

**PERUBAHAN GARIS PANTAI DI KECAMATAN LABUHAN MARINGGAI,
KABUPATEN LAMPUNG TIMUR BERDASARKAN ANALISIS CITRA SATELIT
MULTITEMPORAL BERBASIS GOOGLE EARTH ENGINE**

(Skripsi)

Oleh

**IIS ISTIKOLAH
NPM 1814221017**



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2022**

**PERUBAHAN GARIS PANTAI DI KECAMATAN LABUHAN MARINGGAI,
KABUPATEN LAMPUNG TIMUR BERDASARKAN ANALISIS CITRA SATELIT
MULTITEMPORAL BERBASIS GOOGLE EARTH ENGINE**

Oleh

IIS ISTIKOLAH

**Skripsi
Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
SARJANA SAINS**

Pada

**Jurusan Perikanan dan Kelautan
Fakultas Pertanian Universitas Lampung**



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2022**

ABSTRAK

PERUBAHAN GARIS PANTAI DI KECAMATAN LABUHAN MARINGGAI, KABUPATEN LAMPUNG TIMUR BERDASARKAN ANALISIS CITRA SATELIT MULTITEMPORAL BERBASIS GOOGLE EARTH ENGINE

Oleh

IIS ISTIKOLAH

Garis pantai di Kabupaten Lampung Timur sering mengalami perubahan secara akresi dan abrasi yang disebabkan oleh faktor alami dan faktor non alami. Perubahan garis pantai yang terjadi di sepanjang pesisir Way Kambas-Labuhan Maringgai sejak 1988 hingga 2021 dideteksi menggunakan citra satelit Landsat TM, ETM+ dan OLI TIRS melalui *platform* Google Earth Engine. Penelitian ini menggunakan metode MNDWI (*modified normalized different water index*) yang dapat memisahkan daratan dan lautan pada tingkat akurasi sebesar 99,85% didukung dengan data angin dan arus sebagai parameter oseanografi untuk melihat proses perubahan pantai yang terjadi secara alami. Hasil dari penelitian ini didapatkan adanya perubahan garis pantai pada wilayah sepanjang Way Kambas-Labuhan Maringgai. Wilayah ini memiliki tingkat abrasi yang tinggi dari tahun 1988-2004 dengan pengikisan garis pantai pada wilayah seluas 108,56 ha (6,79 ha/th). Selanjutnya wilayah ini mulai mengalami akresi pada periode tahun 2004-2010 dengan penambahan luas sebesar 71,82 ha (11,97 ha/th). Akresi terbesar terjadi tahun 2010-2021 dengan penambahan area seluas 264,89 ha (24 ha/th). Faktor penyebab terjadinya perubahan karena adanya konversi lahan menjadi kawasan tambak tradisional. Faktor hidro oseanografi juga berperan melalui pergerakan arus susur pantai (*longshore current*) yang bergerak dominan menuju selatan dengan kecepatan bervariasi yang mampu memindahkan sedimen secara dominan ke arah selatan.

Kata kunci : *Abrasi, akresi, garis pantai, Labuhan Maringgai, MNDWI.*

ABSTRACT

THE SHORELINE CHANGES OF LABUHAN MARINGGAI DISTRICT, EAST LAMPUNG REGENCY USING MULTITEMPORAL SATELLITE IMAGERY BASED ON GOOGLE EARTH ENGINE

By

IIS ISTIKOLAH

The East Lampung Regency coastline shows some changes in from of accretion and abrasion caused by natural and non natural factors. Coastline changes occurred along the coast of Way Kambas-Labuhan Maringgai from 1988 to 2021 were detected using Landsat TM, ETM+ and OLI TIRS satellite imagery through the Google Earth Engine platform. This study used the MNDWI (modified normalized different water index) method which could separate land and sea at an accuracy rate of 99.85% supported by wind and current data as oceanographic parameters to see the process of coastal change that occurs naturally. The results of this study found that there was a change in the coastline in the area along Way Kambas-Labuhan Maringgai. This area had a high level of abrasion from 1988-2004 with erosion of the coastline in an area of 108.56 ha (6.79 ha/year). Furthermore, this coastal area began to increase in the period 2004-2010 with a difference of 71.82 ha (11.97 ha/year). The largest accretion occurred in 2010-2021 with the addition of an area of 264.89 ha (24 ha/year). These fenomena was due to the conversion of land into traditional pond areas. Hydro oceanographic factors also played a role through the movement of longshore currents that move predominantly southward at varying speeds which were able to move sediments predominantly to the south.

Keywords: *Abrasion, accretion, coastline, Labuhan Maringgai, MNDWI.*

Judul Penelitian : **PERUBAHAN GARIS PANTAI DI KECAMATAN LABUHAN MARINGGAI, KABUPATEN LAMPUNG TIMUR BERDASARKAN ANALISIS CITRA SATELIT MULTITEMPORAL BERBASIS GOOGLE EARTH ENGINE**

Nama Lengkap : **Fitri Istikomah**

Nomor Pokok Mahasiswa : **1814221017**

Program Studi : **Ilmu Kelautan**

Jurusan : **Perikanan dan Ilmu Kelautan**

Fakultas : **Pertanian**



Pembimbing I

Pembimbing II

Dr. Henky Mayaguezz, S.Pi., M.T
NIP. 197505152002121007

Hartanto Sanjaya, S.Si., M.Sc.
NIP 196906211996031004

2. Ketua Jurusan Perikanan dan Ilmu Kelautan

Dr. Indra Gumay Yudha, S.Pi., M.Si
NIP. 197008151999031001

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua : **Dr. Henky Mayaguezz, S.Pi., M.T.**



Sekretaris : **Hartanto Sanjaya, S.Si., M.Sc.**



Anggota : **Eko Efendi, S.T., M.Si.**

2. Dekan Fakultas Pertanian



Prof. Dr. Ir. Irwan Sukri Banuwa, M.Si.
NIP. 196110201986031002

Tanggal lulus ujian skripsi : **10 Agustus 2022**

PERNYATAAN KEASLIAN HASIL KARYA

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Iis Istikolah

NPM : 1814221017

Judul Skripsi : Perubahan Garis Pantai di Kecamatan Labuhan Maringgai, Kabupaten Lampung Timur Berdasarkan Analisis Citra Satelit Multi-temporal Berbasis Google Earth Engine

Menyatakan bahwa skripsi yang saya tulis ini adalah murni hasil karya saya sendiri berdasarkan pengetahuan dan data yang saya dapatkan. Karya ini belum pernah dipublikasikan sebelumnya dan bukan plagiat dari karya orang lain. Demikian pernyataan ini saya buat, apabila di kemudian hari terbukti terdapat kecurangan dalam karya ini, maka saya siap mempertanggungjawabkannya.

Bandar Lampung, 10 Agustus 2022



Iis Istikolah

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Pandeglang, pada tanggal 17 Desember 1999 sebagai anak dari pasangan suami istri Bapak Saebatul Hamdi dan Ibu Novi Marlina. Penulis menempuh pendidikan formal dari Taman Kanak- Kanak Bhayangkari Kota Pandeglang (2004-2006), lalu melanjutkan pendidikan dasar di SD Negeri 4 Pandeglang (2007–2012), dilanjutkan ke pendidikan menengah pertama di SMPN 1 Pandeglang (2012–2015), dan pendidikan menengah atas di SMAN 1 Pandeglang (2015–2018). Kemudian penulis melanjutkan pendidikan ke jenjang perguruan tinggi di Program Studi Ilmu Kelautan, Jurusan Perikanan dan Kelautan, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung pada tahun 2018.

Penulis pernah aktif pada organisasi Himpunan Mahasiswa Perikanan dan Kelautan (Himapik) sebagai anggota pada periode 2019-2020 dan Himpunan Mahasiswa Banten (HMB) sebagai anggota periode 2019-2020. Penulis pernah menjadi asisten dosen pada mata kuliah Oseanografi Umum dan Kimia. Penulis pernah mengikuti kuliah kerja nyata (KKN) di Kelurahan Sukamenanti, Kecamatan Kedaton, Kota Bandar Lampung, Provinsi Lampung selama 40 hari pada tahun 2021. Penulis pernah mengikuti kegiatan magang di Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika (BMKG) Provinsi Lampung pada tahun 2020. Penulis juga pernah melaksanakan kegiatan Praktik Kerja Lapangan di Badan Pusat Pengkajian dan Teknologi (BPPT) atau yang saat ini sudah beralih nama menjadi Badan Riset Inovasi Nasional (BRIN) pada tahun 2021. Penulis pernah mendapatkan Beasiswa Unggulan tahun 2019-2022 yang diselenggarakan oleh Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan (Kemendikbud).

PERSEMBAHAN

Bismillahirrohmannirrohim

Alhamdulillah atas segala berkat, rahmat, kemudahan serta izin yang Allah SWT berikan kepadaku sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Kepada kedua orang tuaku dengan penuh rasa cinta, kasih dan sayang tiada henti kupersembahkan gelar sarjana di belakang namaku untukmu.

Orang tua tercinta yakni, Bapak Saebatul Hamdi dan Ibu Novi Marlina, yang tiada henti selalu mendoakan yang terbaik untuk penulis dan tak bosan untuk segala pengorbanan, nasihat serta doa baik yang tidak pernah berhenti kalian berikan kepadaku. Aku selamanya bersyukur dengan keberadaan kalian sebagai orang tuaku hingga penulis dengan lancar dapat menyelesaikan pendidikan di Universitas Lampung.

Kakakku tersayang, Indah Hamidah Ulfah, dan adikku tercinta, Muhamad Muamar Khadapi, yang selalu memberikan semangat dan dukungan. Teman-teman seperjuangan yang telah membersamai dari SMA, khususnya kepada Nova Alpiani, Rifa Agustina dan Ulfah Sundari yang sangat saya sayangi, dan sahabat kuliahku, khususnya Dewi, Dwi, Ferdina, Ima, Nazolla, Suci, Vero serta untuk teman semua yang tak dapat saya sebutkan namanya satu persatu, yang selalu memberikan motivasi, dorongan dan semangat juang untuk penulis.

**Serta
Almamaterku tercinta Universitas Lampung**

MOTTO HIDUP

وَمَا خَلَقْتُ الْجِنَّ وَالْإِنْسَ إِلَّا لِيَعْبُدُونِ

“Aku tidak menciptakan jin dan manusia melainkan agar mereka beribadah kepada-Ku.”

(Surat Adz-dzariyat: 56)

“Selamat datang wahai penuntut ilmu. Sesungguhnya penutup ilmu benar-benar ditutupi para Malaikat dan dinaungi dengan sayap-sayapnya. Kemudian mereka saling bertumpuk-tumpuk hingga mencapai langit dunia (langit paling dekat dari bumi), karena kecintaan mereka (Malaikat) kepada ilmu yang dipelajarinya.”

(HR. Ath-Thabrani no. 7347 dalam Al-Mu’jam Al-Kabir)

“Jika kamu tak sanggup menahan lelahnya belajar, maka kamu harus sanggup menahan perihnya kebodohan.”

(Imam Syafi’i)

“Keberhasilan bukanlah milik orang yang pintar, keberhasilan adalah kepunyaan mereka yang senantiasa berusaha.”

(Prof. Dr.ing. Ir. H. Bacharuddin Jusuf Habibie)

SANWACANA

Segala puji bagi Allah SWT yang telah memberikan segala kenikmatan-Nya dan tak lupa kepada Baginda Nabi Muhammad SAW akhirnya penulis dapat menyusun skripsi yang berjudul “Perubahan Garis Pantai di Kecamatan Labuhan Maringgai, Kabupaten Lampung Timur Berdasarkan Analisis Citra Satelit Multitemporal Berbasis Google Earth Engine”. Skripsi dibuat untuk memenuhi syarat lulus sebagai Sarjana Sains. Selama skripsi ini disusun, tentunya penulis mendapatkan bimbingan, bantuan, semangat serta dukungan dari berbagai macam kalangan. Untuk itu, izinkanlah saya menyampaikan ucapan terima kasih yang mendalam kepada:

1. Prof. Dr. Ir. Irwan Sukri Banuwa, M.Si selaku Dekan Fakultas Pertanian Universitas Lampung.
2. Dr. Indra Gumay Yudha, S.Pi., M.Si selaku Ketua Jurusan Perikanan dan Kelautan.
3. Dr. Henky Mayaguezz, S.Pi, M.T. selaku Dosen Pembimbing 1 yang telah memberi arahan serta bimbingan dalam proses penyusunan skripsi.
4. Hartanto Sanjaya, S.Si., M.Sc. selaku Dosen Pembimbing 2 dari Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN) yang telah memberikan arahan serta bimbingan dalam proses penyusunan skripsi.
5. Eko Efendi S.T, M.Si. selaku Dosen Pembahas yang memberikan saran dan arahan dalam menyelesaikan skripsi.
6. Ayah, Mamah dan keluarga besar yang telah memberikan doa, motivasi, dan semangat agar bisa menyelesaikan skripsi dengan cepat.
7. Teman-teman Jurusan Perikanan dan Kelautan, terutama kepada Dewi Ratna Sari, Dwi Puspitasari, Ferdina Humairoh, Ima Mulani, Nazolla Audia Laresty, Suci Arshintia Dewi dan Veronicka Kury Devita Sary serta teman-teman

Program Studi Ilmu Kelautan angkatan 2018 yang memberikan semangat dan dukungan kepada penulis dalam menyusun skripsi ini.

8. Teman-teman seperjuangan yang kebersamai dari SMA hingga saat ini kepada Rifa Agustina, Ulfah Sundari dan Nova Alpiani.
9. Tania Amelia yang telah memberikan dorongan dan semangat.
10. Agung Mas dan Afif Fahza Nur Malik yang telah membantu peneliti dalam mengerjakan skripsi.

Disusunnya skripsi ini, penulis berharap dapat berguna dan bisa memberikan informasi kepada masyarakat umum, akademisi, dan mahasiswa lain yang bergerak pada bidang yang sama yaitu Penginderaan jauh. Penulis memohon maaf apabila terdapat kesalahan dalam menyusun skripsi ini.

