun 2013.....	16
3. Citra Satelit Tahun 2017.....	16
4. Citra Satelit Tahun 2019.....	16
5. Citra Satelit Tahun 2022.....	17
6. Citra Satelit Tahun 2024.....	17
7. Grafik Perbandingan Tinggi Gelombang Signifikan pada Setiap Stasiun Lokasi Penelitian Pesisir Manjalling, Kabupaten Bulukumba	21
8. Grafik Perbedaan Tinggi Gelombang Sesuai Tahun Perekaman Citra Berdasarkan Data Sekunder (Sumber: BMKG)	21
9. A) Kecepatan arus; B) Arah arus pada setiap stasiun di lokasi penelitian.....	22
10. Pasang surut dari hasil pengukuran langsung di lokasi penelitian Pesisir Manjalling, Kabupaten Bulukumba: A) Perairan terbuka; B) Perairan laguna	23
11. Perbandingan MSL Sesuai Tahun Perekaman Citra Berdasarkan Data Sekunder (Sumber: BMKG)	24
12. Kecepatan Akumulasi Sedimen ($\times 10^{-4}$ gr/cm ³ /hari) berdasarkan hasil sedimen trap	24
13. Profil kemiringan pantai pada setiap pengukuran di lokasi penelitian Pesisir Manjalling, Kabupaten Bulukumba	26
14. Kecepatan dan Arah Angin Bulan Desember 2023	27
15. Kecepatan dan Arah Angin Tahun: A) 2013 B) 2017 C) 2019 D) 2022 E) 2024	28
16. Tampilan citra dan Pengamatan Garis Pantai	29
17. Garis pantai tahun 2013, 2017, 2019, 2022 dan 2024 di lokasi penelitian.....	30
18. Perubahan Luas Pantai: (A) Tahun 2013 – 2017; (B) Tahun 2017-2019; (C) Tahun 2019-2022; (D) Tahun 2022-2024; (E) Tahun 2013-2024	32

DAFTAR LAMPIRAN

Nomor Urut	Halaman
1. Data Primer Pengukuran Gelombang (cm).....	46
2. Data Pengukuran Kecepatan dan Arah Arus	49
3. Transpor Sedimen.....	49
4. Kecepatan Akumulasi Sedimen	50
5. Analisis Ukuran Butir (Gradistat).....	50
6. Data Pengukuran Kelandaian Pantai	52
7. Data Perbandingan Salinitas Laut Terbuka & Laguna.....	53
8. Data Primer Pengukuran Pasang Surut.....	53
9. Data Sekunder Pasang Surut	55
10. Data Sekunder Kecepatan Angin (Knots)	59
11. Data Sekunder Tinggi Gelombang (cm)	60
12. Hasil Perhitungan Perubahan Garis Pantai	60
13. Dokumentasi Pengukuran Data Primer di Lokasi Penelitian	61
14. Dokumentasi Analisis di Laboratorium Oseanografi Fisika dan Geomorfologi Pantai.....	62

BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Pembentukan topografi suatu area sangat dipengaruhi oleh proses geomorfologi. Proses geomorfologi merujuk pada fenomena alami yang terjadi di permukaan bumi dan berkaitan dengan pembentukan dan perubahan bentuk lahan. Pada daerah pesisir, studi geomorfologi berfokus pada bentuk, ukuran, proses, perkembangan, dan susunan lahan. Konsep pembentukan morfologi pesisir juga dipengaruhi oleh komponen oseanografi seperti pasang surut, ombak, arus, aktivitas manusia, serta kekuatan tektonik dan vulkanik (Nasruddin et al., 2020).

Wilayah pesisir merupakan area yang selalu mengalami perubahan. Perubahan lingkungan pesisir dapat terjadi secara lambat atau cepat, tergantung pada faktor-faktor yang mempengaruhinya. Perubahan garis pantai adalah proses yang terus menerus melalui berbagai proses pengikisan (abrasi) dan penambahan (akresi) pantai yang disebabkan oleh pergerakan sedimen, arus pantai, dan gelombang (Cahyono et al., 2017).

Perubahan garis pantai dapat terjadi dalam rentang waktu yang bervariasi, mulai dari skala detik hingga jutaan tahun. Perubahan garis pantai sangat bervariasi antara satu tempat dengan tempat lainnya dan dipengaruhi oleh beberapa faktor (Cahyono et al., 2017). Menurut Hanafi (2005), garis pantai umumnya mengalami perubahan dari waktu ke waktu seiring dengan adanya perubahan alam, seperti aktivitas gelombang, angin, pasang surut, arus, dan sedimentasi. Perubahan garis pantai juga dapat terjadi sebagai hasil dari adanya gangguan terhadap ekosistem pantai, seperti pembangunan tanggul dan kanal, serta keberadaan bangunan di sekitar pantai.

Objek kajian geomorfologi yakni menekankan pada proses pembentukan lahan dan secara geomorfologis, pesisir dapat diidentifikasi dari bentuk lahannya yang secara genetik berasal dari proses *marine*, *fluviomarine*, organik, atau *aeiomarin*. Lahan yang terbentuk melalui proses *marine* adalah lahan yang terbentuk oleh aktivitas dan pengaruh dari lautan atau perairan salah satunya ialah laguna (Sutiyono et al., 2012). Menurut Saputra et al., (2013), laguna adalah suatu perairan dangkal yang terletak di tepi pantai dan terhubung dengan laut melalui alur sempit. Laguna biasanya terbentuk di daerah dataran pesisir yang datar atau landai. Pembentukan laguna pesisir dipengaruhi oleh kenaikan permukaan laut, jumlah sedimen yang ada, dan jangkauan pasang surut. Biasanya, laguna pantai ditemukan di daerah pantai yang memiliki perubahan pasang surut yang relatif kecil. Laguna tersebut mengalami perubahan ukuran setiap tahunnya karena pengaruh dari sedimentasi, pasang surut, angin, gelombang, dan arus yang ada sepanjang pantai. Oleh karena itu, penting untuk melakukan pengamatan dengan mempertimbangkan parameter-parameter tersebut.

Penentuan perubahan garis pantai pada pembentukan laguna dapat dilakukan melalui dua metode, yaitu pengukuran langsung *in situ* dengan melakukan pengukuran lapangan atau menggunakan data dari citra satelit. Penggunaan data citra satelit untuk memonitor perubahan garis pantai memiliki beberapa keunggulan, terutama dalam kemampuannya untuk memantau perubahan di wilayah yang luas (Kasim, 2012).

Salah satu teknologi yang dapat digunakan dalam pengamatan perubahan garis pantai adalah *Google Earth*. Penggunaan citra *Google Earth* sebagai salah satu sumber data sangat menguntungkan karena efisiensinya dalam mengakses wilayah penelitian yang luas dan memberikan tingkat akurasi yang detail. Namun, jika citra satelit saja tidak dapat memberikan detail yang cukup dalam analisis geomorfologi. Oleh karena itu, survei lapangan penting dilakukan untuk memvalidasi dan melengkapi data dari citra satelit (Rahman, 2022).

Salah satu proses pembentukan laguna yang terdeteksi melalui aplikasi *Google Earth* telah terjadi di pesisir desa Manjalling, Kabupaten Bulukumba. Proses tersebut teramati pada pantauan citra dan terjadi perubahan bentuk lahan pada tahun 2013, 2017, 2019, 2022 dan 2024 yang diduga disebabkan oleh perubahan topografi, sedimentasi, atau aktivitas manusia seperti pembangunan di kawasan pesisir Manjalling. Citra pada tahun-tahun tersebut dipilih berdasarkan pengamatan yang mengalami perubahan bentuk pesisir yang paling signifikan.