Bandar Lampung, 10 Agustus 2022

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR ISI	i
DAFTAR GAMBAR	iii
DAFTAR TABEL	v
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan Penelitian	3
1.3 Manfaat Penelitian	3
1.4 Kerangka Pikir	3
II. TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Karakteristik Kabupaten Lampung Timur	6
2.2 Geomorfologi Kabupaten Lampung Timur	7
2.3 Definisi Garis Pantai	8
2.4 Faktor Perubahan Garis Pantai.....	9
2.4.1 Akresi.....	9
2.4.2 Abrasi.....	10
2.4.3 Transport Sedimen Pantai.....	12
2.4.4 Reklamasi	13
2.4.5 Alih Fungsi Lahan	15
2.5 Faktor Hidro Oseanografi	17
2.5.1 Gelombang.....	17
2.5.2 Arus.....	20
2.5.3 Pasang Surut	22
2.6 Penginderaan Jauh	24
2.6.1 Citra Satelit Landsat 5 Dan Landsat 8	24
2.6.2 Google Earth Engine.....	26
2.7 Indeks MNDWI	27

2.7.1 Rumus Indeks MNDWI Landsat 5 TM	27
2.7.2 Rumus Indeks MNDWI Landsat 8 OLI.....	28
III. METODE PENELITIAN.....	29
3.1 Waktu dan Tempat.....	29
3.2 Alat dan Bahan.....	29
3.2.1 Data Primer.....	30
3.2.2 Data Sekunder.....	30
3.3 Metode	31
3.4 Prosedur Penelitian	31
3.5 Pengolahan Data	34
3.5.1 Pengolahan RGB Landsat 5, 7 dan 8.....	34
3.5.2 Perhitungan Indeks MNDWI Landsat 5, 7 dan 8	35
3.5.3 Akurasi Data Sampel	36
3.6 Analisis Data	36
3.6.1 Analisis Perubahan Garis Pantai Akibat Faktor Antropogenik	36
3.6.2 Analisis Hidro Oseanografi Angin dan Arus.....	37
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	39
4.1 Hasil MNDWI.....	39
4.2 Hasil Data Sampel.....	55
4.3 Analisis Perubahan Luasan Area Darat	55
4.4 Analisis Data Angin.....	59
4.5 Analisis Data Arus	61
V. PENUTUP	69
5.1 Simpulan	69
5.2 Saran	69
DAFTAR PUSTAKA.....	71

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Kerangka pikir penelitian.....	4
2. Tipe gelombang pecah	18
3. Arus perairan dunia.....	20
4. Tipe pasang surut air laut	23
5. Peta lokasi penelitian	29
6. Prosedur penelitian pengolahan citra	34
7. Perubahan garis pantai berdasarkan MNDWI tahun 1988-2004	40
8. Perubahan garis pantai terbesar berdasarkan MNDWI tahun 1988-2004	42
9. Perubahan garis pantai berdasarkan MNDWI tahun 2004-2010	43
10. Perubahan garis pantai terbesar berdasarkan MNDWI tahun 2004-2010	45
11. Perubahan garis pantai berdasarkan MNDWI tahun 2010-2021	46
12. Dermaga yang berada di Kecamatan Labuhan Maringgai.....	47
13. Perubahan garis pantai terbesar berdasarkan MNDWI tahun 2010-2021	48
14. Perubahan garis pantai berdasarkan MNDWI tahun 1988-2021	51
15. Perubahan garis pantai yang diperbesar berdasarkan MNDWI tahun 1988-2021.....	52
16. Pendekatan analisis perubahan garis pantai berdasarkan area study	57
17. Luasan perubahan garis pantai tahun 1988, 2004, 2010 dan 2021	58
18. Mawar angin di perairan Kabupaten Lampung Timur.....	59

19. Peta arah dan kecepatan arus di perairan Kabupaten Lampung Timur musim barat.....	64
20. Peta arah dan kecepatan arus di perairan Kabupaten Lampung Timur musim peralihan 1	65
21. Peta arah dan kecepatan arus di perairan Kabupaten Lampung Timur musim timur	66
22. Peta arah dan kecepatan arus di perairan Kabupaten Lampung Timur musim peralihan 2.....	68

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Alat penelitian untuk pengolahan data	30
2. Sumber data primer dan sekunder.....	31
3. Akurasi data sampel kelas darat dan air.....	55
4. Luasan area daratan berdasarkan metode <i>random forest</i>	56
5. Total luasan perubahan area darat pada wilayah <i>study</i>	57

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia memiliki panjang garis pantai sebesar 81.000 km yang kondisinya tidak begitu baik akibat sumber daya alam di daerah pesisir hampir terancam punah (Nindani, 2017). Sumber daya alam yang hampir punah disebabkan ketidakseimbangan ekosistem sehingga dapat menimbulkan kerusakan yang berdampak pada keadaan topografi garis pantai di wilayah pesisir. Selain itu, ada faktor pendukung lainnya seperti kondisi geografis Indonesia yang terletak di antara pertemuan dua lempeng bumi, yaitu Samudera Hindia dan Pasifik yang menyebabkan Indonesia sering terjadi bencana alam. Bencana alam yang timbul bisa berupa gempa bumi, gunung berapi dan badai tropis. Badai inilah dapat mempengaruhi siklus perairan di laut mulai dari gelombang, arus dan pasang surut. Garis pantai menjadi batasan penting antara daratan dengan lautan di pesisir karena hampir seluruh mata pencarian penduduk tertuju di dekat pantai. Jika pada suatu wilayah pesisir sering mengalami perubahan garis pantai maka dapat berbahaya bagi penduduk setempat. Perubahan garis pantai berakibat pada hilang atau bertambahnya area tertentu di dekat pantai sehingga jarak antara garis pantai dengan pemukiman bisa tidak sesuai lagi dengan perencanaan tata ruang (Sudibyakto, 2011).

Daerah pesisir adalah salah satu kawasan pilihan tempat tinggal bagi warga pesisir. Wilayah ini memiliki sumber daya alam yang memiliki potensi tinggi untuk dikelola. Namun, seringkali pemanfaatannya melebihi daya dukung di kawasan pesisir. Degradasi lingkungan ini kemudian berdampak pada penurunan kualitas lingkungan yang akan mengurangi sumberdaya alam dan ketidakseimbangan ekosistem (Sudibyakto, 2011). Kegiatan manusia berupa pemanfaatan lahan, masuknya bahan pencemar karena aktivitas tambak perikanan, pembakaran, dan pembabatan hutan mangrove didekat pantai akan menyebabkan daerah tersebut mengalami degradasi. Degradasi yang timbul berdampak pada menyusutnya daratan

karena hempasan gelombang yang tinggi ke pantai dapat mengikis daerah pesisir sehingga terjadinya abrasi (Mustika, 2017).

Garis pantai adalah batasan antara laut dengan darat yang memiliki perubahan dinamis yang artinya selalu berubah-ubah karena faktor hidro oseanografi, baik sementara ataupun permanen. Perubahan yang bersifat permanen disebabkan akresi atau abrasi yang terjadi secara terus-menerus dalam jangka waktu yang relatif lama (Prayogo, 2015). Perubahan garis pantai pada wilayah pesisir dapat ditimbulkan oleh beberapa faktor, umumnya disebabkan oleh proses alami seperti abrasi (pengikisan) yang menyebabkan posisi garis pantai mengarah ke daratan ataupun akresi posisi garis pantai mengarah ke lautan (Chand & Acharya, 2010). Proses akresi dan abrasi bisa timbul karena sedimentasi yang terjadi di perairan, gelombang tinggi dan *longshore current* jika terjadi secara terus-menerus. Informasi mengenai batasan garis pantai menjadi sangat penting karena dapat diteliti lebih lanjut misalnya untuk memprediksi rawan longsor, pemodelan morfodinamik pantai, rencana pengelolaan wilayah pesisir, dan banyak lagi (Chand & Acharya, 2010).

Kabupaten Lampung Timur merupakan wilayah di Provinsi Lampung yang memiliki kawasan pesisir yang cukup dinamis. Pada beberapa lokasi terpantau perubahan garis pantai, baik abrasi maupun akresi. Kecamatan Labuhan Maringgai merupakan wilayah pesisir yang tidak luput dari proses dinamis ini. Berdasarkan penelitian Purba dan Jaya (2004) diketahui bahwa Kecamatan Labuhan Maringgai, Kabupaten Lampung Timur terpantau mengalami laju perubahan garis pantai karena abrasi yang cukup tinggi dalam kurun waktu 1991-2003 terpantau abrasi sebesar 90-550 m.

Kajian mengenai analisis perubahan garis pantai yang terjadi sebagai dampak dari pengaruh faktor hidro oseanografi menggunakan *platform* Google Earth Engine (GEE) di pesisir pantai timur Lampung belum pernah dilakukan. Mempertimbangkan semakin pesatnya pembangunan di sepanjang pantai di Kecamatan Labuhan Maringgai maka perlu dikaji perubahan garis pantai yang terjadi secara lebih

lanjut melalui analisis spasial dan temporal. Berbagai parameter yang ada, seperti kondisi hidro oseanografi dan alih fungsi lahan akan di analisis dalam penelitian ini. Hasil penelitian ini dapat membantu Pemerintah Kabupaten Lampung Timur serta lembaga lain yang berwenang dalam mengambil kebijakan tentang perencanaan dan pemanfaatan ruang di wilayah pesisir Kabupaten Lampung Timur.

1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan dalam membuat rancangan proposal penelitian, yaitu:

1. Memetakan perubahan garis pantai di Kecamatan Labuhan Maringgai.
2. Menganalisis perubahan akresi atau abrasi garis pantai dalam kurun waktu 1988, 2004, 2010 dan 2021 di Kecamatan Labuhan Maringgai.

1.3 Manfaat Penelitian

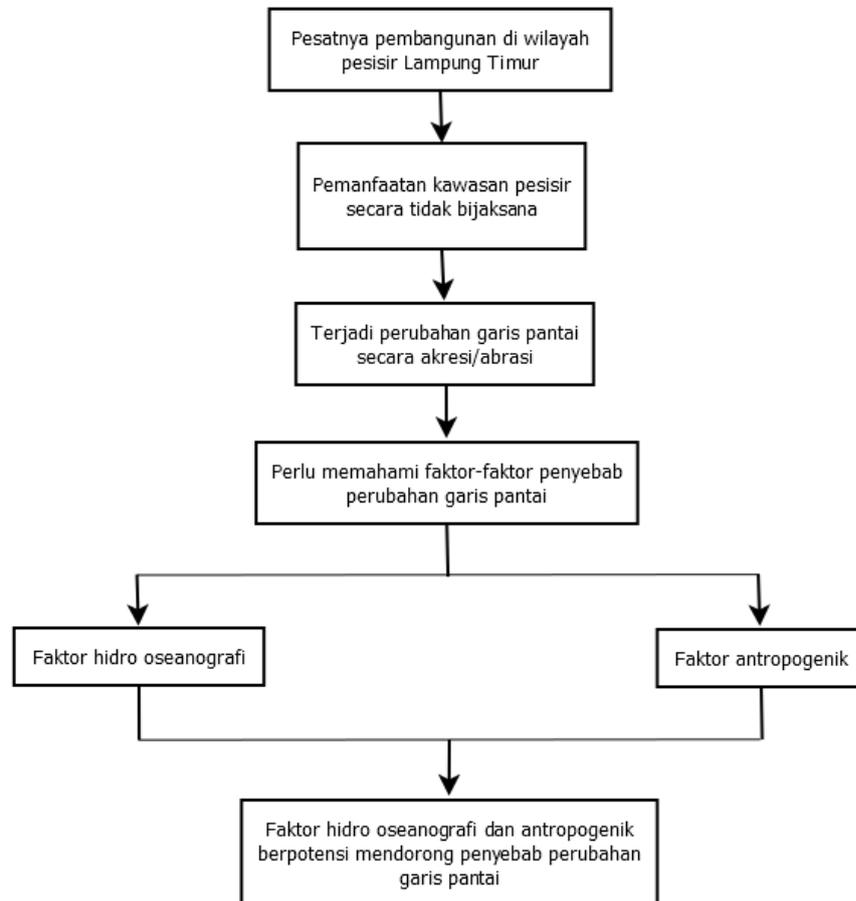
Manfaat dalam melakukan penelitian mengenai perubahan garis pantai akibat faktor hidro oseanografi ataupun antropogenik, antara lain:

1. Perubahan luasan yang terjadi dapat mendeskripsikan keadaan wilayah pesisir sehingga membantu pemerintah dan masyarakat setempat dalam melakukan pembangunan atau aktivitas di dekat pantai
2. Dengan menganalisis luasan perubahan garis pantai, pemerintah setempat dapat mempertimbangkan penentuan kawasan di Kecamatan Labuhan Maringgai, Kabupaten Lampung Timur.

1.4 Kerangka Pikir

Pesisir pantai timur mempunyai masalah yang ditimbulkan sebagai dampak terjadinya perubahan dan pengalihan fungsi lahan. Degradasi kerusakan mangrove akibat dari aktivitas manusia yang berdampak pada kondisi perairan di sepanjang pesisir pantai timur. Di Kecamatan Labuhan Maringgai banyak wilayah yang diubah dari rawa-rawa dan hutan mangrove ke fungsi lain, seperti pertanian padi dan tambak udang. Dapat diindikasikan bahwa perubahan dipesisir pantai Labuhan Maringgai-Way Kambas bisa merubah posisi garis pantai secara permanen baik abrasi ataupun akresi pantai (Wiryawan, *et al.*, 1999). Proses perubahan garis pantai bisa disebabkan oleh faktor hidro oseanografi seperti hempasan gelombang,

perubahan pola arus, angin, pasang surut yang menyebabkan abrasi pantai akibat pelindung pantai sudah mengalami penurunan secara signifikan (Munandar *et al*, 2017). Kerangka pikir penelitian ini disajikan pada (Gambar 1).



Gambar 1. Kerangka pikir penelitian

Saat ini pada wilayah Kecamatan Labuhan Maringgai banyak sekali ditanami vegetasi mangrove sebagai alat untuk memperkecil tingkat perubahan yang terjadi di daerah tersebut (Amelia *et al.*, 2020). Harapannya energi gelombang yang timbul saat sampai di daratan bisa diredam sehingga mengurangi tingkat kerusakan ekosistem darat di wilayah pesisir. Tingkat sedimentasi ke arah laut yang menyebabkan akan terjadinya abrasi pantai diharapkan juga mengalami pengurangan. Walaupun keberadaan hutan mangrove di Kecamatan Labuhan Maringgai dapat memberikan banyak manfaat, namun masih banyak sekali masyarakat yang memanfaatkan mangrove secara ekonomis yang berdampak pada degradasi

lingkungan dimana kerusakan yang timbul akibat pembuatan kawasan seperti tambak udang menyebabkan kerusakan hutan mangrove sekitar 48% (Watala, 2009).

Maka agar dapat mengatasi masalah yang ada sebagai dampak perubahan garis pantai akibat akresi atau abrasi, perlu diadakannya kajian penelitian di wilayah tersebut. Identifikasi perubahan luasan garis pantai yang terjadi dalam kurun waktu 33 tahun terakhir dilakukan menggunakan penginderaan jauh, lalu data hidro oseanografi berupa angin dan arus untuk memahami faktor-faktor yang menyebabkan terjadinya perubahan garis pantai di analisis menggunakan aplikasi WrPlot dan ODV.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Karakteristik Kabupaten Lampung Timur

Secara geografis Kabupaten Lampung Timur berada pada posisi koordinat 105° 15'BT-106°20'BT dan 4°37'LS-5°37'LS dengan luas wilayah sekitar 5.325,03 km² yaitu 15% dari total luas wilayah Provinsi Lampung. Pada sebelah Utara berbatasan dengan 3 kecamatan di Lampung Tengah, serta 1 kecamatan di Tulang Bawang. Wilayah sebelah timur berbatasan dengan Laut Jawa, di sebelah selatan berbatasan dengan 4 kecamatan di Lampung Selatan, dan di sebelah barat berbatasan dengan 2 kecamatan di Lampung Tengah. Kabupaten Lampung Timur memiliki 24 kecamatan dan 264 desa. Berdasarkan klasifikasi iklim Smith dan Ferguson, wilayah Lampung Timur masuk dalam kategori iklim B yaitu basah dengan intensitas curah hujan merata tahunan sebesar 2.000-2.500 mm. Iklim basah dapat dicirikan oleh bulan basah selama 6 bulan yakni bulan Desember-Juni dengan rata-rata suhu 24-34°C (Pemerintah Kabupaten Lampung Timur, 2013).

Labuhan Maringgai adalah salah satu kecamatan yang terletak paling ujung Kabupaten Lampung Timur dan diketahui terdapat 21 desa. Labuhan Maringgai dikenal memiliki potensi wisata alam yang cukup baik jika dikembangkan karena di sana terdapat banyak pantai, di antaranya Pantai Kuala Penet, Kuala Bom, Cemara, Prunas, dan Bandar Negeri Ujung. Pesona dan keindahan alam pantai tersebut didukung oleh hamparan pasir putih yang halus. Pada wilayah pesisir Labuhan Maringgai juga dijumpai tempat pelelangan ikan sebab mayoritas penduduk di kecamatan tersebut berprofesi sebagai nelayan (Bambang, 2017). Seperti umumnya wilayah pesisir, Labuhan Maringgai tentunya memiliki hutan mangrove yang cukup luas. Meskipun begitu, terjadi dinamika kualitas dan kuantitas yang menunjukkan fluktuasi pada ekosistem mangrove di pesisir timur ini. Penurunan drastis luasan ekosistem mangrove pernah terjadi pada 1987 di Kecamatan Labuhan

Maringgai. Pada tahun 1987 terjadi abrasi yang cukup hebat hingga 500 m/tahun. Hal tersebut menjadikan masyarakat sekitar untuk melakukan rehabilitasi dengan menanam benih mangrove api-api sehingga keadaan hutan mangrove berangsur membaik. Sampai tahun 2009 luas hutan mangrove sekitar 700 ha (Annissa *et al.*, 2020).

2.2 Geomorfologi Kabupaten Lampung Timur

Wilayah Lampung Timur pada umumnya merupakan daerah datar yang sebagian besar wilayahnya berada pada ketinggian 25-55 mdpl, kecuali kecamatan Pasir Sakti, Braja Selehah, dan Bumi Agung yang ketinggiannya hanya sekitar 0-25 mdpl. Berdasarkan sebaran tingkat kemiringan wilayah, Lampung Timur didominasi lereng atau bergelombang dengan kemiringan 8-15% yang mencakup 40%, wilayah landai sekitar 37,23%, wilayah datar 18,15%, dan wilayah berbukit 4,62% dari total keseluruhan luas kabupaten (Pemerintah Kabupaten Lampung Timur, 2013).

Bentang alam di Lampung Timur merupakan bentang alam rendah dan sedikit bergelombang. Untuk bentang alam rendah seperti daerah sungai yang memiliki meander sesuai untuk endapan aluvium kuartar, sedangkan daerah dengan timbunan yang rendah sampai sedang sesuai untuk satuan sedimen yang berusia tersier dan kuartar. Struktur penyusun batuan di kabupaten tersebut didominasi oleh batuan sedimen. Berdasarkan struktur geologi Lampung timur dikelompokkan menjadi empat jenis yaitu, endapan permukaan (aluvium), batuan gunung api, batuan sedimen, dan batuan beku basalt (Pemerintah Kabupaten Lampung Timur, 2013).

Berdasarkan peta geologi Kabupaten Lampung Timur terdapat endapan mineral serta tambang di wilayah tersebut. Meskipun endapan bahan tambang masih belum pasti diketahui tetapi kemungkinan bahan tambang yang ada adalah berupa minyak bumi, mineral besi, pasir kuarsa, sirtu, dan bahan bangunan basal. Untuk keberadaan sumber minyak bumi berakumulasi dari endapan minyak di sekitar Palembang. Namun, dari penelitian yang pernah dilakukan oleh Pertamina

kemungkinan terdapat sumber minyak bumi di lepas pantai timur Lampung yang belum diketahui besaran potensinya, sedangkan keberadaan mineral besi yang berakumulasi dengan mineral basal di sekitar Sukadana kemungkinan sebagai akibat dari proses hidotermal pada bagian kontak plateau Sukadana terdapat di sebelah timur Sukadana dan dekat Labuhan Maringgai (Bambang, 2017).

2.3 Definisi Garis Pantai

Garis pantai adalah pertemuan antara batas laut dengan daratan yang disebabkan oleh fenomena pasang surut dan dapat diketahui perubahan yang diakibatkan oleh faktor hidro oseanografi. Garis pantai berguna sebagai penentu batas wilayah negara ataupun daerah untuk pengolahan sumber daya alam yang ada seperti ZEE yang diukur sejauh 200 mil dari garis pantai menuju laut lepas. Garis pantai selalu mengalami penyesuaian terhadap daratan dan perairan yang terjadi secara terus-menerus hingga menuju keseimbangan alami sebagai dampak dari aktivitas yang ada di sekitarnya. Perubahan garis pantai yang terjadi dalam waktu yang relatif lama ini dapat bersifat merusak ekosistem di pesisir (Darmiati, 2020).

Letaknya yang berada di pesisir menjadikan pantai memiliki ekosistem tersendiri yang saling berkaitan satu sama lain dengan ekosistem di sekitarnya. Hal ini menyebabkan kawasan pantai bersifat dinamis, khususnya untuk garis pantai yang sering mengalami perubahan akibat dari banyak faktor, baik alami ataupun antropogenik. Perubahan terhadap garis pantai merupakan proses yang terjadi terus menerus melalui berbagai fenomena seperti pengikisan hingga penambahan. Fenomena tersebut sebagai akibat dari pergerakan sedimen, arus susur pantai, gerakan ombak dan penggunaan wilayah pesisir (Arief *et al.*, 2011).

Perubahan lingkungan pantai dapat terjadi cepat atau lambat, tergantung dari faktor pengaruhnya. Perubahan garis pantai dapat diketahui dari kedudukannya yang menentukan terjadinya perubahan garis pantai, tidak hanya satu faktor tunggal saja, namun berasal dari beberapa interaksi dan gabungan dari proses alamiah dengan manusia (antropogenik). Penyebab terjadinya kerusakan pantai akibat antropogenik, antara lain alih fungsi lahan pelindung pantai untuk sarana

pembangunan di kawasan pesisir yang tidak sesuai, berdampak pada perubahan kaidah yang berlaku sehingga keseimbangan alam dalam melakukan transpor sedimen terganggu. Contoh lain adalah kegiatan penambangan pasir yang dapat memicu perubahan pola arus dan gelombang laut (Lubis *et al.*, 2012).

2.4 Faktor Perubahan Garis Pantai

2.4.1 Akresi

Fenomena dinamika yang berlangsung di pantai secara alami dapat menyebabkan beberapa perubahan bentuk yang bersifat buruk. Proses dinamika pantai terjadi akibat ada interaksi dari gelombang, angin, pasang surut, arus, sedimentasi, hingga kenaikan muka air laut. Hal ini menjadi alasan diperlukannya pemantauan pada faktor dinamika pantai sehingga dapat dilakukan upaya pencegahan atau pemulihan jika terjadi abrasi ataupun akresi. Akresi merupakan pertambahan area daratan di pesisir pantai karena proses pengendapan atau sedimentasi oleh material yang terbawa arus sungai ataupun arus laut (Irawan, 2018).

Akresi di sebut juga sebagai pendangkalan pantai karena pengendapan sedimen yang berasal dari sungai atau laut. Sedimentasi di perairan daratan seperti sungai dapat disebabkan oleh pembukaan area, limpasan dari air tawar yang volumenya cukup besar akibat hujan berkepanjangan, dan proses transport sedimen dari badan sungai menuju laut. Akresi menyebabkan area daratan semakin menjorok ke laut lepas, semakin lama pendangkalan akan semakin merata sehingga daerah perairan akan berkurang dengan membentuk delta atau tanah timbul. Proses akresi umumnya terjadi pada pantai yang memiliki banyak aliran muara sungai serta memiliki energi gelombang yang kecil dan jarang terjadi angin kencang (Octaviana *et al.*, 2020).

Akresi dapat berdampak buruk dan mengganggu navigasi dan perkapalan. Sistem navigasi pada kapal berfungsi memberi petunjuk arah dan posisi kapal, sehingga saat terjadi penumpukan sedimen dan pendangkalan di bagian perairan yang semestinya perairan dalam maka kapal yang akan melintas terpaksa harus berbelok arah. Selain itu, jika akresi terjadi di area yang dekat dengan pelabuhan maka

akan berdampak pada kerusakan kapal. Perairan yang seharusnya dalam menjadi dangkal sehingga menyebabkan kapal sulit bersandar (Ihsan & Irawan, 2020).

2.4.2 Abrasi

Permasalahan alami lainnya di ekosistem pesisir pantai adalah abrasi. Abrasi merupakan fenomena berubahnya garis pantai akibat dari pengikisan air laut sehingga garis pantai mundur ke daerah daratan. Hal ini dapat mengancam keberadaan garis pantai, karena semakin lama luasan wilayah di belakang garis pantai akan semakin berkurang. Dampak lanjutan dari terjadi abrasi adalah lahan untuk kegiatan masyarakat pesisir menjadi hilang (Desi *et al.*, 2021). Tambak yang rusak hingga berkurangnya lahan pertanian, serta dapat merusak bangunan yang berbatasan langsung dengan pantai. Penggerusan garis pantai juga dapat disebabkan oleh naiknya permukaan air laut sebagai dampak dari pemanasan global. Pantai yang mengalami abrasi umumnya mengalami pengangkutan sedimen ke titik area yang lebih luas jika dibandingkan dengan area dari sumber sedimen terangkut. Permukaan tanah yang menurun dan tergenang disebabkan oleh pemadatan daratan sehingga garis pantai mengalami perubahan (Munandar dan Kusumawati, 2017).

Abrasi dimasukkan ke dalam kategori bencana alam, lebih tepatnya bencana yang terjadi akibat pengaruh faktor alami. Namun, diketahui aktivitas manusia juga dapat menjadi pemicu atau dapat memperparah abrasi. Di sisi lain, manusia juga dapat melakukan beberapa aksi nyata untuk mengurangi dan meminimalisir abrasi. Tentu saja upaya tersebut dilakukan karena manusia sangat bergantung pada ekosistem pesisir dan daerah daratan pesisir yang merupakan tempat tinggal penduduk, sehingga jika ekosistem rusak maka mata pencaharian masyarakat akan menghilang (Ode *et al.*, 2016).

Kegiatan masyarakat pesisir yang menggantungkan penghasilannya dari sumber daya alam pesisir akan berdampak pada kualitas ekosistem di sekitarnya. Aktivitas antropogenik yang bersifat merusak lingkungan tersebut berpotensi menimbulkan terjadinya abrasi dan akresi salah satunya adalah pertambangan pasir.

Menambang pasir secara berlebihan akan berakibat pada semakin berkurangnya area daratan di pesisir sehingga terjadilah abrasi. Selain itu, kegiatan pembangunan dan pembuangan limbah pabrik dengan material yang bersifat padat ke perairan dapat menyebabkan perubahan pola arus sehingga akhirnya akan terjadi perubahan juga pada proses pengangkutan sedimentasi. Meskipun begitu, terdapat beberapa faktor yang menjadi penyebab terjadinya fenomena abrasi di pantai yaitu antara lain:

a. Menurunnya permukaan tanah

Penggunaan sumber mata air di daratan yang berlebihan untuk memenuhi kebutuhan manusia di kawasan pesisir dapat menyebabkan permukaan tanah menurun. Secara geomorfologi tanah yang ada di kawasan pesisir umumnya adalah lempung atau lumpur yang sifat fisiknya mudah berubah tergantung dari kandungan airnya. Menurunnya air tanah akan berdampak pada air daya serap tanah sehingga mengakibatkan terjadinya penggenangan sehingga meningkatkan erosi dan abrasi pada sekitar pantai.

b. Perubahan iklim global

Terjadinya pemanasan global menyebabkan kenaikan muka air laut menjadi bertambah. Tingginya gelombang air laut di wilayah pesisir Pantai Utara Jawa hingga pengaruh angin siklon tropis menjadi pemicu naiknya permukaan air laut di perairan Indonesia

c. Minimnya tanaman pelindung pantai

Mangrove dan lamun merupakan tanaman dan ekosistem yang dapat mencegah terjadinya fenomena abrasi. Prinsip pencegahan abrasi oleh mangrove disebabkan akar mangrove yang dapat menahan sedimentasi dan substrat di sekitarnya agar tidak terbawa oleh arus sehingga abrasi tidak akan terjadi. Selain itu, lamun yang umumnya terdapat di bibir pantai dapat menjadi peredam arus sehingga arus menjadi melemah sebelum sampai ke garis pantai. Namun demikian, di beberapa kawasan pesisir pantai aktivitas manusia menyebabkan kedua ekosistem penting tersebut rusak dan hilang. Oleh karena itu, diperlukan rehabilitasi terhadap dua ekosistem tersebut sehingga mengurangi terjadinya abrasi ataupun akresi.

2.4.3 Transport Sedimen Pantai

Transport sedimen ialah salah satu fenomena oseanografi yang terjadi sebagai dampak dari terbawanya material oleh arus. Tanah timbul adalah sebuah daratan baru yang muncul akibat adanya endapan hasil dari pengangkutan sedimen yang terjadi secara terus-menerus hingga mengalami perubahan ketinggian (Supiyati *et al.*, 2016). Sedimen akan terperangkap di suatu titik jika kondisi arus dan faktor oseanografi lainnya tidak dominan jika dibandingkan dengan gaya gravitasi sehingga terbentuklah endapan yang semakin lama akan menjadi daratan baru. Angkutan sedimen umumnya berasal dari air dari daratan atau air tawar dari sungai. Nur (2005) menyatakan, terdapat 3 macam angkutan sedimen yang terjadi dalam alur aliran sungai yaitu:

- a. *Wash load* atau dapat disebut muatan bilas, merupakan partikel halus yang terangkut dan berupa tanah lempung serta debu. Keduanya terbawa masuk ke dalam aliran sungai dan melayang hingga mencapai laut atau genangan air lainnya di sekitar muara sungai
- b. *Suspended load* adalah muatan sedimen yang terdapat pada kolom air dan terdiri dari pasir halus. Umumnya partikel pasir tersebut bergerak melayang dalam aliran
- c. *Bed load* atau disebut sebagai muatan sedimen dasar yang merupakan butiran material dengan ukuran yang besar dan bergerak di dasar sungai dengan cara bergeser atau menggelinding saat arus sungai menjadi lebih kuat.

Asal mula muncul tanah timbul sebagai akibat sedimentasi salah satunya disebabkan oleh pembuatan penghambat arus laut sederhana yang terbuat dari bahan material karung yang diisi oleh pasir. Penghambat arus tersebut menyebabkan material yang dibawa oleh arus laut mengendap dengan posisi tertentu, baik memanjang sejajar atau tegak lurus sesuai dengan posisi meletakkannya. Tanah timbul bahkan bisa saja tidak tenggelam bahkan saat pasang tertinggi. Dengan terbentuknya tanah timbul akan berpengaruh terhadap karakteristik arus di wilayah tersebut (Istiarto, 1998).

Transport sedimen umumnya disebabkan oleh fenomena *longshore current* yaitu arus sejajar pantai yang terbentuk akibat bertemunya dua gelombang di pantai.

Arus tersebut menyebabkan luas areal daratan menjadi lebih banyak dan daerah pelabuhan serta mulut muara menjadi lebih dangkal. Hal ini tentunya dapat menjadi permasalahan yang cukup serius bagi masyarakat pesisir. Pendangkalan di area yang menjadi kegiatan perekonomian dapat menyebabkan kerugian. Sedimen yang mengendap terlalu banyak di dermaga atau pelabuhan dan mengurangi kedalaman akan membatasi titik sandaran kapal, kapal hanya bisa bersandar saat pasang saja, hingga membatasi muatan kapal yang akan berlabuh karena harus bergantian keluar masuk pelabuhan. Sedimen dapat dikatakan sebagai salah satu jenis polutan berat dengan kemampuan tersuspensi paling tinggi di antara polutan yang lainnya. Sedimen di wilayah teluk atau sungai umumnya berasal dari aktivitas DAS (daerah aliran sungai) yang bergerak akibat proses hidrodinamika menuju kedua tempat tersebut (Mawardi, 2016).

Sedimentasi tak hanya berpengaruh terhadap aktivitas perkapalan, namun juga dapat berdampak pada intensitas yang masuk ke kolom perairan. Proses transpor sedimen akan mempengaruhi tingkat konsentrasi sedimen yang masuk ke area di sekitarnya. Proses transpor sedimen bergantung pada kecepatan arus yang berada pada area di dekat pesisir dan teluk. Proses sedimentasi juga akan merubah bentuk dan posisi garis pantai dari yang sebelumnya. Material yang dibawa saat terjadi transpor sedimen akan masuk dan mengendap di titik yang kecepatan arusnya lemah. Hal ini karena hidrodinamika merupakan penggerak yang membantu proses penyebaran polutan di laut, baik itu limbah ataupun sedimen. Transpor sedimen dapat dimodelkan untuk mengetahui simulasi prosesnya, sehingga sedimentasi dapat diperkirakan dan dapat dilakukan upaya pencegahan agar tidak terjadi sedimentasi yang berlebihan dan menyebabkan perubahan garis pantai (Dwinanto *et al.*, 2017).

2.4.4 Reklamasi

Nurul (2012) menyatakan bahwa reklamasi merupakan kegiatan atau proses perbaikan pada daerah atau area yang tidak berguna menjadi lebih bermanfaat untuk berbagai keperluan sarana dan prasarana yang mendukung aktivitas manusia, seperti pelabuhan, bandara, kawasan industri, pemukiman masyarakat, sarana sosial,

dan sarana rekreasi. Reklamasi yang dilakukan di wilayah pantai atau pesisir dapat memberikan dampak besar di berbagai bidang, baik sosial, ekonomi, hingga ekologi. Dampak yang diberikan dapat bersifat negatif ataupun positif. Dampak terbesar dari dilakukannya reklamasi pantai dapat dilihat dari kegiatan ekonomi yang dilakukan oleh masyarakat di sekitarnya. Banyak yang berubah profesi yang awalnya nelayan menjadi buruh angkut di pelabuhan dan sehari-hari bekerja di area reklamasi (Muftiya, 2020).