Berdasarkan hal tersebut, maka kawasan pesisir Manjalling dijadikan sebagai tempat penelitian terkait pembentukan laguna untuk mengetahui laju perubahannya melalui analisis data citra satelit dan melakukan pengukuran langsung di lapangan. Sehingga, akan diketahui proses terbentuknya dan karakteristik wilayah pesisir tersebut.

1.2. Landasan Teori

1.2.1. Geomorfologi Pesisir

Geomorfologi merupakan ilmu yang mempelajari tentang bentuk lahan (*landforms*) yang membentuk permukaan bumi (Rishartati, 2008). Geomorfologi dapat juga diartikan sebagai ilmu yang mempelajari bentang alam (*landscape*), yang meliputi sifat dan karakteristik dari bentuk morfologi, klasifikasi dan perbedaannya serta proses yang berhubungan terhadap pembentukan morfologi tersebut (Prasetio, 2018).

Suharni & Palangan (2009) menjelaskan geomorfologi ialah ilmu yang mempelajari bentuk muka bumi. Berbagai bentuk yang ada seperti perbukitan, dataran, lembah, danau, delta, dan sebagainya termasuk kajian morfologi. Geomorfologi menganalisa bagaimana bentuk itu terjadi dan bentuk lahan yang sama belum tentu disebabkan oleh gaya dan proses morfologi yang sama. Kemudian menurut Djauhari Noor (2004) lebih menjelaskan pada morfologi pantai hasil aktivitas pesisir merupakan bentuk bentang alam yang proses terjadinya sangat dipengaruhi oleh aktivitas daratan dan lautan.

Menurut DKP (2002), pesisir merupakan daerah pertemuan antara darat dan laut, yaitu ke arah daerah pesisir meliputi bagian daratan baik kering maupun terendam air, yang masih dipengaruhi sifat-sifat laut seperti pasang surut, dan angin laut. Sedangkan ke arah laut mencakup bagian laut yang masih dipengaruhi oleh proses alami yang terjadi di darat seperti sedimentasi.

Permukaan bumi selalu mengalami perubahan bentuk dari waktu ke waktu sebagai akibat proses geomorfologi, baik yang berasal dari luar bumi yaitu tenaga eksogen (angin, air, gletser, maupun intervensi manusia) maupun yang berasal dari dalam bumi yaitu tenaga endogen (tektonik dan vulkanik). Setiap tenaga akan menimbulkan pengaruh yang berbeda terhadap lahan yang dibentuknya. Pembentukan lahan tersebut akan mempengaruhi kondisi fisik alam. Proses geomorfologi antara satu tempat dengan tempat lain akan berbeda pula. Perbedaan tersebut terdiri atas perbedaan intensitas dan

perbedaan bentuk lahan (meskipun dengan tenaga pembentuk yang sama) (Kurnianto, 2019).

Mengenai geomorfologi, penekanan utamanya adalah mempelajari bentuk lahan (*landform*). Bentuk lahan sendiri merupakan bentukan pada permukaan bumi sebagai hasil perubahan bentuk permukaan bumi oleh proses-proses geomorfologi. Klasifikasi bentuk lahan didasarkan pada genesis, proses, dan batuan (Raharjo, 2010). Pada daerah pesisir, kajian geomorfologi mendasarkan pada bentuk, ukuran, proses, perkembangan dan ketersusunannya. Konsep pembentukan morfologi pesisir juga dipengaruhi oleh komponen oseanografis seperti pasang surut, ombak, arus, kegiatan manusia, juga tenaga tektonik dan vulkanik (Rishartati, 2008).

1.2.2. Defenisi dan Karakteristik Laguna

Laguna merupakan tubuh air dangkal di tepi pantai yang dihubungkan dengan laut oleh alur sempit. Laguna terletak diantara pulau penghalang atau terumbu penghalang dengan daratan pantai. Laguna terbentuk dari proses sedimentasi dan berfungsi sebagai tempat berkumpulnya air untuk sementara jika pasang air laut tinggi. Laguna juga dapat berfungsi sebagai peredam gelombang air jika terjadi tsunami (Saputra et al., 2013).

Laguna juga diartikan sebagai sekumpulan air asin yang terpisah dari laut oleh penghalang yang berupa pasir, batu karang, gugusan karang. Laguna dicirikan sebagai bentuk lahan memanjang sejajar dengan pantai, sementara muara biasanya tenggelam lembah sungai, memanjang tegak lurus ke pantai. Laguna pantai diklasifikasikan sebagai perairan pedalaman air (Hasmunir, 2017).

Laguna terbentuk disekitar muara sungai, terdapat genangan yang terpisah dari sungai maupun laut yang berwarna gelap dan terletak disamping kanan maupun kiri dari muara (Sutiyono et al., 2012).

1.2.3. Proses Terbentuknya Laguna

Proses geomorfologi merupakan proses alami yang berlangsung di permukaan bumi yang menyebabkan terjadinya perubahan bentuk lahan. Perubahan bentuk lahan tersebut menghasilkan bentukan pada permukaan bumi yang berbeda satu dengan lainnya, yang memiliki susunan dan karakteristik fisik serta visual yang berbeda pula. Perbedaan tersebut dapat diidentifikasi secara jelas melalui karakteristik relief atau morfologi, struktur atau litologi, dan proses-proses geomorfologi (Pike et al., 2010). Pada umumnya, daerah dengan relief rendah (*barrier coast*, estuari, laguna, delta) memiliki tingkat kerentanan yang tinggi, sedangkan daerah dengan substrat yang keras dan relief yang tinggi (*flords*, pantai berbatu, tebing tinggi) memiliki tingkat kerentanan yang lebih kecil terhadap erosi (Gornitzet et al., 1989).

Laguna mengalami perubahan luas setiap tahunnya karena sedimentasi, pasang surut, angin, gelombang dan arus sepanjang pantai, sehingga dipandang perlu untuk melakukan pengamatan menggunakan beberapa parameter (Saputra et al., 2013). Laguna juga terjadi akibat adanya gusung pasir yang menghalangi air laut sehingga air laut tersebut terperangkap di antara gusung pasir dan daratan. Hal tersebut dikarenakan adanya *longshore current* akibat gelombang pecah yang membawa material sedimen yang membentuk gusung pasir yang membuat sebagian air asin terpisah dari perairan laut (Dewadaru et al., 2014).

1.2.4. Pengaruh Oseanografi terhadap Perubahan Garis Pantai

Perubahan garis pantai dipengaruhi oleh faktor hidro oseanografi seperti angin, arus, gelombang, sedimentasi, dan pasang surut (Wijayanti & Syah, 2020). Beberapa penelitian juga menunjukkan bahwa faktor-faktor oseanografi fisika ini dapat berinteraksi satu sama lain dan mempengaruhi perubahan garis pantai secara dinamis. Misalnya, arus laut yang bergerak dari arah barat daya dan selatan menuju ke utara dapat menyebabkan abrasi di sisi selatan dan sedimentasi di sisi utara. Selain itu, kecepatan arus yang tinggi juga dapat menyebabkan abrasi lebih sering terjadi dibanding sedimentasi. Tipe pasang surut juga dapat mempengaruhi perubahan garis pantai lebih dinamis (Fitri & Bintoro, 2020). Berikut faktor-faktor oseanografi fisika yang dapat mempengaruhi perubahan garis pantai:

Angin. Angin memiliki kemampuan untuk memengaruhi perubahan garis pantai baik secara langsung maupun tidak langsung. Pengaruh angin terhadap perubahan garis pantai sangat signifikan, karena angin merupakan salah satu faktor utama dalam pembentukan gelombang di laut. Semakin besar kecepatan angin, maka semakin tinggi gelombang laut yang terbentuk. Selain itu, arah angin juga memiliki pengaruh terhadap arah pergerakan gelombang (Trenggono 2009).