Reklamasi adalah proses pembuatan daratan baru pada daerah perairan, pesisir, atau rawa dengan cara menimbunnya (Wowor *et al.*, 2019). Reklamasi umumnya dilatarbelakangi, oleh semakin meningkatnya populasi manusia di wilayah tersebut sehingga memerlukan daerah lahan baru baik untuk kegiatan ekonomi atau hanya sekedar untuk pemukiman. Pada dasarnya kegiatan reklamasi terutama di pantai tidak dianjurkan, kecuali dengan memperhatikan beberapa ketentuan berikut:

- a. Bagian dari kebutuhan pengembangan kawasan budi daya yang telah diisi daratan.
- b. Bagian wilayah dari kawasan kota yang sangat padat hingga membutuhkan pengembangan wilayah daratan untuk mengakomodasi kebutuhan yang ada
- c. Berada pada wilayah di luar kawasan hutan mangrove yang dilindungi atau taman nasional, cagar alam, dan suaka margasatwa.
- d. Bukan merupakan kawasan yang berbatasan atau dijadikan acuan oleh negara lain.

Reklamasi merupakan bentuk intervensi manusia yang mengubah kondisi alam menjadi berbeda dari sebelumnya. Kegiatan reklamasi pantai yang pada kenyataannya tidak sesuai dengan peraturan dan kebijakan yang ada serta tidak berjalan dengan baik di khawatirkan akan menimbulkan banyak dampak negatif terhadap lingkungan seperti, banyaknya material yang hanyut, pendangkalan perairan, perubahan pola arus, erosi, dan permasalahan lingkungan lainnya. Umumnya reklamasi tentu ditujukan demi kemajuan suatu daerah dan masyarakat di sekitarnya agar dapat lebih berkembang lagi. Perkembangan daerah tersebut harus didasarkan pada Pasal 34 UU No. 27 Tahun 2007 mengenai pengelolaan tanah pesisir

dan pulau-pulau kecil, yang mana reklamasi di wilayah Indonesia hanya dapat dilakukan jika manfaat sosial dan ekonomi yang diberikan lebih besar bagi daerah, masyarakat, dan negara. Contoh meningkatnya perekonomian dan sosial seperti pemasukan daerah yang bertambah, dan yang paling penting tidak berdampak buruk bagi lingkungan. Daerah yang melakukan reklamasi seharusnya adalah daerah yang telah berkembang. Hal ini disebabkan reklamasi membutuhkan wilayah yang layak, biaya yang mahal, dan juga dorongan dari kebutuhan masyarakat yang besar. Di wilayah pesisir Indonesia banyak kota besar yang melakukan reklamasi di daerah pantainya agar wilayah semakin luas dan pendapatan daerahnya lebih meningkat. Contoh reklamasi yang meningkatkan perekonomian daerah adalah reklamasi yang dilakukan di Kota Manado, tepatnya di Pantai Boulevard (Muftiya, 2020).

Rusaknya lingkungan hidup merupakan bagian yang tidak mungkin dapat dihilangkan dalam kebijakan reklamasi pantai. Konsep pengembangan wilayah tidak produktif menjadi lebih produktif ini tetap menimbulkan dampak negatif terhadap lingkungan akibat berubahnya bentang alam dari perairan yang kemudian ditimbun menjadi daratan baru. Apabila dalam suatu wilayah reklamasi tetap dilakukan maka seharusnya diimbangi dengan konsep pembangunan berkelanjutan yang menjaga ekosistem dan lingkungan sehingga, meningkatnya ekonomi masyarakat meningkatkan kualitas lingkungan atau minimal tidak mengurangi pencemaran dari kegiatan reklamasi tersebut (Mohammad, 2019).

2.4.5 Alih Fungsi Lahan

Wilayah pesisir adalah daerah batas pertemuan antara daratan dengan lautan yang sangat potensial dan memiliki kekayaan hayati serta nonhayati yang berguna bagi masyarakat di sekitarnya. Mayoritas kegiatan perikanan tangkap dan budi daya berpusat di wilayah pesisir. Selain itu, pesisir merupakan kawasan yang memiliki aksesibilitas cukup tinggi, seperti bidang industri, transportasi, pariwisata, dan lain-lain yang mudah berkembang dengan pesat. Hal tersebut menyebabkan wilayah pesisir menjadi daerah pusat perekonomian masyarakat dan berimbas pada penggunaan lahan pesisir menjadi sarana dan prasarana kegiatan ekonomi.

Sebagai wilayah dengan tingkat pemanfaatan yang cukup tinggi, daerah pesisir dapat menghadapi beberapa ancaman yang berdampak negatif juga bagi manusia ataupun lingkungan. Salah satu permasalahan wilayah pesisir adalah fungsi alih lahan. Pemicu alih fungsi lahan daerah pesisir disebabkan oleh pertumbuhan serta aktivitas penduduk yang semakin padat sehingga daerah daratan sudah tidak cukup lagi dan menggunakan wilayah pesisir menjadi solusinya. Damai (2003) dan Hidayah dan Suharyo (2018) menyatakan bahwa sebanyak 43% penduduk di dunia bertempat tinggal di wilayah pesisir. Hal ini tentunya menyebabkan kurang lebih 24 juta hektar lahan pesisir (lahan pertanian, hutan, perkebunan, dan lain-lain) diubah menjadi wilayah pemukiman masyarakat. Meskipun alih fungsi lahan tersebut akan berdampak pada meningkatkan produktivitas dan kualitas perekonomian, namun tetap saja akan berdampak buruk bagi lingkungan, khususnya dalam berubahnya struktur garis pantai dan memengaruhi fenomena alam lainnya (Ido *et al.*, 2019).

Mayoritas alih fungsi lahan di pesisir dilakukan pada lahan hutan mangrove. Lahan tersebut umumnya akan diubah untuk kepentingan industri yang semakin meningkat. Kegiatan ini pastinya akan cenderung merusak lingkungan, khususnya daerah pesisir yang langsung berbatasan dengan garis pantai. Dengan dibangunnya kawasan industri di area hutan mangrove dapat berdampak pada berubahnya sistem ekologi di pantai (Indra *et al.*, 2014). Umumnya alih fungsi lahan akan menyebabkan fenomena abrasi dan sedimentasi akibat hilangnya penahan gelombang dan arus di ekosistem pantai yaitu mangrove. Selain itu, diubahnya lahan mangrove menjadi area tambak juga berdampak buruk bagi wilayah pesisir.

Jika kegiatan seperti itu terus dilakukan secara terus menerus akan menimbulkan perubahan pada garis pantai yang semakin mundur kebelakang. Hal seperti ini membutuhkan pengamatan secara optimal, pengetahuan mengenai perubahan garis pantai, dan perubahan di area pesisir penting untuk membantu pengelolaan wilayah pesisir. Data dan informasi tersebut juga dapat digunakan untuk penentuan zonasi dalam penataan ruang dalam rencana tata ruang wilayah (RTRW) atau rencana zonasi pesisir dan pulau-pulau kecil (RZWP3K). Pendekatan yang paling

mungkin dilakukan untuk masalah seperti dinamika lingkungan ini adalah pengin-
 deraan jauh (Hidayah & Suharyo, 2018).

2.5 Faktor Hidro Oseanografi

2.5.1 Gelombang

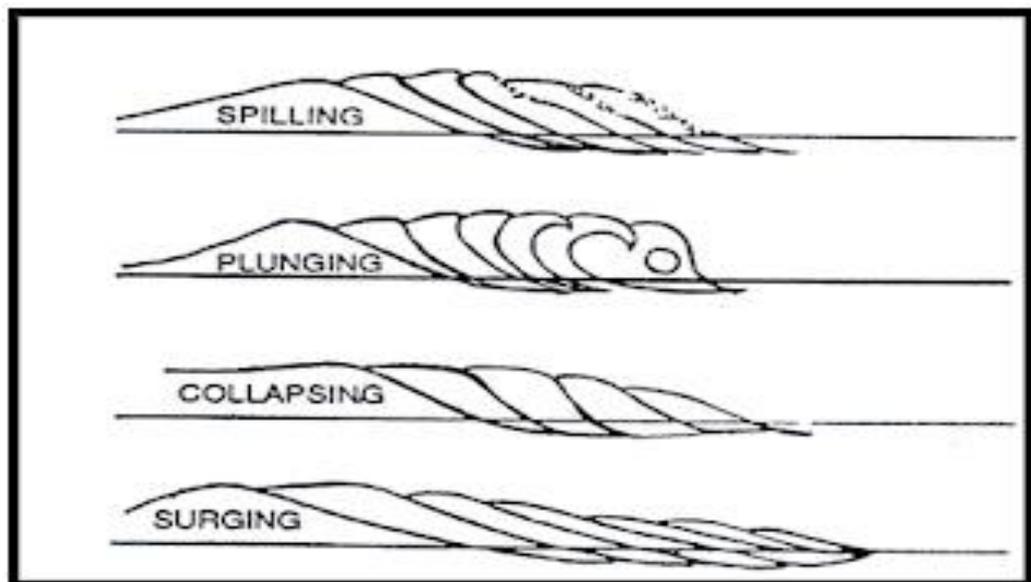
Apriyansyah *et al* (2019) menyatakan bahwa gelombang merupakan pergerakan naik dan turun air laut secara tegak lurus dengan permukaan hingga membentuk kurva atau grafik sinusoidal. Gelombang laut ada sebagai akibat dari adanya gaya pembangkit yang terjadi di laut. Gelombang diklasifikasikan menjadi beberapa macam sesuai dengan gaya pembangkitnya. Gaya pembangkit paling utama berasal dari angin, gaya gravitasi bumi-bulan-matahari dan gempa bumi. Gelombang dapat dikatakan sebagai faktor penting dalam memberikan informasi cuaca. Pentingnya informasi mengenai gelombang karena gelombang tinggi yang terjadi dapat mengganggu aktivitas nelayan dan transportasi sehingga berdampak buruk bagi kehidupan manusia antar pulau (Loupatty, 2013). Umumnya gelombang laut dibangkitkan oleh angin sehingga gelombang tertentu memiliki karakteristik yang dipengaruhi oleh angin. Semakin kuat dan tinggi kecepatan angin maka kecepatan dan panjang gelombang akan semakin besar.

Tarigan (1986) dalam Loupatty (2013) menyatakan bahwa gelombang laut adalah salah satu fenomena alam yang menimbulkan ayunan tinggi dan rendah pada masa air yang bergerak tanpa henti di permukaan atau bawah permukaan laut. Susunan bentuk dan atau macam gelombang sangat bervariasi dan kompleks hingga tidak dapat diuraikan dan sulit untuk digambarkan secara sistematis akibat tidak linier, tiga dimensi, dan memiliki bentuk yang cukup random. Bentuk gelombang cenderung tak menentu dan bergantung pada beberapa sifat gelombang yang ada seperti periode dan tinggi gelombang yang terbentuk. Gelombang juga dapat disebut sebagai ombak yang besar di tengah lautan. Sedimentasi di pesisir pantai dipengaruhi oleh gelombang, sehingga dapat dikatakan bahwa gelombang sebagai salah satu penyebab dari pembentukan atau perubahan bentuk garis pantai. Jika gelombang menjalar dari tempat yang dalam menuju ke tempat yang semakin

dangkal, maka gelombang tersebut akan pecah dan dilepaskan ke pantai dalam bentuk ombak (Mulyabakti *et al.*, 2016).

Tipe-tipe gelombang pecah dipermukaan laut antara lain (Gambar 2):

- a. *Spilling*, merupakan gelombang pecah yang terjadi apabila gelombang menjalar ke pantai yang landai. Pecahan gelombang seperti ini memiliki puncak gelombang yang tidak stabil dan akan berubah menjadi gelembung buih.
- b. *Plunging*, merupakan jenis gelombang pecah yang terjadi saat gelombang menjalar pada pantai yang memiliki kontur miring. Gelombang yang mendekati ke arah pantai memiliki lereng depan yang menghadap ke daratan menjadi arah vertikal. Kemudian, puncak gelombang akan tergulung dan menghujam ke depan.
- c. *Collapsing*, merupakan gelombang pecah campuran atau dapat dikatakan tipe menengah antara pecahan gelombang *plunging* dengan *surging*.
- d. *Surging*, merupakan tipe pecahan gelombang yang dapat terjadi jika lereng pantai sangat curam. Gelombang pecah ini memiliki puncak naik seperti akan menghujam ke depan, namun kemudian dasar gelombang naik ke atas permukaan pantai sehingga gelombang menjadi jatuh dan menghilang.



Gambar 2. Tipe gelombang pecah

Sumber: Pethick, (1984).

Pembentukan gelombang biasanya terjadi di perairan lepas. Saat gelombang terbentuk, maka gelombang tersebut akan bergerak dengan jarak yang panjang melintasi laut dengan hanya sedikit kehilangan energi. Gelombang di laut dapat berubah-ubah dan nampak tidak teratur. Hal ini dapat diketahui dari permukaan air yang diakibatkan oleh arah perambatan gelombang umumnya bervariasi, terlebih jika gelombang tersebut dibangkitkan oleh angin. Angin yang berhembus pada permukaan air yang tenang akan menimbulkan riak-riak sebagai bentuk gangguan pada permukaan tersebut. Apabila kecepatan angin bertambah maka riak yang timbul juga akan semakin besar. Oleh karena itu, gelombang merupakan salah satu parameter oseanografi yang menyebabkan perubahan pada mundurnya garis pantai di wilayah pesisir karena riak yang ditimbulkan oleh gelombang dan angin dapat menggeser garis pantai (Suhana *et al.*, 2018).

Berdasarkan penelitian yang sebelumnya pernah dilakukan, terdapat pengukuran kondisi pantai dan karakter gelombang yang ada di Pesisir Lampung Timur. Hasil dari penelitian tersebut menunjukkan bahwa gelombang yang terjadi cenderung mendekat ke arah pantai dan tergolong sebagai gelombang kecil. Hal ini karena tinggi gelombang sekitar 20-40 cm dan periode 2-4 detik. Gelombang yang berkekuatan kecil berkaitan dengan lemahnya tiupan angin. Pola arah dan tiupan angin di Pesisir Lampung Timur sangat dipengaruhi oleh pergerakan angin muson yang dominan di Asia Tenggara (Purba & Jaya, 2004).

Saat musim barat yang terjadi dari Desember-Februari angin bertiup berasal dari barat laut menuju barat. Kecepatan angin dapat bervariasi antara 1-5 knot hingga dapat menimbulkan gelombang dengan ketinggian 0,5 m. Pada musim timur yang terjadi pada bulan Juni-Agustus angin bertiup dari arah tenggara menuju timur. Variasi kecepatan angin yang bertiup sekitar 7-16 knot sehingga dapat menimbulkan gelombang maksimal 2 m sedangkan untuk musim peralihan baik I dan II angin sangat bervariasi dan pola arah pun masih dalam pergantian sehingga cenderung tidak stabil (Purba & Jaya, 2004).

2.5.2 Arus

Arus adalah gerakan air yang sangat luas dan terjadi di seluruh lautan. Gelombang dan arus memiliki keterkaitan satu sama lain. Hal ini dapat dibuktikan dari fakta bahwa gelombang yang datang menuju ke pantai dapat menimbulkan arus pantai. Arus terbentuk akibat pergerakan angin yang bertiup dalam waktu yang sangat lama. Selain itu, arus juga dapat disebabkan oleh ombak yang terbentur secara miring ke bibir pantai. Oleh karena itu, akan terjadi dua sistem arus yang mendominasi pergerakan air laut yaitu arus pantai dan arus susur pantai atau yang lebih dikenal sebagai *longshore current*. Arus juga diketahui dapat membawa partikel sedimen yang mengapung di permukaan dan kolom perairan ataupun yang berada di dasar lautan. Ini terjadi baik pada saat terjadi arus susur pantai ataupun arus pantai. Keduanya merupakan arus yang cukup berperan terhadap transpor sedimen serta dalam pembentukan berbagai partikel sedimen di sepanjang garis pantai (Pamungkas, 2018).

Arus dapat dibedakan menjadi beberapa jenis berdasarkan beberapa kategori tertentu seperti proses terjadinya, tingkat kedalaman, temperatur dan letaknya yang tertera pada (Gambar 3)



Gambar 3. Arus perairan dunia

Sumber: Nugroho, (2014).

Berdasarkan proses terjadinya maka arus dibedakan menjadi 5 antara lain,

- a. Arus Ekman, adalah arus yang disebabkan oleh angin.

- b. Arus termohalin, adalah arus dipengaruhi oleh perbedaan densitas pada air laut.
- c. Arus pasang surut, adalah arus yang disebabkan oleh adanya perpindahan massa air yang dibangkitkan oleh energi pasang surut.
- d. Arus geostropik, adalah arus yang terjadi dipengaruhi oleh adanya gradien tekanan mendatar serta gaya coriolis.
- e. *Wind driven current*, adalah arus yang disebabkan oleh pola pergerakan angin di permukaan laut.

Berdasarkan tingkat kedalamannya arus dibedakan menjadi dua macam, yaitu arus permukaan dan arus laut dalam. Arus permukaan merupakan arus yang terjadi pada beberapa ratus meter dari permukaan laut dengan arah horizontal dan penyebabnya adalah pola sebaran angin. Arus laut dalam adalah arus yang terjadi pada kolom perairan (Indrayanti *et al.*, 2021). Arah gerakan arus laut dalam juga dipengaruhi oleh pola sebaran angin, namun disertai oleh massa air yang berasal dari daerah dingin seperti kutub menuju ke daerah yang lebih hangat yaitu di ekuator. Berdasarkan temperturnya arus juga dibedakan menjadi 2 macam yaitu arus hangat atau panas dan arus dingin. Arus hangat merupakan arus dengan suhu yang lebih tinggi daripada suhu air laut yang didatangi, umumnya berasal dari daerah tropis menuju daerah sedang, contohnya seperti Arus Teluk dan Kuroshio. Arus dingin adalah arus yang memiliki suhu lebih rendah atau dingin dibandingkan suhu air laut yang didatangi, contohnya seperti Arus Labrador, Arus Benguela, Arus Peru, dan Arus Oyashiwo (Ladys & Surbakti, 2012).

Arus dapat didefinisikan sebagai pergerakan massa air yang mengalir sebagai akibat dari hembusan angin, perbedaan densitas, atau pergerakan gelombang yang panjang. Arus laut umumnya dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu, arah angin, tekanan air, perbedaan densitas, arus permukaan, *upwelling*, dan *downwelling*. Secara umum, kondisi arus akan cenderung homogen bergantung pada kondisi batimetri dan morfologi garis pantai. Jika terdapat tekanan angin pada permukaan laut (*wind stress*) maka akan terbentuk tinggi gelombang dan diiringi oleh terbentuknya arus permukaan. Jika tinggi gelombang kuat maka kecepatan arus akan ikut

membesar dan akan terbentuk *longshore current* yang kuat juga. Hal ini dapat mengakibatkan sedikit demi sedikit garis pantai terkikis dan terjadilah abrasi pantai. Beberapa literatur juga menyatakan bahwa penentu adanya fenomena abrasi adalah dampak dari gelombang, arus, dan juga kondisi batimetri yang tidak stabil (Darmiati, 2020).

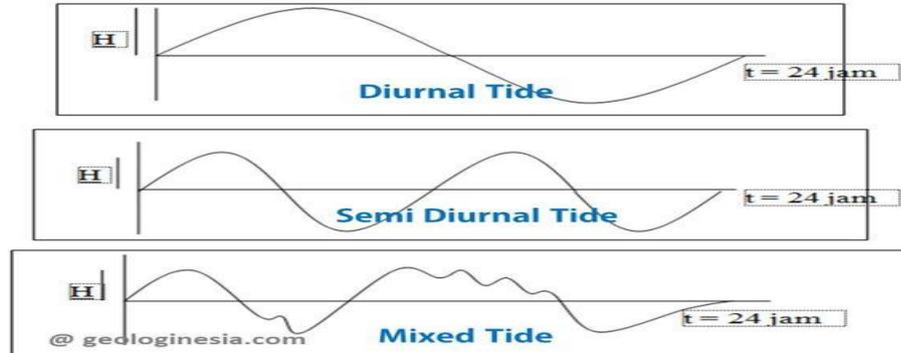
Karakteristik arus di pesisir Lampung Timur memiliki kecepatan arus rata-rata bulanan antara 0-45 cm/s. Kecepatan maksimum dapat terjadi pada bulan Januari sampai Februari yaitu saat musim barat berlangsung. Sedangkan kecepatan minimum dapat terjadi pada bulan Maret dengan kecepatan antara 0-1 cm/s. Umumnya arah arus mengalir ke arah selatan. Namun, pada bulan Maret arus cenderung menuju ke timur laut (Wiryawan *et al.*, 1999). Namun demikian, menurut Ode *et al* (2020) bahwa kecepatan arus di Pesisir Lampung Timur saat musim timur kecepatan arus berkisar 1,15-2,73 m/s. Begitu pula yang terjadi saat musim peralihan kecepatan angin dapat mencapai 0,68-1,68 m/s. Hal ini menunjukkan bahwa perairan tersebut tergolong dengan perairan yang memiliki arus sangat cepat (Ode *et al.*, 2020).

2.5.3 Pasang Surut

Pasang surut adalah salah satu fenomena alami yang ada di laut, yaitu gerakan vertikal atau dapat dikatakan sebagai naik turunnya permukaan air laut secara teratur dan terjadi secara terus-menerus. Pasang surut menggerakkan partikel massa air laut dari permukaan hingga mencapai dasar perairan. Pergerakan partikel massa air laut sebagai akibat dari pasang surut dipengaruhi oleh suatu hal, yakni gravitasi bumi-bulan-matahari. Selain itu, gaya sentrifugal juga mempengaruhi terjadinya pasang surut. Gaya sentrifugal merupakan dorongan ke arah luar pusat rotasi. Berdasarkan hukum gravitasi Newton yang menyatakan bahwa massa benda tarik-menarik satu sama lain dan gaya tersebut tergantung pada besar massa serta jarak antar massa (Surinati, 2007). Pada kenyataannya gerakan pasang surut air laut sangat rumit. Hal ini karena gerakan tersebut tergantung pada rotasi bumi, angin, arus dan keadaan lainnya yang bersifat spasial.

Gaya tarik menarik air laut ke arah bulan dan matahari menyebabkan dua tonjolan pasang surut gravitasional di laut. Garis lintang dari tonjolan tersebut ditentukan oleh deklinasi yang merupakan sudut antara rotasi bumi dengan bidang orbital bulan dan matahari (Hamuna *et al.*, 2018). Pasang surut laut dapat juga didefinisikan sebagai gelombang yang dibangkitkan oleh adanya interaksi antara bumi-bulan-matahari. Puncak gelombang disebut pasang tertinggi, sedangkan lembah gelombang disebut surut terendah. Selisih tinggi dari pasang tertinggi dan surut terendah disebut rentang pasang surut atau tunggang pasut yang tingginya dapat mencapai beberapa meter bahkan hingga puluhan meter. Periode pasang surut merupakan waktu antara puncak atau lembah gelombang ke puncak atau lembah berikutnya, umumnya periode pasang surut berjarak sekitar 12 jam 25 menit hingga 24 jam 50 menit dan dapat bervariasi tergantung pada faktor yang mempengaruhinya (Raharjo *et al.*, 2018).

Wibisono (2005) dalam Surinati (2007) menyatakan terdapat 3 tipe dasar pasang surut yang dibedakan berdasarkan periode dan keteraturannya pada (Gambar 4):



Gambar 4. Tipe pasang surut air laut

Sumber: Astama, (2018).

- a. *Diurnal tides*, merupakan pasang surut harian tunggal yakni, pasang surut yang terjadi hanya 1 kali pasang dan 1 kali surut dengan interval waktu periode 24 jam.
- b. *Semidiurnal tides*, merupakan pasang surut tipe tengah harian atau harian ganda yaitu apabila dalam 1 hari terjadi 2 kali pasang dan 2 kali surut dengan interval waktu periode dari pasang ke surut sekitar 12 jam.

- c. *Mixed type*, merupakan tipe pasang surut campuran antara diurnal dengan semi-diurnal. Umumnya akan terdapat bentuk campuran yang condong ke salah satu tipe saja. Dalam waktu 1 hari dapat terjadi 2 kali pasang 2 kali surut atau 1 kali pasang dan 1 kali surut.

Pasang surut juga dibedakan menjadi pasang surut purnama dan pasang surut perbani. Pasang surut purnama terjadi saat bumi-bulan-matahari berada pada satu garis yang lurus dan oposisi. Saat itu akan terbentuk pasang yang sangat tinggi dan surut yang sangat rendah. Hal ini karena kombinasi antara gaya tarik bulan dan matahari bekerja sama saling menguatkan. Pasang surut ini dapat terjadi dua kali dalam sebulan yaitu saat bulan purnama dan saat bulan baru. Pasang surut perbani adalah pasang surut yang terjadi saat bulan membentuk sudut tegak lurus (90°) terhadap bumi. Saat pasang surut ini terjadi maka akan menghasilkan pasang yang rendah dan surut yang lebih tinggi. Pasang surut perbani terjadi dua kali dalam sebulan yaitu saat $\frac{1}{4}$ dan $\frac{3}{4}$ minggu.

2.6 Penginderaan Jauh

2.6.1 Citra Satelit Landsat 5 Dan Landsat 8

Citra satelit penginderaan jauh disebut sebagai satelit sumber alam. Gambar yang dihasilkan oleh satelit dapat memetakan dan menjelaskan mengenai fenomena alam yang terjadi di permukaan bumi seperti perkembangan dan kondisi pemukiman, kerusakan hutan, vegetasi tumbuhan, perkembangan pertanian, perairan dan kelautan, dan lain sebagainya. Terdapat banyak citra yang memiliki keunggulan dan kemampuan tertentu untuk memetakan gambar dan informasi. Hal ini tergantung pada karakteristik satelitnya yakni besarnya resolusi spasial dan resolusi temporal (Himayah *et al.*, 2017).

Terdapat dua karakter utama citra dalam penginderaan jauh yaitu adanya rentang kanal atau biasa disebut sebagai *band* dan panjang gelombang elektromagnetik yang di miliki. Beberapa pancaran raduasi juga dapat dideteksi oleh sistem penginderaan jauh seperti cahaya matahari yang dapat dideteksi melalui medium bergelombang elektromagnetik dari daerah *visible* dan *near* hingga *middle*

infrared atau berasal dari distribusi spasial energi panas yang dapat dipantulkan oleh bumi. Seluruh material yang ada di permukaan bumi memiliki daya reflektansi yang berbeda terhadap cahaya matahari sehingga masing-masing material memiliki resolusi yang berbeda pula pada setiap *band* panjang gelombang (Masri *et al.*, 2020).

Dalam memperoleh informasi data suatu objek, satelit memiliki beberapa teknik yaitu multitemporal dan multispektral. Untuk teknik multitemporal merupakan sebuah cara satelit dalam memperoleh data dengan cara merekamnya untuk kemudian dianalisis menggunakan prinsip sistem penginderaan jauh dalam waktu yang berbeda-beda (Laili *et al.*, 2020). Adapun tujuan teknik ini adalah untuk mengetahui perubahan objek yang diamati. Hal ini disebabkan terdapat adanya perbedaan data hasil rekaman citra yang berubah setiap beberapa waktu. Landsat merupakan program satelit paling tua dalam program observasi bumi milik Amerika Serikat. Landsat (Land Satellite) membawa sensor ETM (Thematic Mapper) yang ditempatkan pada sensor MSS. Landsat dimulai sejak tahun 1972 dengan diawali oleh Landsat 1 sensor MSS multispektral. Setelah itu, pada 1982 baru sensor ETM dipasangkan. Ada beberapa generasi satelit Landsat yang sudah tidak dioperasikan lagi. Landsat 5 yang diluncurkan pada tahun 1984 memiliki sensor ETM dan memiliki resolusi spasial 30x30 m pada band 1, 2, 3, 4, 5, dan 7. Sensor ETM dapat mengamati berbagai objek di permukaan bumi dalam 7 band spektral yaitu, band 1, 2, dan 3 merupakan sinar tampak; band 4, 5, 7 adalah gelombang inframerah dekat, menengah; sedangkan band 6 adalah inframerah *thermal* dengan resolusi spasial 120x120 m. Luas gambar yang diliput oleh satelit citra Landsat adalah 185x185 km di permukaan bumi. Secara temporal, satelit Landsat 5 mempunyai kemampuan untuk meliput daerah yang sama setiap 16 hari di permukaan bumi pada ketinggian orbit 705 km (Tarigan, 2007).

Citra Landsat 8 OLI adalah citra dengan resolusi menengah yang mempunyai beberapa peningkatan dan kemampuan radiometrik serta penambahan saluran baru yaitu coastal atau aerosol. Citra Landsat 8 diluncurkan oleh Amerika sejak tahun 2013 disebabkan Landsat 8 merupakan satelit yang menyempurnakan satelit

sebelumnya. Sebagian besar kanal band yang dimiliki Landsat 8 spesifikasinya hampir sama dengan Landsat 7, untuk sensor OLI yang dibuat oleh Ball Aerospace terdapat 2 band baru yaitu *deep blue coastal/aerosol band* (0.433–0.453) μm serta *shortwave infrared cirrus band* (1.360–1.390) μm . Saluran coastal diklaim mampu memetakan konsentrasi sedimen tersuspensi di perairan yang berada dekat pantai (Wicaksono, 2019).

2.6.2 Google Earth Engine

GEE (Google Earth Engine) adalah suatu cloud computing yang memberikan fasilitas persediaan data sekaligus dengan pengolahannya. Pengguna tidak perlu mengunduh data yang besar sehingga dapat menghemat waktu pengunduhan dan kapasitas penyimpanan. Pengolahan data juga langsung dilakukan *server* sehingga pengguna tidak diharuskan memiliki perangkat spesifikasi tinggi dan tidak perlu menggunakan perangkat lunak pengolah citra. GEE dapat diakses melalui *browser* dan hanya memerlukan koneksi internet yang stabil untuk transportasi data. Google Earth Engine berbeda dengan Google Earth. Letak perbedaan antara keduanya adalah GEE merupakan sebuah *platform* dengan basis *cloud* untuk menganalisis data geospasial seperti data raster. Adapun Google Earth adalah aplikasi untuk menggambarkan data geospasial dengan bahasa pemrograman yang disebut KML (*keyhole markup language*) (Rahiem *et al.*, 2019).

GEE telah banyak digunakan untuk menganalisis fenomena keruangan dengan memanfaatkan data publik yang sangat banyak tersedia dari berbagai tempat dan mudah untuk diakses. Selain itu, GEE dapat menghemat sangat banyak waktu dalam proses pengolahan dan memungkinkan untuk mengolah data yang ukurannya sangat besar sehingga tak memerlukan komputer yang memiliki kapasitas prosesing tinggi. GEE merupakan salah satu fasilitas komputasi awan yang telah didesain untuk menyimpan dan memproses *big data* kebumihian. *Big data* adalah data yang skalanya dapat mencapai *petabyte* (>1000 *terabyte*) (Rarasati *et al.*, 2019). Dengan menggunakan GEE maka akan lebih mudah dalam mengolah citra satelit (nonkonvensional), dapat langsung memproses dan mengunduh. Namun demikian, diperlukan penyusunan naskah pemrograman untuk memerintahkan komputer

super GEE dalam pengolahan data hingga menjadi data serta menyajikan informasi yang diinginkan. Selain itu, terdapat beberapa kelebihan GEE yaitu:

1. Terhubung dan dapat mengakses banyak jenis citra satelit dengan jumlah yang sangat banyak.
2. Prosesing dan pengunduhan data berjalan secara cloud dan parallel di Google.
3. Terdapat algoritma data prosesing yang cukup banyak dan selalu mengalami perbarusan serta penyempurnaan oleh Google Engineer, diuji oleh komunitas sehingga algoritma semakin akurat.
4. Terdapat API (*application programming interface*) yang tersedia untuk *Java Script* dan *Phyton* sehingga memungkinkan pengelolaan data yang kompleks sesuai kebutuhan pengguna.