Pergerakan angin yang melewati permukaan laut menimbulkan gelombang yang memiliki kekuatan yang berbeda tergantung kecepatannya. Di pantai, angin dapat menimbulkan arus sejajar pantai yang arahnya mengikuti arah angin yang berhembus di sekitar pantai (Ranum, 2008).

Gelombang. Gelombang laut disebabkan karena adanya angin. Angin yang berhembus di atas permukaan laut mentransfer energi ke air, yang mengakibatkan timbulnya riak, pembentukan alun/bukit, dan kemudian berubah menjadi apa yang kita sebut sebagai gelombang (Triatmodjo, 2010). Gelombang yang menjalar dari laut ke darat akan mengalami gesekan dengan dasar laut pada kedalaman tertentu, sehingga turut serta membawa sedimen bersamanya. Hal ini berpengaruh terhadap pola sebaran sedimen di sekitar pantai. Semakin besar kecepatan angin yang berhembus, semakin besar juga gelombang yang dihasilkan. Gelombang membentuk sudut datang terhadap pantai, dapat menimbulkan arus sejajar pantai (*littoral current*). Arus inilah yang berperan besar terhadap pola persebaran sedimen di sepanjang kawasan pantai dan menghasilkan peristiwa abrasi dan akresi (Setyawan et al., 2021).

Fenomena yang terjadi di laut seperti gelombang sangat mempengaruhi beberapa kondisi seperti perubahan garis pantai dan mempengaruhi transportasi di laut, gelombang juga dapat menimbulkan beberapa energi yang berfungsi untuk membentuk pantai, penyortiran sedimen, dapat menimbulkan arus dan dapat mengangkut material sedimen atau dapat disebut sebagai transport sedimen (Sugianto, 2010).

Arus. Arus merupakan gerakan horizontal massa air yang dapat disebabkan oleh berbagai faktor seperti angin di permukaan laut, perbedaan densitas air, dan pengaruh pasang surut laut. Akibat pengaruh-pengaruh tersebut, maka akan terbentuk suatu pola sirkulasi arus yang khusus. Arus memegang peranan penting dalam menentukan kondisi suatu perairan. Pola dan karakteristik arus yang meliputi jenis arus dominan, kecepatan, arah dan pola pergerakan arus laut menyebabkan kondisi suatu perairan menjadi

dinamis. Gerakan arus dapat mengangkut material-material dan sifat-sifat yang terdapat dalam badan air (Permadi et al., 2015).

Pasang surut. Fenomena pasang surut air laut diartikan sebagai naik turunnya muka laut secara berkala akibat adanya gaya tarik menarik benda-benda angkasa terutama matahari dan bulan terhadap massa air di bumi (Pariwono, 1989).

Menurut Triatmodjo (2012), bentuk pasang surut di berbagai daerah tidak sama. Di suatu daerah dalam satu hari dapat terjadi satu atau dua kali pasang surut. Terdapat empat tipe pasang surut secara umum, yaitu pasang surut harian ganda (*semi diurnal tide*), pasang surut harian tunggal (*diurnal tide*), pasang surut campuran condong ke harian ganda (*mixed tide prevailing semi diurnal*), dan pasang surut campuran condong ke harian tunggal (*mixed tide prevailing diurnal*).

Sedimentasi (abrasi dan akresi). Proses alami yang sering terjadi di daerah pantai adalah perubahan kondisi fisik garis pantai akibat pengaruh interaksi pantai dengan gelombang dan arus. Interaksi garis pantai terhadap arus dan gelombang daerah pantai mengakibatkan terjadinya angkutan sedimen di wilayah pantai (*coastal sediment transport*). Bentuk angkutan sedimen yang dimaksud berupa angkutan sejajar pantai (*longshore sediment transport*) dan angkutan sedimen tegak lurus pantai (*cross-shore sediment transport*). Angkutan sedimen sejajar pantai dan tegak lurus pantai mengakibatkan maju mundurnya garis pantai. Pergerakan garis pantai maju dikenal sebagai akresi dan pergerakan garis pantai mundur atau semakin ke arah daratan disebut sebagai abrasi (Istiyanto, 1989; Sinaga & Susiati, 2007).

Abrasi pantai merupakan proses mundurnya garis pantai dari posisi asalnya, abrasi dapat dikategorikan sebagai salah satu faktor permasalahan yang mengancam kemunduran garis pantai. Abrasi juga dapat merusak penggunaan lahan serta bangunan-bangunan yang terdapat pada pinggir pantai. Akresi merupakan proses majunya garis pantai, dan penyebab terjadinya akresi yaitu adanya proses sedimentasi yang berasal dari daratan ke lautan. Faktor-faktor penyebab terjadinya proses sedimentasi yaitu adanya pembukaan lahan, besarnya volume limpasan air, dan juga adanya transport sedimen dari badan sungai menuju lautan (Aniendra et al., 2020).

1.2.5. Analisis Perubahan Garis Pantai

Penginderaan Jauh dan Google Earth. Teknologi yang sering digunakan dalam pemantauan perubahan garis pantai adalah dengan menggunakan teknologi penginderaan jauh melalui perekaman citra satelit. Pemantauan perubahan garis pantai dapat dilakukan dengan menggunakan penginderaan jauh karena dapat dilakukan pemantauan secara multi temporal dengan ketersediaan data dalam beberapa tahun (Suniada, 2015).

Menurut Desmayanti & Rahman (2022) penggunaan data penginderaan jauh telah mengubah metode pengumpulan data konvensional, memberikan kemudahan untuk penelitian garis pantai skala besar dan memberikan jaminan penting untuk memantau perubahan temporal dan spasial garis pantai. Sampai saat ini beberapa peneliti telah mengamati perubahan garis pantai menggunakan data satelit dan mengadopsi berbagai metode seperti Yasir et al., (2021), Elnabawy et al., (2020), Hidayah & Apriyanti (2020).

Pengamatan perubahan garis pantai dapat diamati melalui citra satelit menggunakan teknologi penginderaan jauh. Salah satu teknologi yang dapat digunakan dalam pengamatan perubahan garis pantai adalah Google Earth Platform. Pemanfaatan citra Google Earth sebagai salah satu sumber data yang sangat efisien dengan lingkup wilayah penelitian yang besar dan membutuhkan akurasi yang sangat detail (Yu & Gong, 2012; Zuo & Yin, 2022).

Perubahan wilayah pesisir terutama garis yang mencakup perubahan penggunaan lahan maupun garis pantainya, dapat diketahui melalui citra penginderaan jauh yang berupa hasil pemotretan citra satelit. Hasil analisis data penginderaan jauh selanjutnya dilakukan pengolahan dengan sistem informasi geografis yang dapat digunakan untuk menganalisis kondisi lingkungan pantai (Parman, 2010).

Sistem Informasi Geografis. Perubahan geomorfologi daerah pesisir dapat dilihat dari perubahan garis pantai. Penelitian terkait bentuk lahan dari proses geomorfologi dapat dilakukan dengan metode-metode sistem informasi geografis (SIG) (Magfiroh & Tafakresnanto, 2020). Oleh karena itu, perlunya kajian yang menyeluruh dengan data yang mampu menyajikan informasi mengenai perubahan yang terjadi secara cepat dan terkini. Data yang efektif dalam pemetaan merupakan data citra satelit karena data citra satelit dapat diatur dalam rentang waktu pada lokasi yang sama. Citra satelit tersebut kemudian dianalisis dengan menggunakan sistem informasi geografis (SIG) (Nuriyanto et al., 2019; Dahuri 2000; Utami et al., 2018).

Analisis ini digunakan pula oleh Rizqiyanto (2022), perubahan garis pantai dimodelkan dari data Citra Google Earth dengan total tahun yang digunakan adalah 7 tahun, terhitung dari tahun 2014 sampai tahun 2021. Selanjutnya diolah menggunakan *software* ArcGIS agar dapat diketahui dan terlihat jelas jika terdapat perubahan yang terjadi. Metode yang digunakan pada penelitiannya tersebut yaitu *overlay* atau tumpang tindih. Proses *overlay* garis pantai pada semua tahun pengamatan digunakan untuk mengestimasi luas sedimentasi (akresi atau abrasi). Kemudian terdapat beberapa perhitungan yang dilakukan untuk menentukan laju perubahan (Masri et al., 2020; Aditya, 2022).

Hal ini juga sejalan dengan penelitian yang telah dilakukan oleh Faradila et al., (2017) bahwa perubahan garis pantai dapat dilihat dengan pengolahan data analisis fotografi udara *Google Earth Pro* dengan cara tumpang susun (*overlay*) untuk menghasilkan perbandingan garis pantai. Adapun data citra yang digunakan sebanyak 5 tahun yaitu tahun 2011, 2012, 2013, 2014, dan 2015 di Pantai Ladong Aceh dengan menggunakan Sistem Informasi Geografis.

1.3. Tujuan dan Kegunaan Penelitian

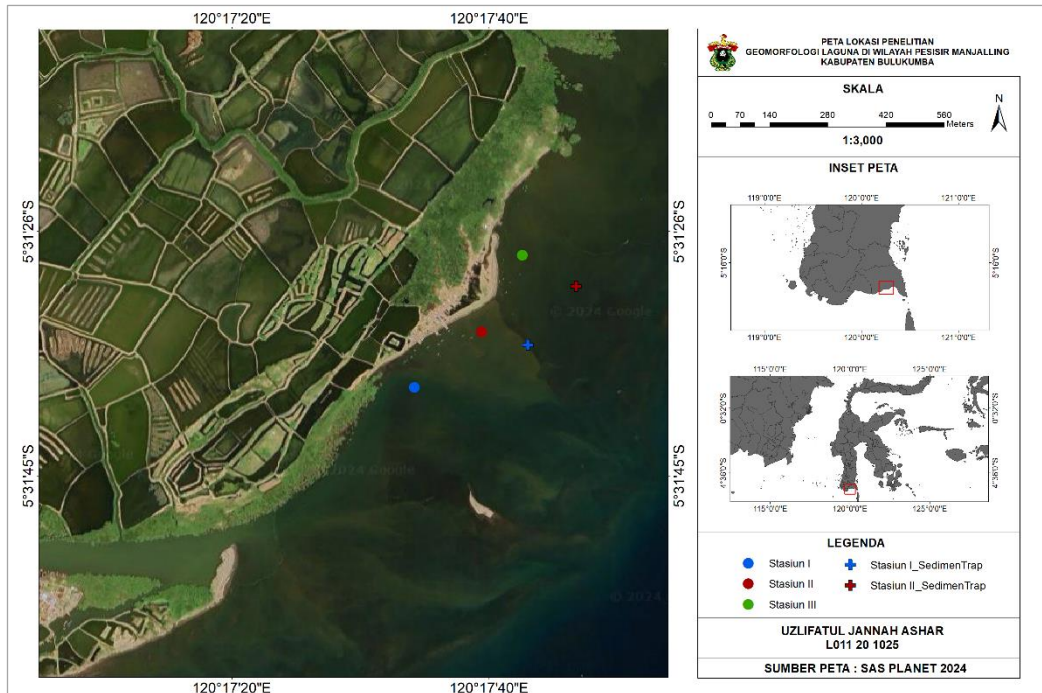
Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis proses geomorfik dan faktor yang mempengaruhi terbentuknya laguna di wilayah pesisir Manjalling kabupaten Bulukumba dalam kurun waktu 2013–2024.

Kegunaan dari penelitian ini adalah memberikan pemahaman tentang dinamika garis pantai dan pembentukan laguna di wilayah pesisir Manjalling, Kabupaten Bulukumba pada kurun waktu 2013–2024, dan dapat menjadi dasar untuk pengambilan kebijakan dalam pengelolaan dan perlindungan pesisir selanjutnya.

BAB II METODE PENELITIAN

2.1. Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Desember 2023 yang meliputi studi literatur, survey awal lokasi, pengambilan data lapangan, analisa sampel, pengolahan data, analisa data dan penyusunan laporan hasil penelitian. Lokasi penelitian bertempat di Pesisir Manjalling, Kecamatan Ujung Loe, Kabupaten Bulukumba.



Gambar 1. Lokasi Penelitian

2.2. Alat dan Bahan

Adapun alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini sebagai berikut:

Tabel 1. Alat-alat yang digunakan dalam penelitian beserta kegunaannya

Alat	Kegunaan
Laptop	Mengolah data primer dan sekunder penelitian
Kamera	Memotret kegiatan penelitian
GPS (<i>Global Positioning System</i>)	Menentukan titik koordinat di lokasi penelitian
Alat tulis menulis	Mencatat data dilapangan
<i>Cool Box</i>	Menyimpan sampel sedimen
Roll meter	Mengukur jarak titik sampling di lapangan
Tali skala (nilon)	Mengamati kelandaian pantai

Sedimen trap	Mengukur laju sedimentasi dan mengambil sampel sedimen
Timbangan analitik	Mengukur berat sampel sedimen
<i>Sieve Shaker</i>	Mengayak ukuran butir sampel sedimen
Oven	Mengeringkan sampel sedimen
Kompas	Menentukan arah arus dan gelombang
Cawan	Wadah sampel sedimen
Layang-layang arus	Menentukan kecenderungan arah arus
Tiang skala	Mengukur gelombang dan pasang surut
Handrefraktometer	Mengukur salinitas air