GEE menyediakan data mentah dan juga data olahan seperti Landsat, Sentinel-1 (radar), dan Sentinel-2 (optik), Modis, VIIRS, suhu permukaan, DEM, SRTM, curah hujan, indeks kekeringan, data geofisika, dan lain sebagainya. Citra dengan resolusi yang tinggi dan sangat tinggi juga tersedia di wilayah Amerika dan beberapa wilayah lainnya. Tak hanya variasi jenis citra yang tersedia, GEE juga menyediakan citra dengan historikal waktu yang lengkap dan dapat dimanfaatkan untuk *forensic remote sensing* (Arief *et al.*, 2011). GEE menyediakan fasilitas pengunggahan data raster dan vektor. Hal ini menjadikan pengguna dapat memanfaatkan GEE untuk berbagai macam pengolahan data hingga menentukan batas daerah sebagai fokus daerah yang akan diolah agar proses pengolahan semakin cepat. Pada setiap data yang ada di GEE memiliki informasi metadata, sehingga memudahkan pengguna dalam memodifikasi data, contohnya untuk melakukan *cloud masking*. GEE menyediakan contoh API yang dapat disalin dan disimpan pengguna dalam menu direktori. Fitur tersebut dapat diakses melalui menu *platform* lalu pilih submenu *code editor* pada situs GEE (Lubis *et al.*, 2012).

2.7 Indeks MNDWI

2.7.1 Rumus Indeks MNDWI Landsat 5 TM

MNDWI merupakan singkatan dari *modified normalized different water index* yang mana sebuah metode untuk memisahkan objek pada citra satelit. Metode ini

digunakan untuk memberikan penegasan diferensiasi antara air dan bukan air yaitu batas antara daratan dengan lautan. MNDWI dinilai sebagai salah satu metode terbaik untuk memisahkan objek. Hal ini karena metode ini dapat memisahkan daratan dan lautan sangat jelas sehingga dapat dibedakan dengan tingkat akurasi 99,85% setelah proses ekstraksi (Hasan *et al.*, 2019). Rumus indeks MNDWI untuk Landsat 5 TM pernah digunakan untuk menganalisis perubahan garis pantai dengan band 2 (green) dan 5 (medium IR), panjang gelombang masing-masing antara 0,52-0,51 dan 1,55-1,75 dengan resolusi 30 meter. Persamaan penegasan batas laut dan daratan yang dianalisis menggunakan Landsat dengan sensor TM dan ETM+ adalah sebagai berikut:

$$MNDWI = \frac{Green - MIR}{Green + MIR}$$

2.7.2 Rumus Indeks MNDWI Landsat 8 OLI

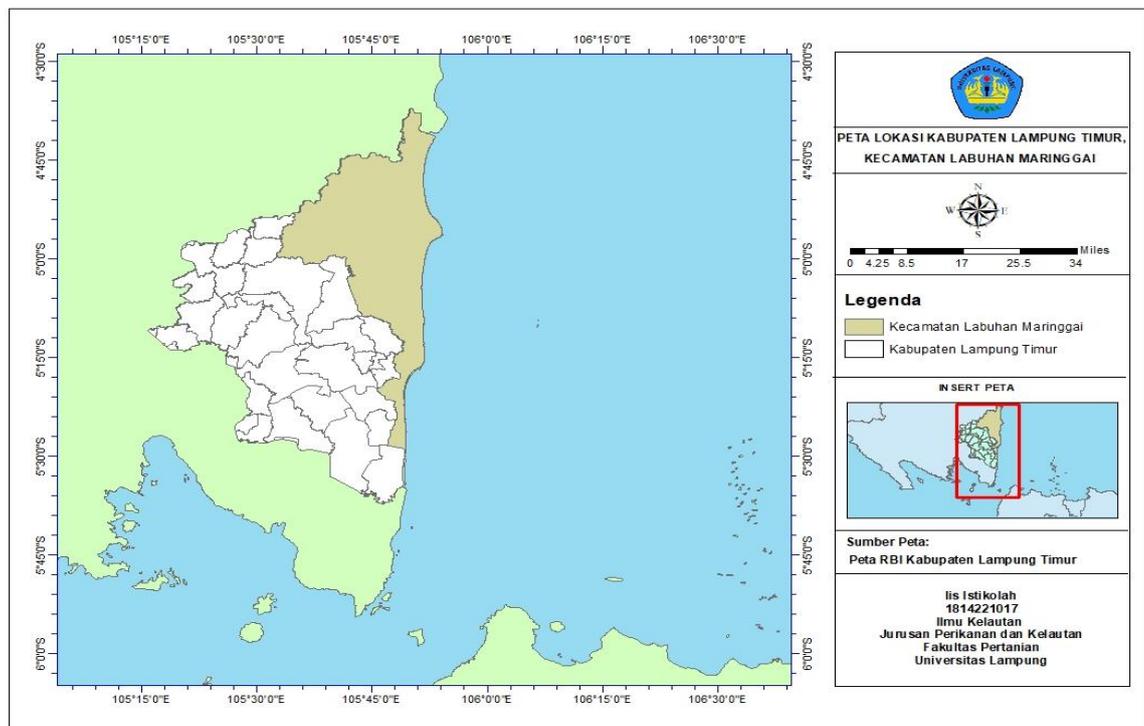
Transformasi indeks dalam penginderaan jauh dilakukan karena adanya perkembangan pada data penginderaan jauh yang semakin menawarkan karakteristik spektral dan spasial yang lebih beragam. Transformasi indeks merupakan sebuah cara yang sederhana dan efektif untuk menghasilkan informasi dari data penginderaan jauh. Indeks yang umum digunakan untuk menggambarkan indeks perairan adalah NDWI (*normalized difference water index*) yang kini telah dimodifikasi menjadi MNDWI (Suwargana, 2013). Perhitungan indeks MNDWI yang digunakan untuk Landsat 8 OLI/TIRS adalah band 3 (green) dan 6 (SWIR 1) dengan panjang gelombang 0,53-0,59 dan 1,57-1,65 resolusi 30 meter adalah sebagai berikut:

$$MNDWI = \frac{Green - SWIR 1}{Green + SWIR 1}$$

III. METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat

Penelitian mengenai perubahan garis pantai dilaksanakan pada bulan Januari 2022 - Juni 2022. Lokasi penelitian dilakukan di Kecamatan Labuhan Maringgai, Kabupaten Lampung Timur, Provinsi Lampung. Berikut merupakan peta lokasi penelitian yang akan dikaji pada (Gambar 5).



Gambar 5. Peta lokasi penelitian

3.2 Alat dan Bahan

Berikut ini adalah alat dan bahan yang digunakan dalam melakukan penelitian untuk mengolah data yang terdiri dari perangkat keras dan lunak. (Tabel 1)

Tabel 1. Alat penelitian untuk pengolahan data

No	Nama alat	Fungsi
1	Perangkat keras (<i>hardware</i>): Laptop Asus A409JA Core i3 dan Printer	Alat untuk menjalankan media input dan mengolah data serta media output.
2	Perangkat lunak (<i>software</i>): Google Earth Engine Microsoft Excel 2013 Microsoft Word 2013 Ocean Data View (ODV) dan WRPlot ArcGis 10.8	Pengolahan data citra landsat dan perhitungan indeks MNDWI serta perubahan luasan. Pengolahan data hasil perhitungan luasan dan pembuatan grafik. Penyusunan laporan hasil penelitian. Mengolah data pendukung hidro oseanografi. Perhitungan luasan area dan <i>layout</i> .

Berikut ini merupakan data primer dan data sekunder untuk melakukan analisis perubahan garis pantai dan identifikasi perubahan luasan garis pantai yang terjadi.

3.2.1 Data Primer

Data primer merupakan data yang didapatkan dari hasil pengambilan objek yang diteliti secara langsung (Sugiyono, 2015). Pada penelitian ini data primer diperoleh dengan mengidentifikasi data tahun citra satelit yang pengerjaannya dilakukan pada *platform* Google Earth Engine pada tahun yang berbeda, yaitu tahun 1988, 2004, 2010 dan 2021.

3.2.2 Data Sekunder

Data sekunder adalah sumber data yang didapatkan secara tidak langsung melalui orang lain atau dokumen seperti literatur, hasil riset penelitian yang sebelumnya, buku di instansi terkait (Sugiyono, 2015). Data sekunder dibantu dengan data hidro oseanografi yang diolah menjadi informasi pendukung (Tabel 2). Berikut sumber data primer dan sekunder yang dibutuhkan, antara lain:

Tabel 2. Sumber data primer dan sekunder.

No	Nama data	Jenis data	Sumber data
1	Peta administrasi Kabupaten Lampung Timur	Sekunder	https://tanahair.indonesia.go.id/
2	Citra Landsat 5 tahun 1988, 2010, Landsat 7 tahun 2004 dan Landsat 8 tahun 2021	Primer	https://earthexplorer.usgs.gov
3	Data hidro oseanografi: angin dan arus	Sekunder	https://www.marine.copernicus.eu/

3.3 Metode

Metode yang digunakan pada penelitian ini ialah metode kuantitatif dengan penerapan secara deskriptif. Penggunaan metode kuantitatif digunakan karena penelitian ini menghasilkan nilai atau angka, berupa analisis statistik deskriptif untuk menghitung perubahan luasan garis pantai. Selanjutnya, metode deskriptif adalah suatu metode yang datanya bersifat sketsa, kata dan gambar (Sugiyono, 2015). Penggunaan metode deskriptif pada penelitian ini menghasilkan suatu gambaran tentang perubahan garis pantai sebagai dampak dari perubahan alih fungsi lahan dan pengaruh kondisi hidro oseanografi di Kecamatan Labuhan Maringgai.

3.4 Prosedur Penelitian

Beberapa tahapan dalam melakukan penelitian perubahan garis pantai disajikan pada (Gambar 6). Pemilihan lokasi dilakukan di Kecamatan Labuhan Maringgai, Kabupaten Lampung Timur. Dalam menganalisis perubahan garis pantai yang terjadi, dilakukan tiga tahapan yaitu:

(a) Pengumpulan data

Terdiri tiga jenis data yang dilakukan dalam penelitian ini, yaitu:

1. Data satelit Landsat

Jenis satelit Landsat yang dipakai adalah citra satelit Landsat 5 TM tahun 1988 dan 2010, Landsat 7 ETM+ tahun 2004 dan Landsat 8 OLI TIRS tahun 2021. Data citra digunakan untuk mengetahui perubahan garis pantai yang terjadi dengan memakai saluran kanal *red*, *green*, *blue*, *NIR* dan *SWIR-1*.

2. Data batas administrasi Kabupaten Lampung Timur

Data batasan administrasi yang digunakan adalah Kecamatan Labuhan Maringgai dan Way Kambas yang diperoleh dari laman resmi BIG (Badan Informasi Geospasial) dalam format *shapefile*. Data batas administrasi diperlukan untuk membatasi penelitian.

3. Data hidro oseanografi

Data hidro oseanografi digunakan sebagai data pendukung untuk membantu analisis kajian perubahan garis pantai yang terjadi. Terdapat 2 jenis data yaitu data angin dan arus untuk mengetahui arah, kecepatan dan pola yang terjadi di perairan dengan mengunduh data berdasarkan 4 musim antara lain musim barat, musim peralihan 1, musim timur dan musim peralihan 2.

(b) Pemrosesan citra satelit di Google Earth Engine

Dalam menjalankan pengolahan citra di *platform* GEE harus menggunakan *script* sesuai dengan kebutuhan. Ada beberapa tahapan, diantaranya:

1. Menghitung indeks *water*

Indeks *water* yang digunakan dalam mengidentifikasi perubahan garis pantai adalah *modified normalized different water index* (MNDWI). Hasil dari perhitungan data indeks akan diolah lebih lanjut menggunakan *tools buffer* tahun 1988 guna membuat acuan garis pantai yang jaraknya 1.500 meter ke arah daratan dan 1500 meter ke arah laut. Hal ini dilakukan agar dapat melihat perubahan luasan *water* di setiap tahun bertambah atau berkurang pada aplikasi ArcGis. MNDWI sangat berperan dalam menunjukkan kelas vegetasi wilayah darat dan pesisir yang lebih akurat serta melihat perubahan dari eksistensi *water*.

2. Pengambilan data sampel

Pada tahap ini, diambil titik sampel untuk mengklasifikasikan citra yang terbagi menjadi dua kelas yaitu kelas *water* dan *land*. Titik sampel yang diambil bersumber dari data tahun 1988, 2004, 2010 dan 2021.

3. Pemrosesan klasifikasi citra

Dalam melakukan klasifikasi citra digunakan algoritma *random forest*. *Random forest* merupakan metode yang sering digunakan dalam perhitungan *machine learning* khususnya di bidang penginderaan jauh untuk pemetaan tutupan lahan.

Random forest memiliki beberapa kelebihan yaitu sifat algoritma nonparametrik, akurasi klasifikasi tinggi, dan kemampuan menentukan variable penting serta dapat memprediksi nilai yang hilang. Proses klasifikasi citra dilakukan dengan menggunakan data sampel yang diambil pada proses sebelumnya. Lalu, hasil dari tahap ini ialah peta tutupan lahan dari kelas *water* dan *land* pada tahun 1988, 2004, 2010 dan 2021.

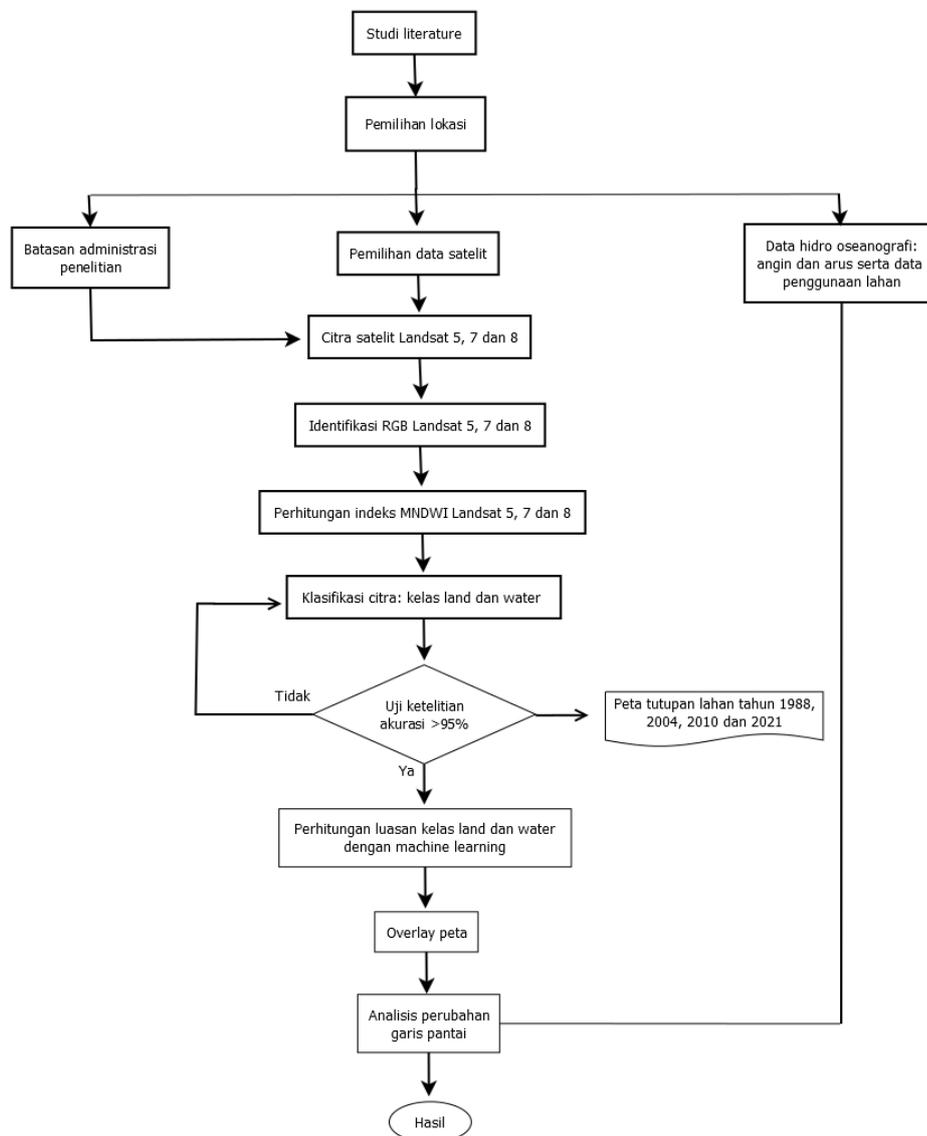
4. Perhitungan akurasi hasil klasifikasi citra

Selanjutnya, dilakukan tahap ini bertujuan untuk melihat data sampel yang diambil seberapa akurat hasilnya dengan pembagian kelas yang telah ditentukan sebelumnya.