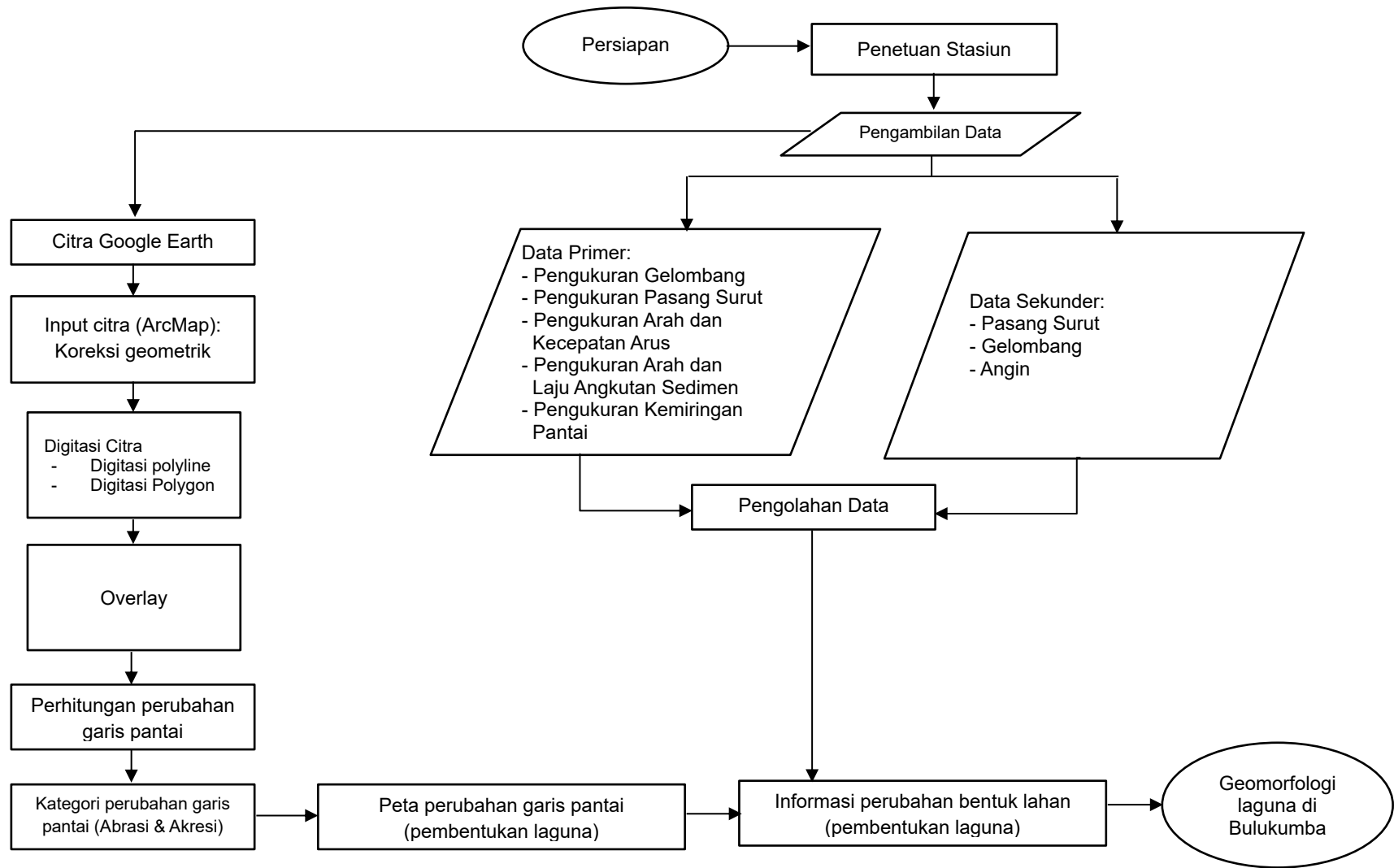
Bahan yang digunakan dalam penelitian ini sebagai berikut:

Tabel 2. Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian beserta kegunaannya

Bahan	Kegunaan
Data Citra Satelit Google Earth tahun 2013 (November), 2017 (Oktober), 2019 (Desember), 2022 (Agustus) dan 2024 (Februari)	Data primer pembentukan laguna
Perangkat lunak ArcGis 10.7.1	Untuk mengolah citra
Data angin, pasang surut, dan gelombang	Data sekunder koreksi angin, pasang surut, dan gelombang
Sampel sedimen	Sebagai bahan yang akan di analisis
Plastik sampel	Wadah menyimpan sampel sedimen

2.3. Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian dilakukan dalam beberapa tahap yaitu tahap persiapan, penentuan lokasi stasiun, pengambilan data parameter oseanografi, kemiringan pantai, pengambilan sampel sedimen, analisis sampel sedimen, serta pengolahan citra. Untuk tahapan lebih jelasnya dapat dilihat pada diagram alir penelitian berikut.



2.3.1. Penentuan stasiun

Penentuan stasiun dilakukan berdasarkan perubahan daratan yang diamati melalui rekaman citra *Google Earth*. Proses penentuan stasiun dilakukan dengan menggunakan peta lokasi yang mencakup 3 stasiun utama pengambilan data gelombang, arus, dan kemiringan pantai serta 2 stasiun untuk pemasangan alat sedimen trap yang dipilih secara representatif untuk mewakili area penelitian.

2.3.2. Pengambilan data

Data primer. Pengumpulan data dimulai dengan melakukan pengukuran koordinat untuk melakukan pemetaan yang tepat di area penelitian. Data utama dalam penelitian ini diperoleh melalui survei lapangan, dengan tujuan untuk menggambarkan kondisi area penelitian dan mendapatkan informasi mengenai faktor-faktor yang berperan dalam pembentukan laguna di lokasi tersebut. Selain itu, pengukuran parameter-parameter perairan seperti gelombang, pasang surut, pengambilan sampel sedimen, dan kemiringan pantai juga dilakukan guna menghasilkan data lapangan yang relevan.

Pengukuran gelombang. Pengukuran gelombang dilakukan dengan menggunakan alat tiang skala dengan menghitung jumlah puncak dan lembah gelombang sebanyak 51 kali, dimana pengukuran yang dilakukan selama 7 jam dengan interval 1 jam pada saat menuju pasang dan menuju surut pada 3 stasiun. Langkah pertama adalah menentukan lokasi pengambilan data gelombang untuk setiap stasiun dan mencatat koordinatnya. Selanjutnya, dilakukan pengamatan gelombang yang mencakup tinggi puncak dan lembah gelombang, waktu pengukuran, jangka waktu pengukuran, dan arah sudut datang gelombang (Tjoajadi, 1993; Hasriyanti, 2015).

Selanjutnya data puncak dan lembah gelombang yang telah diperoleh diolah menggunakan rumus (Hasriyanti et al., 2015):

Tinggi gelombang:

$$H = (\text{Puncak Gelombang} - \text{Lembah Gelombang}) \quad (1)$$

Tinggi gelombang rata-rata:

$$H = \frac{H_1 + H_2 + \dots + H_n}{N} \quad (2)$$

Tinggi gelombang signifikan:

$$H \frac{1}{3} = \frac{1}{3} \text{Rata - rata dari gelombang terbesar setelah diurutkan} \quad (3)$$

Keterangan:

H = Tinggi gelombang (m)

$H_{1/3}$ = Tinggi gelombang signifikan (m)

Pendekatan sederhana yang digunakan untuk menentukan tinggi gelombang yang signifikan adalah $H_{1/3}$, yang menganggap bahwa gelombang di laut dapat diwakili oleh satu gelombang sinusoidal tunggal dengan tinggi $H_{1/3}$ dengan periode $T_{1/3}$ (Arief et al., 1994). Selanjutnya, melakukan pengolahan data gelombang menggunakan persamaan (Triatmodjo, 1999):

Periode gelombang:

$$T = \frac{t}{N} \quad (4)$$

Panjang Gelombang:

$$L = 1,56 \times T^2 \quad (5)$$

Keterangan:

T = Periode gelombang dari hasil pengukuran dalam satuan detik

L = Panjang gelombang (m)

t = Waktu Pengamatan (s)

N = Banyaknya Ombak

Pengukuran Data Pasang Surut. Data primer pasang surut dikumpulkan untuk memverifikasi kesesuaian data sekunder mengenai jenis pasang surut dengan kondisi di area penelitian. Data ini diperoleh dengan menggunakan alat berupa tiang skala. Tahap awal melibatkan pemilihan lokasi yang dapat mewakili seluruh area penelitian untuk pemasangan tiang skala, dan mencatat titik koordinat lokasi tersebut. Kriteria penting dalam pemilihan lokasi pemasangan tiang skala adalah lokasi tersebut masih terendam oleh air laut meskipun dalam kondisi pasang surut. Setelah itu, dilakukan pengamatan terhadap fluktuasi pasang surut selama 39 jam dengan interval 1 jam.

Setelah diperoleh data pasang surut, selanjutnya diolah dengan menggunakan rumus berikut:

$$DTS = \frac{\sum H}{n} \quad (6)$$

Keterangan:

DTS = Tinggi Muka Air Laut (Duduk Tengah Sementara)

H = Tinggi Muka Air (cm)

n = Jumlah Data

Tipe Pasang Surut

$$F = \frac{K1 + O1}{M2 + S2} \quad (7)$$

Dimana :

F = Bilangan Formzahl

O1 = Amplitudo komponen pasang surut tunggal utama yang disebabkan oleh gaya tarik bulan

K1 = Amplitudo komponen pasang surut tunggal utama yang disebabkan oleh gaya tarik bulan dan matahari

M2 = Amplitudo komponen pasang surut ganda utama yang disebabkan oleh gaya tarik bulan

S2 = Amplitudo komponen yang disebabkan oleh gaya tarik matahari

Tabel 3. Tipe pasang surut berdasarkan bilangan Formzahl

Nilai Formzahl	Kategori
$F \leq 0,25$	Pasang surut harian ganda (<i>semidiurnal tide</i>)
$F > 3,00$	Pasang surut harian tunggal (<i>diurnal tide</i>)
$0,25 < F \leq 0,50$	Pasang surut campuran condong ke ganda (<i>mixed tide preveailing semidiurnal tide</i>)
$0,50 < F \leq 3,00$	Pasang surut campuran condong ke harian tunggal (<i>mixed tide preveailing diurnal tide</i>)

Mengingat elevasi muka air laut selalu berubah setiap saat, maka diperlukan suatu elevasi yang ditetapkan berdasarkan data pasang surut. Penentuan tinggi dan rendahnya pasang surut ditentukan dengan rumus-rumus sebagai berikut (Triatmodjo, 2012):

$$MSL = ZO + 1,1(M2 + S2)$$

$$DL = MSL - ZO$$

$$MHWL = ZO + (M2 + S2)$$

$$HHWL = ZO + (M2 + S2) + (O1 + K1)$$

$$MLWL = ZO - (M2 + S2)$$

$$LLWL = ZO + (M2 + S2) - (O1 + K1)$$

$$HAT = ZO + (M2 + S2 + N2 + P1 + O1 + K1)$$

$$LAT = ZO - (M2 + S2 + N2 + P1 + O1 + K1)$$

Dimana:

- ZO : Jumlah nilai konstanta admiralty
MSL : Muka air laut rerata (*mean sea level*), adalah muka air rerata antara muka air tinggi rerata dan muka air rendah rerata. Elevasi ini digunakan sebagai referensi untuk elevasi di daratan.
MHWL : Muka air tinggi rerata (*mean high water level*)
DL : Datum level
HHWL : Muka air tinggi tertinggi (*highest high water level*)
MLWL : Muka air rendah rerata (*mean low water level*)
LLWL : Air rendah terendah (*lowest low water level*), adalah air terendah pada saat pasang surut purnama atau bulan mati.
HAT : Tinggi pasang surut
LAT : Rendah pasang surut

Pengukuran Arah dan Kecepatan Arus. Pengukuran arah arus dilakukan dengan mengamati arahnya melalui kompas dan kecepatan arus diukur menggunakan layang-layang arus dengan mengamati jarak dan waktu tempuhnya. Pengukuran arah dan kecepatan arus dilakukan pada waktu pasang dan surut di 3 stasiun. Selanjutnya data yang diperoleh diolah dengan mengacu pada rumus berikut (Gemilang *et al.*, 2017):

$$V = \frac{S}{t} \quad (8)$$

Keterangan:

V = Kecepatan arus (m/detik)

s = Jarak tempuh layang-layang arus (m)

t = Waktu yang digunakan (detik)

Pengukuran Arah dan Laju Angkutan Sedimen. Pengukuran arah dan laju angkutan sedimen dilakukan dengan menggunakan alat sedimen trap 4 arah yang ditempatkan sejajar garis pantai atau ditempatkan di dua titik yaitu arah timur laut dan barat daya selama 2x24 jam (2 hari). Kemudian untuk analisis substrat sedimen dilakukan menggunakan software gradistat sedimen dan dikategorikan sesuai dengan skala *Wenworth*. Penentuan arah dan besar angkutan sedimen menggunakan persamaan berikut:

$$\frac{\text{Vol}}{\text{Hari}} = \frac{Q}{t} \quad (9)$$

$$Q = \sqrt{(Qu - Qs)^2 + (Qb - Qt)^2} \quad (10)$$

$$\text{Arah } Q = \frac{Qu - Qs}{Qt - Qb} = \tan \alpha \quad (11)$$

$$q^\circ = \text{arc tan } \alpha \quad (12)$$

Keterangan

Q = Angkutan Sedimen

Qu = Angkutan Sedimen dari Utara

Qs = Angkutan Sedimen dari Selatan

Qt = Angkutan Sedimen dari Timur

Qb = Angkutan Sedimen dari Barat

q^o = Arah Angkutan Sedimen

Setelah itu, sampel yang terperangkap oleh sedimen trap tersebut dianalisis di Laboratorium Oseanografi Fisika dan Geomorfologi pantai untuk mengukur volume, ukuran, dan berat butiran sedimen tersebut. Analisis butiran sedimen dilakukan dengan mengeringkan sampel menggunakan oven dan menimbang berat keringnya. Selanjutnya, sampel sedimen disaring menggunakan saringan bertingkat dan ditimbang sesuai dengan ukuran butirannya.