(c) Proses Analisis dan Hasil

1. Hasil visualisasi citra

Hasil penelitian yang dilakukan berupa tutupan lahan tahun 1988, 2004, 2010 dan 2021 yang di-*overlay* pada aplikasi ArcGis. Kemudian, citra hasil perhitungan indeks *water* divisualisasikan berupa peta dengan menggabungkan nilai piksel dari rentan nilai 0,1 sampai dengan 1 sebagai *water* untuk melihat perubahan luasan *water*.



Gambar 6. Prosedur penelitian pengolahan citra

3.5 Pengolahan Data

3.5.1 Pengolahan RGB Landsat 5, 7 dan 8

Metode dalam melakukan pengolahan citra Landsat 5, 7 dan 8 menggunakan metode *threshold* (Putra *et al.*, 2015). Berikut langkah kerja yang dilakukan:

1. Dilakukan *image processing* untuk memproses gambar yang dimanipulasi dan menghasilkan informasi menggunakan algoritma program untuk merekam objek, menemukan objek, penguncian, dan preprocessing gambar secara temporal.

2. Selanjutnya, dilakukan *cloud masking* untuk mengurangi atau menghilangkan adanya gangguan awan karena mengganggu analisis perubahan garis pantai pada citra yang diolah (Candra & Ismaya, 2014).
3. Lalu dilakukan komposit band dengan mengkombinasikan band citra landsat yang dipilih. Pada RGB Landsat 5 dan 7 band yang dipakai adalah 3-2-1 sementara pada Landsat 8 band yang digunakan ialah 4-3-2.
4. Kemudian dilakukan *running* pada program Google Earth Engine.

3.5.2 Perhitungan Indeks MNDWI Landsat 5, 7 dan 8

Dalam melakukan perhitungan indeks MNDWI maka dilakukan metode perhitungan melalui indeks untuk menentukan objek daratan dan perairan yang dianalisis dengan menggunakan komposit band dalam menentukan batasan objek yang diamati (Kasim *et al.*, 2015). Berikut ini persamaan untuk menghitung indeks MNDWI:

1. Citra yang dipakai adalah Landsat 5 dan 7 Tahun 1988, 2004 dan 2010 menggunakan persamaan ETM+ dan TM menurut Xu (2006), yaitu:

$$MNDWI = \frac{Green - MIR}{Green + MIR}$$

Green adalah band di citra satelit Landsat 5 TM dan Landsat 7 ETM+ yang merefleksikan cahaya tampak hijau, yaitu band 2 dengan panjang gelombang 0,52-0,60 μm , sementara *MIR* (*middle infrared*) merupakan band yang memantulkan cahaya *middle infrared*, yaitu band 5 pada panjang gelombang 0,75-0,90 μm .

2. Selanjutnya, dilakukan perhitungan indeks menggunakan citra Landsat 8 OLI (*operational land imager*) menurut Ji (2015) yaitu:

$$MNDWI = \frac{Green - SWIR 1}{Green + SWIR 1}$$

Green adalah band di citra satelit landsat 8 OLI yang dapat menilai tumbuh tanaman, yaitu band 3 dengan panjang gelombang 0,53-0,59 μm . *SWIR 1* (*shortwave infrared*) dengan panjang gelombang 1,57-1,65 μm digunakan untuk membedakan kadar air tanah dan tumbuhan, yaitu band 6.

3. Dikonversi menjadi algoritma *coding* GEE (Google Earth Engine) dan klik *running*.

3.5.3 Akurasi Data Sampel

Tahapan akurasi data sampel pada lokasi penelitian dilakukan tahapan sebagai berikut:

1. Kelas *land* dan *water* dibuat pada menu *geometry imports*.
2. *Tranning area* sekitar 50-100 sampel dilakukan pada masing-masing kelas di lokasi penelitian berdasarkan RGB Landsat tahun identifikasi.
3. Uji akurasi sampel dihitung sampai ketelitian di atas 95% sehingga menghasilkan peta tutupan lahan kelas *land* dan *water*.
4. Luasan antara kelas *land* dan *water* dihitung secara acak menggunakan metode *random forest* dengan *machine learning*.
5. Menu *running* diklik untuk menjalankan program.

3.6 Analisis Data

3.6.1 Analisis Perubahan Luasan Area Darat dan Perairan akibat Faktor Antropogenik

Pada tahapan penelitian ini, analisis yang dilakukan adalah hasil dari luasan perubahan area darat dan perairan pada pantai di sepanjang pesisir Way Kambas-Labuhan Maringgai menggunakan nilai indeks MNDWI melalui perhitungan algoritma pada Google Earth Engine di setiap citra satelit Landsat yang diperoleh. Pada Landsat 5 digunakan tahun pengkajian 1988 dan 2010, Landsat 7 tahun 2004 sementara di Landsat 8 tahun 2021. Hasil yang diperoleh berupa indeks MNDWI dengan rentan nilai -1 sampai dengan 1. (Aryastana *et al.*, 2016). Jika nilai indeks MNDWI berkisar dari -1 sampai dengan 0 maka disetiap nilai piksel pada daerah tersebut lebih banyak di dominasi oleh lahan terbangun sementara nilai dari 0 sampai dengan 1 mengartikan setiap piksel pada wilayah tersebut di dominasi oleh sebagian air atau keseluruhan air (Ji, 2015). Hasil indeks MNDWI dibuktikan melalui visualisasi yang ditampilkan pada peta perubahan garis pantai tahun 1988-2004, 2004-2010 dan 2010-2021. Perubahan yang terjadi dianalisis berdasarkan faktor antropogenik atau perubahan yang disebabkan akibat manusia

seperti, pengalihan fungsi lahan atau konversi lahan yang terjadi di sepanjang pesisir pantai.

3.6.2 Analisis Hidro Oseanografi Angin dan Arus

Dalam melakukan analisis hidro oseanografi, maka diperlukan data dalam mengidentifikasi perubahan garis pantai yang terjadi secara alami. Data angin dan arus dapat diunduh melalui website <http://marine.copernicus.eu/>. Identifikasi pengolahan data angin dan arus dianalisis berdasarkan 4 musim, yaitu musim barat, musim peralihan 1, musim timur dan musim peralihan 2. Data angin yang diolah dibuat windrose pada aplikasi WrPlot untuk mengetahui arah dan kecepatan angin secara dominan bergerak ke arah mana. Data arus digunakan untuk mengetahui tipe arus pantai berdasarkan pergerakan arahnya dan dimana posisi arus tercepat melalui visualisasi yang ditampilkan menggunakan aplikasi ODV (*Ocean Data View*).

Berikut ini adalah langkah-langkah dalam mengolah data angin, yaitu:

1. Laman website <http://marine.copernicus.eu/>, pilih *ocean product* dan unduh *Global Ocean Waves Analysis and Forecast* serta data *sea_surface_wind_wave_from_direction* (WW) per kabupaten/kota
2. Data yang sudah diunduh diubah dalam format NC File ke format txt menggunakan aplikasi ODV (*Ocean Data View*)
3. Data dalam format txt dimasukkan ke Microsoft Excel dengan memisahkan tanggal, bulan, tahun, jam, arah, dan kecepatan angin.
4. Data yang diolah pada Microsoft Excel dimasukkan ke aplikasi WRPLOT dan diubah dalam bentuk format .sam
5. Data format .sam dimasukkan ke aplikasi WRPLOT sehingga didapatkan hasil *waverose*.

Selanjutnya, pengolahan data hidro oseanografi arus, yaitu:

1. Laman website <http://marine.copernicus.eu/>, pilih *ocean product* dan *Global Ocean 1/12° Physics Analysis and Forecast updated Daily*.

2. *Global-analysis-forecast-phy-001-024* dibuka dan klik tombol *download* pada *SUBS*.
3. Data yang telah diunduh dimasukkan kedalam ODV (*Ocean Data View*) kemudian klik *OK* dan *finish*.
4. Klik *view- layout templates-* pilih 1 *surface window*.
5. Selanjutnya, klik kanan pada *layer* sebelah kanan- *properties- display style-* pilih *arrows* pada original data dengan komponen $X= u_0$ ($m.s^{-1}$) dan $Y= v_0$ ($m.s^{-1}$)- klik *OK*.
6. Klik kanan pada *layer* sebelah kanan- pilih *extras- add graphic object from file- shapefile-* pilih batasan administrasi wilayah kajian- *OK*.
7. Klik kanan pada *layer* sebelah kanan- *set range-* isi kolom X *minimum=* 105.5 dan *maximum=* 106.5- isi kolom Y *minimum=* (-5.5) dan *maximum=* (-4.5)- isi kolom Z *minimum=* 0 dan *maximum=* 0.275- klik *OK*
8. Klik kanan pada *layer* sebelah kiri- *properties- layer-* ceklis kolom *coastlines, land topography, fil coastlines-* klik *OK*.
9. Klik *file- save canvas as-* isi nama *file-* pilih *file* dalam bentuk format *JPEG-* klik *OK*.
10. Lakukan langkah yang sama pada data arus bulanan selanjutnya.

V. PENUTUP

5.1 Simpulan

Dari hasil penelitian yang sudah dilakukan, diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Dalam memetakan garis pantai, terdapat laju perubahan tertinggi di pesisir Way Kambas secara akresi hingga mencapai 245 m dan terendah sebesar 165 m dari tahun 1988-2021. Di wilayah pesisir Labuhan Maringgai terdapat dua titik yang selalu mengalami perubahan pantai yaitu penambahan lahan (akresi) pada kawasan mangrove hingga mencapai 808 m dan pengurangan lahan (abrasi) pada kawasan tambak mencapai 663 m.
2. Perubahan garis pantai di Kecamatan Labuhan Maringgai yang mengalami perubahan disebabkan kondisi alami dan buatan. Kondisi alami terjadi karena pergerakan arus yang bersifat *longshore current*. Tipe arus sejajar pantai (*longshore current*) yang mampu membangkitkan sedimentasi sehingga perubahan pantai secara akresi lebih besar terjadi. Pengaruh antropogenik yang menyebabkan terjadinya perubahan garis pantai dapat berupa alih fungsi lahan, seperti pertanian, budi daya tambak, pemukiman, kawasan mangrove, dan lain-lain.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan, saran yang dapat diberikan akibat adanya perubahan garis pantai yang mengalami abrasi dapat dibuat pelindung pantai atau menanam pohon mangrove untuk meminimalisir pengurangan lahan secara berkelanjutan. Kemudian penelitian selanjutnya dapat melakukan analisis transport sedimen yang terjadi pada lokasi penelitian untuk mendapatkan analisis yang lebih lengkap dan akurat.

DAFTAR PUSTAKA

DAFTAR PUSTAKA

- Afriady, A., Alam, T. M., & Ismail, M. F. A. 2019. Pemanfaatan data angin untuk karakteristik gelombang laut di perairan Natuna berdasarkan data angin tahun 2009-2018. *Buletin Oseanografi Marina*. 8(2): 55-60.
- Anggraeni, S. K., Satriadi, A., & S.P Dwi, A. A. 2016. Karakteristik kecepatan dan arah dominan arus sejajar pantai (*longshore current*) di Pantai Larangan Kabupaten Tegal Jawa Tengah. *Journal of Oceanography*. 5(3): 390-397.
- Annissa, V., Kusuma, W., & Erni, M. 2020. Partisipasi masyarakat nelayan dalam pemberdayaan ekonomi di Desa Margasari Kecamatan Labuhan Maringgai. *Jurnal Masyarakat Maritim*. 4(1): 1-10.
- Arief, M., Winarso, G. & Teguh, P. 2011. Kajian perubahan garis pantai menggunakan data satelit Landsat di Kabupaten Kendal. *Jurnal Penginderaan Jauh dan Pengolahan Data Citra Digital* . 8: 71-80.
- Apriansyah., Kushadiwijayanto, A. A., & Risiko. 2019. Pengaruh gelombang pada perubahan garis pantai di Perairan Batu Burung Singkawang, Kalimantan Barat. *Positron*. 9(1): 1-7.
- Armansyah, D., Sukoco, N. B., Adrianto, D., Dewantono, L., & Pranowo, W. S. 2019. Purwarupa dukungan data arus laut operasional bersumber dari Copernicus Marine Environment Monitoring Service (CMEMS) dalam format aml iwc arus laut untuk TNI AL. *Jurnal Chart Datum*. 5(1): 1-16.
- Aryastana, P., Eryani, I. G. A. P., & Candrayana, K. W. 2016. Perubahan garis pantai dengan citra satelit di Kabupaten Gianyar. *Paduraksa: Jurnal Teknik Sipil Universitas Warmadewa*. 5 (2): 70-81.
- Astama, Prayogo. 2018. Pengertian dan Jenis Pasang Surut Air Laut. Geologinesia. Tangerang Selatan. <https://www.geologinesia.com/2018/03/pasang-surut-air-laut.html?m=1>. 1 Hlm. Diakses pada 17 Desember 2021 pukul 20.17 WIB
- Bambang, S. 2017. Strategi pengembangan ekonomi lokal Kabupaten Lampung Timur. *Jurnal Ilmiah FE-UMM*. 11(1): 1-7.

- Candra, D. S., & Ismaya, H. 2014. Cloud masking data Spot-6 dengan menggunakan citra 2008. *Prosiding Seminar Penginderaan Jauh 2014*. LAPAN. Hal: 189-197.
- Chand, P., & Acharya, P. 2010. Shoreline change and sea level rise along coast of Bhitarkanika Wildlife Sanctuary, Orissa: An analytical approach of remote sensing and statistical techniques. *Internasional Journal Geom and Geosci*. 1(3): 436-455.
- Chang, C.P., Wang, Z., McBride, J. & Liu, C. 2005. Annual cycle of Southeast Asia maritime continent rainfall and the asymmetric monsoon transition. *Journal of Climate*. 18: 287–301.
- Damai, A.A. 2003. *Pendekatan Sistem untuk Penataan Ruang Pesisir Kota Bandar Lampung*. [Disertasi]. IPB. Bogor.
- Damaywanti, K. 2013. Dampak abrasi pantai terhadap lingkungan sosial (studi kasus di Desa Bedono, Sayung Demak. *Prosiding Seminar Nasional Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan 2013*. Hal: 363-367.
- Darmiati. 2020. Analisis perubahan garis pantai di wilayah pantai barat Kabupaten Tanah Laut Kalimantan Selatan. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*. 12(1): 211–222.
- Daruwedho, H., Sasmito, B., & Amarrohman, F. J. 2016. Analisis pola arus laut permukaan perairan Indonesia dengan menggunakan satelit Altimetri Jason-2 tahun 2010-2014. *Jurnal Geodesi*. 5(2): 147-158.
- Desi, A., Joko, H. & Rico, P. W. 2021. Dampak dan upaya penanggulangan terjadinya abrasi menggunakan citra satelit studi kasus di wilayah Tanjung Benoa Bali. *Jurnal Ilmiah Teknik Geomatika Imaginer*. 1: 39–47.
- Dwinanto, A. W. 2017. Pola arus dan transpor sedimen pada kasus pembentukan tanah timbul pulau puteri Kabupaten Karawang. *Jurnal Perikanan dan Kelautan*. 8 (2): 152–160.
- Ginangjar, S., Syach, M. F. & Wulandari, S. 2020. Kajian pengaruh siklon tropis mangga terhadap tinggi gelombang di perairan selatan Jawa pada 20-25 Mei 2020. *Jurnal Meteorologi Klimatologi dan Geofisika*. 7(2): 15–23.
- Gumilang, H., Nitibaskara, T.U., & Rusli, A. R. 2015. Pengembangan kegiatan ekowisata di taman nasional Way Kambas Provinsi Lampung. *Journal Nusa Sylva*. 13(2): 19-32.
- Hamuna, B. 2018. Studi karakteristik pasang surut perairan Laut Mimika, Provinsi Papua. *Jurnal Acropora Ilmu Kelautan dan Perikanan Papua*. 1(1): 19–28.