Untuk menghitung persen (%) berat butir sedimen menggunakan rumus:

$$\% = \frac{\text{Berat Hasil Ayakan}}{\text{Berat Awal}} \times 100\% \quad (13)$$

Substrat sedimen dapat di analisis menggunakan skala *Wenworth* (Hutabarat & Evans, 2012) sebagai berikut:

Tabel 4. Jenis substrat sedimen berdasarkan kelas ukuran butir

Kelas Ukuran Butir	Diameter Butir (mm)
Kerikil Besar (<i>Boulders</i>)	>256
Kerikil Kecil (<i>Gravel</i>)	1-256
Pasir sangat Kasar (<i>Very Coarse Sand</i>)	1-2
Pasir Kasar (<i>Coarse Sand</i>)	0.5 - 1
Pasir Sedang (<i>Medium Sand</i>)	0.25 – 0.5
Pasir Halus (<i>Finie Sand</i>)	0.125 – 0.25
Pasir Sangat Halus (<i>Very Finie Sand</i>)	0.0625 – 0.125
Debu (<i>Silt</i>)	0.002 – 0.0625
Lempung (<i>Clay</i>)	0.0005 – 0.002
Material Terlarut (<i>Dissolved Material</i>)	<0.0005

Kecepatan akumulasi sedimen dihitung dengan memperhatikan berat sedimen yang terperangkap per luas area dalam periode waktu tertentu, menggunakan rumus berikut (Rifardi, 2012):

$$KA = \frac{W}{L} / t \quad (14)$$

Keterangan:

KA = Kecepatan akumulasi (gr/cm³/hari)

W = Berat Kering (gr)

L = Volume Sedimen trap cm³

t = Waktu pemasangan sedimen trap (hari)

Pengukuran Kelandaian Pantai. Pengukuran kemiringan pantai dilakukan menggunakan alat tali skala dan tali nilon. Pengukuran dilakukan dengan melakukan 4 kali pengulangan, dengan selisih jarak 10 meter. Penentuan besar sudut kemiringan pantai menggunakan persamaan sebagai berikut (Kalay *et al.*, 2018):

$$\tan \beta = \frac{y}{x} \quad (15)$$

$$\text{arc tan } \beta = \frac{y}{x} \quad (16)$$

$$\% = \frac{\beta}{0.45} \quad (17)$$

Keterangan:

$\tan \beta$ = Besar sudut kemiringan pantai

β = Kemiringan pantai

x = Jarak bidang datar pengamatan

y = Jarak vertikal bidang pantai terhadap sumbu x

% = Persentase kemiringan lereng

Klasifikasi kemiringan lereng didasarkan pada kriteria Van Zuidam, (1989):

Tabel 5. Kelas kemiringan lereng pantai

Kelas Kemiringan	Persentase Kemiringan
Lereng datar	0-3 %
Lereng landai	3-8%
Lereng miring	8-14%
Lereng sangat miring	14-21%
Lereng curam	21-56%
Lereng sangat curam	56-140%
Lereng terjal	>140%

Pengukuran salinitas air. Pengukuran salinitas dilakukan menggunakan alat handrefraktometer dengan masing-masing 3x pengulangan yaitu pada air yang terjebak dalam laguna dan air terbuka (laut lepas). Ciri khas dari laguna pesisir adalah memiliki bukaan sempit ke laut dengan keadaan air dalam laguna ini seperti salinitas agak berbeda dari air terbuka.

2.3.3. Pengambilan Data Sekunder

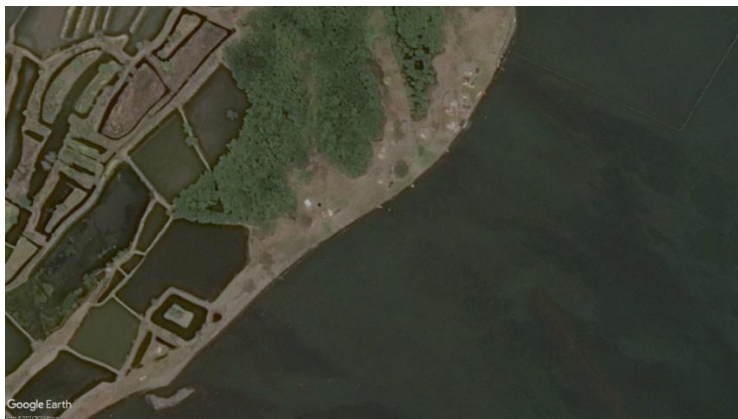
Data sekunder yang diperlukan meliputi informasi tentang pasang surut, gelombang, dan yang diperoleh dari Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG) dan Badan Informasi Geospasial (BIG). Selain itu, data sekunder juga diperoleh melalui citra *Google Earth* dalam rentang waktu 2013-2024, yang kemudian dianalisis menggunakan perangkat lunak ArcGIS.

Data Pasang Surut. Data sekunder pasang surut diolah menggunakan metode Admiralty bantuan aplikasi Microsoft Excel, hingga mendapatkan Perhitungan metode Admiralty menghasilkan 9 komponen pasang surut, yaitu komponen diurnal (K1, P1 dan O1), komponen semi-diurnal (M2, K2, S2 dan N2) dan komponen kuartar-diurnal (M4 dan MS4), komponen-komponen tersebut mempresentasikan jenis pasang surut.

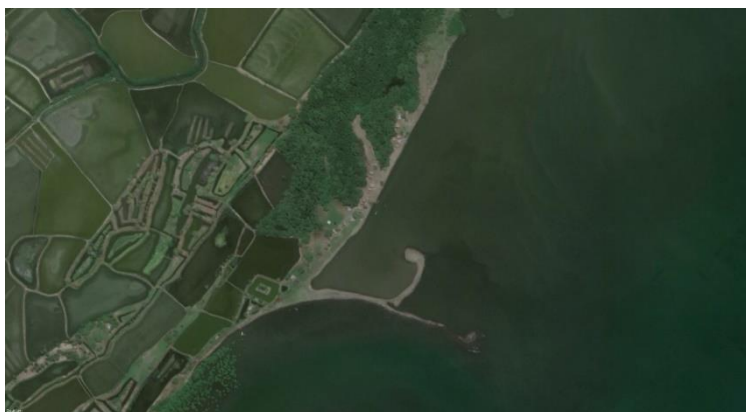
Data Angin. Data angin merupakan data sekunder yang digunakan untuk memprediksi tinggi gelombang. Data tersebut diperoleh dari data.marine.copernicus.eu dan diolah menggunakan aplikasi *Windrose Plot* (WRPLOT) untuk menghasilkan diagram windrose atau mawar angin di lokasi penelitian.

2.3.4. Pengolahan Citra

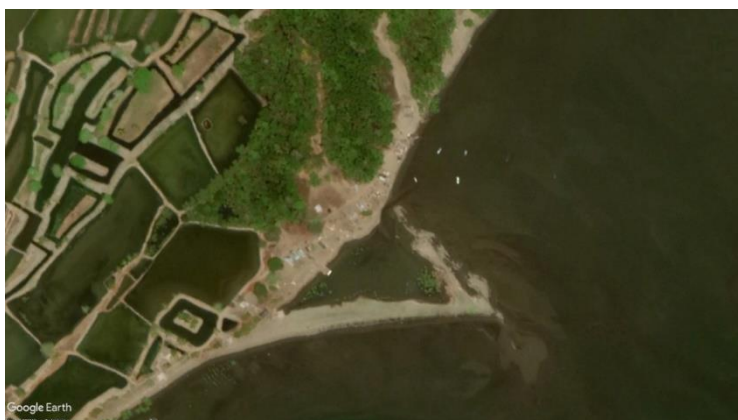
Citra Google Earth. Proses pengolahan citra dimulai dengan mengunduh citra satelit dengan resolusi maksimal menggunakan aplikasi *Google Earth Pro* yang direkam pada tahun 2013, 2017, 2019, 2022 dan 2024. Berikut gambar citra satelit lokasi penelitian yang telah di unduh sesuai dengan tahun pengamatan.



Gambar 2. Citra Satelit Tahun 2013



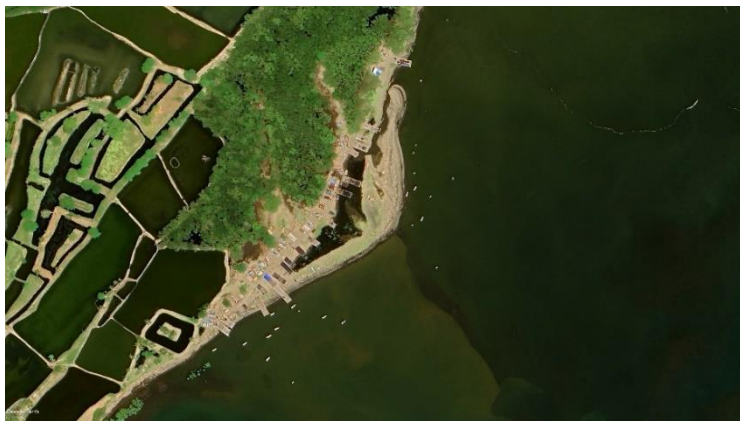
Gambar 3. Citra Satelit Tahun 2017



Gambar 4. Citra Satelit Tahun 2019



Gambar 5. Citra Satelit Tahun 2022



Gambar 6. Citra Satelit Tahun 2024

Input Citra (ArcMap). Selanjutnya, pengolahan data citra (tahun 2013, 2017, 2019, 2022 dan 2024) yang telah diunduh dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak SIG yaitu mengeksport data citra ke aplikasi ArcMap untuk dilakukan koreksi geometrik guna mengatasi pergeseran koordinat pada sistem perekaman citra.

Buka aplikasi ArcMap pada tampilan desktop, lalu pilih toolbar “*add data*”. Selanjutnya pilih file citra yang sebelumnya telah diunduh di Google Earth. Lalu klik “ok”.

Koreksi geometrik dilakukan dengan menentukan *Ground Control Point* (GCP) dan dicatat koordinatnya. Dalam melakukan rektifikasi membutuhkan minimal 4 titik yang digunakan sebagai GCP. Penentuan titik-titik GCP diletakkan pada pojok kanan atas, pojok kiri atas, pojok kanan bawah dan pojok kiri bawah. Hal ini dilakukan karena data awal secara keseluruhan belum memiliki data spasial sehingga perlu di rektifikasi.

Tingkat akurasi koreksi geometrik dalam bentuk standar deviasi yang sering disebut RMSE (*Root Mean Square Error*) merupakan tingkat kesalahan antara koordinat dasar dengan koordinat yang telah direktifikasi, dan nilai RMSE harus berada dibawah atau sama dengan 1 pixel, sehingga data tersebut tidak error (Faradila *et al.*, 2017).

Digitasi. Kemudian, dilakukan proses digitasi (delineasi batas darat dan air) garis pantai pada setiap citra yang telah mengalami koreksi geometrik bertujuan untuk mengubah format data *raster* ke format data *vektor*.

ArcCatalog digunakan untuk menyiapkan data penyimpanan hasil pendigitasian dengan format "Personal Geodatabase" dengan memilih menu "File" > "New" > "Personal Geodatabase". Didalam personal geodatabase dibuat data berupa "*line features* dan *polygon features*".

Pendigitasian dilakukan dengan menggunakan menu editor. Pilih "*start editing*" dan pilih target layer yang akan dilakukan pendigitasian. Kemudian pendigitasian dilakukan dengan menggunakan "*sketh tool*" dan untuk menghentikan pendigitasian pilih menu "*stop editing*".

Digitasi Polyline. Analisis data dilakukan dengan melakukan digitasi *polyline* yang akan menghasilkan panjang garis pantai setiap tahunnya khususnya pada tahun 2013, 2017, 2019, 2022 dan 2024 dengan menggunakan "*line features*".

Digitasi Polygon. Selanjutnya hasil digitasi line features di analisis dengan melakukan digitasi polygon "*polygon features*" untuk mengidentifikasi semua perubahan garis pantai sesuai dengan citra yang telah diunduh tahun 2013, 2017, 2019, 2022 dan 2024.

Overlay. Setelah melakukan digitasi garis pantai pada masing-masing citra, kemudian dilakukan *overlay* pada ke empat garis pantai tersebut. *Overlay* merupakan proses tumpang-susun beberapa buah peta dalam rangkaian kegiatan pengambilan kesimpulan secara spasial (Budiyanto, 2010). Untuk mengetahui pola perubahan garis pantai, dilakukan analisis menggunakan cara tumpang tindih atau *overlay* hasil digitasi garis pantai yang telah dilakukan (Purba & Jaya, 2004). Hal yang dilakukan pada metode ini adalah menggabungkan dan menyusun hasil digitasi garis pantai dari citra per tahun yaitu 2013 dan 2017; 2017 dan 2019; 2019 dan 2022; 2022 dan 2024; serta 2013 dan 2024 untuk menentukan perubahan akhir garis pantai dibandingkan dengan garis pantai awal.

Overlay dilakukan dengan menggunakan menu "*analysis tools*" pada "Arctoolbox" kemudian pilih "Overlay". Hasil dari *overlay* tersebut merupakan perubahan garis pantai yang kemudian akan dianalisis perubahannya.

Perhitungan Perubahan Garis Pantai. Setelah melakukan tahap *overlay* maka dapat diketahui berapa luas perubahan garis pantai yang terjadi seperti perubahan luasnya pengikisan garis pantai (abrasi) dan luasnya penambahan garis pantai yang diakibatkan oleh pergerakan sedimen (akresi). Dari hasil *overlay* yang telah dilakukan, maka akan teridentifikasi daerah yang berubah. Kemudian akan dihitung perubahan luas daerah yang mengalami perubahan sebagai akibat dari pergeseran garis pantai.

Untuk memperoleh luasan perubahan garis pantai yang terjadi di lakukan dengan prosedur perhitungan otomatis melalui "*Calculate Geometry*" pada aplikasi ArcGis. Proses perhitungan perubahan garis pantai dilakukan dengan langkah membuka "attribute table" pada garis pantai yang akan dihitung, lalu menambahkan kolom baru dengan nama "Luas" atau "Panjang". Selanjutnya, dengan memanfaatkan "*expression*

dialog”, dapat memilih perhitungan geometri “area” untuk perhitungan luas perubahan garis pantai, dan “*length*” untuk mengukur panjang perubahan garis pantai.

Layout. *Layouting* dilakukan setelah proses analisis perubahan garis pantai selesai tahap berikutnya adalah *layout* (tampilan peta). *Layout* merupakan hasil akhir dari seluruh proses pengolahan data, output dari proses ini berupa bentuk peta yang menampilkan hasil pembentukan laguna, legenda peta, teks skala, skala bar, dan arah mata angin. Setelah proses selesai, pembentukan laguna yang diakibatkan oleh peristiwa abrasi dan akresi pada periode perekaman citra tersebut akan terlihat.

2.3.5. Analisis Data

Analisis data dalam penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode analisis data deskriptif untuk mengetahui penyebab dari perubahan garis pantai (pembentukan laguna) yang dikajii berdasarkan data oseanografi fisika yang telah didapatkan dari pengukuran di lapangan. Hasil pengolahan data akan disajikan dalam bentuk gambar, grafik, dan tabel dengan menggunakan aplikasi seperti, *Google Earth*, *ArcGIS*, *Windrose Plot*, dan *Microsoft Excel* baik untuk mengolah data primer maupun data sekunder.