- Hasan, M. Z., Citra, I. P. A. & Nugraha, A. S. A. 2019. Monitoring perubahan garis pantai di Kabupaten Jembrana tahun 1997–2018 menggunakan Modified Difference Water Index (MNDWI) dan Digital Shoreline Analysis System (DSAS). *Jurnal Pendidikan Geografi Undiksha*. 7(3): 93–102.
- Helmi, M. 2013. Analisa sel sedimen sebagai pendekatan studi erosi di Teluk Lampung, Kota Bandar Lampung Provinsi Lampung. *Journal of Marine Research*. 2 (1): 143–153.
- Herwi, R., Agus, A. S., & Sri, S. S. 2016. Pola sirkulasi dan variabilitas arus di perairan selat sunda circulation. *Jurnal Kelautan Nasional*. 11(3): 141–158.
- Hidayah, Z., & Suharyo, O. S. 2018. Analisa perubahan penggunaan lahan wilayah pesisir Selat Madura. *Jurnal Ilmiah Rekayasa*. 11(1):19-30.
- Himayah, S., Hartono., & Danoedoro, P. 2017. Pemanfaatan citra Landsat 8 multitemporal dan model Forest Canopy Density (FCD) untuk analisis perubahan kerapatan kanopi hutan di kawasan Fakultas Geografi Universitas Gadjah Mada Gunung Kelud, Jawa Timur. *Majalah Geografi Indonesia*. 31(1): 65-72.
- Ido, I., Yunarni., & Karim, J. 2019. Analisis pemanfaatan ruang pesisir terhadap kondisi luas dan kerapatan vegetasi hutan mangrove di Teluk Kendari. *Physical and Social Geography Research Journal*. 1(1):35–44.
- Ihsan, M., & Irawan. 2020. Pemodelan perubahan garis pantai Ujung Tape Kabupaten Pinrang. *Jurnal Rancang Bangun*. 6(1): 3–7.
- Indra., Hairul, B., & Khairani, H. 2014. Dampak alih fungsi lahan terhadap nilai ekosistem mangrove di Kecamatan Seruway Kabupaten Aceh Tamiang. *Jurnal Manajemen Sumberdaya Lahan*. 3(1): 396–405.
- Indrayanti, E., Sugianto, N. D., Purwanto, & Siagian, S. H. 2021. Identifikasi arus pasang surut di perairan Kemujan, Karimun Jawa berdasarkan data pengukuran acoustic doppler current profiler. *Jurnal Kelautan Tropis*. 24(2): 247-254.
- Irawan, S., Fahmi, R. & Roziqin, A. 2018. Kondisi hidro-oseanografi (pasang surut, arus laut, dan gelombang) perairan Nongsa Batam. *Jurnal Kelautan: Indonesian Journal of Marine Science and Technology*. 11(1): 56-68.
- Istiarito. 1998. Transpor sedimen suspensi. *Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan*. Hal: 1–8.
- Ji, L. 2015. Target detection method for water mapping using Landsat 8 OLI/TIRS imagery. *Water*. 7(2): 794-817.

- Kasim, F., & Salam, A. 2015. Identifikasi perubahan garis pantai menggunakan citra satelit serta korelasinya dengan penutupan lahan di sepanjang pantai selatan Provinsi Gorontalo. *Jurnal Ilmiah Perikanan dan Kelautan*. 3(40): 160-167.
- Ladys, M., & Surbakti, H. 2012. Penentuan perubahan garis pantai dengan teknologi penginderaan jauh dan model numerik di Kabupaten Batang Provinsi Jawa Tengah. *Jurnal Maspari*. 4(2): 231–237.
- Laili, S., Cahyono, B.E., & Nugroho, A.T. 2020. Analisis kualitas air di danau Batur menggunakan citra Landsat-8 OLI/TIRS multitemporal. *Jurnal Geodesi & Geomatika*. 3(1): 71-79.
- Laksono, S. M., & Hidayah, Z. 2021. Prediksi perubahan garis pantai Sluke Rembang Jawa Tengah menggunakan data citra satelit Landsat 8 2014-2019. *Juvenil*. 2(1): 53–60.
- Loupatty, G. 2013. Karakteristik energi gelombang dan arus perairan di Provinsi Maluku. *Jurnal Berekeng*. 7(1): 19–22.
- Lubis, D. P., Pinem, M., & Simanjuntak, M. A. N. 2012. Analisis perubahan garis pantai dengan menggunakan citra penginderaan jauh (studi kasus di Kecamatan Talawi Kabupaten Batubara). *Jurnal Geografi*. 9(1): 21-31.
- Luhur, P. M. 2021. Pemetaan pola pergerakan arus permukaan laut pada musim peralihan timur - barat di perairan Madura , Jawa Timur. *Juvenil*. 2(2): 69–75.
- Marelsa, N. F., & Oktaviandra, Y. 2019. Analisis karakteristik gelombang laut menggunakan software Windwave-12 (studi kasus: Kepulauan Mentawai). *Oseana*. 44(2): 10-24.
- Masri, A. M. M., Rachman, T., & Paotonan, C. 2020. Identifikasi perubahan garis pantai Kecamatan Mappakasunggu Kabupaten Takalar dengan menggunakan citra setelit. *Prosiding Seminar Sains dan Teknologi Kelautan*. UNHAS Gowa, 03 November 2020.
- Mawardi. 2016. Inovasi mengatasi pendangkalan pada Pelabuhan Tapak Paderi Kota Bengkulu. *Jurnal Inersia*. 8(1): 39–48.
- Mohammad, S. 2019. Reklamasi dan dampaknya terhadap wilayah pesisir pantai Toboko, Kota Ternate. *Jurnal Dintek*. 12(2): 83–91.
- Muftiya, N. W. 2020. Reklamasi pantai dan pengaruhnya terhadap lingkungan sosial di Desa Ngemboh Kecamatan Ujung Pangkah Kabupaten Gresik. *Jurnal Ilmiah Ilmu Hukum*. 26(6): 738–745.

- Mulyabakti, C., Jasin, M. I., & Mamoto, J. D. 2016. Analisis karakteristik gelombang dan pasang surut pada daerah Pantai Paal Kecamatan Likupang Timur Kabupaten Minahasa Utara. *Jurnal Sipil Statik*. 4(9): 585–594.
- Munandar, M., & Kusumawati, I. 2017. Studi analisis faktor penyebab dan penanganan abrasi pantai di wilayah pesisir Aceh Barat. *Jurnal Perikanan Tropis*. 4 (1): 47-56.
- Mustika, R. 2017. Dampak degradasi lingkungan pesisir terhadap kondisi ekonomi nelayan: studi kasus Desa Takisung, Desa Kuala Tambangan, Desa Tabanio. *Dinamika Maritim*. 6(1): 28–34.
- Mustikasari, E., Dewi, L. C., Heriati, A., & Pranowo, W. S. 2015. Pemodelan pola arus barotropik musiman 3 dimensi (3D) untuk mensimulasikan fenomena upwelling di perairan Indonesia. *Jurnal Segara*. 11(1): 25–35.
- Nindani, A.A. 2017. *Analisis Association Rules Menggunakan Algoritma Apriori dan Algoritma ECLAT pada Data Hasil Tangkapan Ikan Laut*. [Skripsi]. UII. Yogyakarta. 108 Hal.
- Nugroho, Lulut. 2014. Persebaran Arus Laut di Dunia. Evo Templates. Klik Geografi. <http://klikgeografi.blogspot.com/2015/06/pengertian-penyebab-dan-persebaran-arus-laut-di-dunia.html?m=1>. 1 Hlm. Diakses pada 17 Desember 2021 pukul 22.53 WIB.
- Nur, H. 2005. Kajian hidro-oseanografi untuk deteksi proses fisik di pantai. *Jurnal Smartek*. 3(2): 73–85.
- Nurul, H., Alibasyah & Indra. 2012. Dampak ekologi, sosial dan ekonomi masyarakat akibat reklamasi Pantai Tapaktuan Aceh Selatan. *Jurnal Manajemen Sumberdaya Lahan*. 1(2): 171–178.
- Octaviana, D. A., Rochaddi, B., Atmodjo, W., Subardjo, P., Zainuri, M., Yusuf, M., & Rifai, A. 2020. Analisis abrasi dan akresi di muara sungai Kali Bodri Kabupaten Kendal. *Indonesia Journal of Oceanography*. 2 (2): 1-10.
- Ode., Afu, A.L., Halili., & Halim. 2016. Studi Perubahan garis pantai dengan pendekatan penginderaan jauh di wilayah pesisir Kecamatan Soropia. *Jurnal Sapa Laut*. 1(1): 24–31.
- Ode, L., Sagala, S. S. & Mukhlis, M. 2020. Analisis kelimpahan dan distribusi larva ikan di perairan pesisir Lampung Timur. *Journal of Fisheries and Marine Research*. 4(1): 16–26.
- Pamungkas, A. 2018. Karakteristik parameter oseanografi (pasang surut, arus, dan gelombang) di perairan utara dan selatan Pulau Bangka. *Buletin Oseanografi Mariana*. 7(1): 51–58.

- Pemerintah Kabupaten Lampung Timur. 2013. *Profil Kabupaten Lampung Timur*. RPIJM Bidang Cipta Karya. 44 Hal.
- Pethick, John. 1984. *An Introduction to Coastal Geomorphology*. Edward Arnold. United Kingdom. 260 Hal.
- Prastyo, W. D. 2019. *Perubahan Garis Pantai Pasca Tsunami di Pesisir Barat Banten dengan Menggunakan Data Citra Landsat 8 OLI*. [Skripsi]. Insitut Pertanian Bogor (IPB). Bogor.
- Prayogo, T. 2015. Analisis pola perubahan garis pantai pesisir Semarang dan sekitarnya berdasarkan citra satelit Landsat multitemporal. *Prosiding Pertemuan Ilmiah Tahunan XX 2015*. Hal: 753-763.
- Purba, M., & Jaya, I. 2004. Analisis perubahan garis pantai dan penutupan lahan antara Way Penet dan Way Sekampung, Kabupaten Lampung Timur. *Jurnal Ilmu-Ilmu Perairan dan Perikanan Indonesia*. 11(2): 109–121.
- Raharjo, S., Marhan & Suhaemi. 2018. Penentuan tipe pasang surut perairan pada alur pelayaran Manokwari dengan menggunakan metode admiralty. *Jurnal Sumberdaya Akuatik Indopasifik*. 2(1): 57–64.
- Rahiem, M. M. A., Fakhleri, M.R., & Hekmatyar, M. I. 2019. Analisis fenomena pulau Panas perkotaan Kota Bandung menggunakan Google Earth Engine. *Prosiding Seminar Nasional Penginderaan Jauh Ke-6 Tahun 2019*. Lapan, 06 September 2019.
- Rarasati, A. Kushardono, D. 2019. Penyediaan informasi geospasial berbasis cloud computing data penginderaan jauh. *Jurnal Inderaja*. 10(12): 31–40.
- Selvi. A., Nurmayasari. I., & Viantimala. B. 2020. Faktor-faktor yang berhubungan dengan partisipasi masyarakat dalam program Lampung Mangrove Center (LMC) di Desa Margasari Kecamatan Labuhan Maringgai Kabupaten Lampung Timur. *Journal of Agribusiness Sciences*. 8(2): 17-120.
- Sudibyakto. 2011. *Manajemen Bencana di Indonesia ke Mana?*. UGM Press. Yogyakarta. 132 Hal
- Suhana, M. P., Nurjaya, I. W., & Natih, N. M. N. 2018. Karakteristik gelombang laut pantai timur Pulau Bintan Provinsi Kepulauan Riau tahun 2005-2014. *Dinamika Maritim*. 6(2): 16–19.
- Sugiyono. 2015. *Metode Penelitian Kombinasi (Mix Methods)*. Alfabeta. Bandung. 630 Hal.
- Supiyati. 2008. Analisis peramalan gelombang laut dengan periode ulang menggunakan metode gumbel fisher tippet-tipe1 studi kasus: perairan Pulau Baai Bengkulu. *Gradien*. 4(2): 349-353.

- Supiyati., Bakhtiar, D., & Fatimah, S. 2016. Transport sedimen yang disebabkan oleh longshore current di pantai Kecamatan Teluk Segara Kota Bengkulu. *Prosiding Seminar Nasional Fisika*. Universitas Negeri Jakarta, Oktober 2016.
- Surinati, D. 2007. Pasang surut dan energinya. *Jurnal Oseana*. 32(1): 15–22.
- Suwargana, N. 2013. Resolusi spasial, temporal dan spektral pada citra satelit Landsat, Spot dan Ikonos. *Jurnal Ilmiah Widya*. 1(2): 167–174.
- Tarigan, M. S. 2007. Perubahan garis pantai di wilayah pesisir perairan Cisadane, Provinsi Banten. *Jurnal Makara Sains*. 11(1): 49–55.
- Tjasyono, B. 2004. *Klimatologi*. Penerbit Insitut Teknologi Bandung (ITB). Bandung. 348 Hal.
- Triatmodjo, B. 1999. *Teknik Pantai*. Beta Offset. Yogyakarta. 227 Hal.
- Watala. 2009. 48% hutan ‘mangrove’ di Lampung rusak. *Harian Lampung Post*. [Http://Watala.Org/New/?P=156](http://Watala.Org/New/?P=156). 1 Hlm. Diakses pada 5 Oktober 2020, Pukul 22:35 WIB.
- Wicaksana S., Sofin, I., Pranowo, W., Kuswardani, A.R.T.D., Saroso & Sukoco, N.B. 2015. Karakteristik gelombang signifikan di Selat Karimata dan Laut Jawa berdasarkan rerata angin 9 tahunan (2005-2013). *Omni Akuatika*. 11(2): 33-40.
- Wicaksono, A., & Wicaksono, P. 2019. Akurasi geometri garis pantai hasil transformasi indeks air pada berbagai penutup lahan di Kabupaten Jepara. *Majalah Geografi Indonesia*. 33(1): 86-94.
- Wiratama, G.N., Jumarang, M. I., & Muliadi. 2014. Studi faktor penentu akresi dan abrasi pantai akibat gelombang laut di perairan pesisir Sungai Duri. *Prisma Fisika*. 5(3): 138-144.
- Wiryawan, B., B. Marsden, H.A. Susanto, A.K. Mahi, M. Ahmad, & H. Poespitarsari. 1999. *Atlas Sumberdaya Wilayah Pesisir Lampung*. Pemerintah Daerah Provinsi Lampung Dengan Proyek Pesisir (Coastal Resources Center, University of Rhode Island dan Pusat Kajian Sumberdaya Pesisir dan Lautan, Institut Pertanian Bogor). Bandar Lampung. 57-58 Hal.
- Wowor, C. R., Dengo, S., & Londa, V. 2019. Dampak kebijakan reklamasi Pantai Boulevard pada masyarakat nelayan Kecamatan Sario Kota Manado. *Jurnal Adiministrasi Publik*. 5(77): 1-10
- Xu, H. 2006. Modification of normalised difference water index (NDWI) to enhance open water features in remotely sensed imagery. *International Journal of Remote Sensing*. 27(14): 3025-3033.

Yuliasamaya, Darmawan, A., & Hilmanto, R. 2014. Perubahan tutupan hutan mangrove di pesisir Kabupaten Lampung Timur. *Jurnal Sylva Lestari*. 2(3): 111-124.